Læremateriell for maritime fagskoler

MARKOM FS
UTVIKLER MARITIM KOMPETANSE MOT 2020
MARITIM FAGSKOLE SEKTOR

Skipselektro
for maskinoffiserar

K60



Forfatter: Lars Sigurd Berle

Rev: 1, 2026

Innleiing

Har søkt om å få bruke stoff og bilde frå forskjellige produsentar.

Elektromotorar:

Frå RUBIX har vi fått løyve til å bruke bilde og tekst frå LØNNE motor.
https://rubix.com/

Generatorar:



Frå Generator Solutions har vi fått løyve til å bruke bilde og tekst frå Stamford.
https://www.generatorsolutions.no/en/

Sikring, brytar, kontaktor osv

Frå Schneider Electric og ABB har vi fått løyve til å bruke bilde og tekst.
https://www.se.com/no/no/ https://new.abb.com/no

Transformatorer

Frå Noratel har vi fått løyve til å bruke bilde og tekst.
https://www.noratel.com/home/

Tavle instrumenter

Frå DEIF har vi fått løyve til å bruke bilde og tekst.
https://www.deif.com/

Omnar (motstandar):

Frå Telco har vi fått løyve til å bruke bilde.
https://telco.no/kontakt/

Kabel

https://helmacab.com

Forord

I ei tid der maritime operasjonar blir stadig meir teknologisk avanserte og miljøkrava stadig strengare, spelar elektriske anlegg ei avgjerande rolle for både driftstryggleik, energieffektivitet og tryggleik om bord på skip. Denne boka er skriven for å gi ei grundig, praktisk og forståeleg innføring i moderne skipselektriske anlegg – frå grunnleggjande teori til bruk i dagens skipsteknologi.

Føremålet med boka er å byggje bru mellom teori og praksis. Ho er meint som eit verktøy for studentar, maskinkadettar, maskinoffiserar og andre som arbeider med, eller har interesse for, elektriske system til sjøs. Innhaldet dekkjer alt frå kraftproduksjon og distribusjon til styresystem, vern, automasjon og feilretting. Det blir lagt særleg vekt på løysingar og utstyr som er relevante i moderne fartøy, og det blir gitt døme og forklaringar basert på utstyr frå leiande produsentar.

Ved fleire høve i boka blir det vist til standardar som regulerer elektriske installasjonar i skip. Den viktigaste av desse er NEK 410A og 410B, som er Norsk Elektroteknisk Komité (NEK) sin standard for maritime elektriske anlegg. Dette er ein sentral referanse for prosjektering, installasjon og vedlikehald av elektriske system til sjøs. Norsk Elektroteknisk Komité (NEK) har opphavsretten til denne publikasjonen.

Eg håpar boka kan bidra til auka forståing og interesse for fagområdet, og samstundes vere til hjelp i utdanning og yrkespraksis. Takk til alle som har inspirert og støtta arbeidet undervegs – ikkje minst dei som til dagleg held skipa våre trygge og i drift gjennom solid elektrofagleg kompetanse.

God lesing!

Lars Sigurd Berle
Måløy 02.07.2025

Kap 1 Grunnleggande elektro, likestraum

Grunnleggande elektroteknikk, likestraum

LIKESTRAUM (DC – *DIRECT CURRENT*

Likestraum (DC – *direct current*) er ein elektrisk straum der elektriske ladningsbærarar, vanlegvis elektrona, bevegar seg i éi konstant retning gjennom ein leiar. Dette står i kontrast til vekselstraum (AC), der straumretninga skifter periodisk.

Eigenskapar ved likestraum

- Retningsbestemt straum: Straumen flyt kontinuerleg i éi retning, noko som gir ein konstant polaritet.
- Spenningsprofil: Spenningsnivået i eit likestraums system er konstant over tid, med mindre det vert påverka av ytre faktorar.
- Straumstyrke: Straumstyrken er stabil så lenge belastninga og spenningskjelda er uendra.

Historisk bakgrunn

På slutten av 1800-tallet utvikla Thomas Edison eit distribusjonssystem basert på likestraum (DC) for elektrisk belysning. Dette systemet hadde midlertidig avgrensingar, spesielt når det gjaldt effektiv overføring over lange avstandar. Likestraum kunne ikkje lett transformerast til høgare spenningar, noko som førte til betydeleg energitap over avstand. Som eit resultat måtte kraftstasjonar plasserast nær forbrukarane, vanlegvis innan ein radius på omlag 1,5 kilometer, for å oppretthalde tilstrekkeleg spenning og redusere tap.

Kjelder og brukarar

- Kjelder: Vanlege kjelder til likestraum inkluderer batteri, solcellepanel og DC-generatorar.
- Elektronikk: Dei fleste elektroniske utstyr, som datamaskiner og mobiltelefonar, opererer internt med likestraum.
- Industrielle applikasjonar: Likestraum nyttast i elektrolyseprosessar, likestraums motorar.



Solcelle panel

Grunnleggande elektroteknikk, Ohms lov

Georg Ohm var ein tysk fysikar som finn, ved forsøk, fram til samanhengen mellom spenning (U), straumen (I) og motstanden (R).

Denne forbindelsen mellom straum, spenning og resistans i ein straumkrets har difor fått namnet **Ohms lov**.

f(x)

OHMS LOV

$$\mathbf{U = I * R}$$

Ohm finn ut at når ei spenning (U) verkar i ein straumkrets, oppstår det ein straum (I) som var direkte proporsjonal med spenninga og omvendt proporsjonal med resistansen (R) i straumkretsen.

!

OHMS LOV KAN UTTRYKKAST SLIK:

Det trengs ei spenning på 1 volt (V) til å drive ein straum på 1 ampere (A) gjennom ei motstand på 1 ohm (Ω).

Omgrep	Formelteikn	Nemning	Namn	Rolle i kretsen
Spenning	U	V	volt	Trykk som utløyser elektronstraum
Straum	I	A	ampere	Elektronstraum - hastigheit
Resistans (motstand)	R	Ω	ohm	Elektrisk motstand

Dersom to av verdiane er kjende, kan vi snu Ohms lov for å berekne den tredje verdien.

Ohms lov slik den er oppstilt her gjelder likestraum.

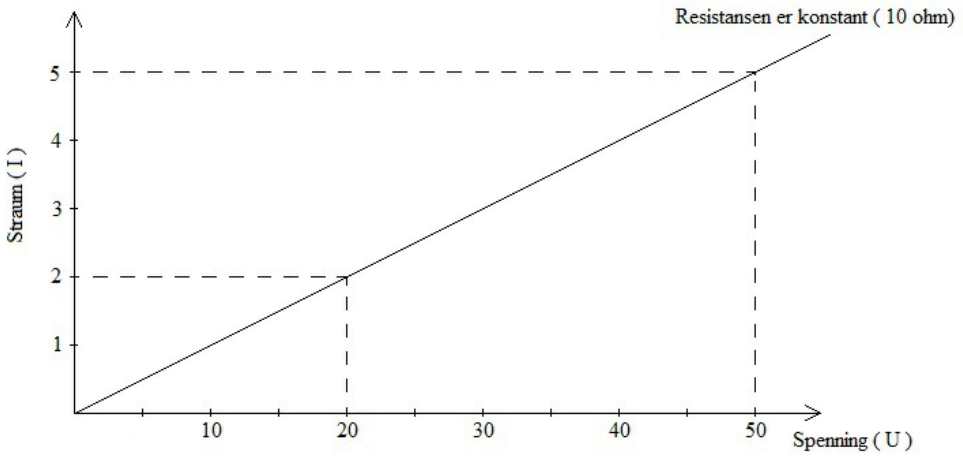
> $$U = I * R$$
> $$I = \frac{U}{R}$$
> $$R = \frac{U}{I}$$

Når frie elektron bevegar seg i same retning i ein ledar, får vi ein elektrisk straum.

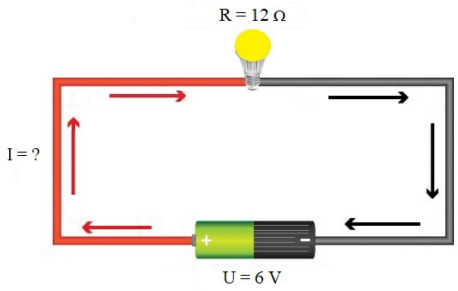
For å få frie elektron til å bevege seg i same retning, må vi kople leiaren til ein spenningskjede, t.d. eit batteri.

Elektrona beveger seg frå minuspolen til plusspolen. Men ***straumretninga*** er definert den motsette vegen: frå pluss til minus.

Eit batteri har ein positiv pol (+) og ein negativ pol (–). Den negative polen har overskot på elektron og den positive polen har eit underskot på elektron. Denne forskjellen kallar vi elektrisk spenning. Straumretninga i ein elektrisk krets er frå pluss (+) til minus (–).
I ein elektrisk leiar vil dei frie elektrona støyte på hindringar slik som ion, nøytrale atomar og dei andre elektrona. Disse hindringane kallar vi leiaren sin resistans (som tyder motstand på gresk). Resistansen er avhengig av fleire faktorar, som t.d ledar materiale, leiaren sitt areal og leiaren sin temperatur.
Diagrammet under viser korleis straumen endrar seg når vi har ein konstant resistans og endrar på spenninga.



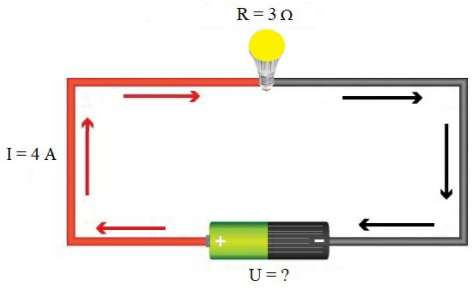
Her er tre enkle døme på korleis vi nyttar Ohms lov når to verdiar er kjent.



DØME 1:

Spenninga U og resistansen R er kjent.
Kva for straumstyrke er det i kretsen?

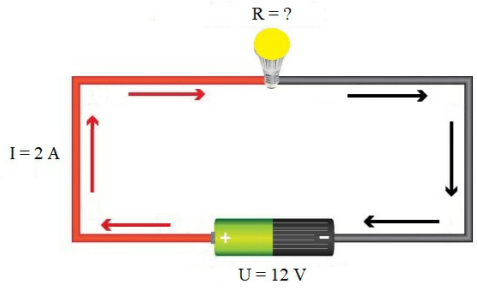
$$I = \frac{U}{R} = \frac{6}{12} = \underline{\underline{0,5\ A}}$$



DØME 2:

Straumen I og resistansen R er kjent.
Kva er spenninga i kretsen?

$$U = I * R = 4 * 3 = \underline{\underline{12\ V}}$$



DØME 3:

Spenninga (U) og straumen (I) er kjent.

Kor stor resistans er det i lampen?

$$R = \frac{U}{I} = \frac{12}{2} = \underline{\underline{6\ \Omega}}$$

Elektrisk ledar

Ein elektrisk ledar er eit materiale som let elektrisk straum passere gjennom seg med minimal motstand. Dei er viktige i alle elektriske og elektroniske kretsar fordi dei gir ei bane for elektrona å bevege seg.

Her er nokon viktige punkt om elektriske leiarar:

- **Materiale**: Gode elektriske leiarar er vanlegvis laga av metall som kopar, aluminium, sølv og gull. Disse materialane har mange frie elektrona som kan bevege seg fritt gjennom materialet. Om bord i skip nyttar vi koparleiarar.
- **Bruk**: Elektriske leiarar nyttast i alt frå elektriske kablar og leidningar til kretskort og elektrisk utstyr.
- **Eigenskapar**: Dei har lav resistans (motstand) som tillèt elektrisk straum å passere gjennom dei effektivt. Dette reduserer energitap og varmeutvikling.
- **Isolasjon**: For sikkerheits skuld er leiarar ofte dekka med eit isolerande materiale som plast eller gummi for å hindre uønska straumlekkasjar og kortslutningar.

Vi har tre typar leiarar: ein tråd, fleirtrådar og mange trådar. Ein leiar består av éin eller fleire kordelar, som er kvar enkelt "tråd" av kopar. Ei mange trådar leidning er veldig fleksibel og toler ristingar og vibrasjonar betre enn ein tråd og fleir trådar, og difor nyttast den om bord i skip. Det er viktig å nite endekoplingane til mange trådar leiar for å sikre god kontakt.



Frå venstre, 1: Ein tråd. 2: Fleirtrådar (7 kordelar). 3: Mange trådar (13 eller fleire kordelar)

Resistans i ein ledar

Resistansen i leidningar avheng av:

1. Lengda
2. Tverrsnittet
3. Materialet
   - Resistansen aukar med lengda og minkar med tverrsnittet. Ei leidning på 10 m har dobbelt så stor resistans som ei leidning på 5 m med same tverrsnitt og materiale.
   - Resistans målast med eit ohmmeter og bereknast ut frå ladninga sin resistivitet (ρ) eller konduktivitet (γ).
   - Resistivitet (ρ) målast i Ωmm²/m (ohm kvadratmillimeter per meter).
   - Konduktivitet (γ) målast i S/m (Siemens meter per kvadratmillimeter).

Nøkkelpunkt:

- Jo lengre og tynnare tråden er, desto høgare motstand, fordi elektrona må bevege seg gjennom meir materiale. Ein tjukkare eller kortare tråd har mindre motstand.

Berekningseksempel:

- For ein kopartråd som er 1 meter lang og har eit tverrsnitt på 1 mm² ved 20 °C, er den spesifikke motstanden 0,0175 ohm.

f(x)

FORMLAR:

$$R = \frac{l * \varrho}{A}$$

$$R = \frac{l}{\gamma * A}$$

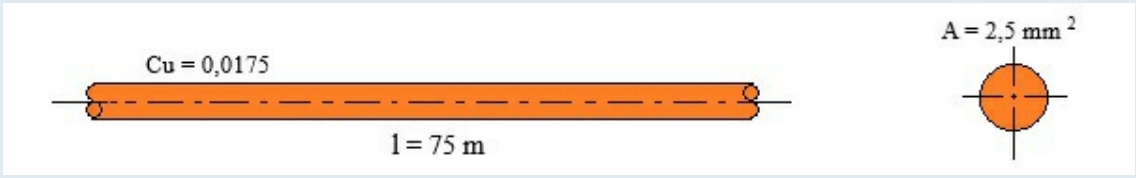
$$\gamma = \frac{1}{\varrho}$$

- l = lengde i meter
- A = tverrsnitt i mm²

Tabellar:

- Leiarar er oppgitt i faste tverrsnitt, som kallast normaltversnitt. NEK 410B: 2021 har tabellar som viser disse.

EKSEMPEL:



$$R = \frac{l*\varrho}{A} = \frac{75*0{,}0175}{2{,}5} = 0{,}525\ \Omega$$

Spenningsfall i ein ledar

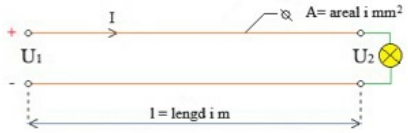
For å drive straumen gjennom ei motstand trengs det ei spenning. Dette gjeld også for å drive straum gjennom ladningane mellom straumkjelda og forbrukaren (lasta). Spenninga som krevst for å overvinne leidningsresistansen kallast spenningsfall eller spenningstap, og den vert symbolisert med ΔU (delta U). Denne spenninga gagnar ikkje straumforbrukaren.

For ein toleder kabel må vi alltid rekne med 2 ~~ lengda på kabelen, fordi straumen går frå* * + til – gjennom heile kabelen si lengde.*

Spenningsfallet i ein toleder kabel kan vi rekne ut på disse måtane:

$$\Delta U = R_{\text{kabel}} * I \qquad \text{eller} \qquad \Delta U = \frac{(\varrho*2*l)*I}{A}$$

ΔU = spenningsfallet i V (volt)
ϱ = resistiviteten i $\Omega * \text{mm}^2/m$
l = lengda på kabelen i m (meter)
I = straumen i A (ampere)
A = tverrsnittet i mm^2



Figuren over viser ein toleder kabel frå ein spenningskjelde til ein forbrukar.

Når vi kjenner tilførselsspenninga og spenningsfallet, kan vi finne forbrukarspenninga:

f(x)

FORBRUKARSPENNINGA

$U_2 = U_1 - \Delta U$

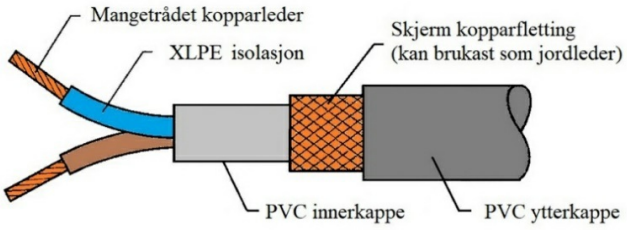
Når vi skal berekne tverrsnittet på ein kabel tek vi utgangspunkt i normal tverrsnittet.

Vi snur formelen for spenningsfall for å rekne ut tverrsnittet:

f(x)

TVERRSNITTET

$$A = \frac{(\varrho * 2 * l) * I}{\Delta U}$$



Figuren viser ein typisk toleder skipskabel.

Resistans ved temperatur endring

Resistansen i eit materiale avheng både av resistiviteten (spesifikke motstand) og temperaturen. Materialar kan ha enten positiv temperaturkoeffisient (PTC-motstand) eller negativ temperaturkoeffisient (NTC-motstand). I elektroteknikk er det vanleg å bruke positiv temperaturkoeffisient, der resistansen aukar med temperaturen. I elektronikk nyttast begge typar.

- **Positiv temperaturkoeffisient (PTC):** Resistansen aukar med temperaturen.
- **Negativ temperaturkoeffisient (NTC):** Resistansen minkar med temperaturen.

Temperaturkoeffisientane, som målast med α (alfa), for ulike metall finns i formelsamlingar.

R_0 = resistans ved 20 °C
R_2 = resistans etter temperaturforandring
α = temperaturkoeffisient (kopar = 0,0039)
t_2 = slutt temperatur i °C
t_1 = start temperatur i °C
Δt = temperaturdifferansen

Resistansen R_0 er vanlegvis oppgitt for 20 °C. Dersom temperaturen stig, må vi difor først finne temperaturdifferansen (Δt) etter dette uttrykket:

> $\Delta t = t_2 - t_1$

Når vi har berekna temperaturdifferansen, kan vi finne den nye resistansen R_2:

> $$R_2 = R_0 \, (1 + \alpha * \Delta t)$$

DØME A:

a) Berekn resistansen til ein toleder-kabel med lengde 80 m, tverrsnitt på 2,5 mm^2 og ϱ = 0,0175.

$$R_0 = \frac{2*l*\varrho}{A} = \frac{2*80*0{,}0175}{2{,}5} = \underline{\underline{1,12\ \Omega}}$$

Kabelen belastast slik at leiarane får ei temperaturauke frå 20 °C til 50 °C. Kva blir resistansen i kabelen no? For kopar er temperaturkoeffisient α = 0,0039

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 50 - 20 = \underline{30^\circ C}$$

$$R_2 = R_0\,(1 + \alpha * \Delta t) = R_0 + R_0 * \alpha * \Delta t$$

$$R_2 = 1,12\,(1 + 0,0039 * 30) = 1,12 + 1,12 * 0,0039 * 30 = 1,12 + 0,13$$

$$R_2 = \underline{\underline{1,25\Omega}}$$

DØME B:

b) Dersom motstanden i kabelen aukar til 1,3 Ω, Kor stor er temperaturauken då?

$$R_2 = R_0\,(1 + \alpha * \Delta t) = R_0 + R_0 * \alpha * \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{R_2 - R_0}{R_0 * \alpha} = \frac{1{,}3 - 1{,}12}{1{,}12 * 0{,}0039} = \underline{\underline{41,21^\circ C}}$$

Temperaturen i kabelen vil då vere $t_2 = t_1 + \Delta t = 20 + 41,21 = \underline{\underline{61,21^\circ C}}$

Isolatorar

Isolatorar er stoff som ikkje kan leie elektrisk straum eller som gjer det i svært liten grad. Disse kan vi ikkje unnvere i elektroteknikken, for dei hindrar spenningsførande delar i å komme i kontakt med kvarandre og med omgjevnadane. Utan isolatorar hadde vi ikkje fått noko praktisk nytte av elektrisiteten. Isolasjonsstoffa er like viktige som ledar materialet.

Det er berre ikkje-metalliske stoff som isolerer elektrisk. Isolasjonsstoffa blir gjerne inndelt i to hovudgrupper: uorganiske og organiske isolasjonsstoff. Dei uorganiske isolasjonsstoffa består av forskjellige mineralske stoff og metall oksider. Dei toler svært høge temperaturar, dei trekkjer nesten ikkje til seg vatn, og dei toler store mekaniske påkjenningar.

Dei organiske isolasjonsstoffa er enten reine naturprodukt eller heil- eller halvsyntetiske stoff som inneheld karbon i ein eller annan forbindelse, t.d. bomull, silke, halvsyntetiske stoff på cellulosebasis og heilsyntetiske plaststoff. Dei fleste isolasjonsstoffa er organiske.

Forutan faste isolasjonsstoff har vi også flytande og gassformige isolasjonsstoff. Isolasjonsolje vert mest laga av jordolje og nyttast blant anna i store transformatorar, effektbrytarar, kablar og kondensatorar. Gassformige isolasjonsstoff er først og fremst luft og reine gassar.

Effekt (energi)

Effekt er ein fysisk størrelse som beskriv energioverføring per tidseining og betegnast også som yting. Den målast i watt (W).

I fysikken definerast energi som evna til å utføre arbeid, og effekt uttrykkjer dermed hastigheita på energioverføringa. T.d. vil energiforbruket vere det same når ei last heisast éin meter opp, uavhengig av tidsbruken. Dersom løftet skjer raskare, krevst midlertidig høgare effekt.

Omgrepa energi og effekt vert også brukt i samband med energiformer som varmeenergi og elektrisk energi, men måleeininga blir den same. I det internasjonale SI-systemet målast effekt i watt (W), ei eining oppkalla etter James Watt. Ein watt tilsvara éin joule (J) per sekund (s):

> **1 W = 1 J/s**

Effektlova

Når ein reknar på effekt i elektriske system, nyttar ein følgjande formel for effekt:

> $$\mathbf{P = U * I}$$

- P er effekten i watt (W).
- U er spenninga i volt (V)
- I er straumen i ampere (A)

Effekt er altså lik spenning multiplisert med straum.

Ofte vil ein nytte effektlova saman med Ohms lov, fordi det er dei same eigenskapane som bereknast. Når ein ser på dei fire eigenskapane til eit elektrisk system: straum, spenning, motstand og effekt, treng ein berre å kjenne to av dei for å kunne rekne ut dei andre. Ein kan altså, dersom ein kombinerer effektlova og Ohms lov, få fire formlar for dei fire eigenskapane.

Difor finns det også to andre måtar å rekne ut effekt i eit elektrisk system.

Vi skal sjå litt på det:

f(x)

EFFEKTFORMELEN

Effektformelen: P = U * I

f(x)

OHMS LOV

Ohms lov: U = I* R

Dersom vi bytter ut U med I * R, så får vi formelen P = (I * R) * I = I^2 * R

Dersom vi bytter ut I med $\frac{U}{R}$, så får vi formelen P = U * $\left(\frac{U}{R}\right)$ = $\frac{U^2}{R}$

$$P = U * I = \frac{U^2}{R} = R * I^2$$

DØME:

Ein varmeomn er påstempla med ei spenning på 230 V og en straum på 4,348 A.

Kor mange watt forbrukar den?

$$P = U * I = 230 * 4,348 = \underline{\underline{1000W}}$$

Kor stor resistans har varmetrådane i varmeomnen?

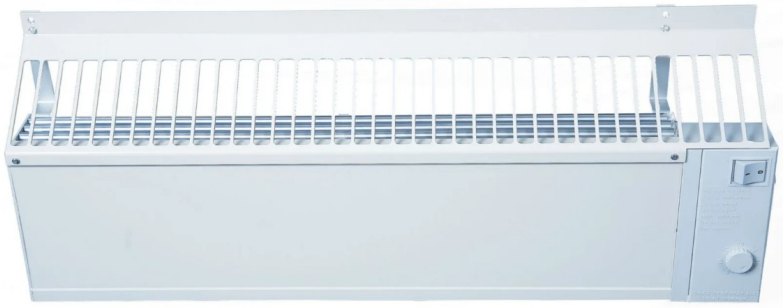
$$P = \frac{U^2}{R}$$

Snu formelen

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{230^2}{1000} = \frac{52900}{1000} = \underline{\underline{52,9\ \Omega}}$$

For å sjekke dette kan vi bruke formelen:

$$P = I^2 * R = 4,348^2 * 52,9 = 18,9 * 52,9 = \underline{\underline{1000W}}$$



Skipsomn IP 44 1000 W Telco T2RIB 10

Effekt forbruk

Innanfor produksjon av elektrisk energi https://snl.no/elektrisk_energi
kan ein også komme bort i uttrykket kWh https://snl.no/kWh
som er eit mål på gjennomsnittleg effekt (energi per tidseining) innanfor ei periode på t.d. ein time.

Ein kilowattime (kWh) kan forklarast som den energien som ein effekt på 1 kW utviklar i løpet av ein time. Eller sagt på ein annan måte, om du skrur på eit apparat som brukar 1000 W straum og let det stå på i ein time, har du brukt 1 kWh.

Kor lang tid tek det å bruke ein kilowattime?

Ein kilowattime er ikkje det same som ein klokketime. Kor lang tid du brukar på å forbruke ein 1 kWh kjem an på kor mykje straum du brukar.

Dei ulike elektriske apparata har ulikt straumforbruk https://www.fjordkraft.no/strom/stromforbruk/

Så ei lyspære som trekkjer 50 watt vil bruke 20 timar på å forbruke 1 kWh ($\frac{1\ kWh}{0{,}05\ kW} = 20\ t$),

medan ein komfyr som trekkjer 2000 watt vil bruke ein halvtime på å bruke 1kWh ($\frac{1\ kWh}{2\ kW} = 0,5\ t$).

Motstandskoplingar

Parallellkopling

Parallellkopling betyr at komponentane er kopla side om side, slik at dei har same spenning over seg, men straumen fordelast mellom dei.

Eigenskapar ved parallellkopling:

1. Same spenning (U) – Spenninga over kvar komponent er lik.
2. Straumen fordelast (I) – Den totale straumen delast mellom komponentane.
3. Total motstand (R) – Bereknast med formelen:

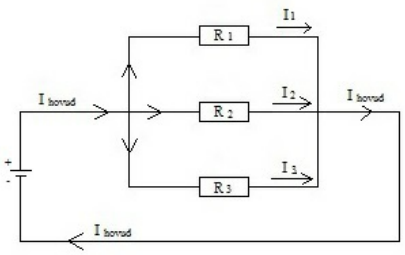
> $$\frac{1}{\mathrm{Rt}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3}$$

4. Dersom éin komponent sviktar – Dei andre fungerer fortsett (som i husets elektriske system).

Kirchoffs 1. lov

I eit forgreningspunkt i ein elektrisk krets er summen av straumane inn mot punktet lik summen av straumane ut frå punktet.

Sagt på ein annan måte:
Når ein ledar delar seg i to eller fleire greiner, er hovudstraumen lik summen av greinstraumane.
Hovudstraumen (I) delar seg i knutepunkt til dei ulike motstandane, men i det andre knutepunktet vil straumen samle seg igjen, med same styrke.



$$I_h = I_1 + I_2 + I_3$$

I ei parallellkopling av fleire motstandar er spenninga over alle motstandane den same.

Ein kan sjå at alle motstandane greiner seg ut frå eit og same punkt som er felles for alle motstandane.

Totalmotstanden (R_t) i ei parallellkopling er:

$$\frac{1}{\mathrm{Rt}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3}$$

DØME:

R_1 = 10 Ω, R_2 = 12 Ω, R_3 = 15 Ω

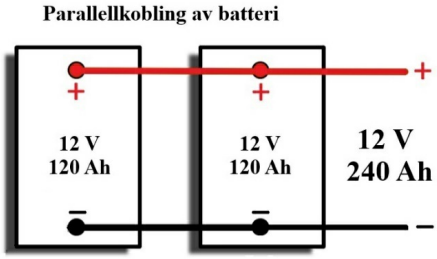
$$\frac{1}{\mathrm{Rt}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{12} + \frac{1}{15} = 0,1 + 0,083333 + 0,066666 = 0,25$$

$$\frac{1}{\mathrm{Rt}} = 0,2499$$

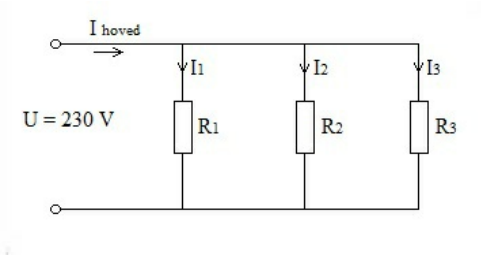
$$Rt = \frac{1}{0,2499} = \underline{\underline{4,00\ \Omega}}$$

Blir det brot i ein motstand (f.eks. R_3) vil Rt bli: $\frac{1}{\mathrm{Rt}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}$

Blir det kortslutning i ein motstand vil all straum gå gjennom denne.



Døme parallellkopling:



Figuren viser tre parallellkopla motstandar (resistansar).

> R_1 = 5 Ω, R_2 = 15 Ω og R_3 = 20 Ω, disse er tilkopla ei spenning på 230 V.

a) Berekn total resistansen i kretsen.
b) Berekn hovudstraumen.
c) Berekn greinstraumane.

a)

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{5} + \frac{1}{15} + \frac{1}{20} = 0,2 + 0,06667 + 0,05 = \ 0,31667$$

$$\frac{1}{R_t} = \ 0,31667 \ \rightarrow \ R_t = \frac{1}{0,31667} = \underline{\underline{3,158\ \Omega}}$$

b)

$$U = \ I_h \ * \ R_t$$

$$I_h = \frac{U}{R_t} = \frac{230}{3,158} = \underline{\underline{72,83A}}$$

c)

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{230}{5} = \underline{\underline{46A}}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{230}{15} = \underline{\underline{15,33A}}$$

$$I_3 = \frac{U}{R_3} = \frac{230}{20} = \underline{\underline{11,5A}}$$

Kontroll.

Summen av greinstraumane er lik hovudstraumen (Kirchoffs 1. lov)

$$I_h = I_1 + I_2 + I_3 = 46 + 15,33 + 11,5 = \underline{72,83A}$$

Seriekopling

Seriekopling betyr at komponentane i ein elektrisk krets er kopla etter kvarandre, slik at same straum går gjennom alle komponentane.

Eigenskapar ved seriekopling*:

1. Same straum (I) – Straumen er lik i heile kretsen.
2. Spenning fordelast (U) – Den totale spenninga fordelast mellom komponentane.
3. Total motstand (R) – Summen av alle motstandane i rekka:

> R~total~ = R1 + R2 + R3 + ... R

4. Dersom éin komponent sviktar – Heile kretsen brytast (som ei juletrelysrekke der eitt øydelagt lys sløkkjer alle).

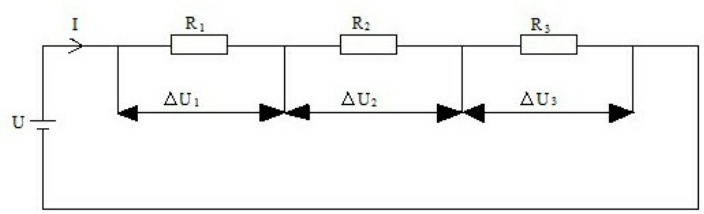
Kirchoffs 2. lov:

Summen av alle elektromotoriske* spenningar rundt ein lukka straumkrets, er lik summen av alle spenningsfalla rundt kretsen.

Sagt på ein anna måte:

> Summen av delspenningane er lik hovudspenninga. $U = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3$

I ei seriekopling vil alle motstandane ligge etter kvarandre. Figuren under viser tre motstandar kopla i serie.



I ein slik straumkrets er straumstyrken (I eller I_h) den same gjennom alle motstandane, fordi det ellers måtte hope seg opp ladning ein stad i kretsen.

Den samla motstanden R_t (resultantresistansen) er lik summen av dei enkelte motstandane:

> $$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

Den totale spenninga (U eller U_h) i kretsen er lik summen av delspenningane (ΔU) over kvar resistans (Kirchoffs 2. lov):

$$U_h = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3$$

$U = I * R_t$
$\Delta U_1 = I * R_1$
$\Delta U_2 = I * R_2$
$\Delta U_3 = I * R_3$

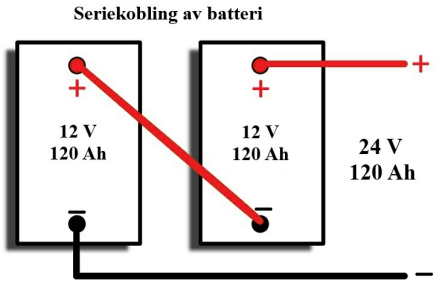
Blir det kortslutning i ein motstand (f.eks. R_3) så vil R total bli: $R_t = R_1 + R_2$

Blir det brot i ein motstand vil det ikkje gå straum i kretsen. Målar vi med eit voltmeter over brotet vil vi måle hovudspenninga (U_h). Når det ikkje går straum i kretsen vil vi ikkje få spenningsfall over motstandane, difor måler vi full spenning med voltmeteret.

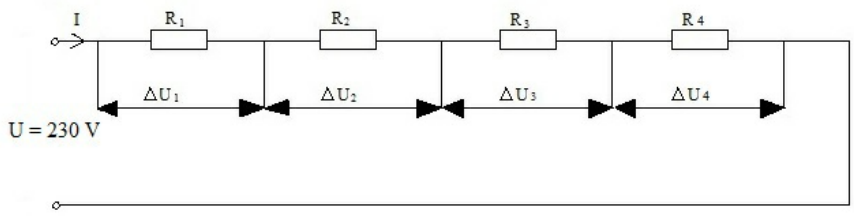
Seriekopling av forbruksmotstandar har den ulempa at ved brot, ein eller annan stad i kretsen, vert heile koplinga «død» (t.d. juletrelys).

Elektromotorisk spenning:

Elektromotorisk spenning er innan elektrisitetslære spenninga http://snl.no/elektrisk_spenning mellom tilkoplings- klemmene på ein elektrisk https://snl.no/elektrisitet straumkjelde, når straumkjelda ikkje leverer straum, det vil seie tomgangs- eller kvilespenninga. Elektromotorisk spenning forkortast ofte med *ems (E)*.



Døme seriekopling.



Ein likestraums kopling inneheld fire motstandar i serie.

$R_1 = 4\ \Omega$, $R_2 = 6\ \Omega$, $R_3 = 10\ \Omega$ og $R_4 = 5\ \Omega$

Det er tilført ei spenning på 230 V.

a) Kva er total resistansen?

b) Kor stor straum går det i kretsen.

c) Rekn ut alle delspenningane.

a)

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 4 + 6 + 10 + 8 = \underline{\underline{25\ \Omega}}$$

b)

$$I = \frac{U}{R_t} = \frac{230}{28} = \underline{\underline{9,2\ A}}$$

c)

$$\Delta U_1 = I * R_1 = 9,2 * 4 = \underline{\underline{36,8\ V}}$$
$$\Delta U_2 = I * R_2 = 9,2 * 6 = \underline{\underline{55,2\ V}}$$
$$\Delta U_3 = I * R_3 = 9,2 * 10 = \underline{\underline{92,0\ V}}$$
$$\Delta U_4 = I * R_4 = 9,2 * 5 = \underline{\underline{46,0\ V}}$$

Kontroll

Summen av delspenningane er lik hovudspenninga (Kirchoffs 2. lov)

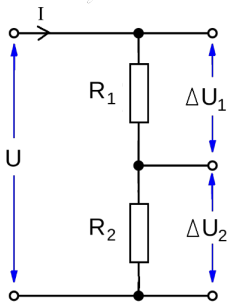
$U = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 = 36,8 + 55,2 + 92,0 + 46,0 = 230,0\ V$

Spennings delar

Spennings delar er ein passiv elektrisk krets som inngår i ein større krets. Den delar ei påført spenning opp i fleire små spenningar.

Dersom vi har ein motstand som er merka med ei spenning som er lavare enn den som er disponibel, kan vi t.d. få korrekt driftstilhøve dersom vi seriekoplar denne motstanden til ein annan motstand som er dimensjonert for å ta opp den «overflødige» spenninga. Den innkopla motstanden blir her spennings delar.

Denne type kopling blir ofte brukt på 12 V instrument i 24 V og 48 V anlegg.



Figuren viser eit døme på en spennings delar med to motstandar i serie.

Når vi koplar til ei spenning U, vil det gå ein straum gjennom kretsen. Då vil vi få eit spenningsfall over kvar av motstandane, ΔU_1 *og* ΔU_2 .

Når motstandane har konstante verdiar, vil utgangsspenninga over dei to motstandane alltid være ein konstant brøkdel av inngangsspenninga (U). Dersom kretsen er designa slik at forholdet mellom R_1 og R_2 kan varierast, får vi ein variabel spennings delar, kjend som eit potensiometer.

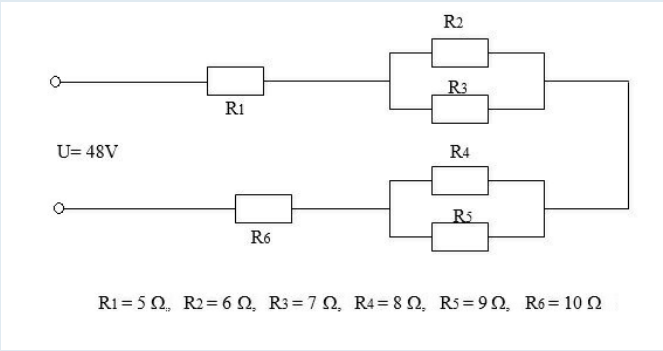
Spenningsdelarar nyttast mellom anna for å etablere referansespenningar og redusere størrelsen på ei spenning slik at den lettare kan målast. Dersom utgangsspenninga utsettast for ei last, vil det oppstå ein utgangsstraum, og utgangsspenninga vil ikkje lenger vere stabil. For at den skal være så stabil som mogleg, må utgangsstraumen vere ein liten brøkdel av inngangsstraumen.

Ulempa med dette oppsettet er at hovuddelen av den inngåande straumen går tapt som varme i motstandane.

Serieparallellkopling

Dette er ein kombinasjon av seriekopla og parallellkopla motstandar. For å finne resultantresistansen for koplinga, må vi omforma kretsen til ein rein serie- eller parallellkopling og nytte dei vanlege reglane.

DØME:



a) Berekn R total i kretsen.
b) Kva blir Ih?
c) Berekn dei fire spenningsfalla.
d) Berekn alle greinstraumane.

Løysingsforslag:

a)

> $Rt = R_1 + Rp_{2//3} + Rp_{4//5} + R_6$

Vi må rekne ut parallellkoplingane først. $Rp_{2//3}$ og $Rp_{4//5}$. (Rp = resistansen i parallellkopling, t.d. resistans R_2 i parallell med R_3).

> $\frac{1}{R_{p\,2/3}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{6} + \frac{1}{7} = 0.167 + 0.143 = \underline{0.31}$
>
> $Rp_{2/3} = \frac{1}{0{,}31} = \underline{3,23\ \Omega}$
>
> $\frac{1}{R_{p\,4/5}} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{8} + \frac{1}{9} = 0.125 + 0.111 = \underline{0.236}$
>
> $Rp_{4/5} = \frac{1}{0{,}236} = \underline{4,24\ \Omega}$
>
> $Rt = R_1 + Rp_{2//3} + Rp_{4//5} + R_6 = 5 + 3{,}23 + 4{,}24 + 10 = \underline{\underline{22,47\ \Omega}}$

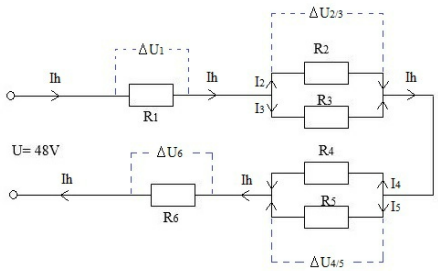
b)

> $Ih = \frac{U}{\mathrm{Rt}} = \frac{48}{22{,}47} = \underline{\underline{2,14\ A}}$

Vi får fire spenningsfall, eit over R_1, eit over $Rp_{2//3}$, eit over $Rp_{4//5}$ og eit over R_6

c)

> $\Delta U_1 = I_h \cdot R_1 = 2.14 \cdot 5 = \underline{\underline{10.7\,\mathrm{V}}}$
>
> $\Delta U_{p\,2/3} = I_h \cdot R_{p\,2/3} = 2.14 \cdot 3.23 = \underline{\underline{6.91\,\mathrm{V}}}$
>
> $\Delta U_{p\,4/5} = I_h \cdot R_{p\,4/5} = 2.14 \cdot 4.24 = \underline{\underline{9.07\,\mathrm{V}}}$
>
> $\Delta U_6 = I_h \cdot R_6 = 2.14 \cdot 10 = \underline{\underline{21.4\,\mathrm{V}}}$



d) Greinstraumane er der hovudstraumen delar seg. I dette høvet er det I_2, I_3, I_4, I_5.

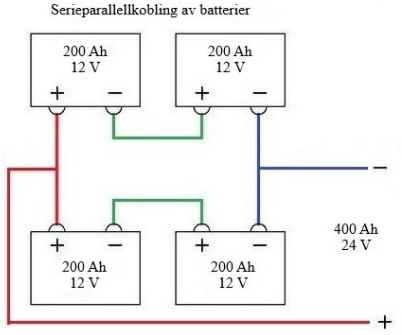
Vi nummerer straumane etter nummer på resistansen.

$$I_2 = \frac{\Delta U_{2/3}}{R_2} = \frac{6.91}{6} = \underline{\underline{1.15\ \text{A}}}$$

$$I_3 = I_h - I_2 = 2.14 - 1.15 = \underline{\underline{0.99\ \text{A}}}$$

$$I_4 = \frac{\Delta U_{4/5}}{R_4} = \frac{9.07}{8} = \underline{\underline{1.13\ \text{A}}}$$

$$I_5 = I_h - I_4 = 2.14 - 1.13 = \underline{\underline{1.01\ \text{A}}}$$



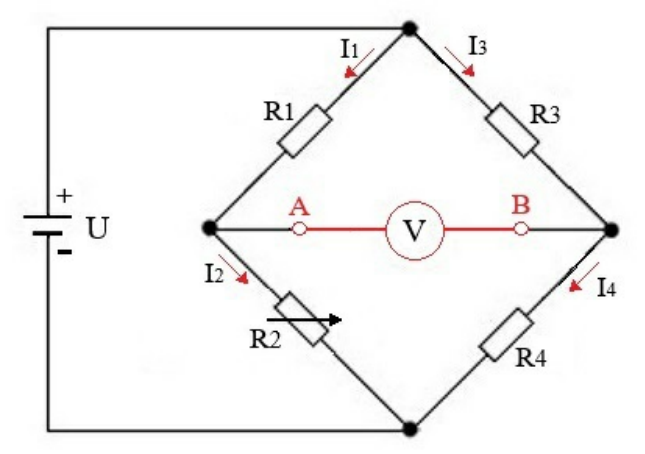
Målebru

Ei målebru er eit verktøy som nyttast til å måle elektriske komponentar sine eigenskapar, som motstand, induktans og kapasitans. Ved å samanlikne ukjende verdiar mot kjende referansar, kan du få veldig nøyaktige målingar. Ein av de mest kjende typane er Wheatstone-brua, som er spesielt nyttig for å måle motstand.

Ei målebru fungerer ved å samanlikne ein ukjend elektrisk verdi med kjende verdiar i ein balansert krets. La oss ta Wheatstone-brua som eksempel. Den nyttar fire motstandar arrangert i ein diamantforma krets (to spenningsdelarar). To av motstandane er kjende verdiar, ein er justerbar (kalibrert motstand), og den fjerde er den ukjende motstanden du vil måle.

Ein straumkjelde er kopla til kretsen og ein spenningsmålar plasserast mellom dei to "diagonale" punkta. Når den justerbare motstanden er finjustert slik at spenningsmålaren viser null, er kretsen balansert. Då kan den ukjende motstanden bereknast med hjelp av dei kjende verdiane og forholdet mellom dei. Det er ein elegant måte å oppnå nøyaktige målingar på utan avansert utstyr.

DØME PÅ KORLEIS EIN BALANSERA EI BRU:



Når vi skal stille inn ei bru, må vi sørgje for at spenninga mellom A og B er null. Vi seier då at brua er i balanse. For å registrere at brua er i balanse, koplar vi eit voltmeter mellom A og B. Når spenninga mellom A og B er lik null, går det ikkje straum gjennom instrumentet. Begge spenningsdelerne er då ikkje belasta, og $I_1 = I_2$ og $I_3 = I_4$

Spenninga over R_2 (venstre spennings delar):

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1+R_2} * U$$

og over R_4 (høyre spennings delar)

$$U_4 = \frac{R_3}{R_3+R_4} * U$$

Når U2 = U4 er spenninga mellom A og B lik null fordi spenninga har same potensiale.

Vi kan då sette opp ei matematisk utleiing for å finne det innbyrdes forholdet mellom komponentane i brua:

$U_2 = U_4$

$$I_2 * R_2 = I_4 * R_4$$

$$\frac{U}{R_1+R_2} * R_2 = \frac{U}{R_3+R_4} * R_4$$

Vi forkortar med U og kryss multiplisera med (R1+R2) og (R3+R4) då får vi:

$$R_2 (R_3 + R_4) = R_4(R_1 + R_2)$$

$$R_2 * R_3 + R_2 * R_4 = R_4 * R_1 + R_4 * R_2$$

Vi kan fjerne $R_2 * R_4$ på kvar side av = og får:

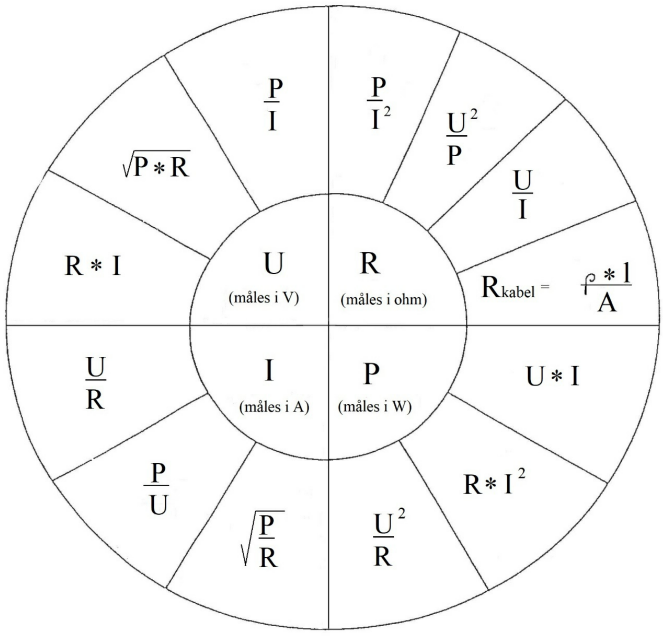
$$R_2 * R_3 = R_4 * R_1$$

som gir oss:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3} \text{ eller } \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$



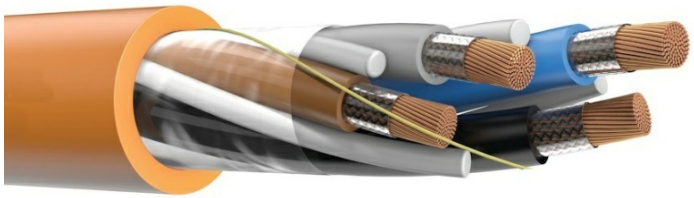
Formeldiagram for likestraum



U = spenning - målast i volt (V)
I = straum - målast i ampere (A)
R = resistans - målast i ohm (Ω)
P = effekt - målast i watt (W)
l = lengde - målast i meter (m)
ϱ = spesifikk leiingsevne - målast i Ω*mm^2/m

Tabellar

Tabell med resistivitet, konduktivitet og temperaturkoeffisient:



Materiale	Resistivitet (20 °C)	Konduktivitet (20 °C)	Temperaturkoeffisient
	$\varrho = (\Omega * \mathbf{mm^2/m})$	$\gamma = (S * \mathbf{m/mm^2})$	$\alpha = (K^{-1})$
Aluminium	0,0265	37,74	0,0046
Bly	0,208	4,81	0,0037
Gull	0,0221	45,25	0,0039
Karbon	100	0,01	0,0005
Konstantan (Cu+Ni)	0,49	2,04	0,00002
Kopar	0,0175	57,14	0,0038
Nikkel	0,693	1,44	0,00024
Nikrom (Ni+Krom)	1,11	0,90	0,0005
Manganin	0,43	2,33	0,00002
Platina	0,105	9,52	0,0039
Sølv	0,0159	62,89	0,0037
Tinn	0,11	9,09	0,0045
Wolfram	0,0528	18,94	0,0048

Kabel:

I NEK 410B Annex B finn vi tabellane som omhandlar kabelstørelsar og kva dei toler i ampere. Under finn de ein tabell henta derifrå. Normerte kabeltversnitt for kopar (Cu) i mm^2.

Tabell B.1 – Straumføringsevne ved kontinuerleg drift ved maksimal nominell ledar temperatur på 60° C.

Normaltversnitt **mm^2**	**Straumføringsevne i ampere (A)**					
	Enleder **A**		**Toleder** **A**		**Tre- og fire-leder** **A**	
1,5	10		9		7	
2,5	17		14		12	
4	23		20		16	
6	29		25		20	
10	40		34		28	
16	54		46		38	
25	71		60		50	
35	88		75		62	
50	110		94		77	
70	135		115		95	
95	164		139		115	
120	189		161		132	
150	218		185		153	
185	248		211		174	
240	292		248		204	
300	336		286		235	
	DC	**AC**	**DC**	**AC**	**DC**	**AC**
400	390	380	332	323	273	266
500	450	430	383	366	315	301
630	520	470	442	400	364	329
Omgjevnadstemperatur (luft) 45 °C						

Samandrag av grunnleggande elektroteknikk, likestraum

1. Ohms lov:

OHMS LOV

Ohms lov beskriv samanhengen mellom spenning (U), straum (I) og motstand (R) i ein elektrisk krets:

der:

- U er spenninga i volt (V),
- I er straumen i ampere (A),
- R er motstanden i ohm (Ω).

2. Kirchoffs lover:

Kirchoffs lover nyttast til å analysere elektriske kretsar:

- Kirchoffs første lov: Summen av straumane inn i eit knutepunkt er lik summen av straumane ut av knutepunktet (parallellkopling).
- Kirchoffs andre lov: Summen av alle spenningane rundt ein lukka krets er null. Summen av alle delspenningar er lik hovudspenninga (seriekopling).

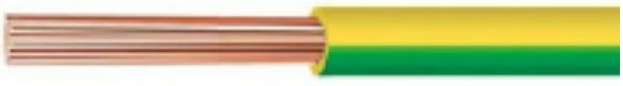
3. Resistans og temperatur:

Motstanden i ein ledar endrar seg med temperatur. For metall aukar motstanden når temperaturen stig. Dette kan uttrykkast ved:

$$R_2 = R_0 \, (1 + \alpha * \Delta t)$$

der:

- R_2 er motstanden etter temperaturforandring.
- R_0 er motstanden ved referansetemperatur (ofte 20°C),
- A (alpha) er temperaturkoeffisienten,
- Δt er temperaturendringa i grader Celsius.



4. Elektrisk effekt:

Effekten (P) som forbrukast i ein krets kan bereknast med:

$$P = U * I$$

eller ved å kombinere med Ohms lov:

$$P = I^2 * R \; P = \frac{U^2}{R}$$

der:

P er effekten i watt (W).

5. Parallellkopling og seriekopling:

- Parallellkopling:
  Den totale motstanden er gitt ved:

$$\frac{1}{\mathrm{Rt}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} \ldots\ldots + \frac{1}{R_n}$$

Spenninga er lik over alle komponentane.

Summen av alle greinstraumane er lik hovudstraumen

- Seriekopling:
  Den totale motstanden er summen av enkeltmotstandane:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 \ldots\ldots + R_n$$

Straumen er lik gjennom alle komponentane.

Summen av delspenningane er lik hovudspenninga.

6. Likestraum:

- Likestraum (DC): Straumen bevegar seg i éi retning.

Dette samandraget gir ei grunnleggande oversikt over sentrale prinsipp innan likestraums elektroteknikk.

Kap 2 Batteri

Batteri (akkumulator)

I dette kapittelet tek vi føre oss dei mest vanlege batteria (akkumulatorar) som blir brukt om bord i skip.

BATTERI

Eit batteri er ei eining som lagrar og leverer elektrisk energi med hjelp av kjemiske reaksjonar. Det består av éi eller fleire celler, der kvar celle har ein positiv (+) og ein negativ (-) pol. Når du koplar batteriet til ein krets, flyt elektrona frå den negative til den positive polen og gir straum til eininga.

Kort sagt: Eit batteri omdanna kjemisk energi til elektrisk energi for å drive elektroniske einingar!

Bly batteri (blyakkumulator)

BLY BATTERI (BLYAKKUMULATOR)

Ein blyakkumulator (bly batteri) er ein type oppladbart batteri som ofte nyttast i bilar, naudstraums forsyningar, start av hjelpemotorar, radiobatteri og andre applikasjonar som krev høg straumkapasitet.

Oppbygging.

Ein blyakkumulator består av fleire celler, der kvar celle har:

1. Positive elektrodar (anode): Laga av blydioksid (PbO_2). Etter lading får den ein mørkebrun farge.
2. Negative elektrodar (katode): Laga av reint bly (Pb). Den har fargen grå.
3. Elektrolytt: Ca. 36 % svovelsyre (H_2SO_4), resten er destillert eller avionisert vatn.
   Gel- og AGM-batteri ca. 28–35 % svovelsyre (H_2SO_4), (bunden – ikkje flytande).
4. Separatorar: Materialar som hindrar kortslutning mellom elektrodane.
5. Bly plater: Arrangert i eit rutenett for å gi god elektrisk kontakt.

Kvar celle gir ei spenning (EMS) på ca. 2,10 V. Eit vanlig bly batteri har seks celler som er kopla i serie, som totalt produserer ca. 12,6 V.

f(x)

EMS (ELEKTROMOTORISK SPENNING)

EMS = den ideelle spenninga mellom elektrodane i ein elektrokjemisk celle når det ikkje går straum (inga belastning). Den tilsvara kvilespenninga.

Utlading (bruk av batteriet):

Når batteriet leverer straum, skjer følgjande reaksjonar:

+ Med den positive elektrode (PbO_2 - Blydioksid, katode):
- Blydioksid (PbO_2) reagerar med svovelsyre (H_2SO_4) og dannar bly (II) sulfat ($PbSO_4$) og vatn (H_2O).

Med den negative elektrode (Pb – bly, anode):
- Reint bly (Pb) reagerer med sulfat-ion (SO_4^{2-}) frå svovelsyra og dannar også bly (II) sulfat ($PbSO_4$)**.**

Resultatet:
- Begge elektrodane vert dekka med bly (II) sulfat ($PbSO_4$), og elektrolytten mistar svovelsyre, noko som senkar batteriet sin kapasitet.
- Spenninga fell etter kvart, og batteriet må ladast opp igjen.

Lading (gjenopprette kapasitet):

Når batteriet ladast opp igjen, reverserast reaksjonane:

- Bly (II) sulfatet på begge elektrodane omdanna tilbake til bly og blydioksid.
- Svovelsyre dannast igjen i elektrolytten.

Reaksjonen er reversibel, noko som gjer blyakkumulatoren oppladbar.

*Ladetilstand med syremålar (hydrometer). *

Ved utlading binder svovelsyra i elektrolytten seg med platene, og den spesifikke vekta går ned. Den spesifikke vekta er altså eit mål på ladetilstanden til batteriet.

Den spesifikke vekta eller densiteten målar vi med ein syremålar (hydrometer). Tabellen under viser korleis vi kan måle ladetilstanden med eit hydrometer og densitetar med forskjellige grader av batteriet sin ladetilstand.

Spesifikk vekt og ladesituasjon ved 25 °C.



Ei fulladd celle har vanlegvis SG mellom **1,255–1,275**, medan ei utlada celle ligg rundt **1,110–1,130**

Ladetilstand	SG (25 °C)
100 %	1,255–1,275
75 %	1,215–1,235
50 %	1,180–1,200
25 %	1,155–1,165
0 %	1,110–1,130

Temperaturkorrigering for hydrometeravlesing.

Syremålaren sin flottørskala er normalt basert på ein syretemperatur på + 25 °C.

Med vesentleg høgare eller lavare temperaturar må avlesingsresultatet korrigerast fordi syrevekta varierer med temperaturen. Det er særleg viktig å være merksam på dette om vinteren. For kvar 10 °C under + 25 °C leggast 0,007 til på skalaen, og for kvar 10 °C over + 25 °C, trekkast 0,007 frå. Skala nedanfor viser:

Temperatur vs. Spesifikk vekt (SG) – bly batteri.

Temperatur(°C) 100 %	(Fulladd)	75 %	50 %	25 %	0 % (Utlada)
-20 °C	1,308	1,268	1,233	1,198	1,153
-10 °C	1,301	1,261	1,226	1,191	1,146
0 °C	1,294	1,254	1,219	1,184	1,139
5 °C	1,287	1,247	1,212	1,177	1,132
10 °C	1,280	1,240	1,205	1,170	1,125
15 °C	1,273	1,233	1,198	1,163	1,118
20 °C	1,266	1,226	1,191	1,156	1,111
25 °C *(ref)*	1,260	1,220	1,185	1,150	1,105
30 °C	1,253	1,213	1,178	1,143	1,098
35 °C	1,246	1,206	1,171	1,136	1,091
40 °C	1,239	1,199	1,164	1,129	1,084
45 °C	1,232	1,192	1,157	1,122	1,077
50 °C	1,225	1,185	1,150	1,115	1,070

Ladetilstand Gel-batteri

GEL-BATTERI

Gel-batteri (ein type VRLA – *Valve Regulated Lead Acid*), skil seg frå opne bly batteri med at elektrolytten er immobilisert som ein gel, noko som gjer måling av ladetilstanden litt meir utfordrande.

Korleis måle ladetilstanden til eit gel-batteri:

Fordi elektrolytten er bunden i gel, kan du ikkje bruke hydrometer (måling av spesifikk vekt) slik du kan med våtcellebatteri.

I staden nyttast to hovudmetodar:

Kvilespenning (open krets-spenning).

Mål batterispenninga etter at det har kvilt i minst 4–12 timar utan lading eller belastning.

Kvilespenning	Ladetilstand	Merknad
12,85–12,95 V	100 %	Fulladd
12,65 V	75 %	God stand
12,35 V	50 %	Halvlada
12,10 V	25 %	Bør ladast
\<12,00 V	0–10 %	Kritisk lavt

For 6 V eller 24 V batteri, skaler spenningane proporsjonalt (f.eks. 2,1 V per celle ved 100 %).

Spenningsmåling under belastning (last test).

- Gir eit raskare bilde dersom du ikkje har tid til å vente på kvilespenning.
- Kople til ei kjent belastning (f.eks. ei pære eller ein batteri testar) og sjå kor lavt spenninga fell.
- Eit godt gel batteri vil ikkje falle mykje under 12,0 V ved moderat belastning.

!

IKKJE BRUK HYDROMETER

Gel batteri er lukka og trykkregulert, så opning eller tapping er både:
- farleg (kan øydelegge ventilen),
- og ubrukeleg (fordi syra ikkje er flytande).

TILRÅDING

Bruk ladekontrollarar eller batterimonitorar.

For system som nyttar gel batteri (solcelleanlegg, naudstraum osv.) tilrår ein batterimonitor med shunt, som målar:

- straum inn/ut (Ah)
- nøyaktig SOC (State of Charge)
- spenning og historikk

Vedlikehald av bly batteri (t.d. startbatteri, UPS, fritidsbatteri).

Ladestrategi

- Hald batteriet lada for å unngå sulfatering (krystallisering av bly plater som reduserer kapasiteten).
- Unngå djup utlading (under 50 % kapasitet, helst ikkje under 20 %).
- Bruk ein smart ladar som regulerer ladestraum og spenning.

Vassnivå (for våte bly batteri):

- Etterfyll med destillert vatn om nødvendig, men ikkje overfyll.
- Sjekk vasstanden regelmessig (spesielt i varme omgivelsar).

Polar og kablar:

- Reingjer polane og påfør fett for å hindre korrosjon.
- Sjekk at tilkoplingane er stramme.

Temperaturkontroll

- Unngå ekstreme temperaturar, då kulde reduserer kapasiteten og varme forkortar levetida.

Fordelar

- Billig å produsere.
- Kan levere høg straum.
- Relativt robust.

Ulemper

- Tungt (på grunn av bly).
- Avgrensa levetid (pga. sulfatering).
- Inneheld miljøskadelege stoff (bly og syre).



Litium-ion-batteri

LITIUM-ION-BATTERI

Eit litium-ion-batteri (Li-ion-batteri) består av fleire celler som lagrar og leverer energi med hjelp av litiumion som bevegar seg mellom elektrodane.

Hovudkomponentar i ein Li-ion-celle.

Kvar battericelle inneheld fire hovuddelar:

1. Katode (positiv elektrode). **+**
   - Laga av materialar som Litium-Nikkel-Mangan-Kobolt-oksid (NMC), Litiumjernfosfat (LFP), eller Litium-Nikkel-Kobolt-Aluminium-oksid (NCA).
   - Bestemmer batteriet sin kapasitet og spenning.
2. Anode (negativ elektrode). **−**
   - Laga av grafitt eller silisium-grafittblandingar.
   - Lagrar og frigjer litiumion under lading og utlading.
3. Elektrolytt.
   - Ein flytande, geléaktig eller fast substans som inneheld litiumsalter (f.eks. $LiPF_6$ i organisk løysemiddel).

- Let litiumion bevege seg mellom katoden og anoden.

4. Separator.
   - Ein tynn polymerfilm (plastmateriale) som hindrar kortslutning, men let ioner passere.

Verkemåten til eit Li-ion-batteri?

Når batteriet ladast:

- Ekstern straum frå ein ladar får litiumion (Li^+) til å bevege seg frå katoden til anoden gjennom elektrolytten.
- Elektron flyttar seg samtidig via ein ytre krets og lagrast i anoden.

Når batteriet leverer straum:

- Litiumionene (Li^+) bevegar seg frå anoden til katoden, og elektron flyt gjennom ein ytre krets og driv ei eining (t.d. ein elbilmotor).

Vedlikehald av litium-ion-batteri (t.d. mobiltelefonar, elbilar, laptop batteri).

Ladestrategi

- Ideell ladestatus er mellom 20–80 % for lengre levetid.
- Unngå full utladning (0 %) og konstant 100 % opplading, spesielt ved høge temperaturar.
- Bruk riktig ladar med korrekt spenning og straumstyrke.

Temperaturkontroll

- Hald batteriet unna høge temperaturar (> 40 °C) for å unngå forringing.
- Unngå å lade i svært kalde omgjevnadar (\< 0 °C), då det kan skade batteriet.

Lagring

- Dersom batteriet ikkje skal nyttast på lenge, lagre det på 40–60 % lading og i kjølige omgjevnadar.
- Ikkje la batteriet stå tilkopla laddar over lang tid.

Brukar avgrensingar:

- Unngå hurtiglading for ofte, då det kan føre til varmeutvikling og svekka kapasitet over tid.
- Unngå fysiske skadar (punktering kan føre til brann).

Fordelar med Li-ion-batteri.

- Høg energitettheit (gir lang rekkevidde i elbilar).
- Lav vekt samanlikna med bly batteri.
- Lang levetid med mange ladesyklusar.
- Lav sjølvutlading (beheld straum lenge).

Ulemper med Li-ion-batteri.

- Dyrt å produsere.
- Kan overopphetast og krev god temperaturkontroll.
- Litium og kobolt er ressurskrevjande å utvinne.

Σ

KONKLUSJON

Litium-ion-batteri fungerer ved å flytte litiumion mellom ein katode og ein anode via ein elektrolytt, og dei nyttast i alt frå mobiltelefonar til elbilar og skip.

Batteri for framdrift av skip må ha høg energikapasitet, lang levetid og tole tøffe maritime forhold. Dei vanlegaste batteritypa for skip inkluderer:

Korleis sløkkje brann i litium - ion – batteri?

Sløkkjemiddelet AVD har vist seg å være det mest effektive middelet for å sløkkje brannar i litium-ion-batteri, langt meir effektivt enn konvensjonelle sløkkjemiddel som ikkje har nokon, eller svært lav effekt på slike brannar.

!

IKKE SPYL LITIUM-ION BATTERIER

Spyle med vatn må ein ikkje gjere, då kan det eskalere kraftig. Dette fordi litium-ion batteribrannane lagar oksygen sjølv.

Det brannvesenet ofte gjer, er å senke batteriet i vatn bad, til dømes i ei bøtte.
Dei påpeikar at du først må prøve å få batteriet ut av huset, gjerne med eit brannteppe. Deretter bør du legge det i eit vatn bad.
Men ver forsiktig. Batteriet kan bli 6–700 grader varmt, og brannen kan fort utvikle seg.

Σ

OPPSUMMERING

- Bly batteri krev meir vedlikehald (vassfylling, reingjering, sulfatering og ladesyklusar).
- Litium-ion-batteri krev mindre vedlikehald, men bør ladast riktig og unngå ekstreme temperaturar.
- Bly batteri toler djup utlading dårleg, mens litium-ion-batteri bør haldast mellom 20–80 % for optimal levetid.



Alkalisk batteri

Oppbygging av eit alkalisk batteri

ALKALISK BATTERI

Alkaliske batteri er ein type primærbatteri (eingangsbatteri) som nyttar ein alkalisk elektrolytt, vanlegvis kaliumhydroksid (KOH), i staden for den sure elektrolytten som finns i sink-karbonbatteri.

Eit standard alkalisk batteri består av følgjande hovudkomponentar:

1. Anode (Negativ elektrode): Sink (Zn) i pulverform, som gir ei stor overflate for reaksjonen.
2. Katode (Positiv elektrode): Manganoksid (MnO_2), som fungerer som oksidasjonsmiddel.
3. Elektrolytt: Ei alkalisk løysing, typisk kaliumhydroksid (KOH), som ledar ion mellom elektrodane.
4. Separator: Ein porøs membran som skil anoden og katoden for å hindre kortslutning.
5. Kapsling: Ei metallhylse som beskyttar og held batteriet saman.

Verkemåte – Elektrokjemiske reaksjonar.

Batteriet genererer elektrisk energi gjennom redoksreaksjonar (reduksjon og oksidasjon).

1. Ved anoden (oksidasjon):
   - Sink reagera med hydroksidioner frå elektrolytten og dannar sinkoksid (ZnO) samt frigjer elektrona:
2. Ved katoden (reduksjon):
   - Manganoksid reduserast ved å ta opp elektron som har bevega seg gjennom den eksterne kretsen:
3. Totalreaksjonen:
   - Saman dannar disse reaksjonane ein lukka krets der kjemisk energi omdanna til elektrisk energi.

Fordelar med alkaliske batteri.

- Høgare energitettheit enn sink-karbon batteria.
- Lengre levetid og betre yting med lav belastning.
- Lav sjølvutlading, noko som gjer dei egna for langtidslagring.
- Toler lave temperaturar betre enn enkelte andre batteritypar.
- Alkaliske batteri nyttast ofte i fjernkontrollar, lommelykter og klokker.

Batteri om bord i skip

1. Litium-ion-batteri (Li-ion)

Den mest nytta batteritypen i moderne elektriske og hybridskip.

Fordelar

- Høg energitettheit (gir lang rekkevidde), meir kraft i mindre volum og vekt.
- Lav vekt i høve til kapasitet.
- Lang levetid (toler mange ladde syklusar), opptil 10 – 15 år ved riktig bruk.
- Høg effektivitet (lite energitap). Lav sjølvutlading – held lading over tid.
- Hurtiglading mogleg.
- Vedlikehaldsfritt.

Ulemper

- Kan vere brannfarlege dersom dei punkterast eller overopphetast.
- Vanskeleg å sløkkje dersom det tek fyr.
- Krev avansert kjølesystem for å unngå over oppheting.
- Høg kostnad samanlikna med bly batteri.
- Bruk av sjeldne materialar som litium, nikkel og kobolt.

Variantar av Li-ion-batteri for skip:

- Litiumjernfosfat (LFP) – billigare, tryggare og meir stabilt.
- Nikkel-mangan-kobolt (NMC) – høgare energitettheit, men dyrare.

DØME PÅ BRUK:

- Ferjer (f.eks. MS Ampere, verdens første heilelektriske ferje).
- Hybridfraktskip (f.eks. Yara Birkeland, eit autonomt containerskip).

2. Bly-syre-batteri (AMG/Gel)

Tradisjonell teknologi nytta i nokon eldre hybridsystem og som backup-straum.

Fordelar

- Billig og lett tilgjengeleg.
- Robust og påliteleg.
- Godt egna for kortare energilagring (backup og støtte).
- Enkel resirkulering.

Ulemper

- Lav energitettheit (tungt og stort for skip).
- Kortare levetid samanlikna med Li-ion (3 – 5 år)
- Langsam lading.
- Krev vedlikehald (spesielt våte bly batteri)

Bruksområde

- Radiobatteri.
- Naustraum system.
- Startbatteri.

3. Natrium-ion-batteri (Na-ion)

NATRIUM-ION-BATTERI (NA-ION)

Ny og lovande teknologi for maritime applikasjonar.

Fordelar

- Billigare enn Li-ion (nyttar natrium i staden for litium).
- Meir miljøvennleg (mindre avhengig av sjeldne metall).
- God tryggleik (mindre brannfare enn Li-ion).
- Toler kulde betre.

Ulemper

- Mindre energitettheit enn Li-ion (krev større plass).
- Teknologien er framleis under utvikling (ikkje like utbreidd endå).

Bruksområde

- Kan bli ei framtidig erstatning for Li-ion i elektriske skip.

4. Solid-state-batteri (faststoff)

SOLID-STATE-BATTERI (FASTSTOFF)

Neste generasjons batteriteknologi for skip, men framleis under utvikling.

Fordelar

- Høgare energitettheit enn Li-ion (lengre rekkevidde).
- Betre tryggleik (ingen brennbar elektrolytt).
- Lengre levetid.
- Den flytande elektrolytten er bytta ut med eit fast stoff som utfører den same oppgåva. Det faste stoffet er ikkje brennbart på same måte, og det produserer ikkje så mykje varme.

Ulemper

- Dyrt og ikkje kommersielt tilgjengeleg endå.

Framtidig bruk:

- Potensiell game-changer for heilelektriske skip.

5. Semi-solid state-batteri

Korleis fungerer eit semi-solid state-batteri?

SEMI-SOLID STATE-BATTERI

Eit semi-solid state-batteri er ein batteriteknologi som kombinerer element frå både tradisjonelle væskebaserte litium-ion-batteri og faststoffbatteri. Det nyttar ein halvfast elektrolytt i staden for ein heilt flytande eller heilt fast elektrolytt. Denne løysinga gir forbetra tryggleik, høgare energitettheit og mindre produksjonskostnadar enn konvensjonelle batteri.

Oppbygging av eit semi-solid state-batteri:

Eit semi-solid state-batteri består av følgjande hovudkomponentar:

- Anode (negativ elektrode).
  - Kan være laga av grafitt, silisium, eller til og med litium-metall for høgare energitettheit.
  - I nokon design kan det nyttast litiumholdige forbindelsar for betre yting.
- Katode (positiv elektrode).
  - Består av litiumovergangsmetalloksid, som t.d. NMC (litium-nikkel-mangan-kobolt-oksid) eller LFP (litium-jern-fosfat).
  - Bruk av høgenergikatodar mogleggjer større lagringskapasitet.
- Semi-solid elektrolytt.
  - Ein gel-liknande eller tjuktflytande elektrolytt, ofte basert på polymerarar, ioniske væsker eller nanomaterialar.
  - Tillèt ionetransport, men reduserer risikoen for lekkasje og brann samanlikna med flytande elektrolyttar.
- Separator.
  - Tynn membran som hindrar kortslutning mellom anode og katode, men tillèt ion å bevege seg gjennom elektrolytten.
  - I semi-solid state-batteri kan separatoren vere ein polymermembran med innebygd elektrolytt.

Fordelar med semi-solid state-batteri.

- Auka tryggleik – Mindre brann- og eksplosjonsfare samanlikna med vanlege litium-ion-batteri.
- Høgare energitettheit – Kan lagre meir energi per volum enn tradisjonelle batteri.
- Mindre kostnadar – Nyttar færre sjeldne materialar og kan vere enklare å produsere enn fullstendige faststoffbatteri.
- Lengre levetid – Mindre degradering over tid grunna redusert danning av dendrittar.
  (Dendrittar er små, greinliknande krystallstrukturar som kan vokse fram inne i batteri, særleg i litiumbaserte batteri med metallisk litium).

Ulemper og utfordringar

- Ikkje heilt fast – Ikkje like stabile som fullverdige faststoffbatteri.
- Utvikling held fram – Teknologien er framleis under utvikling og må skalerast opp for kommersiell bruk.
- Produksjonsutfordringar – Krev spesialiserte produksjonsmetodar for optimal yting.

Bruksområde

- Elektriske køyretøy (EVs) – Tesla, BMW og andre selskap forskar på denne teknologien for å forbetre rekkevidde og tryggleik.
- Forbrukarelektronikk – Mogleg framtidig bruk i mobiltelefonar og berbare datamaskiner.
- Skip, romfart og forsvar – Potensial for batteri med høg energitettheit og robustheit.

Σ

KONKLUSJON

Semi-solid state-batteri er eit lovande steg mellom dagens litium-ion-batteri og fullverdige faststoffbatteri. Dei kombinerer betre tryggleik, høgare energitettheit og mindre kostnadar, men krev framleis teknologiske gjennombrot før dei vert standard i til dømes elbilar.

Trendar og framtidas batteriteknologi for skip

- Solid-state batteri – sikrare og med høgare kapasitet, men framleis under utvikling.
- Semi-solid state-batteri - betre tryggleik, høgare energitettheit og mindre kostnadar.
- Brenselceller (hydrogen + batteri) – kan bli ei viktig løysing for nullutsleppsskip.
- Hybridløysingar (batteri + diesel eller LNG) – optimal balanse mellom rekkevidde og miljøkrav.

Oppsummering: Kva for batteri passar best

Batteritype	Energitetthet ⚡	Levetid	Kostnad	Tryggleik	Bruksområde
Litium-ion (Li-ion)	Høg	Lang	Dyrt	Krev kjøling	Ferjer, containerskip, hybridfartøy
Bly-syre	Lav	Kort	Billig	Trygt	Backup-straum, eldre hybridsystem
Natrium-ion (Na-ion)	Middels	Middels	Billig	Trygt	Potensiell framtidig bruk
Solid-state	Svært høg	Svært lang	Svært dyrt	Svært trygt	Framtidas batteriteknologi

Σ

KONKLUSJON:

Litium-ion-batteri dominerer i dag, men natrium-ion og solid-state kan bli framtidas løysingar for skipsfart!



M/S «Skulebas»

Radiobatteri

!

RADIOBATTERI

Ombord på skip er det avgjerande at radiosendarar og anna GMDSS-utstyr (Global Maritime Distress and Safety System) har ei påliteleg straumforsyning, spesielt i naudsituasjonar. Dette oppnåast gjennom dedikerte batterisystem som må oppfylle strenge tekniske og regulatoriske krav i samsvar med SOLAS kapittel IV og relevante IMO-resolusjonar.

I tillegg har vi eit forskrift om radiokommunikasjonsutstyr for norske skip og flyttbare innretningar.

Batteritypar og tekniske spesifikasjonar

1. Bly-syre-batteri (VRLA/SLA):

- Vanlegast nytta i GMDSS-installasjonar.
- Forsegla variantar (VRLA) krev minimalt vedlikehald og toler installasjon i ulike posisjonar.
- Typisk kapasitet: 200 Ah ved 24 V.

2. Litiumbatteri:

- Nyttast i naudutstyr som EPIRB og SART.
- Høg energitettheit og lang levetid.
- Må bytast ut før utløpsdatoen for å sikre pålitelegheit.

3. Nikkel-kadmium (NiCd) og nikkel-metallhydrid (NiMH):

- Nyttast i handhaldne VHF-radioar.
- NiCd er robuste og toler djup utlading, men har "minneeffekt".
- NiMH tilbyr høgare kapasitet og er meir miljøvennlege.

Krav til batterikapasitet og yting

I samsvar med SOLAS kapittel IV, regel 13, skal reservekjelda til GMDSS-utstyr kunne:

- Operere GMDSS-utstyr i minst **1 time** dersom skipet har ein naudgenerator.
- Operere GMDSS-utstyr i minst **6 timer** dersom skipet ikkje har en naudgenerator.

Batteria må kunne ladast opp til minimumskapasitet innan **10 timer**.

Ved dimensjonering av batterikapasitet bør det takast omsyn til:

- Samla straumforbruk frå alt tilkopla radioutstyr.
- Reduksjon i kapasitet over tid og ved ekstreme temperaturar.
- Tilrådd tillegg på **40 %** til berekna minimumskapasitet for å kompensere for aldring og andre faktorar.

Vedlikehald og testing

Dagleg test:

- Utfør "on-load/off-load"-test for å sikre at batteria leverer korrekt spenning under belastning.
- Spenninga bør ikkje falle meir enn 1,5 V under belastning.

Årleg kapasitetskontroll:

- Batteria sin kapasitet må testast minst éin gang i året når skipet ikkje er til sjøs.
- Batteri med kapasitet under 80 % av nominell verdi bør bytast ut.

Generelt vedlikehald:

- For bly-syre-batteri: Kontroller elektrolyttnivå og spesifikk vekt dagleg.
- Spesifikk vekt på 1,265 indikerer fulladd batteri; 1,225 tilsvararar omlag 75 % lading.

Installasjon og tryggleik

- Batteria skal vere tydeleg merka med type, kapasitet og installasjonsdato.
- Ei åtvaring om eksplosjonsfare skal vere synleg i nærleiken av batteria.
- Batteria må vere sikkert festa og kunne fungere ved krenging opptil 22,5°.
- Plasser batteria i eit ventilert område med stabil temperatur, helst nær radioutstyret.

For å sikre samsvar med regelverket og optimal drift, er det viktig å følgje produsenten sine tilrådingar og internasjonale standardar for vedlikehald og inspeksjon av batteri om bord.

Godkjende radiobatteri

!

RESERVEKRAFTKILDE

Vanlege startbatteri er ikkje egna som reservekraftkilde for radiokommunikasjonsutstyr om bord på skip, sjølv om dei er bly-syre-batteri. Det skuldast fleire viktige tekniske og sikkerheitsmessige krav.

Djup-syklus batteri

Ein må nytte djupsyklus-blybatteri (deep-cycle batteries), som er konstruert for jamn, langsam utlading og opplading.

DØME:

- VRLA (Valve-Regulated Lead-Acid): T.d. AGM- eller Gel-batteri.
- Marine deep-cycle batteri med godkjenning for naudstraumformål.

Eit djup-syklusbatteri er ein type oppladbart batteri som er spesielt designa for å levere jamn straum over lengre tid og tole gjentekne, djupe utladingar utan å ta skade. Dette står i kontrast til vanlege startbatteri, som er laga for å gi korte, kraftige straumstøyt for å starte motorar.

Kva kjenneteteiknar eit djup-syklusbatteri?

- Djup utlading (Depth of Discharge, DoD): Djup-syklusbatteri kan trygt utladde opptil 80–100 % av kapasiteten utan å bli skada. For å forlenge levetida vert det midlertidig tilrådd å ikkje utladde meir enn 50 % regelmessig.
- Lang levetid: Avhengig av teknologi kan disse batteria vare fra 500 til over 5 000 lade- og utladingssyklusar. Lithiumjernfosfatbatteri ($LiFePO_4$) er kjend for å ha ei særleg lang levetid, ofte over 3 000 syklusar.
- Konstruksjon: Dei har tjukkare plater og meir tett aktivt materiale enn vanlege batteri, noko som gjer dei meir motstandsdyktige mot korrosjon og slitasje med hyppige utladingar.

Vanlege bruksområde:

Djup-syklusbatteri nyttast i situasjonar der påliteleg, langvarig straum er nødvendig:

- Solenergisystem: Lagrar overskotsenergi frå solcellepanel for bruk når sola ikkje skin.
- Rekreasjonskøyretøy (RV): Straumforsyning til lys, kjøleskap og anna utstyr under camping utan tilgang til straumnett.
- Marine applikasjonar: Driv elektronikk, lys og trolling motorar på båtar.
- Off-grid bustadar: Gir straum til hytter eller bustadar utan tilgang til straumnett.
- Backup-straum: Nyttast i UPS-system for å sikre straum ved straumbrot.

Typar djup-syklusbatteri:

- Blysyre: Tradisjonelle batteri som er rimelege, men krev vedlikehald og har kortare levetid.
- AGM (Absorbent Glass Mat): Tørre, vedlikehaldsfrie og meir motstandsdyktige mot vibrasjonar.

- Gel: Nyttar ein gele elektrolytt, egna for ekstreme temperaturar og djupe utladingar.
- $LiFePO_4$ (Lithiumjernfosfat): Moderne, lettvektige batteri med lang levetid og høg tryggleik, men høgare pris.

Vedlikehald og levetid:

For å maksimere levetida til eit djup-syklusbatteri, er det viktig å:

- Unngå over- eller under-lading.
- Halde batteriet reint og sjekke elektrolyttnivået (for bly-syre-batteri).
- Lade batteriet regelmessig, sjølv om det ikkje er i bruk.
- Unngå djupe utladingar med mindre det er nødvendig.

!

LITIUM BATTERI

Litium batteri krev mindre vedlikehald og er meir robuste enn bly- syre- batteri.

Oppsummering

Σ

OPPSUMMERING

Djup-syklusbatteri er ideelle for applikasjonar som krev påliteleg og langvarig straumforsyning. Dei skil seg frå vanlege startbatteri med å kunne tole hyppige og djupe utladingar utan å ta skade, og dei finns i ulike teknologiar som passar til forskjellige behov og budsjett.

Batteritype	Kan nyttast til radioutstyr?	Kommentar
Startbatteri	✗ Nei	Ikkje laga for lang driftstid
Deep-cycle bly batteri	✓ Ja	Egna og ofte nytta
AGM/Gel (VRLA)	✓ Ja	Vedlikehaldsfrie og godkjende
Litium-ion (godkjent)	✓ Ja	Krev ekstra tryggleikstiltak

Konkrete eksempel på SOLAS-godkjend radiobatteri som oppfyller krava til naudstraums forsyning for radiokommunikasjonsutstyr om bord på skip

Viktig merking

Batteriet skal være tydeleg merka med følgjande informasjon:

- **Type:** [AGM bly-syre].
- **Nominell kapasitet:** [100Ah].
- **Installert dato:** [Dato for installasjon].
- **Åtvaring:** [Eksplosjonsfare – handterast med forsiktigheit].

!

VIKTIG MERKING

Denne merkinga skal vere synleg under installasjon og gjennom batteriet si levetid.

Handtering av brann i litium-ion batteri på eit skip

Krav til opplæring

Den 26.01.2022 publiserte Sjøfartsdirektoratet (SDIR) eit rundskriv om "Rettleiing til krav om opplæring om kjemiske lager for energi (maritime batterisystem) om bord i norske skip" (RSV 4 - 2022). ASH-forskrifta § 2–6 krev at den som har sitt arbeid om bord skal få nødvendig opplæring mellom anna for å kunne utføre sitt arbeid på ein sikkerheits messig forsvarleg måte.

Batterisikkerheit til sjøs

Batterisikkerhet til sjøs for litium-ion - Norsk Elektroteknisk Komite
(NEK) https://www.nek.no/2020/09/09/batterisikkerhet-til-sjos/(bokmål).

Under er det et utdrag av artikkelen.

Batteriteknologi stevner fremover og internasjonal standardisering henger etter, men NEK har tatt grep. NEK 411 er en helt ny Norsk Spesifikasjon som gir brukerne anledning til å dokumentere sikkerhet for batterisystem med henyn til maritime forhold.

Batterier om bord i skip blir stadig mer aktuelt for drift av utstyr og maskiner. Nye batterier av typen Litium-Ion gir en høyere energitetthet og flere funksjoner om bord kan opereres uavhengig av dieselgeneratorer.

De nye batteriene har gitt flere muligheter til å bruke elektrisitet om bord. Der man tidligre kun var avhengig av dieslegeneratorar kan man nå bruke batteriene sammen med dieselgeneratorene, og i noen tilfeller, kun batterier. Batteriene lades i land og dermed kan utslippene fra skipet reduseres. Imidlertid innebærer litium-ion andre sikkerhetsbetraktningar.

NEKs nye spesifikasjon, NEK NSPEK 411, bygger på IECs http://iec.ch/
generelle standard for litium-ion batterier IEC 62619. Imidlertid er ikke denne standarden beregnet på skip. NEK NSPEK 411 beskriver derfor de tillegg og endringer som er nødvendig for et maritimt miljø.

Kravene er forsøkt tilpasset klasseselskapenes kravspesifikasjoner, uten å være strengere enn disse. Samtidig er det tatt hensyn til internasjonale krav fra IMO, samt de signalere som norske myndigheter har gitt om Litium ion batterier de siste årene.

Med NEK NSPEK 411 https://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=nspek%20411
har rederier og verft fått et nytt verktøy for design av skip med litium-ion batterier i påvente av at de internasjonale kravene foreligger.

HMS ved arbeid med batteri

Arbeid med bly-syre-batteri om bord på skip krev strenge HMS-tiltak for å beskytte både personell og utstyr. Her er dei viktigaste HMS-tiltaka:

1. Personleg verneutstyr (PPE).
   - Vernebriller eller ansiktsskjerm for å beskytte mot syresprut.
   - Syrefaste hanskar for å unngå kontakt med batterisyre.
   - Vernekle eller syrefast forkle for å verne mot søl.
   - God ventilasjon eller åndedrettsvern ved arbeid i tronge rom med fare for hydrogengass.

2. Ventilasjon og eksplosjonsfare.
   - Bly batteri av gjev hydrogengass ved lading, som er svært brannfarleg.
   - Sørg for god ventilasjon i batterirommet for å unngå opphoping av gass.
   - Unngå gnistar og open eld i nærleiken av batteria (ingen røyking eller bruk av gnistdannande verktøy).

3. Handtering av batterisyre.
   - Unngå søl – bruk egna utstyr ved etterfylling av batterivæske.
   - Skyl straks med rikeleg vatn ved kontakt med hud eller auge.
   - Nøytraliser søl med natron (bikarbonat) eller kalk.

4. Løfting og transport.
   - Bly batteri er tunge – bruk egna løfteutstyr for å unngå skadar.
   - Sørg for at batteria står stødig og er godt festa under transport.

5. Vedlikehald og inspeksjon.
   - Sjekk jamleg etter korrosjon, lekkasjar eller skader på batteria.
   - Sjekk syrenivået.
   - Reingjer koplingar og polar for å hindre dårleg kontakt og gnistar.
   - Følg produsenten sine tilrådingar for ladingsrutinar.

6. Naud prosedyrar.
   - Ha augedusj og naudskyljestasjon lett tilgjengeleg.
   - Kjenn til prosedyrar ved syre søl og batteribrann.
   - Brann sløkkjeutstyr: Bruk CO_2, pulver eller skum – ikkje vatn, då det kan reagere med batterisyra.

Miljøfarar med batteri

a) Kjemikaliar og tungmetall: Mange batteri inneheld farlege kjemikaliar og tungmetall som bly, kvikksølv, kadmium, litium og nikkel. Disse stoffa kan forureine jord og vatn dersom batteria ikkje vert handtert riktig ved avfallshandtering.

b) Batteriavfall: Dersom batteria vert handtert eller destruert feil, kan disse stoffa også leke ut og føre til forureining og helseproblem.

c) Deponering av farleg avfall: Bly batteri som ikkje samlast inn og behandlast på riktig måte, kan ende opp på deponi, der dei kan forureine miljøet i mange år. Det er spesielt problematisk fordi bly brytast svært langsamt ned, og kan vere farleg i lang tid.

Regelverk om handtering og resirkulering av batteri (bomål)

a) **Avfallsforskriften**: I Norge reguleres håndtering og innsamling av batterier gjennom Avfallsforskriften, som implementerer EU-direktivene om batterier og akkumulatorer. Dette direktivet pålegger produsenter av batterier å sørge for at batteriene deres samles inn, resirkuleres og behandles på en miljøvennlig måte.

b) **Batteridirektiv (EU)**: EU har vedtatt direktiver som regulerer håndtering og resirkulering av batterier, inkludert bly-syre-batterier. Direktivet krever at alle batterier, inkludert blybatterier, samles inn og resirkuleres på en miljøvennlig måte. Det stilles strenge krav til produsenter om at de skal sørge for at batterier som har nådd livets sluttfase, samles inn, behandles og resirkuleres på en ansvarlig måte.

c) **Produsentansvar**: Blybatteriprodusenter har ansvar for å sikre at deres batterier kan samles inn og resirkuleres på slutten av livssyklusen. Dette kan omfatte etablering av retursystemer og samarbeid med resirkuleringsselskaper for å håndtere batteriene korrekt.

d) **Resirkulering av blybatterier**: Bly-syre-batterier er faktisk blant de mest resirkulerte batteritypene i verden. Blyet i batteriene kan gjenvinnes og brukes til nye batterier, og svovelsyren kan behandles og nøytraliseres. Ifølge EU-direktivene må minst 65 % av vekten av et bly-syre-batteri resirkuleres. Gjenvinning av bly er også økonomisk attraktivt, da det kan reduseres fra eksisterende batterier i stedet for å utvinne nytt bly fra gruver.

e) **Returordninger og innsamling**: I Norge og EU er det etablert systemer for innsamling av blybatterier. Du finner spesifikke innsamlingspunkter i butikker, gjenvinningsstasjoner og spesialiserte returordninger. Hvis et blybatteri kastes i vanlig søppel, kan det føre til forurensning og bryte regelverket.*

f) **Skilt og merking**: Bly batteria er merket med spesifikke symbol som åtvarar om at dei ikkje skal kastes i vanlig avfall. Dei er ofte merka med eit symbol for bly og ein spesifikk kode som indikerer at dei inneheld skadelege materialar.



Batteri kasse, naudgenerator.



To batteri i serie 2 x 12 V = 24 V

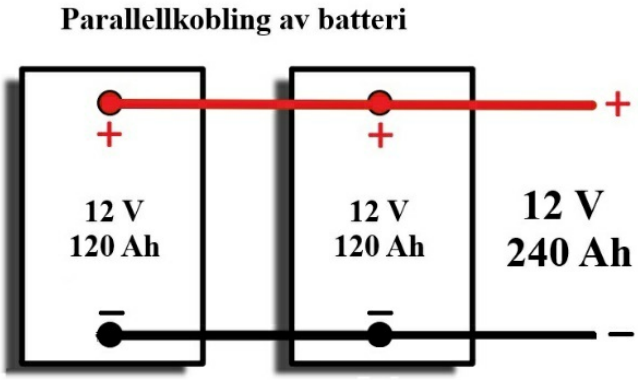


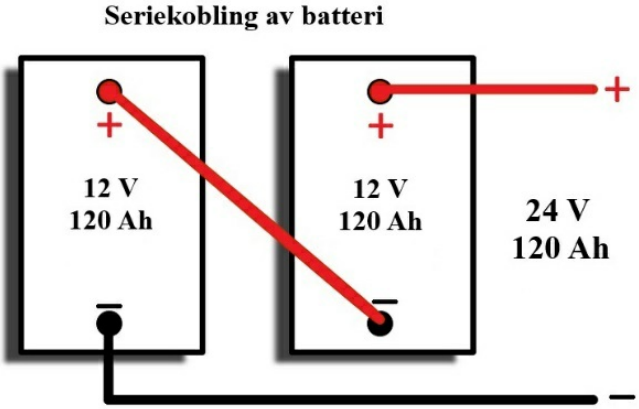
Batteri testar



Batteri brytar

Koplingar av batteri (akkumulatorceller)





AKKUMULATORBATTERI

Eit akkumulatorbatteri er ei samankopling av akkumulatorceller. For å oppnå ei høgare spenning seriekoplar vi cellene, og for å oppnå ein høgare straum parallellkoplar vi cellene. Med serieparallellkopling av celler oppnår vi både høgare spenning og straum.

Kapasiteten til eit batteri i Ah (ampere-timer) er ein måte å uttrykke kor mykje elektrisk lading batteriet kan levere over tid.

> «100 Ah (C20).

Batteriet kan levere 100 Ah, målt over 20 timer (5 A i 20 timer).

Elektromotorisk spenning (EMS)

ELEKTROMOTORISK SPENNING (EMS)

EMS er den elektriske spenninga som ein straumkjelde (t.d. eit batteri) genererer når ingen straum går gjennom kretsen. Det er altså den maksimale spenninga ein kjelde kan gi før det oppstår spenningsfall på grunn av indre motstand.

For eit batteri gjeld:

> EMS (E) = Terminalspenning + (Indre motstand * Straum)
>
> $$E = U + (R_i * I) = U + \ \Delta U$$

Når batteriet er ope (inga belastning): Terminalspenninga ≈ EMS.

- Når batteriet er belasta (straum trekkast): Terminalspenninga er mindre enn EMS grunna spenningsfall over batteriet si indre motstand.
- Indre motstand (Ri) i eit 12 V bly batteri ligg på ca. 2 – 6 mΩ.

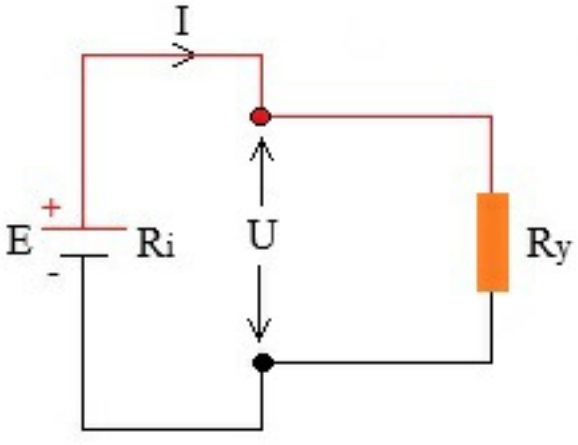
DØME PÅ EMS I BATTERI

- Bly batteri (12 V): EMS kan vere 12,6–13 V når fulladd, men terminalspenninga fell under belastning.
- Litium-ion-batteri (3,7 V per celle): EMS kan være 4,2 V per celle når fulladd, men fell ved bruk.

Straumkrets med ei celle

Dersom ei celle med elektromotorisk spenning (ems) E og indre motstand Ri er kopla til ein ytre motstand Ry, som figuren under viser, får vi ifølge Kirchoffs 2. lov:

> $$E = I * R_i + I * R_y = I\ (R_i + R_y)$$



Over cella si indre motstand får vi eit spenningsfall:

$$\Delta U = I * R_i$$

Dermed kan spenninga over den ytre resistansen finnast:

$$U = E - \Delta U$$

Det er berre klemmespenninga som kjem til nytte i den ytre straumkretsen. Er klemmespenninga kjend, kan vi finne straumen ved å nytte Ohms lov på den ytre kretsen:

$$I = \frac{U}{Ry} \qquad \rightarrow \qquad U = I * R_y$$

DØME

Frå ei celle med indre motstand (R_i) 0,1 Ω går det ein straum (I) på 1,4 A til ei ytre motstand (Ry) på 1,4 Ω som figuren over viser. Berekn cella sin ems (E) og klemmespenninga (U) over den ytre motstanden.

$$E = I * (R_i + R_y) = 1,4 * (0,1 + 1,4) = \underline{\underline{2,1\ V}}$$

$$U = I * R_y = 1,4 * 1,4 = \underline{\underline{1,96\ V}}$$

Seriekopling av celler

SERIEKOPLING AV CELLER

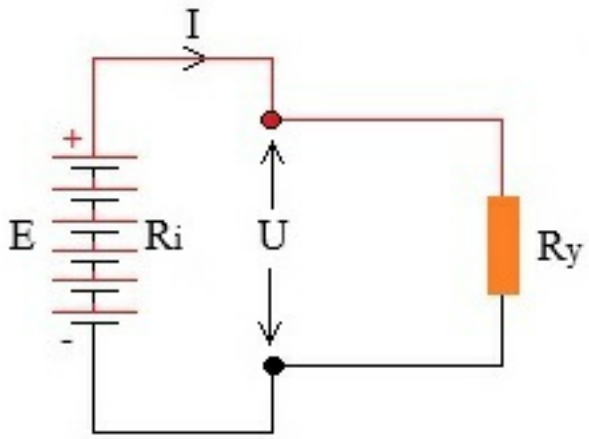
Ved seriekopling koplar du cellene ende mot ende – altså, den positive polen på éi celle koplast til den negative polen på den neste.

Eigenskapar ved seriekopling:

- Spenninga (V) aukar, men kapasiteten (Ah) blir den same.
- Totalt spenning = summen av celle-spenningane.
  - F.eks. tre 1,5 V celler i serie gir totalt 4,5 V.
  - Kapasiteten (Ah) er lik kapasiteten til éi enkelt celle.

Nyttast når ein treng høgare spenning.

Koplar vi celler i serie med spenninga i same retning, får vi etter Kirchoffs 2. lov ei høgare spenning. Koplinga er vist på figuren under.



$$E = n * e$$
$$R_i = n * r_i$$

n = tal celler i serie,
e = elektromotorisk spenning per celle i V,
r_i = indre motstand per celle i Ω.

DØME

Figuren over viser seks celler kopla i serie. Kvar celle har indre motstand (r_i) 0,1 Ω. Cellene er tilkopla ein krets med ytre motstand (R_y) 3,4 Ω, og straumen gjennom den er 3 A. Berekn kretsen sin ems og spenninga over den ytre motstanden.

$$R_i = n * r_i = 6 * 0,1 = \underline{0,6\ \Omega}$$
$$E = I * (R_i + R_y) = 3 * (0,6 + 3,4) = \underline{\underline{12\ V}}$$
$$U = I * R_y = 3 * 3,4 = \underline{\underline{10,20\ V}}$$

Parallellkopling av celler

PARALLELLKOPLING AV CELLER

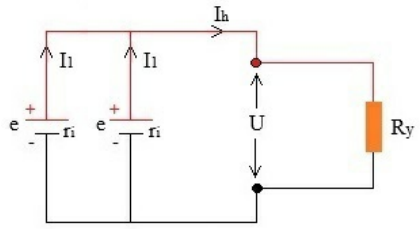
Ved parallellkopling koplar du alle dei positive polane saman og alle dei negative polane saman.

Eigenskapar ved parallellkopling:

- Spenninga (V) blir den same som éin enkelt celle. (E = e)
- Kapasiteten (Ah) aukar – summen av kapasitetane til alle cellene.
  - F.eks. to 1,5 V celler med 2 Ah kvar vil framleis gi 1,5 V, men med ein total kapasitet på 4 Ah.

Nyttast når ein treng lengre driftstid (større kapasitet).

For å skille om at talet celler er i serie eller parallell, så nyttar vi bokstaven n i serie og bokstaven m i parallell.



Koplar vi m celler i parallell vert samla ems uforandra, men resulterande indre motstand vert berre r_i / m, fordi straumen får n vegar å gå som figuren under viser. Den totale straumen i kretsen er då gitt av Kirchoffs 1. lov:

$$I_h = I_1 * m$$

E = e

$R_i = r_i / m$

For parallellkopling av m celler har vi:

$$R_i = \frac{r_i}{m}$$

$$E = e = I * (R_i + R_y)$$

eller

$$E = e = I * (\frac{r_i}{m} + R_y)$$

DØME

To celler som figuren over viser, koplast i parallell og tilkopla ei ytre motstand på 1,5 Ω. Kvar celle har indre motstand 0,3 Ω, og straumen gjennom kvar celle er 1 A. Berekn batteriet sin ems og spenninga over den ytre motstanden.

$$I = I_1 * m = 1A * 2 = \underline{2\ A}$$

$$R_i = \frac{r_i}{2} = \frac{0{,}3}{2} = \underline{0{,}15\ \Omega}$$

$$E = e = I * (R_i + R_y) = 2 * (0{,}15 + 1{,}5) = 2 * 1{,}65 = \underline{\underline{3{,}3\ V}}$$

$$U = I * R_y = 2 * 1{,}5 = \underline{\underline{3\ V}}$$

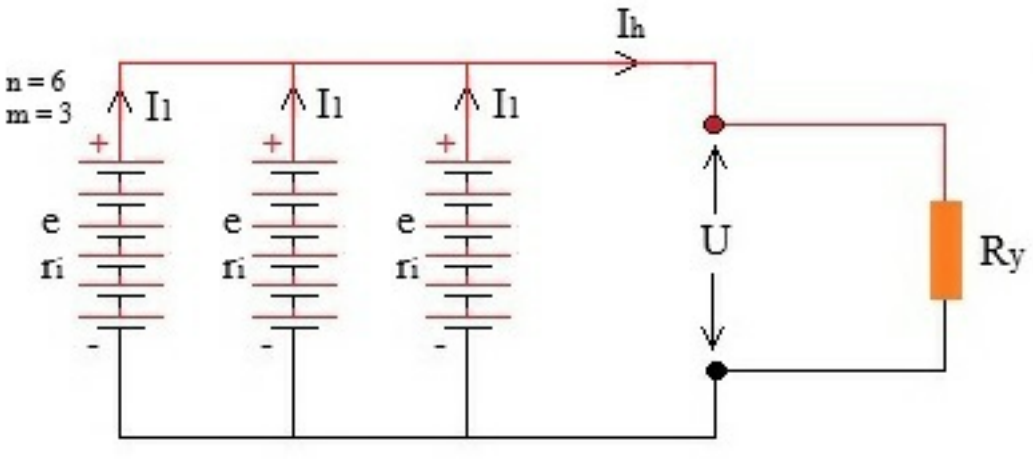
Kombinasjon av serie og parallell (serieparallellkopling)

For å både auke spenning og kapasitet, kan ein kombinere seriekopling og parallellkopling. Dette nyttast ofte i batteripakkar som til elektriske ferjer, radiobatteri, elbilar og berbare PC-ar.

Serieparallellkopling av celler.

SERIEPARALLELLKOPLING AV CELLER

Ofte nyttar vi ei blanding av serie- og parallellkopling som vi kallar serieparallellkopling. Då koplast n celler i serie og m celler i parallell. Seriekoplinga skaffar høg nok ems, og parallellkoplinga reduserer den indre motstanden slik at straumen aukar. Figuren under viser serieparallellkopling av celler.



Samla indre motstand i serieparallellkopling:

$$R_i = \frac{r_i * n}{m}$$

Total ems (E) i serieparallellkopling av celler har vi:

$$E = n * e \text{ eller } E = I * (R_i + R_y) \quad \text{eller} \quad E = I * (\frac{n * r_i}{m} + R_y)$$

DØME

Ei serieparallellkopling av atten celler som figuren på førre side viser, skal levere 6 A til ein ytre motstand på 4 Ω. Kvar celle har ei indre motstand på 0,02 Ω. Berekn batteriet sin ems og spenninga over den ytre motstanden.

$$R_i = \frac{r_i * n}{m} = \frac{0{,}02 * 6}{3} = \underline{0,04\ \Omega}$$

$$E = I * (R_i + R_y) = 6 * (0,04 + 4) = \underline{\underline{24,24\ V}}$$

$$U = I * \ R_y = 6 * 4 = \underline{\underline{24\ V}}$$

Kortslutning av batteri

Kortslutning av akkumulatorceller har vi når den ytre motstanden Ry = 0 Ω.

Kortslutningsstraum omtalast som I_k.

Ved kortslutning er straumen berre avhengig av den indre motstanden:

$$I_k = \frac{E}{R_i}$$

I dei fleste akkumulatorar er den indre motstanden svært lav, dette kan medføre at ved kortslutning blir straumen så høg at både kablar og akkumulator vert skada.

Vi nyttar serieparallell koplinga som døme:

$$I_k = \frac{E}{R_i} = \frac{24{,}24}{0{,}04} = \underline{\underline{606\ A}}$$

Døme oppgåve:

Fire batteripakkar, kvar på 60 Ah. Kvar batteripakke består av seks celler á 2,0 Volt. Kvar celle har ein ri = 0,02 Ω.

a) Batteria seriekoplast.

> Kva blir totalspenninga, og kor stor blir kapasiteten i Ah?
>
> Kva blir Ri og kor stor blir kortslutningsstraumen (Ik)?

b) Batteria blir parallellkopla.

> Kva blir totalspenninga, og kor stor blir kapasiteten i Ah?
>
> Kva blir Ri kor stor blir kortslutningsstraumen (Ik)?

Løysing

a) Seriekopling:

> E = 4 x 12 V = $\underline{\underline{48}}$ V og Kapasiteten = $\underline{\underline{75\ Ah}}$

Ved seriekopling aukar spenninga, men kapasiteten blir den same.

$$R_i = r_i * n = 0,02 * 4 * 6 = \underline{\underline{0,48\ \Omega}}$$

$$I_k = \frac{E}{R_i} = \frac{48}{0{,}48} = \underline{\underline{100\ A}}$$

b) Parallellkopling:

> E = $\underline{\underline{12\ V}}$ og Kapasiteten = 4 x 60 Ah = $\underline{\underline{240\ Ah}}$

Ved parallellkopling vert spenninga den same, men kapasiteten aukar.

$$R_i = \frac{r_i * n}{m} = \frac{0{,}02 * 6}{4} = \underline{\underline{0,03\ \Omega}}$$

$$I_k = \frac{E}{R_i} = \frac{12}{0{,}03} = \underline{\underline{400\ A}}$$

I oppgåve b) koplar vi til ein toleder kabel som er 25 m lang og har eit tverrsnitt på 1,5 mm2.

I enden av kabelen koplar vi til ei pære som er stempla med 15 W/12 V.

a) Kor stor er Ry (kabel og pære)?

b) Kor stor er U?

Løysing

$$R_{\text{kabel}} = \frac{l * \varrho}{A} = \frac{2 * 25 * 0{,}0175}{1{,}5} = \frac{0{,}875}{1{,}5} = 0,583\ \Omega$$

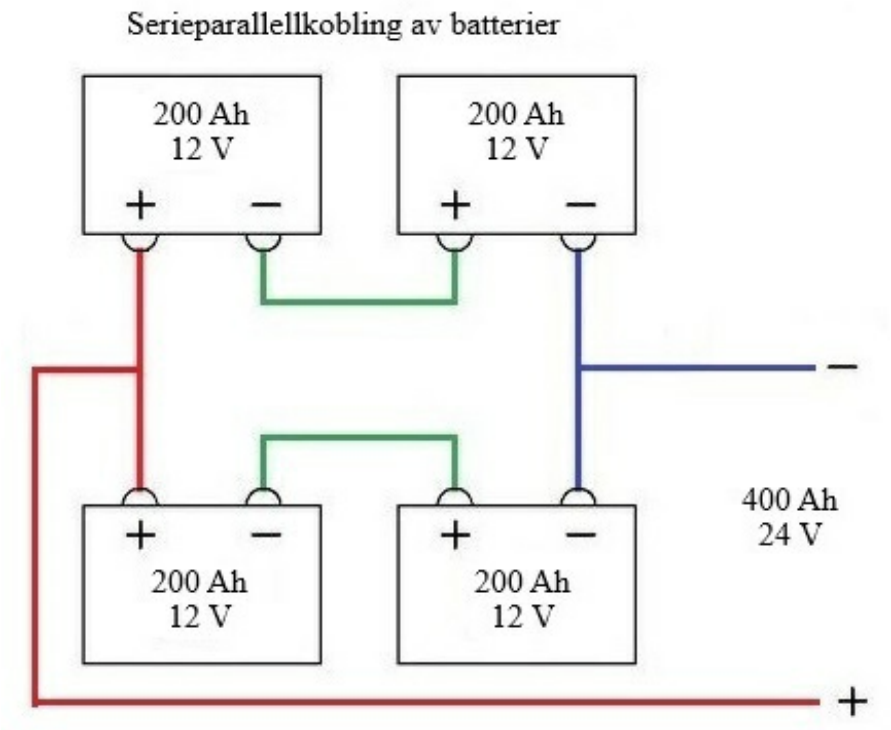
$$R_{paere} = \frac{U^2}{P} = \frac{12^2}{15} = 9,6\ \Omega$$

$$R_y = R_k + R_p = 9,6 + 0,583 = \underline{\underline{10,183\ \Omega}}$$

$$E = I * (R_i + R_y) \quad \rightarrow \text{snu formel}$$

$$I = \frac{E}{R_i + Ry} = \frac{12}{0{,}03 + 10{,}183} = 1,175\ A$$

$$U = I * R_y = 1,175 * 10,183 = \underline{\underline{11,96\ V}}$$

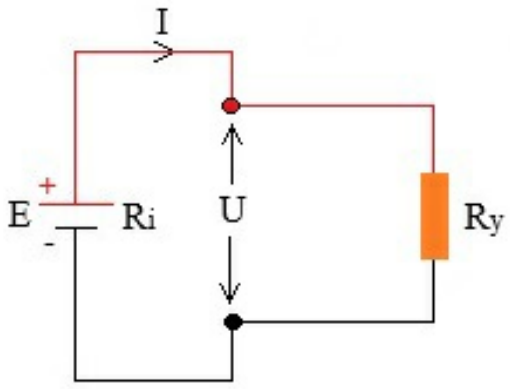


Formelark for batteri

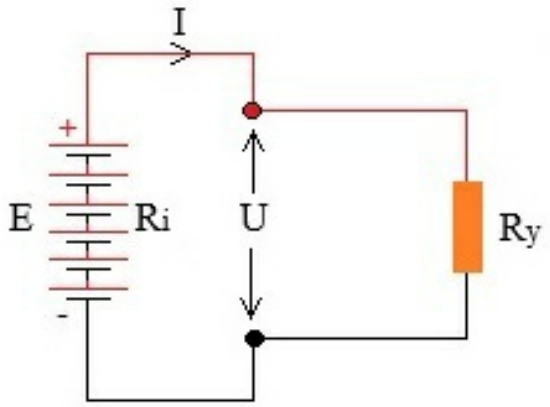
Kapasiteten til et batteri

Emne	Formel	Merknad	Enhet
Kapasiteten til et batteri	$Q_2 = I_2 \cdot t_2$	Q_2 = kapasitet I_2 = utladestrøm t_2 = utladetid	As A sek.
Strømvirkningsgrad	$\mu_s = \frac{I_2 \cdot t_2}{I_1 \cdot t_1}$	μ_s = strømvirkningsgrad I_1 = tilført strøm t_1 = oppladningstid	$0 < \mu < 1$ A sek.
Energivirkningsgrad	$\mu_e = \frac{I_2 \cdot t_2 \cdot U_{2m}}{I_1 \cdot t_1 \cdot U_{1m}}$	μ_e = energivirkningsgrad U_{2m} = midlere utladespenning U_{1m} = midlere ladespenning	$0 < \mu < 1$ V V

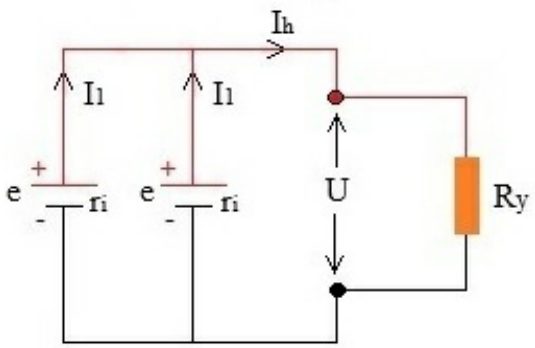
Strømkrets med en celle

Emne	Formel	Merknad	Enhet
	$E = I_h \cdot R_i + I_h \cdot R_y$	E = elektromotorisk spenning	V
	$E = I_h \cdot (R_i + R_y)$	I_h = hovedstrøm	A
		R_i = cellens indre motstand	Ω
	$\Delta U = I_h \cdot R_y$	R_y = ytre motstand	Ω
	$U = E - \Delta U$	ΔU = indre spenningsfall	V
	$U = I_h \cdot R_y$	U = klemmespenning	V

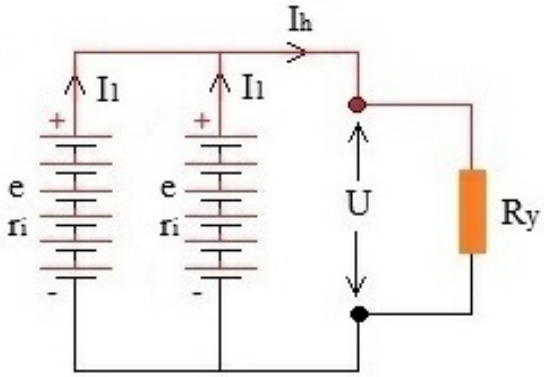
Seriekobling av celler

Emne	Formel	Merknad	Enhet
	$E = n \cdot e$	E = elektromotorisk spenning	V
		e = ems per celle	V
	$R_i = n \cdot r_i$	n = antall celler i serie	
	$r_i = \frac{R_i}{n}$	R_i = total indre resistans	Ω
	$I_h = \frac{n \cdot e}{n \cdot r_i + R_y}$	r_i = indre resistans per celle	Ω
	$I_h = \frac{E}{R_i + R_y}$	I_h = hovedstrøm	A
	$R_y = \frac{E}{I_h} - R_i$	R_y = ytre motstand	Ω

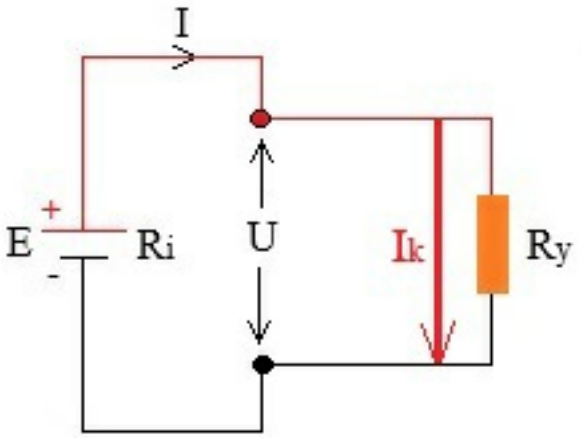
Parallellkobling av celler

Emne	Formel	Merknad	Enhet
	$E = e$	E = total ems	V
	$R_i = \frac{r_i}{m}$	e = ems per celle	V
	$E = I_h \cdot R_i + I_h \cdot R_y$	R_i = total indre motstand	Ω
	$E = I_h \cdot (R_i + R_y)$	r_i = indre resistans per celle	Ω
	$I_h = \frac{E}{R_i + R_y}$	m = antall parallell grener (grupper)	
	$I_h = \frac{e}{\frac{r_i}{m} + R_y}$	I_h = hovedstrøm	A
	$I_1 = \frac{I_h}{m}$	I_1 = strøm per gren (gruppe)	A

Serieparallellkobling av celler

Emne	Formel	Merknad	Enhet
	$E = n \cdot e$	E = total ems	V
	$R_i = \frac{r_i \cdot n}{m}$	R_i = total indre resistans	Ω
	$R_y = \frac{U}{I_h}$	r_i = indre resistans per celle	Ω
	$R_y = \frac{E}{I_h} - R_i$	R_y = ytre resistans (motstand)	Ω
	$I_h = \frac{E}{R_i + R_y}$	n = antall celler i serie	
	$I_h = \frac{n \cdot e}{\frac{n \cdot r}{m} + R_y}$	m = antall parallelle grener (grupper)	
		e = ems i hver celle	V
		U = klemmespenning	V

Kortslutning over batteripolene

Emne	Formel	Merknad	Enhet
	$R_y = 0$	$R_y = 0\ \Omega$ (kortsluttet)	Ω
	$I_k = \frac{E}{R_i}$	I_k = kortslutningsstrøm	A

Kapasitet til batteri i Ah.

Batteri i serie: Spenninga aukar, men kapasiteten er den same.

Batteri i parallell: Spenninga er den same, men kapasiteten aukar.

Kap 3 Vekselstraum

Vekselstraum (AC – Alternating Current)

Historie

NIKOLAI TESLA OG GEORGE WESTINGHOUSE

Nikolai Tesla og George Westinghouse introduserte vekselstraum system (AC), som viste seg å vere meir effektive for langdistanseoverføring av elektrisitet. Vekselstraum kunne enkelt transformerast til høgare spenningar med hjelp av transformatorar, noko som reduserte straumstyrken og dermed energitapet under overføringa. Dette gjorde det mogleg å overføre elektrisitet over mykje lengre avstandar, og kraftstasjonar kunne plasserast langt frå forbrukarane.

Ein betydeleg demonstrasjon av vekselstraumsystemet sin overlegenheit fann stad under Verdens utstillinga i Chicago i 1893, der Westinghouse, med hjelp av Tesla sin teknologi, lyktast i å forsyne utstillinga med elektrisitet. Denne suksessen bidrog til brei aksept av vekselstraum for elektrisk distribusjon.

Trass i Edison sin innsats for å diskreditere vekselstraum, inkludert ei kampanje som framheva potensielle farar ved høgspenning, vart vekselstraum til slutt standarden for elektrisk overføring og distribusjon. Dette skuldast vekselstraumen sine tekniske fordelar og evne til å møte behova til eit veksande elektrisk nettverk.

VEKSELSTRAUM (AC)

Vekselstraum (AC) er ein straumtype der elektrisk lading skiftar retning periodisk. Dette skil seg frå likestraum (DC), der straumen alltid går i éi retning.

1. Kjenneteikn ved vekselstraum

- Retninga på straumen byter – Skiftar fram og tilbake med ein bestemt frekvens.
- Nyttast i straumnettet – All vanleg hushaldningsstraum og industriell kraftoverføring nyttar AC.
- Kan transformerast – Spenninga kan enkelt aukast eller senkast med hjelp av transformatorar.

2. Viktige omgrep

f(x)

FREKVENS (F)

Frekvens (f) – Tal gangar straumen skiftar retning per sekund, målt i hertz (Hz).

- I Europa og Norge: 50 Hz (straumen byter retning 50 gangar per sekund).
- På skip og i USA: 60 Hz.

f(x)

SPENNINGSNIVÅ

- 230V – Vanleg i norske stikkontaktar (fase til nøytral).
- 400V – Vanleg trefasespenning i industri og store bygg.
- 11kV, 22kV, 132kV osv. – Høge spenningar for langdistansetransport av elektrisk energi.

f(x)

TREFASESYSTEM

- Dei fleste kraftnett nyttar trefasa vekselstraum, der tre spenningar er faseforskyvd med 120°. (Kapittel 4).
- Trefasa nyttast til motorar, skipsgeneratorar og industri.

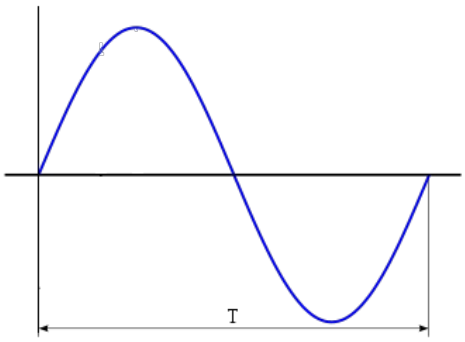
3. Kvifor nyttar vi vekselstraum?

- Kan transporterast over lange avstandar – Høgspent AC kan overførast effektivt over store avstandar med mindre tap enn DC.
- Enklare transformasjon av spenning – Transformatorar fungerer berre med AC, noko som gjer det enkelt å justere spenningsnivå.
- Tryggare for bruk i hus haldningar – DC med høg spenning er farlegare fordi det gir kontinuerleg straumflyt, medan AC reduserer risikoen for alvorlege skadar.

4. Sinusbølge – Korleis ser AC ut?

Vekselstraum visast ofte som ei sinusbølge:

- Positiv halvperiode: Straumen går éin veg.
- Negativ halvperiode: Straumen går motsett veg.
- Dette gjentek seg med ein frekvens på 50 Hz i Norge.



5. Vekselstraum i skipsinstallasjonar

Skip nyttar ofte trefasa vekselstraum 400 V, 50 Hz eller 440V, 60 Hz til motorar, generatorar og elektriske system. Nokon skip nyttar også 450V eller 690V, avhengig av behov.

Oppsummering

Σ

OPPSUMMERING

- Vekselstraum skiftar retning periodisk og nyttast i straumnett og skipsinstallasjonar.
- Frekvensen bestemmer kor ofte den skiftar retning (50 Hz i Norge, 60 Hz på skip og i USA).
- Trefasa vekselstraum nyttast i industri og skipsmotorar for høg effektivitet.

Trefasa Vekselstraum (3-fase AC)

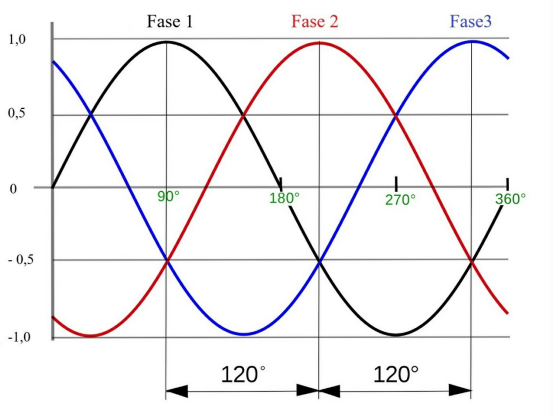
TREFASA VEKSELSTRAUM (3-FASE AC)

Trefasa vekselstraum er ein straumforsyningsmetode der tre separate straumførande leiarar fører vekselstraum med ei faseforskjell på 120° mellom kvar fase. Dette nyttast hovudsakleg i kraftproduksjon, industri og skipsinstallasjonar, fordi det gir ein meir effektiv og balansert energioverføring enn einfasa vekselstraum.

!

TREFASA VEKSELSTRAUM

Kapittel 4 tek føre seg trefasa vekselstraum.



Resistive, induktive og kapasitive motstanda

Resistans i vekselstraum.

RESISTANS I VEKSELSTRAUM

I likestraums teorien lærte vi at det kun finns éin type motstand, og den er ohmsk. I ein likestraums krets med rein ohmsk motstand er spenning og straum i fase, altså straumar og spenning kjem samtidig. I ein vekselstraums krets med kun ohmsk belastning vil straum og spenning også være i fase, akkurat som i ein likestraums krets.

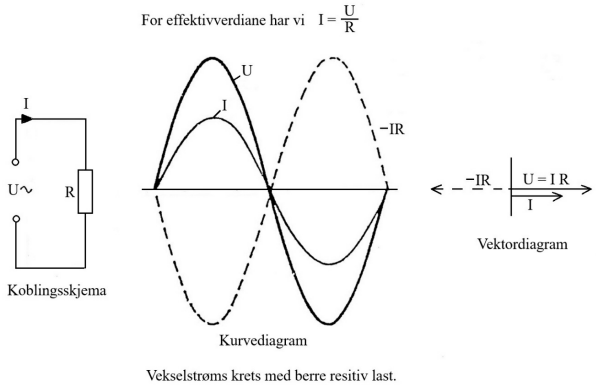
Forskjellen er at forma på straum og spenning i ein vekselstraums krets er sinusforma, medan i ein likestraums krets er dei konstant.

Frekvens (f), også kalla periodetalet, er eit mål på kor mange gangar ei hending gjentek seg i løpet av ei bestemt tid. For å berekne frekvens, set ein eit fast tidsintervall, tel tal gangar ei hending inntreff, og delar på tidsintervallet si lengde.

f(x)

FREKVENS

Frekvens målast i Hertz (Hz). 1 Hz betyr at ei hending gjentek seg éin gang per sekund.



Kurve- og vektorframstilling av nettspenninga, motspenning og straumen.

I vekselstraum krets har vi to typar motstandar i tillegg til resistansen og det er induktiv reaktans (induktiv motstand) og kapasitiv reaktans (kapasitiv motstand).

Induktiv reaktans (X_L) heng saman med spolar og spole funksjonar slik som til dømes motorar.

Ein spole er ein passiv, to pola elektrisk komponent som nyttast i elektriske kretsar for å oppvise induktans eller skape eit magnetfelt. Når ein straum går gjennom spolen, byggjer den opp eit magnetisk felt, som igjen lagrar energi. Dette gjer spolar nyttige i mange ulike elektroniske og elektriske applikasjonar.

Induktans (sjølvinduktans) (L): Spolen si evne til å lagre energi i det magnetiske feltet kallast induktans (sjølvinduktans), målt i henry (H).

Oppbygging: Ein spole består ofte av ein ledar (som regel kopartråd) vikla opp utan at viklingane kjem bort i kvarandre. Dette aukar induktiviteten.

Bruksområde: Brukt i alt frå transformatorar og motorar til frekvensfilter.

Reaktans: I vekselstraums kretsar motverkar induktans endringar i straum, noko som skapar reaktans. Reaktansen aukar med frekvensen til vekselstraumen.

Induktansen avheng av tal viklingar, spolen si lengde, og materialet mellom viklingane (kalla kjerna). Symbolet for ein spole i kretsskjema er L, antakeleg vis til ære for fysikaren Emil Lenz.

Kapasitiv reaktans (X_C) heng saman med kretsar der vi har kondensatorar.

Ein kondensator er ein elektronisk komponent som lagrar elektrisk energi i eit elektrisk felt. Den består vanlegvis av to ledande plater separert av eit isolerande materiale, kalla dielektrikum. Når ei spenning påførast over platene, akkumulerast det ei elektrisk lading på dei, og kondensatoren lagrar energi.

Hovudfunksjonar og bruksområde:

- Lagring av elektrisk energi: Nyttast til å lagre energi for seinare bruk.
- Filtrering: Fjernar uønska frekvenskomponentar i elektroniske signal.
- Faseutjamning: Justerer fasen i vekselstraums kretsar.
- Kopling og avkopling: Gir midlertidige forbindelsar i kretsar.

Kondensatorens kapasitans (C), målt i farad (F), avgjer kor mykje elektrisk energi den kan lagre.

Impedans (Z): Totalmotstanden i ein vekselstraums krets (Ω).**

Induktiv reaktans (motstand)

INDUKTIV REAKTANS (MOTSTAND)

Ein induktiv motstand (X_L) vil som regel bestå av ein spole under dette kapittelet. Spolen er bygd opp av ein kopartråd med kjerne. Denne kopartråden inneheld ohmsk motstand (R) dvs. at ein spole har to forskjellige motstandar i seg, ein ohmsk og ein induktiv. Det er berre i teorien at vi snakkar om spolar som er 100 % induktive. I berekningsoppgåver vert det ofte nytta slike spolar.

Ohmsk motstand er knytt til lengda og tverrsnittet av spoletråden.

f(x)

OHMSK MOTSTAND

FORMEL $R = \frac{l * \varrho}{A}$

Den induktive motstand er bestemt av spolen sine fysiske eigenskapar og frekvensen på nettet.

f(x)

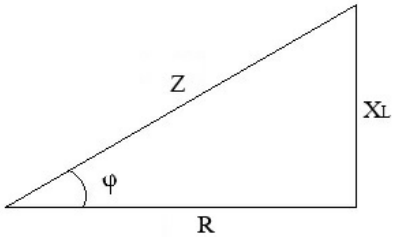
DEN INDUKTIVE MOTSTAND

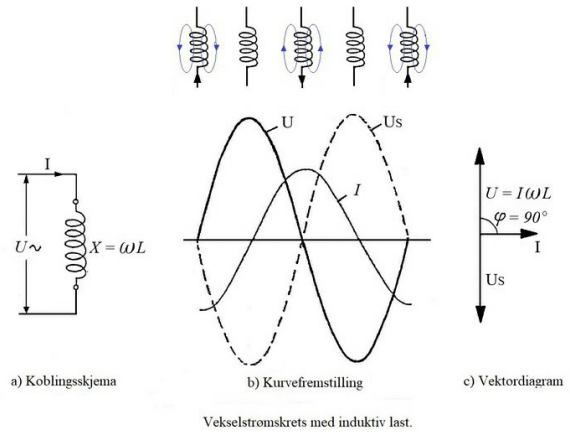
$$X_L = 2 * \pi * f * L$$
$$\omega = 2 * \pi * f$$

Vi kan difor seie at $2 * \pi * L$ er konstantar som ikkje kan forandre på spolen sin induktive motstand. Det er berre frekvensen som kan endre seg og då ser vi at X_L aukar når frekvensen aukar.

X_L = Induktiv reaktans (Ohm)
X = Reaktans (felles eining for induktiv og kapasitiv reaktans) (Ohm)
L = Sjølvinduktans (Henry)
f = frekvens (Hertz)

Nettspenninga som driv spolen, fører til at det oppstår ein sjølvinduksjonsspenning i spolen. Denne sjølvinduksjonsspenninga er faseforskyvd med 180 elektriske grader i høve til nettspenninga. Sjølvinduksjonsspenninga Us vil ha sin amplitude (toppverdi) når straumen er null, og sin nullverdi når straumen har sin toppverdi.
I følge Lenz lov vil den induserte spenninga (sjølvinduksjonsspenninga) ha ei slik retning at den motverkar endringa i straumen. Sjølvinduksjonsspenninga vil difor ha same retning som straumen når den minkar, og motsett retning av straumen når den aukar.





Kurve- og vektorframstillinga av nettspenninga, mot spenninga og straumen.

Figuren viser et vektordiagram av:

> U = nettspenninga. $U = I * X_L = I * 2 * \pi * f * L$
> U_S = sjølvinduksjonsspenninga.
> I = straumen.

Straumen ligg 90 elektriske grader etter nettspenninga i fase.

Kapasitiv reaktans (motstand)

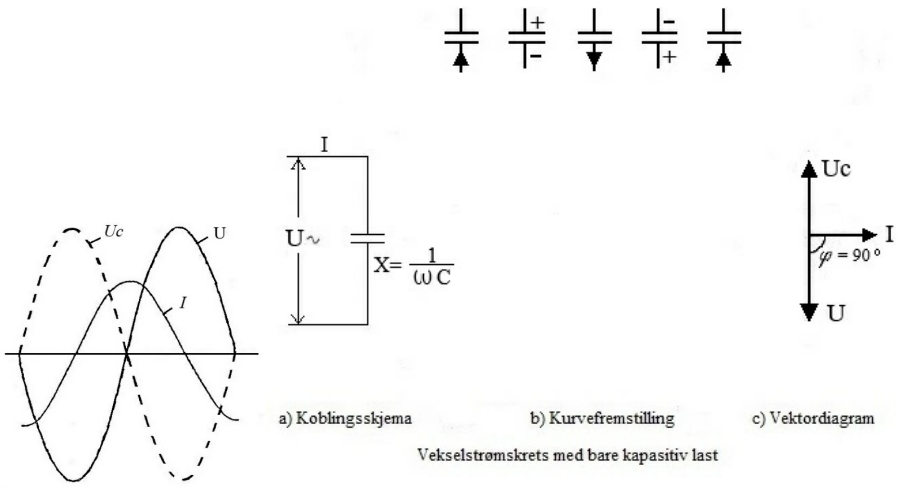
KAPASITIV REAKTANS (MOTSTAND)

Når ein kondensator koplast til ein likestraums krets, fungerer den som ei sperre for straumen. Under oppladinga av kondensatoren strøymer det ein oppladingsstraum i kretsen. Når kondensatoren er fullt oppladda, stoppar straumen. Ved utlading vil straumen strøyme motsett veg.

I ein vekselstraums krets vekslar kondensatoren mellom ein positiv og ein negativ maksverdi, og ladast opp og utladas i ein sinuskurve. Kondensatorspenninga er alltid like stor som nettspenninga, bortsett frå når resistansen i kretsen takast med i berekninga.

Når både kondensatorspenninga og den drivande spenninga har sine toppverdiar, er straumen null. Straumen har same retning som kondensatorspenninga når den har sin toppverdi og begynner å ta av under utladninga. Under oppladinga har straumen motsett retning av kondensatorspenninga.

Figuren under viser kurve- og vektorframstillinga av nett spenninga, kondensatorspenninga og straumen.

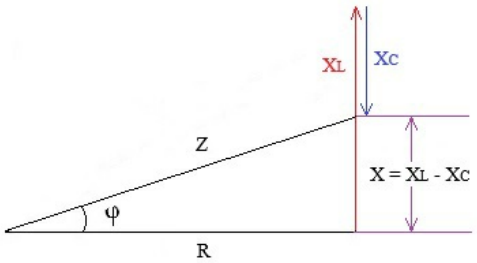


Vekselstrømskrets med bare kapasitiv last

traumen ligg i dette høvet 90 elektriske grader framfor nettspenninga i fase.

$$Xc = \frac{1}{\omega * c} = \frac{1}{2 * \pi * f * C}$$

X_C = Kapasitiv reaktans (Ω)
X = Reaktans (felles eining for induktiv og kapasitiv reaktans) (Ω)
C = Kapasitans F (Farad)
f = frekvens Hz (Hertz)



Impedans

IMPEDANS

Impedans (Z) er den totale motstanden eit elektrisk kretselement gir mot vekselstraum, og omfattar både reell motstand (resistans) og imaginær motstand (reaktans).

$$Z^2 = R^2 + X^2$$

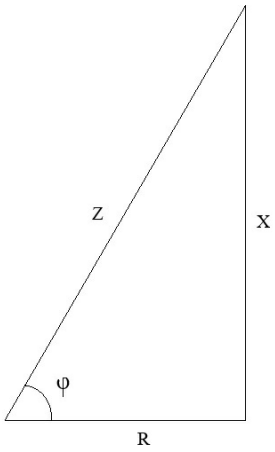
Kvadratet av hypotenusen (Z) er lik kvadratet av hosliggande katet (R) pluss kvadratet av motståande katet (X).

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$X = X_L - X_C$

Dersom vi ikkje har Xc

så blir $X = X_L$



Motstandstrekanten

Vinkelen mellom R og Z kallar vi faseforskyvings vinkelen (φ).

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$$

Cosinus til vinkelen φ er størrelses forholdet mellom resistansen og impedansen.

Dersom $\cos\varphi = 0,5$ så er Z dobbelt så stor som R og vinkelen φ er 60^0.

Når vi veit at vinkelen er 60^0 så kan vi også finne ut kor stor X er ved å nytte sinus.

Sinus til ein vinkel er forholdet mellom motståande katet (X_L) og hypotenusen (Z).

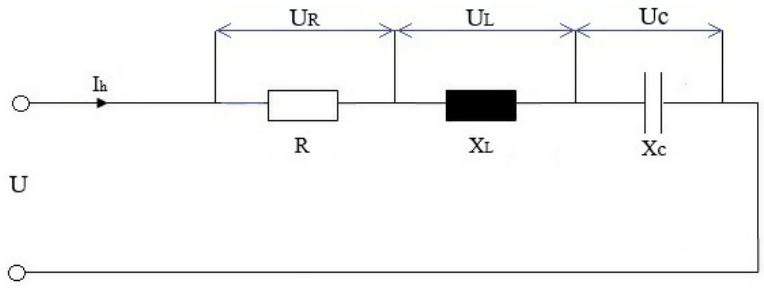
$$\sin\varphi = \frac{X_L}{Z}$$

Sinus til vinkelen 60^o er 0,866...

Dersom vi skal rekne ut spenning eller straum så må vi bruke Z som total motstand.

$$U = I * Z$$

Kretsar med resistans, spole og kondensator i serie

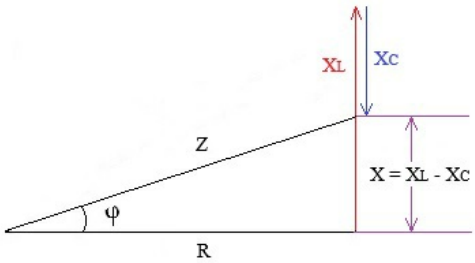


Impedanstrekanten:

f(x)

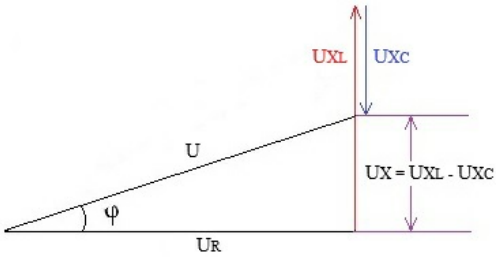
HOVEDFORMEL

$$\mathbf{U = I * Z}$$



Z er impedansen i kretsen, det vil seie den totale vekselstraums motstanden.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$



Spenningstrekanten:

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_{\mathrm{XL}} - U_{\mathrm{XC}})^2}$$

$$U_R = I * R$$

$$U_{\mathrm{XL}} = I * X_L$$

$$U_{\mathrm{XC}} = I * X_C$$

U = Hovedspenning

U_R = Resistiv spenningsfall i kretsen

U_{XL} = Induktivt spenningsfall i kretsen

U_{XC} = Kapasitivt spenningsfall. i kretsen

I_h = Straumen i kretsen

X_L = Induktiv reaktans

X_C = Kapasitiv reaktans

Effekt i vekselstraumkretsa

Når vi har ei rein ohmsk belastning så vil all effekt bli på forbrukar staden.

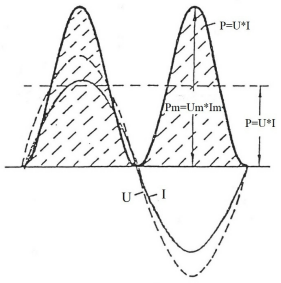
Det vil seie at kretsen trekkjer ein aktiv effekt frå kjelda, og som regel er kjelda ein generator. Drivmaskina til generator føler den aktive effekten.

f(x)

AKTIV EFFEKT

AKTIV EFFEKT: P = U · I

Produktet av straum og spenning vil alltid vere positivt ved rein ohmsk belastning, altså effekten er positiv. Det kan vi sjå av figuren under. Vi kan no seie at dei effektkurver som er over null linja er effekt som blir på forbrukar staden.



Spenning, straum, effekt og arbeid ved «rein» resistiv last.

Det elektriske arbeidet som blir utført er følgjande:

> W = elektrisk arbeid
> t = tida
> $$\mathbf{W = P * t = U * I * t}$$

Den eigentlege formel som blir nytta i vekselstraum er:

f(x)

DEN EIGENTLEGE FORMEL, VEKSELSTRAUM

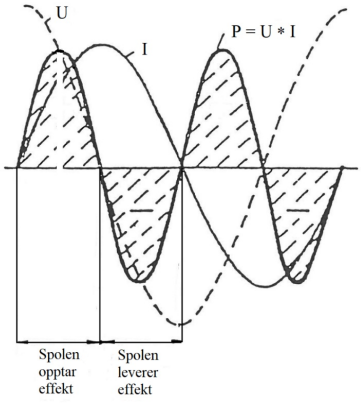
$$P = U * I * \cos\varphi \quad \rightarrow \quad hvor \cos\varphi = 1$$

Reaktiv effekt i vekselstraums kretsar

REAKTIV EFFEKT I VEKSELSTRAUMS KRETSAR

Dersom vi har ein rein spole som last, altså ein rein induktiv last, og ser bort frå resistansen i kretsen, vil den berre trekkje ein reaktiv effekt. Denne reaktive effekten nyttast til å byggje opp det magnetiske feltet i spolen i første kvartperiode, og i neste kvartperiode vil spolen levere effekten tilbake til kjelda. Dette skjer to gangar i løpet av ein periode, og vi får ei pendling av reaktiv effekt mellom forbrukar og kjelde.

Figuren under viser korleis kurvene for straum, spenning og effekt er sett saman med omsyn til faseforskyvinga.



Spenning, strøm og effekt ved "rein" induktiv last

Den reaktive effekten er ofte kalla blind effekt.

f(x)

FORMEL FOR REAKTIV EFFEKT**:

$$Q = U * I * \sin \varphi$$

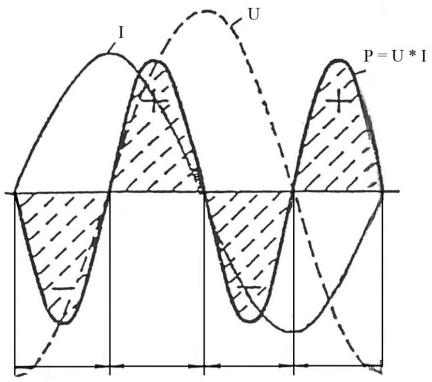
Når vi har rein induktiv last så er $\sin \varphi = 1$

Eininga til reaktiv effekt er VAr (Volt Ampere reaktiv).

Rein reaktiv effekt er berre teori. For å få reaktiv effekt må vi ha ein spole. Ein spole består av ein tråd av metall, den har ein resistans.

Når vi har ein rein kapasitiv last, altså ein kondensator, og ser bort frå resistansen i kretsen, får vi ein rein kapasitiv reaktiv effekt. Denne effekten pendlar mellom kjelda og kondensatoren. I ein kvartperiode leverer spenningskjelda energi til kondensatoren, og i neste kvartperiode leverer kondensatoren energi tilbake til spenningskjelda.

Figuren viser korleis kurvene for straum, spenning og effekt er sett saman med omsyn til faseforskyvinga.



Spenning, strøm og effekt ved "rein" kapasitiv last.

Kapasitiv effekt nyttast vanlegvis ikkje direkte i sterkstraums kretsar, men den er nyttig for faseutjamning. Husk at kapasitiv effekt er motsett av induktiv effekt. På eit skip vil den induktive effekten alltid vere større enn den kapasitive effekten. Kapasitiv straum ligg 90 grader framfor nettspenninga.

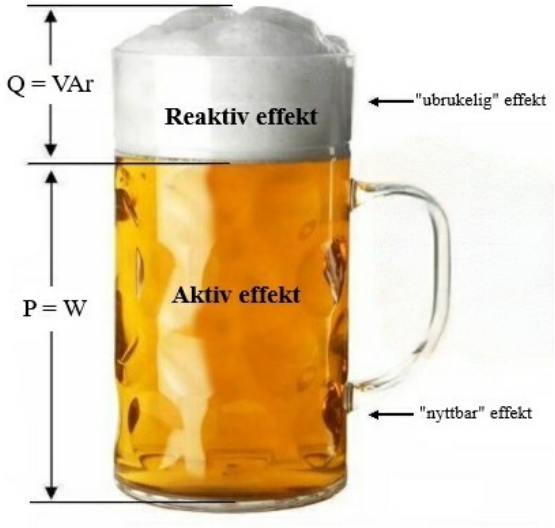
Skipet sin belastning består naturleg nok av både ohmsk og induktiv belastning.

Samanlikning av aktiv effekt og reaktiv effekt

Vi kan tenke oss at faseutjamning reduserer mengda skum i ølglaset, men at mengda øl er den same.

Mengda øl tilsvara i denne samanlikninga den aktive effekten P og skummet tilsvara den reaktive effekten Q.

Vi ser føre oss at skummet ikkje kan nyttast til noko.



Effekt diagram (trekant)

Ved blanda belastningar der vi har resistans og reaktans så får vi faseforskyving mellom straum og spenning. Vi vil då ha tre effektformlar som er gjeldande:

f(x)

TILSYNELATANDE EFFEKT

$$S = U * I$$

f(x)

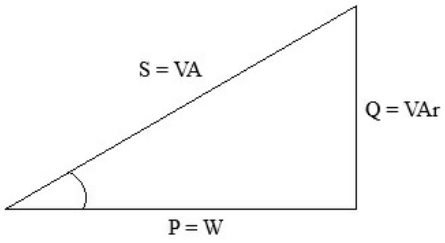
AKTIV EFFEKT

$$P = U * I * \cos\varphi$$

f(x)

REAKTIV EFFEKT

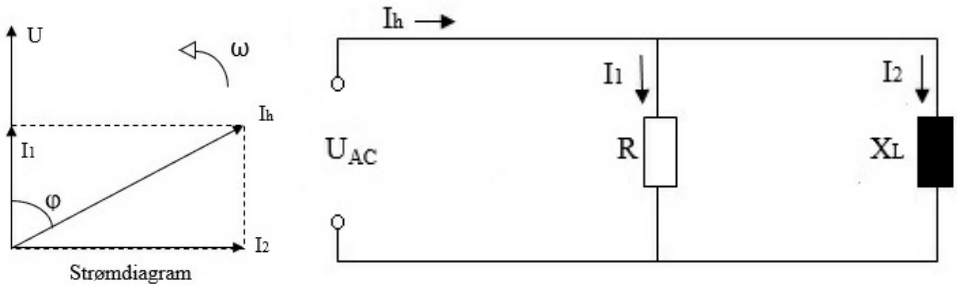
$$Q = U * I * \sin\varphi$$



Resistans og induktiv reaktans i parallell

Når vi har ulike motstandar i parallell i ein straumkrets, går vi ut frå at spenninga er den same for alle greinene. Ved å bruke spenninga, resistansane og reaktansane, finn vi først kor stor straumen er og kva for retning den har i kvar enkelt grein.

Disse greinstraumane legg vi så saman geometrisk for å få hovudstraumen.



Resistans og induktiv reaktans i parallell.

Straumen I_1 gjennom resistansen R: $\rightarrow\ I_1 = \frac{U}{R}$

I straumdiagrammet ser vi at I_1 er i fase med spenninga U.

Straumen I_2 gjennom reaktansen X_L: $\rightarrow\ I_2 = \frac{U}{X_L}$

I straumdiagrammet ser vi at I_2 ligg 90 ^{o} etter spenninga U.

Hovudstraumen

$$I_h = \sqrt{I_R^2 + I_{X_L}^2}$$

eller

$$I_h = \sqrt{I_1^2 + I_2^2}$$



f(x)

FORMEL

$$U_h = I_h * Z_t$$

f(x)

MOTSTANDSFORMELEN

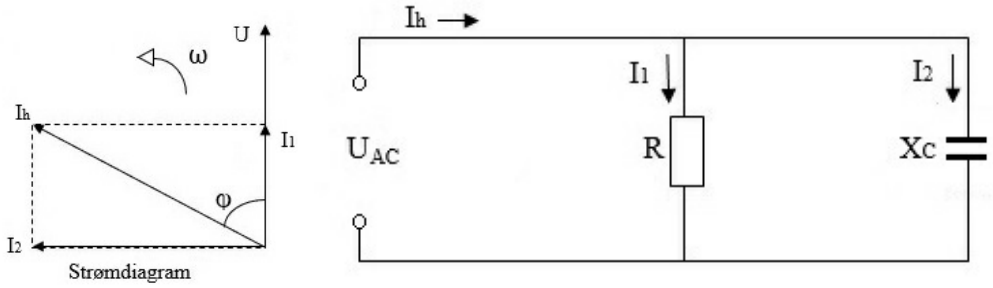
$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L}\right)^2}$$

eller

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L}\right)^2}}$$

Resistans og kapasitiv reaktans i parallell

Greinstraumane set vi saman geometrisk og vi får då hovudstraumen.



> Straumen I_1 gjennom resistansen R: $I_1 = \frac{U}{R}$

I straumdiagrammet ser vi at I_1 er i fase med spenninga U.

> Straumen I_2 gjennom reaktansen X_C er $I_2 = \frac{U}{X_C}$

I straumdiagrammet ser vi at I_2 ligg 90 ^{o} framfor spenninga U.



f(x)

HOVUDSTRAUMEN

$$I_h = \sqrt{I_R^2 + I_{X_C}^2}$$

eller

$$I_h = \sqrt{I_1^2 + I_2^2}$$

f(x)

FORMEL

$$U_h = I_h * Z_t$$

f(x)

MOTSTANDSFORMELEN

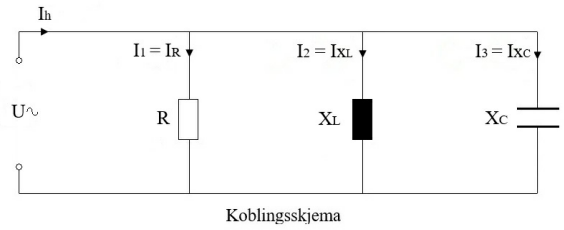
$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C}\right)^2}$$

eller

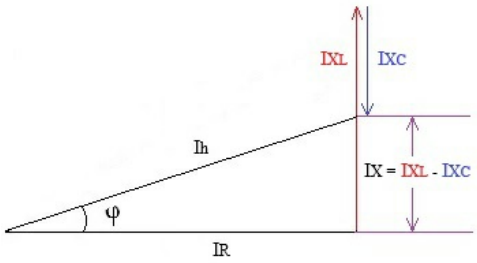
$$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C}\right)^2}}$$

Resistans, induktiv reaktans og kapasitiv reaktans i parallell

For å finne impedansen Z direkte forutset det at vi har med reine reaktansar i kvar grein.



Koblingsskjema



$$I_1 = \frac{U}{R} \quad I_2 = \frac{U}{X_L} \quad I_3 = \frac{U}{X_c}$$

Straumen I_1 gjennom resistansen R er lik $\rightarrow \mathbf{I_1} = \frac{\mathbf{U}}{\mathbf{R}}$

Straumen I_2 gjennom den induktive reaktansen X_L er lik $\rightarrow I_2 = \frac{\mathbf{U}}{\mathbf{X_L}}$

Straumen I_3 gjennom den kapasitive reaktansen X_c er lik $\rightarrow \mathbf{I_3} = \frac{\mathbf{U}}{\mathbf{X_C}}$

Hovudstraumen:

$$I_h = \sqrt{{I_1}^2 + (I_2 - I_3)^2}$$

f(x)

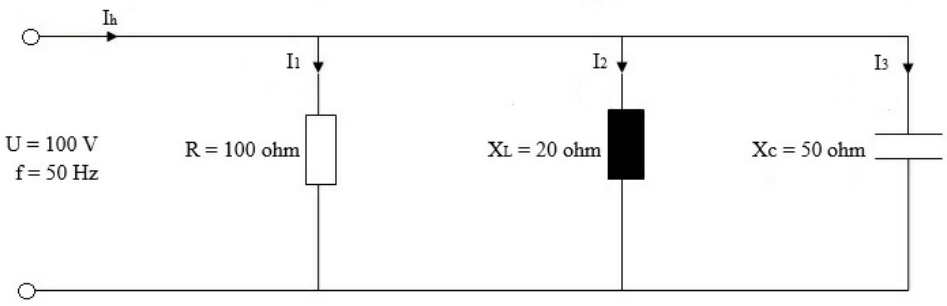
HOVEDFORMEL

$$U = I_h * Z$$

$$Z = \frac{U}{I_h}$$

$$Z = \frac{1}{(\frac{1}{R})^2 + (\frac{1}{\mathrm{XL}} - \frac{1}{\mathrm{Xc}})^2}$$

Døme med parallellkopling av reine reaktansar i kvar grein.



a) Finn greinstraumane.

$$I_1 = \frac{U}{R} = \frac{100\,V}{100\,\Omega} = \underline{\underline{1A}}$$

$$I_2 = \frac{U}{\mathrm{XL}} = \frac{100}{20} = \underline{\underline{5A}}$$

$$I_3 = \frac{U}{\mathrm{Xc}} = \frac{100}{50} = \underline{\underline{2A}}$$

b) Finn hovudstraumen.

$$I_h = \sqrt{{I_1}^2 + (I_2 - I_3)^2} = \sqrt{{1_1}^2 + (5 - 2)^2} = \underline{\underline{3,16A}}$$

c) Berekn impedansen i kretsen.

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{(\frac{1}{R})^2 + (\frac{1}{\mathrm{XL}} - \frac{1}{\mathrm{Xc}})^2} = \sqrt{(\frac{1}{100})^2 + (\frac{1}{50} - \frac{1}{20})^2} = \underline{\underline{31,6\Omega}}$$

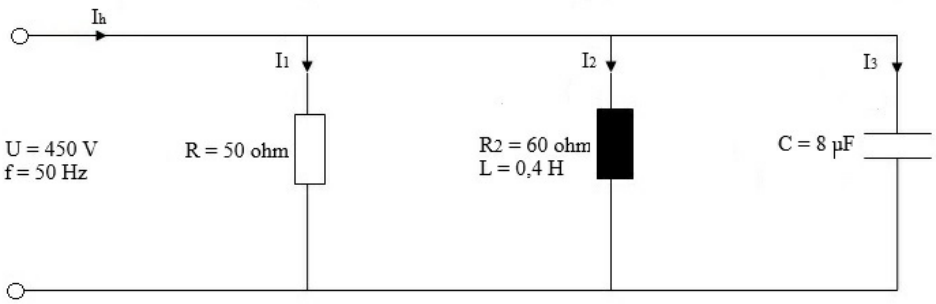
Ein enklare måte å rekne det ut er:

$$Z = \frac{U}{I_h} = \frac{100}{3{,}16} = \underline{\underline{31,6\Omega}}$$

d) Berekn effektfaktoren for heile kretsen.

$$\cos\varphi = \frac{I_1}{I_h} = \frac{1}{3{,}16} = \underline{\underline{0,316}}$$

Døme med parallellkopling av ureine reaktansar i greinene.



Grein 1:

$$I_1 = I_{a1} = \frac{U}{R} = \frac{450}{50} = \underline{\underline{9A}}$$

Grein 2:

$$X_L = 2 * \pi * f * L = 2 * \pi * 50 * 0,4 = \underline{\underline{125,6\ \Omega}}$$

$$Z_2 = \sqrt{{R_2}^2 + {X_L}^2} = \sqrt{60^2 + 125,6^2} = \underline{\underline{139,2\ \Omega}}$$

$$I_2 = \frac{U}{Z_2} = \frac{450}{139{,}2} = \underline{\underline{3,23\ A}}$$

$$\cos\varphi_2 = \frac{R_2}{Z_2} = \frac{60}{139.2} = \underline{0.431}$$

$$\sin\varphi_2 = \underline{0.902}$$

$$I_{a2} = I_h * \cos\varphi_2 = 3,23 * 0,431 = \underline{1,39A}$$

$$I_{r2} = I_h * \sin\varphi_2 = 3,23 * 0,902 = \underline{2,91A}$$

Grein 3:

$$X_C = \frac{1}{2*\pi*f*C} = \frac{1}{2*\pi*50*8*10^{-6}} = \underline{398\Omega}$$

$$I_{r3} = \frac{U}{X_C} = \frac{450}{398} = \underline{\underline{1,13A}}$$

Hovudstraumen

$$I_{\text{at}} = I_{a1} + I_{a2} = 9 + 1,39 = \underline{10,39A}$$

$$I_{\text{rt}} = I_{r2} + I_{r3} = 2,91 - 1,13 = \underline{1,78A}$$

$$I_h = \sqrt{{I_{\text{at}}}^2 + {I_{\text{rt}}}^2} = \sqrt{10,39^2 + 1,78^2} = \underline{\underline{10,5A}}$$

$$\cos\varphi_t = \frac{I_{\text{at}}}{I_h} = \frac{10,39}{10,5} = \underline{\underline{0,9856}}$$

$$Z_t = \frac{U}{I_h} = \frac{450}{10,5} = \underline{\underline{43\Omega}}$$

Faseutjamning i ein vekselstraumkrets

FASEUTJAMNING I EIN VEKSELSTRAUMKRETS

I ein likestraums krets med ein spole eller ohmsk belastning, vil straum og spenning alltid vere i fase. Men dersom vi plasserer ein spole i ein vekselstraums krets, vil det oppstå ei faseforskyving mellom straum og spenning. Dette betyr at straumen vil ligge etter spenninga i fase grunna resistansen og det magnetiske feltet som skiftar retning. Vi finn slike straumkretsar i kontaktor spolar, relespolar og drossel spolar, som i lysrørarmatur.

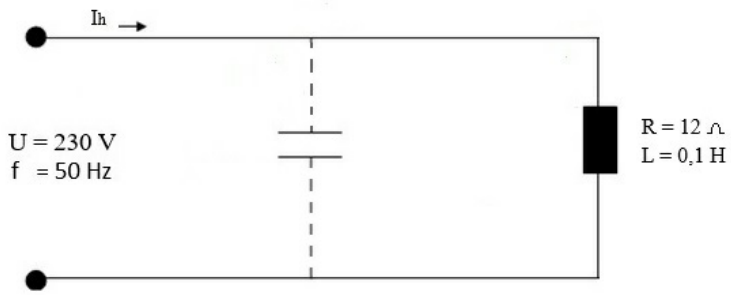
Hovudstraumen i ein krets med resistans og sjølvinduktans består av to komponentar: ein aktiv straum som dekker aktiv effekt, og ein reaktiv straum som dekker den reaktive effekten som trengs for å byggje opp det magnetiske feltet i spolen.

Den reaktive energien leverast av straumkjelda når magnetfeltet byggast opp og returnerast når magnetfeltet tar av, og pendlar mellom straumkjelde og ytre straumkrets. Den induktive reaktive straumen kallast magnetiseringsstraum og belastar straumkjelder, overføringslinjer og transformatorar, fører til effekttap og spenningstap.

Den aktive komponenten bestemmer apparatet si omsetning av aktiv energi, som ikkje vert returnert til straumkjelda. Den reaktive komponenten er nødvendig for apparatet sin verkemåte og forlater ikkje det elektriske systemet, men pendlar mellom straumkjelde og apparat. Den reaktive energien kan lagrast i nærleiken av apparatet med hjelp av kondensatorar.

Eit døme på faseutjamning:

Vi har ein spole som har ein resistans på 12 Ω og ein induktans på 0,1 H. Vi skal først berekne straumen som vert levert frå nettet og effektfaktoren.



$$X_L = 2 * \pi * f * L = 2 * \pi * 50 * 0,1 = \underline{31,42\Omega}$$

$$Z_t = \sqrt{R^2 + {X_L}^2} = \sqrt{12^2 + 31,42^2} = \underline{33,63\Omega}$$

$$I_h = \frac{U}{Z} = \frac{230}{33,63} = \underline{\underline{6,84A}}$$

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{12}{33,63} = 0,3568 \sin\varphi = \underline{0,9342}$$

Nå skal vi fase kompensere, då koplar vi ein kondensator i parallell med spolen.

Den aktive straumen vert ikkje forandra.

$$I_a = I_h * \cos\varphi = 6,84 * 0,3568 = \underline{2,44A}$$

Det vi ønskjer er å redusere den reaktive straumen.

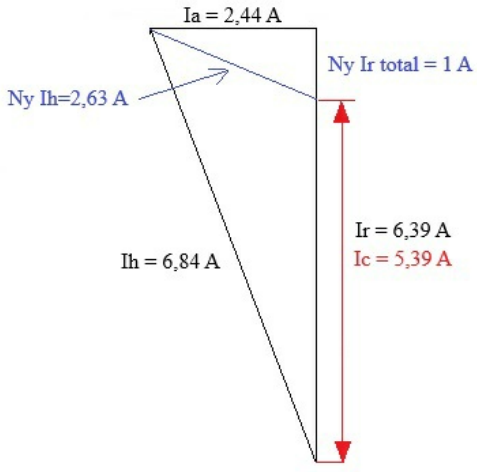
$$I_r = I_h * \sin\varphi = 6,84 * 0,9342 = \underline{6,39A}$$

Vi kan seie at vi ikkje vil ha større reaktiv straum enn 1 A.

Vi ser at den reaktive straumen er mykje større enn den aktive straumen, og dette medfører at vi har ein dårleg effektfaktor. Og i dette høvet er den cos φ = 0,3568. Vi ønskjer at den reaktive straumen frå nettet skal være I A, og då må kondensatoren ta opp ein reaktiv straum som er lik:

$$I_C = I_r - I_{r\,ny} = 6,39 - 1 = \underline{5,39A}$$

Sjå straumdiagramma under.



Før utjamning har vi følgjande straumar:

$$I_{\mathrm{a}} = 2,44\ A \qquad I_h = 6,84\ A \qquad I_r = 6,39\ A$$

Etter utjamning har vi følgjande straumar:

Ia vil ikkje endre seg, så den er fortsett 2,44 A.

Vi set ny Ir = $\underline{1A}$

$$\text{Ny } I_h = \sqrt{{I_a}^2 + {I_r}^2} = \sqrt{2,44^2 + 1^2} = \underline{\underline{2,63A}}$$

Vi skal nå berekne størrelsen i µF som kondensatoren må ha for å trekkje ein induktiv straum som er lik differansen mellom reaktiv straum før og etter faseutjamning.

$$I_C = I_r - ny\, I_r = 6,39 - 1 = \underline{5,39A}$$

$$U = I_C * X_C = I_C * \frac{1}{2*\pi*f*C} = \frac{I_C}{2*\pi*f*C} \quad \rightarrow$$

$$C = \frac{I_C}{U*2*\pi*f} = \frac{5,39}{230*2*\pi*50} = 74,6 * 10^{-6} = \underline{\underline{74,6\mu F}}$$

Samandrag faseutjamning.

Σ

SAMANDRAG FASEUTJAMNING

Faseutjamning er ein teknikk som nyttast for å forbetre effektiviteten i elektriske system, spesielt i vekselstraums kretsar. Hovudmålet med faseutjamning er å redusere reaktiv effekt og forbetre straumkvaliteten. Her er nokre spesifikke bruksområde:

1. **Reduksjon av reaktiv effekt**: Ved å nytte kondensatorar eller andre komponentar for å kompensere for induktive lastar, kan vi redusere mengda reaktiv effekt som pendlar mellom straumkjelda og lasta. Dette forbetrar systemet sin effektivitet.
2. **Auke av effektfaktoren**: Faseutjamning aukar effektfaktoren (forholdet mellom aktiv effekt og tilsynelatande effekt), noko som betyr at meir av den tilførte energien nyttast effektivt. Dette kan redusere energikostnadane og forbetre systemytinga.
3. **Reduksjon av tap i overføringslinjer**: Ved å kompensere for faseforskyving, reduserer vi energitapa i overføringslinjer og transformatorar, noko som fører til mindre varmeutvikling og høgare effektivitet.
4. **Stabilisering av spenningsnivå**: Faseutjamning kan bidra til å stabilisere spenningsnivåa i elektriske system, noko som er viktig for å oppretthalde stabil drift av elektrisk utstyr og maskineri.
5. **Forbetring av straumforsyningskvalitet**: Med faseutjamning kan vi redusere harmoniske forvrengingar og forbetre den generelle kvaliteten på straumforsyninga.

I praksis nyttast faseutjamning ofte i industrien, spesielt der store motorar og transformatorar er involvert, for å sikre at elektriske system opererer med optimal effektivitet og pålitelegheit.

Kap 4 Trefasesystemet

Trefase vekselstraum (3-fase AC)

TREFASE VEKSELSTRAUM (3-FASE AC)

Trefase vekselstraum er ein straumforsyningsmetode der tre separate straumførande ledarar fører vekselstraum med ei faseforskjell på 120° mellom kvar fase. Dette nyttast hovedsakleg i kraftproduksjon, industri og skipsinstallasjonar, fordi det gir ein mer effektiv og balansert energioverføring enn einfase vekselstraum.

Innleiing trefase vekselstraum

- Tre spenningar i staden for éin.
- I eit trefasesystem har vi tre straumførande ledarar (L1, L2, L3), der spenninga mellom dei varierer sinusforma, men forskyvd med 120°.
- Jamnare kraftoverføring.
- Fordi kvar fase når si maksimale spenning til forskjellig tid, vert kraftoverføringa kontinuerlig og balansert – i motsetning til einfase, som har "pausar" i effektleveransen.
- Trefase generatorar og motorar.
- Generatorar på skip produserar trefase vekselstraum.
- Elektriske motorar i skipsframdrift drivast med trefase, fordi det gir høgare yting og mindre vibrasjonar enn einfase.

Spenningsforhold i eit trefasesystem

I eit trefasesystem har vi to viktige spenningsbegrep:

- Fasespenning (U_f) – Spenninga mellom ein faseledar og nøytral.
- Hovedspenning (U_h) – Spenninga mellom to faseledarar.

Fordelar med trefase vekselstraum

- Mindre tap i kraftoverføring – Krev tynnare kablar enn einfase for same effekt.
- Effektiv drift av motorar – Trefasemotorar er meir effektive enn einfasemotorar.
- Jamnare effektuttak – Krafta leverast meir stabilt enn i einfase.
- Lavare straumforbruk per ledar – Straumen fordelast jamnt mellom tre fasar.

Koplingsmetodar for trefase

Det finns to hovedmåtar å kople eit trefasesystem på:

Stjernekopling (Y-kobling)

- Kvar fase er kopla til eit felles nøytralpunkt.
- Nyttast ofte i fordelingsnett.
- Gir to tilgjengelege spenningar (fase–nøytral og fase–fase).
- Døme: 230V fasespenning → 400V hovedspenning.

Trekantkopling (Δ-kobling).

- Inga nøytral, fasane er kopla i ein trekant.
- Nyttast ofte i elektriske motorar og industrielle system.
- Gir berre éi tilgjengeleg spenning (hovedspenning).

Bruk av trefase i skipsinstallasjonar

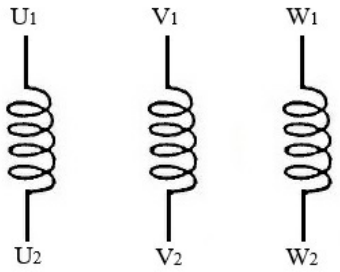
På skip nyttast trefase vekselstraum til:

- Hovedtavle og fordelingstavler – Distribuerar straum til ulike system.
- Skipsgeneratorar – Produserer trefase straum (ofte 400V eller 690V, 50 Hz).
- Elektriske fremdriftsmotorar – Store skip nyttar elektriske motorar drivne av trefase vekselstraum.
- Pumper, vinsjer og anna maskineri – Trefasemotorar driv viktig utstyr.

Korleis fungerar tre-fase vekselstraum

Til no har vi berre sett på einfasa vekselspenning og vekselstraum (ein-fase systemet). Vi skal no sjå på korleis tre-fase systemet virkar. Let vi flere uavhengige viklingar rotere i eit magnetisk felt (polane frambringar feltet) eller feltet rotere forbi fleire uavhengige viklingar, kjem det fram eit fleirfasesystem som er eit trefasesystem. Dei ulike viklingane kallast faseviklingar. Kvar fasevikling vil indusere ein fasestraum og ei fasespenning. Trefasesystemet har tre uavhengige viklingar, og vi tenkjer oss at dei er utlagt kvar for seg slik som figuren under viser.

Inngangssiden er merket med indeks 1.

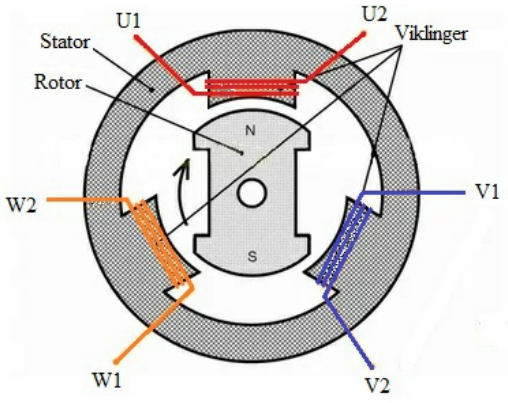


Utgangssiden er merket med indeks 2.

Trefase generator

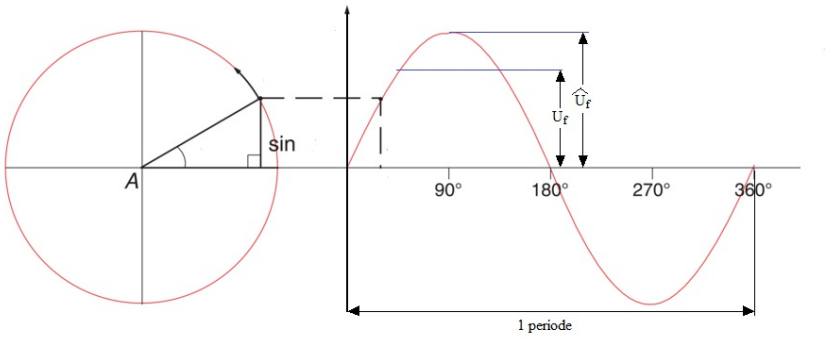
TREFASE GENERATOR

Når straumkilda er ein trefasa synkrongenerator som vi har ombord i skip, så kan vi prinsipielt tenkje oss viklingane lagt i generator slik som figuren under viser.



Rotoren som består av ein nordpol og sydpol vil frambringe eit ståande magnetfelt som igjen er bestemt av magnetiseringsstraumen som er ein likestraum tilført polhjulet. Viklingssetta vert normalt lagt i spor i stator, som er den stillestående delen av generatoren.

Figuren under viser ei spenningskurve frå ei fasevikling. Vi skal no ta føre oss spenninga sin toppverdi (amplitudeverdi) og spenninga sin effektivverdi. Utgangspunktet er at trefasespenninga har ein effektivverdi på 440 volt.



Spenningskurve frå ei fasevikling

Spenninga sin toppverdi og effektivverdi

SPENNINGA SIN TOPPVERDI OG EFFEKTIVVERDI

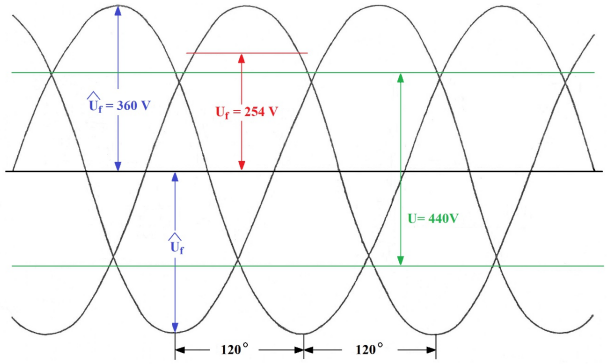
Spenninga sin toppverdi per fasevikling er 360 volt, og denne spenninga kan vi kun måle med eit oscilloskop. Spenninga som let seg måle med eit voltmeter kallar vi for effektivverdien av spenninga. Denne spenninga let seg berekne når ein kjenner spenninga sin toppverdi.

> Fasespenninga sin effektivverdi: $U_f = 360 * 0,707 = \underline{\underline{254V}}$

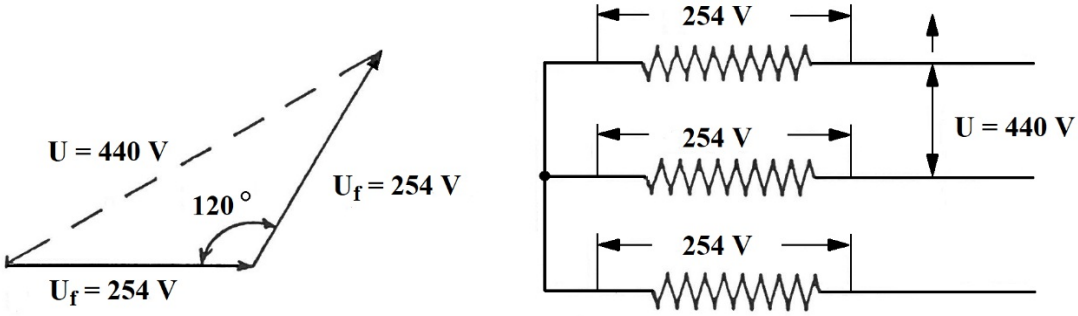
Ser vi på figuren reint matematisk så kan vi sette høgda på kurven lik 1, då blir høgda på effektivverdien lik 0,707.

Talet 0,707 er den inverse verdien av $\sqrt{2}$.

Vi skal no sjå på alle tre spenningskurvene sett saman, med 120 elektriske grader forsinking mellom kvar spenningskurve. Det grøne feltet på figuren under skal illustrere spenninga på 440 volt som vi kan måle med eit voltmeter.



Når vi skal måle spenninga sin hovedverdi som er lik 440 V, så målar vi mellom to av fasane. Vi veit at fasane er forskyvd seg imellom med 120 elektriske grader. Vi teiknar opp to vektorar med 120° vriding i forhold til kvarandre, og let vektoren si lengde representere fasespenninga på 254 V.



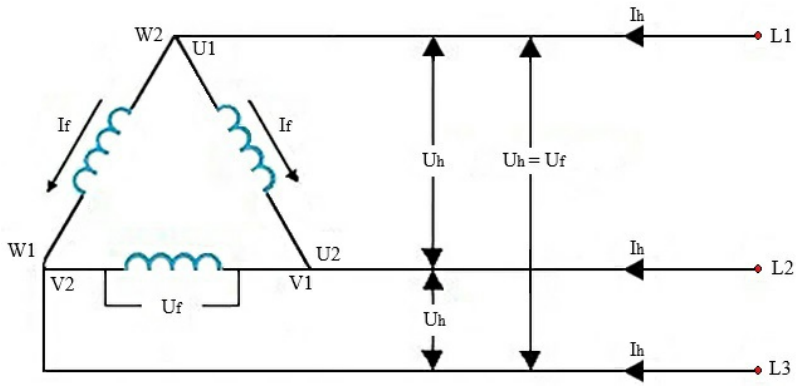
Det eg no har gjort er å ha løyst denne målinga grafisk, ved å måle mellom to av fasane.

Koplingstypar

Trekantkopling

Det er to måtar å kople viklingssetta saman på, og det er enten i trekantkopling eller i stjernekopling. Figuren under viser ei trekant kopling. Symbolet for trekantkopling er Δ eller bokstaven D (delta). Trekantkopling er ei kopling av dei tre faseviklingane i ein motor, trafo eller andre trefase apparat, slik at viklingane dannar ein lukka trekant med ein elektrisk fasevinkel på 120° mellom dei.

> $U_h = U_{hoved}$ U_f = Ufase $I_h = I$hoved $I_f = I_{fase}$

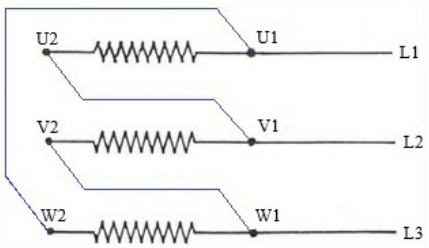


Figuren under viser ein annan måte å teikne trekanten på, begge er like riktig å bruke.

f(x)

FORMLAR FOR TREKANTKOPLING

$U_f = U_h$ $I_f = \frac{I_h}{\sqrt{3}}$ $I_h = I_f * \sqrt{3}$



I ei trekantkopling er hovedspenninga lik fasespenninga og hovedstraumen er lik $\sqrt{3}$ gangar fasestraumen.

Stjernekopling

STJERNEKOPLING

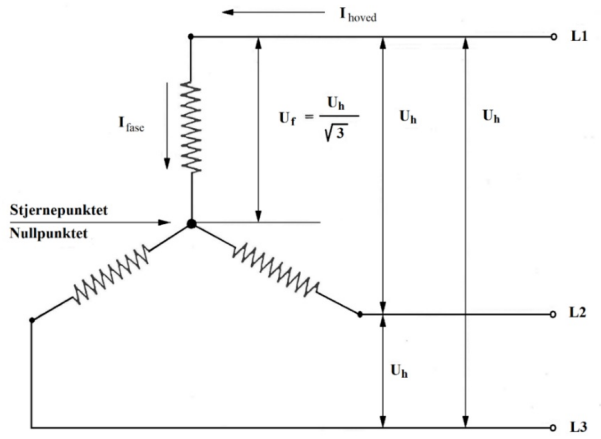
Stjernekopling er kopling av dei tre faseviklingane i ein motor, trafo eller andre vekselstraums apparat, slik at viklingane dannar ei stjerne med ein elektrisk fasevinkel på 120° mellom fasane.

Figuren under viser korleis stjernekoplinga utførast med sine faseverdiar og hovedverdiar.

$$I_{\text{fase}} = I_{\text{hoved}}$$

$$U_{\text{fase}} = \frac{U_{\text{hoved}}}{\sqrt{3}}$$

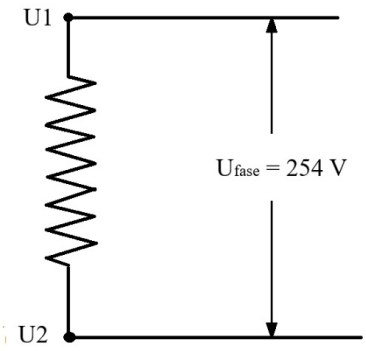
$$U_{\text{hoved}} = U_{\text{fase}} * \sqrt{3}$$



I ei stjernekopling er hovedspenninga lik $\sqrt{3}$ gangar fasespenninga, og hovedstraumen er lik fasestraumen.

Fasespenning og fasestraum

Spenninga og straumen som blir framstilt i ei fasevikling vert på fagspråket kalla for fasespenning og fasestraum. Vi skal no ta føre oss eit viklingssett og sjå på kva for spenning dette tåler.



Viklingssettet skal til dømes produsere eller motta ei spenning på 254 V. Denne spenninga kallast då for fasespenninga, og den kan då ikkje belastast med høgare volt verdi enn 254 V. Belastast viklinga likevel med ein høgare spenningsverdi som ligg utanfor 0 % toleransen så vil viklinga ta skade av dette.
Det at vi kan kople alle tre viklingssetta saman til enten ei trekantkopling eller ei stjernekopling gjer at vi kan nytte disse to koplingsmetodane på to forskjellige spenningar.

Ser vi først på trekantkoplinga så vil vi sjå at kvar fase vil få hovedspenninga direkte. Dette vil igjen seie at hovedspenninga ikkje må overskride fasespenninga sin verdi. Altså i dette høvet tåler trekantkoplinga ei hovedspenning på 254 V.

Fordi at **fasespenninga = hovedspenninga** (linjespenninga).

Ved å kople viklingssetta i stjernekopling så kan vi auke linjespenninga, som er lik fasespenninga ganger $\sqrt{3}$.

Dette medfører at vi kan tilkople stjernekoplinga ein spenningsverdi på 440 V.

Fordi:

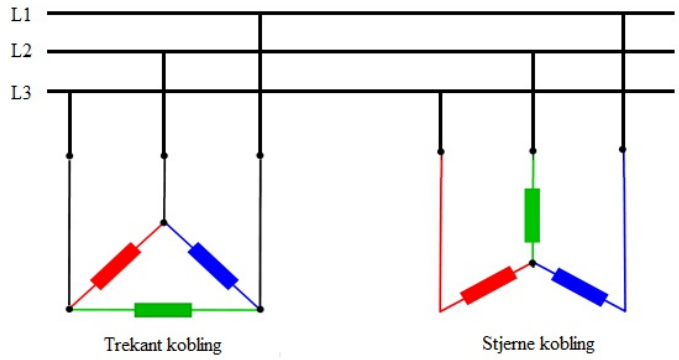
$$U_h = U_f * \sqrt{3} = 254 * \sqrt{3} = 440 \text{ V}$$

Dette medfører at dersom ein har to spenningsnivå som tilhøyrer same fasesystem så skal den lavaste spenninga tilkoplast i trekantkopling, og den høgaste spenninga tilkoplast i stjernekopling.

På side 5 kan vi av figuren som viser ei stjernekopling sjå at linjespenninga fordelar seg over to av fasane. Dette medfører at faseviklinga får den spenninga som den er berekna for.

Nyttar ein same spenninga dvs. 254 V både til trekantkopling og stjernekopling så vil faseviklinga i trekantkoplinga fortsatt få full linjespenning dvs. 254 V, men faseviklinga i stjernekoplinga vil no få ei mindre spenning som er lik 254 V dividert på $\sqrt{3}$. Dette fordi hovedspenninga delvis vert fordelt over to av faseviklingane. Altså vi har ei linjespenning på 254 V, då vil stjernekoplinga gi ei spenning over kvar fase som er lik:

$$U_f = \frac{U_h}{\sqrt{3}} = \frac{254}{\sqrt{3}} = 146,6\ V$$



Tek vi føre oss dei to figurane ovanfor der vi har ein stjernekopla last og ein trekantkopla last med den same resistansen og begge er tilkopla den same spenninga, så vil fasestraumen i stjernekoplinga bli lik fasestraumen i trekant dividert på $\sqrt{3}$.

$$I_{Y_{\text{fase}}} = \frac{I_{\Delta_{\text{fase}}}}{\sqrt{3}}$$

Tommelfingerregelen for dette blir at når vi koplar om frå trekantkopling til stjernekopling med den same spenninga så synker straumen i stjernekoplinga med 2/3.

Det same kan vi seie skjer med den aktive effekten. Den synker også med 2/3 frå trekantkopling til stjernekopling med same spenninga.

$$P_\Delta = 3 * P_Y$$

Reaktiv belastning

REAKTIV BELASTNING

Ved blanda belastning der vi har resistans og reaktans så får vi faseforskyving mellom straum og spenning. Vi vil no ha tre effektformlar som er gjeldande. Vi har ein effektformel som vi kallar den tilsynelatande effekt, og denne er bestemt av hovedstraumen i kretsen. Så har vi ein effektformel som vi kallar aktiv effekt, som er bestemt av den aktive straumkomponenten.

Den siste effektformelen kallar vi den reaktive effekt, og den er bestemt av den reaktive straumkomponenten.

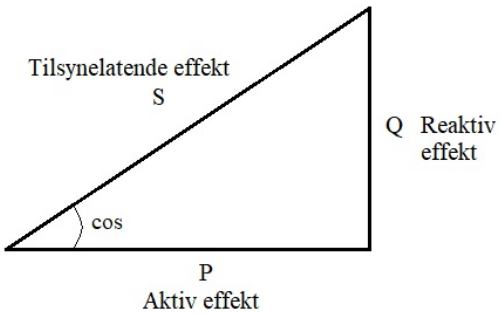
Tilsynelatande effekt: $S = \sqrt{3} * U * I$

Aktiv effekt: $P = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi$

Reaktiv effekt: $Q = \sqrt{3} * U * I$ * sin φ

Vi kan no sette saman alle tre effektane geometrisk til ein effekttrekant med spenninga som referanse.

Effekttrekant eller effektdiagram



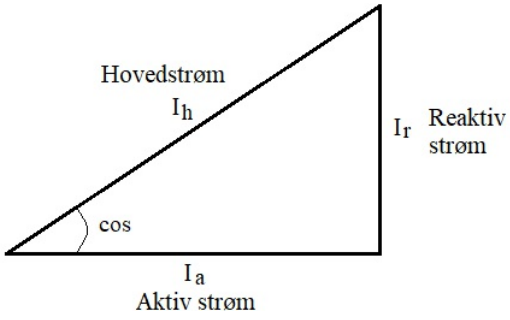
Straumtrekant eller straumdiagram

STRAUMTREKANT ELLER STRAUMDIAGRAM

Straumkomponentane kan vi også sette saman geometrisk til ein straumtrekant. Og denne straumtrekanten er likedanna med effekttrekanten. Dette vil igjen seie at trekantane har like vinklar, og dette medfører at effektfaktoren er lik.

$I_h = \frac{S}{\sqrt{3} * U}$ eller den formelen som er mest nytta $I_h = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$

$\cos\varphi = \frac{I_a}{I_r}$


Hovedstrøm
I_h
I_r Reaktiv strøm
cos
I_a
Aktiv strøm

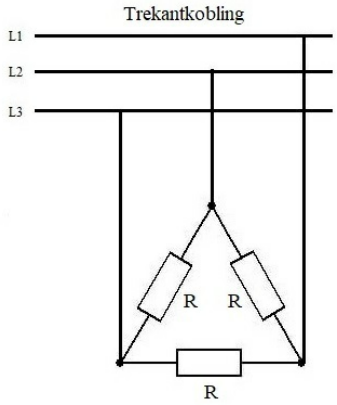
Døme berekningsoppgåver

Døme oppgåve 1

DØME OPPGÅVE 1

Tre like motstandar koplast i trekant, og spenninga er henta frå eit trefasenett på 400 V. I prinsippet er dette ein komfyr som benyttast t.d. om bord i skip, og der vi har teke føre oss ei plate. Plata trekkjer 2700 W i trekant ved 400 V.

a) Berekn straumen gjennom kvar motstand i trekantkoplinga.
b) Berekn resistansen i ein motstand.
c) Berekn straumen gjennom kvar motstand i stjernekopling.
d) Berekn den aktive effekten for plata i stjernekopling.



a)

$$P_{t\,(total)} = \sqrt{3} * U_h * I_h * \cos\varphi$$

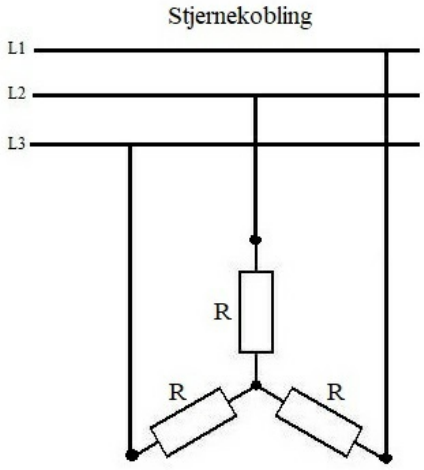
I dette høvet (resistiv last) er cos ϕ = 1

$$I_h = \frac{P_t}{\sqrt{3} * U} = \frac{2700}{\sqrt{3} * 400} = \underline{\underline{3,9A}}$$

$$I_f = \frac{I_h}{\sqrt{3}} = \frac{3,9}{\sqrt{3}} = \underline{\underline{2,25A}}$$

b)

$U_f = I_f * R_f$ $R_f = \frac{U_f}{I_f} = \frac{400}{2{,}25} =$ 177,78 Ω



c)

$U_f = \frac{U_h}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} =$ 230,9 V

$U_f = I_f * R_f$ $I_f = I_h = \frac{U_f}{R_f} = \frac{230{,}9}{177{,}78} = \underline{\underline{1,3A}}$

(Kontroll: 1,3 A * 3 = 3,9 A)

d)

$P_Y = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi = \sqrt{3} * 400 * 1,3 * 1 = \underline{\underline{900,67W}}$

(Kontroll: 900 * 3 = 2700 W)

Døme oppgåve 2

DØME OPPGÅVE 2

Tre like spolar er sett saman til ei stjernekopling og tilkopla ei trefasespenning på 440 V - 60 Hz. Kvar spole er i utgangspunktet laga for å tåle ei spenning på 440 V.

Ein spole har følgjande verdiar: R = 12 ohm, XL = 8 ohm.

a) Berekn sjølvinduktansen L for kvar spole.
b) Berekn impedansen Z for kvar spole.
c) Berekn fasespenninga (U_f) for kvar spole.
d) Berekn tilført straum til stjernekoplinga.
e) Berekn stjernekoplinga sin effektfaktor.
f) Berekn den tilsynelatande effekt, den aktive effekt og den reaktive effekt for stjernekoplinga.

Så koplar vi om frå stjernekopling til trekantkopling med den same spenninga.

g) Kva blir no hovedstraumen og den totale aktive effekt for trekantkoplinga?

Løysingsforslag

a)

$$X_L = 2 * \ \pi * f * L \; L = \frac{X_L}{2 * \pi * f} = \frac{8}{2 * \pi * 60} = \underline{\underline{0,021 \text{ H per spole}}}$$

b)

$$Z = \sqrt{\overline{R^2 + {X_L}^2}} = \sqrt{12^2 + 8^2} = \underline{\underline{14,42\Omega \text{ per fase}}}$$

c)

$$U_f = \frac{U_h}{\sqrt{3}} = \frac{440}{\sqrt{3}} = \underline{\underline{254V \text{ per fase}}}$$

d)

Ved stjernekopling er $I_{\text{fase}} = I_{\text{hoved}}$

Vi må ta utgangspunkt i faseverdiane

$$I_f = \frac{U_f}{Z_f} = \frac{254}{14,42} = \underline{\underline{17,61A}}$$

e)

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{12}{14{,}42} = 0{,}832 \sin\varphi = \underline{0,5545}$$

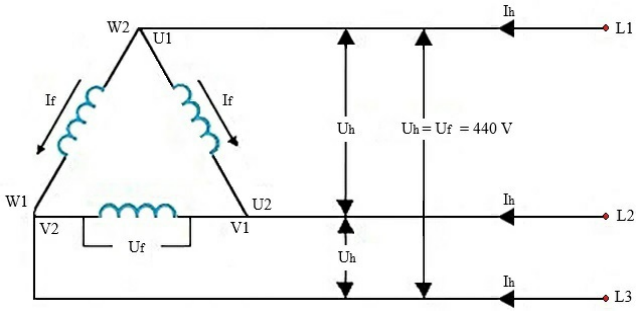
f)

$$S = \sqrt{3} * U * I = \sqrt{3} * 440 * 17{,}61 = \underline{\underline{13423,48VA}}$$

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi = \sqrt{3} * 440 * 17,61 * 0,832 = \underline{\underline{11168,34W}}$$

$$Q = \sqrt{3} * U * I * \sin\varphi = \sqrt{3} * 440 * 17,61 * 0,5545 = \underline{\underline{7441,86}}$$

g)



Ved trekantkopling er $U_{fase} = U_{hoved}$

Vi forheld oss til faseverdiane.

$$U_f = I_f * Z_f$$

$$I_f = \frac{U_f}{Z_f} = \frac{440}{14{,}42} = \underline{30,51A}$$

$$I_h = I_f * \sqrt{3} = 30,51 * \sqrt{3} = \underline{\underline{52,85A}}$$

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi = \sqrt{3} * 440 * 52,85 * 0,832 = \underline{\underline{33510W}}$$

Vi kan kontrollere om dette er rett:

$$I_{h\Delta} = I_{\mathrm{hY}} * 3 = 17,61 * 3 = \underline{52,83A}$$
$$P_\Delta = P_Y * 3 = 11168,34 * 3 = \underline{\underline{33505W}}$$

Kap 5 Elektronikk

Diode

DIODE

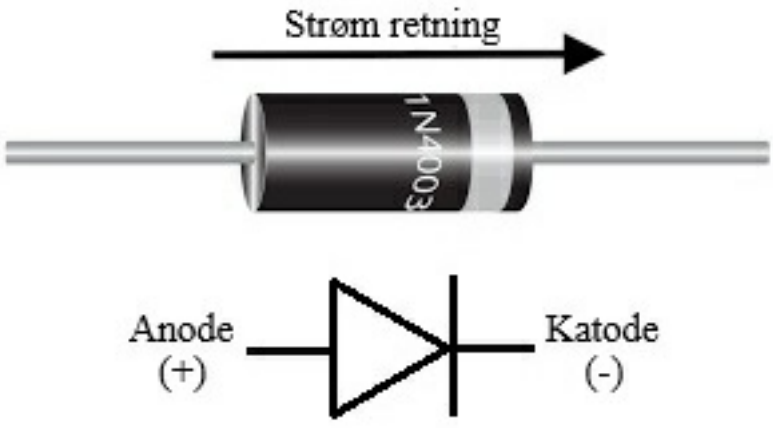
Ei diode er ein elektronisk komponent som let straum gå éin veg, men blokkerer den andre vegen. Den fungerer som ei elektrisk einvegskøyring.

Oppbygging av ei diode

Ei standard diode består av ein PN-overgang laga av halvleiarmaterial, ofte silisium (Si). Den har to terminalar:

1. **Anode (+)** – Den positive sida.
2. **Katode (-)** – Den negative sida.

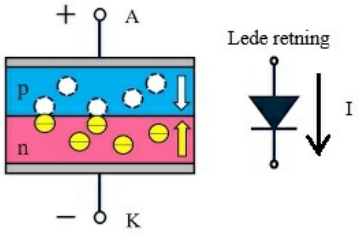
På diodar er katoden ofte merka med ein strek.



Korleis fungerer ei diode?

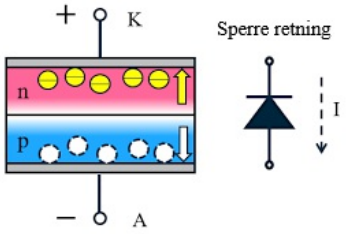
1. Framover polarisering (leiar straum).

- Når anoden er positiv i forhold til katoden, åpnar dioda og let straum passere.
- Spenninga over dioda må vere høgare enn terskelspenninga (~0,7V for silisiumdioder, ~0,3V for germaniumdioder).
- Elektronar bevegar seg frå katoden til anoden, medan hol beveger seg motsett.



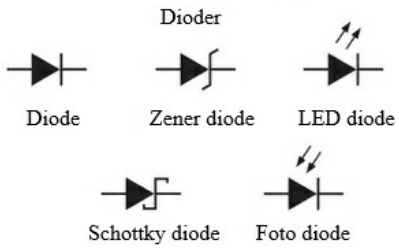
2. Sperrepolarisering (blokkerer straum)

- Når katoden er meir positiv enn anoden, blokkerer dioda straumen.
- PN-overgangen utvidast, og ingen ladingsbærarar kan krysse.



Type diodar og bruksområder

- Standarddiode – Vanleg retningsstyrt straumflyt (einsrettarar).
- Zenerdiode – Leiar baklengs ved ei spesifikk spenning (spenningsregulering).
- LED (Light Emitting Diode) – Sender ut lys når straum går gjennom.
- Schottky-diode – Rask og lav spenning, nytta i høgfrekvente kretsar.
- Fotodiode – Reagerer på lys og nyttast i sensorar.



Konklusjon

Σ

KONKLUSJON

Diodar nyttast overalt i elektronikk – frå mobilladarar til LED-lys og solceller!

Transistor

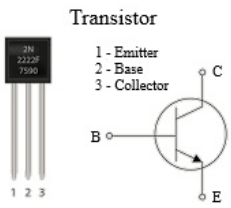
TRANSISTOR

Ein transistor er ein halvleiarkomponent som fungerer som ein elektronisk brytar eller forsterkar. Den er ein av dei viktigaste komponentane i moderne elektronikk.

Oppbygging av ein transistor

Transistorar er laga av halvleiarmateriale (vanlegvis silisium). Dei har tre terminalar:

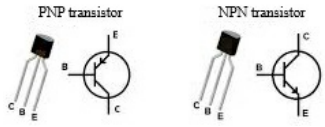
1. Base (B) – Styrer straumflyten.
2. Kollektor (C) – Tek imot hovedstraumen.
3. Emittar (E) – Sender ut straum.



To hovedtypar av transistorar:

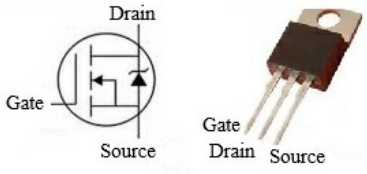
Bipolar junction transistor (BJT) – Nyttar både elektronar og hol for å leie straum.

- NPN-transistor (vanlegast)
- PNP-transistor



Field-effect transistor (FET) – Styrast av eit elektrisk felt.

- MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor FET) (mest nytta i digitale kretsar).



Korleis fungerer ein transistor?

A) Bipolar junction transistor (BJT)

1. NPN-transistor (mest vanleg).

- Liten straum inn i basen → Stor straum frå kollektor til emittar.
- Krev ei positiv spenning mellom base og emitter (\~0,7V for silisium).
- Oppfører seg som ein forsterkar eller brytar.

Brytarfunksjon

- Når basen får ein liten straum, slår transistoren på, og straum flyt frå kollektor til emittar.
- Når basestraumen fjernast, sler transistoren av, og straum stoppar.

Forsterkarfunksjon

- Ein liten straum inn på basen kan styre ein mykje større straum mellom kollektor og emittar.

2. PNP-transistor

- Fungerer motsett av ein NPN.
- Straum flyt frå emittar til kollektor når basen er meir negativ enn emittar.

B) MOSFET (Field-Effect Transistor)

- Styrast av ei spenning, ikkje ein straum.
- Har tre terminalar: Gate (G), Drain (D), Source (S).

- Når ei spenning leggast på gata, åpnast ein kanal mellom drain og source, slik at straum kan flyte.
- MOSFET-er er svært raske og nyttast i digitale kretsar og datamaskiner.

Bruksområder for transistorar

- Forsterkarar – Aukar signalstyrken i høgtalarar, radioar og mikrofonar.
- Brytarar – Nyttast i databrikker, logiske kretsar og elektroniske einingar.
- Effektkontroll – Styrer motorar, LED-lys og straumforsyningar.

Σ

KONKLUSJON

Transistorar er hjertet i moderne elektronikk. Dei fungerer enten som brytarar eller forsterkarar og finns i alt frå datamaskiner til mobiltelefonar!

TRIAC

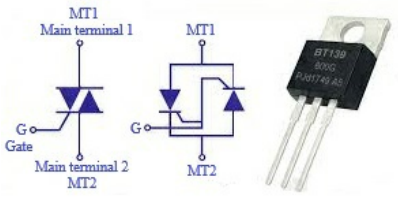
TRIAC

Ein TRIAC (Triode for Alternating Current) er ein halvleiarbrytar som nyttast til å styre vekselstraum (AC). Den fungerer som ein dobbel tyristor, slik at den kan leie straum i begge retningar. Dette gjer den nyttig i dimmarar, motorstyring og effektregulering.

Oppbygning av en TRIAC

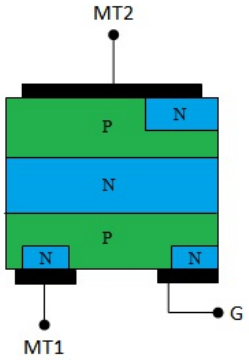
Ein TRIAC har tre terminalar:

1. Anode 1 (A1) / Main Terminal 1 (MT1)
2. Anode 2 (A2) / Main Terminal 2 (MT2)
3. Gate (G) – Styringsinngang som triggar TRIAC-en.



Struktur:

- Består av fem halvleiarlag (PNPNP).
- Symmetrisk ledning – straum kan gå begge vegar når den er aktivert.



Korleis virkar ein TRIAC?

Ein TRIAC fungerer som ein brytar for vekselstraum, men kan leie straum i begge retningar når den triggast.

A) Når TRIAC-en er AV (blokkerer straum)

- Inga spenning på Gate, så leiar ikkje TRIAC-en.

B) Når TRIAC-en er PÅ (leiar straum)

- Ein liten straum på Gate (enten positiv eller negativ) aktiverer TRIAC-en.
- Når den er aktivert, forblir den på til straumen fell til null (i vekselstraum skjer dette automatisk kvar halvsyklus).

Korleis styrast ein TRIAC

- Triggar med positiv eller negativ gate-puls (kan aktiverast i begge polaritetar).
- Sler seg av automatisk når straumen gjennom den går til null.
- Kan kontrollerast med t.d. ein mikroprosessor eller optokoplar.

Bruksområder for ein TRIAC

- Lys dimmarar – Regulerer lysstyrken i lamper.
- Fartskontroll for motorar – Nyttast i boremaskiner, vifter osv.
- Varmeregulering – Styring av elektriske varmeomnar.
- Effektregulering i induksjonsomnar og transformatorar.

Σ

KONKLUSJON

Ein TRIAC er ein halvleiarbrytar for vekselstraum som kan leie straum begge vegar når den aktiverast. Den nyttast i dimmarar, motorstyring og effektregulering for å kontrollere straumflyt effektivt.

Tyristor

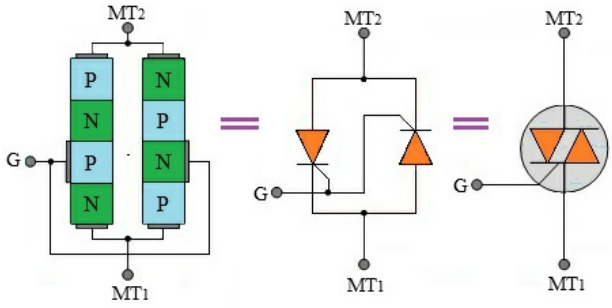
TYRISTOR

Ein tyristor (også kalt SCR – Silicon Controlled Rectifier) er ein halvleiarbrytar som leiar straum i kun éi retning og nyttast ofte i høgspennings- og høgeffektsystem. Den fungerer som ei kontrollerbar diode, der ein liten styrestraum kan slå den på, men den sler seg berre av når straumen fell til null.

Oppbygging av ein Tyristor

Ein tyristor har fire halvleiarlag (PNPN) og tre terminalar:

1. Anode (A) **+** – Hovedinngangen for straum.
2. Katode (K) **−** – Utgangen for straum.
3. Gate (G) – Styreelektroda som aktiverer tyristoren.



Struktur

- Består av ein PNPN-struktur, som kan sjåast som to transistorar kopla saman (ein PNP og ein NPN).
- Når den aktiverast, forblir den på til straumen brytast.

Korleis virkar ein Tyristor?

Ein tyristor har to tilstandar:

A) Når Tyristoren er AV (blokkerer straum)

- Inga spenning på Gate, så straum kan ikkje flyte frå Anode til Katode.
- PNPN-strukturen fungerer som ei sperring.

B) Når Tyristoren er PÅ (leiar straum)

- Ein kort puls på Gate gjer at tyristoren sler seg på og byrjar å leie strøm.
- Den forblir på sjølv om Gate-signal fjernast (latching-effekt).
- Tyristoren sler seg berre av når straumen fell til null (som i vekselstraum) eller når straumen avbrytast eksternt.

Bruksområder for Tyristorar

- Likestraums- og vekselstraums styring – Nyttast i motorstyring og straumforsyningar.
- Sveiseapparat – Styrer høg straum i industriell sveising.
- Justerbare straumforsyningar – nyttast i ladarar og spenningsregulatorar.
- Motorstartarar – For store motorar i fabrikkar og skip.
- HVDC (High Voltage DC Transmission) – Nyttast i kraftnett for å styre likestraum.

Tyristor som styrbar einpulskopling:

- Ein tyristor erstattar dioda og fungerer som ein styrbar likerettar.
- Tyristoren slepp gjennom straum kun når den får ein styrepuls på gate-terminalen.
- Dette gjer det mogeleg å styre når i AC-syklusen straumen byrjar å flyte, noko som gir mogelegheit for effektregulering.

Tyristor vs. TRIAC

Eigenskap	Tyristor (SCR)	TRIAC
Leiar straum i	**Kun éi retning**	**Begge retningar**
Typisk bruk	Likestraum (DC) og AC-brytarar	AC-dimmarar, motorstyring
Sler seg av når	Straumen går til null eller brytast eksternt	Straumen går til null i vekselstraum

Σ

KONKLUSJON

Ein tyristor er ein kraftig halvleiarbrytar som kan styre store straumar, men leiar straum i kun éi retning. Den nyttast i motorstyring, straumforsyningar og kraftnett, og er ein av dei viktigaste komponentane innanfor effektelektronikk!

Likeretting med diodar

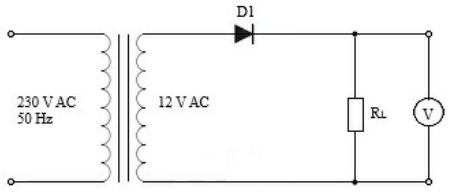
Einvegs likeretting (einpulskopling)

ENVEGS LIKERETTAR

Ein envegs likerettar eller einpulskopling er ein metode for å likerette vekselspenning (AC) med hjelp av éin enkelt styrekomponent, som ei diode. Dette er ei enkel form for halvbølgelikeretting, der kun éin av halvperiodane til AC-spenninga nyttast.

Korleis fungerer einpulskoplinga med diode?

- Ei diode plasserast i serie med lasta og AC-kjelda.
- Dioda leiar berre når AC-spenninga er positiv, og blokkerer når den er negativ.
- Resultatet er ein pulserande likestraum med ein stor rippel.



Fordelar og ulemper med einpulskopling

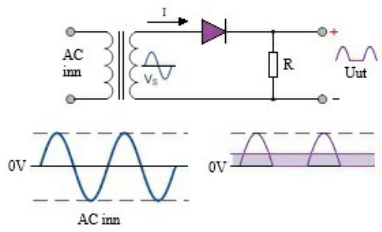
Fordelar

- Enkel og billig krets.
- Kan nyttast for grunnleggande AC-DC-konvertering.

Ulemper

- Utnyttar berre halvparten av AC-syklusen, noko som gir lav effektivitet.
- Gir høg rippel i DC-spenninga (krev filtrering for jamnare spenning).
- Med tyristor: Kun mogeleg å styre spenninga i éi retning.

Einpulskopling nyttast ofte i enkle straumforsyningar, batteriladarar og enkelte typar motorstyring der presis spenningskontroll ikkje er nødvendig.



Forhold mellom AC og DC ved ei pulskopling

Parameter	Forklaring
U_{eff}Z (AC)	Effektivverdien av AC-inngangsspenninga
U_{peak} (AC)	Amplitudeverdien på AC-inngangen: $\sqrt{2} * U_{eff}$
U_d (DC) (utgang)	Gjennomsnittsverdien av den likeretta spenninga

Forhold mellom AC og DC i einvegs likeretting:

1. Gjennomsnittleg (DC) spenning etter likeretting (utan filter):

$$U_d = \frac{U_{\text{peak}}}{\pi}$$

Vi kan og nytte ein konstant ved utrekningar av likespenninga:

$$U_d = 0,32 * U_{\text{peak}}$$

2. Effektivverdien av utgangsspenning etter einvegs likeretting**:**

$$U_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{peak}}}{\sqrt{2}}$$

Når vi har effektivverdien, kan vi og rekne ut spenninga over dioda med ein konstant:

$$U_d = 0,45 * \ U_{\text{eff}}$$

3. Spenningsfall over dioda:
- For silisiumdiodar mistar du ca. **0,7 V**.
- Så den reelle DC-utgangen blir:

$$U_d = \frac{U_{\text{peak}} - 0,7}{\pi}$$

DØME:

Sei at du har $230\ V_{\text{eff}}$ AC inn:

$$U_{\text{peak}} = \ \sqrt{2} * U_{\text{eff}} = \ \sqrt{2} * 230 \ \approx 325\ V$$
$$U_d \ \approx \frac{U_{\text{peak}}}{\pi} = \frac{325}{\pi} = 103,5\ V$$

Vi tek utrekninga med konstantar:

$$U_d = 0,32 * U_{\text{peak}} = 0,32 * 325 \ \approx 103,5\ V$$
$$U_d = 0,45 * \ U_{\text{eff}} = 0,45 * 230 \ \approx 103,5\ V$$

Sperrespenning

PERRESPENNING

Sperrespenning (også kalla reverse voltage eller peak inverse voltage – PIV) er den maksimale spenninga som dioda må tåle i sperreretning utan å bli øydelagt.

I einvegs likeretting:

Når AC-signalet er i den negative halvbølga, leiar ikkje dioda. I denne perioden er dioda i sperreretning, og spenninga over den kan bli ganske høg.

Formelen

$$U_{\text{sperre}} = U_{\text{peak}}$$

Altså

Sperrespenninga = toppverdien av AC-inngangen.

Døme

- Har du U_{eff} = 230 V inn:

$$U_{\text{peak}} = \sqrt{2} * 230 = 325\ V$$

Då må dioda tåle minst 325 V i sperreretning.

Vi kan også seie at $U_{\text{sperre}} = \pi * U_d = \pi * 103,5 \approx 325\ V$

PRAKTISK TIPS

Du bør velge ei diode med PIV-rating (f.eks. VRRM) som er minst 20 – 30 % høgare enn forventa sperrespenning, for sikkerheitsmargin.

T.d.:
- Dersom sperrespenninga er 325 V → velg diode med minst 400 V PIV.

Heilbølgelikeretting

HEILBØLGELIKERETTING

Heilbølgelikeretting let oss likerette begge halvbølga av AC-signalet, i staden for å kaste vekk den eine som i einvegs likeretting.

Det finns to vanlege metodar:

Midtpunkttransformator med to diodar (Tovegs likerettar)

- Krev ein transformator med midtuttak.
- To diodar nyttast, éin for kvar halvbølge.

Brukopling (Graetz-bru) med fire diodar

- Vanlegast og krev ikkje midtuttak.
- Fire diodar jobbar saman slik at lasta alltid får spenning i same retning.

Midtpunktkopling eller tovegs likerettar

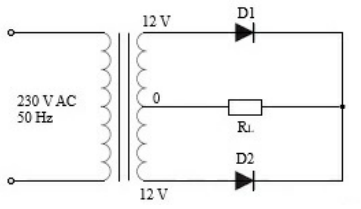
Ein tovegs likerettar er ein einsrettar kopling som nyttast til å omforme vekselstraum (AC) til likestraum (DC). Den er ein grunnleggande likerettar i kraftsystem og nyttast ofte i einsrettarar for trefase- og einfaseanlegg.

Oppbygging av ein tovegs likerettar.

- To diodar (for einfase) eller to tyristorar (for styrt likerettar).
- Ein transformator (valgfritt, men ofte nytta).
- ilast (t.d. ein motor, batteri eller elektroniske kretsar).

Det finns to hovudtypar:

- Topuls brukopling (fullbølge likerettar) – To diodar i ei einfasebru.
- Topuls midtpunktkopling – Nyttar ein transformator med midtuttak og to diodar.



Korleis fungerer ei topulskopling?

a) Topuls midtpunktkopling (med transformator)

1) Transformatoren har eit midtuttak som gir to vekselspenningar i motfase.

2) To diodar (D1 og D2) leiar vekselvis, avhengig av polariteten til inngangsspenninga.

3) Når den eine halvbølga er positiv, leiar D1, medan D2 er sperra.

4) Når den neste halvbølga er negativ, leiar D2, medan D1 sperrar.

5) Dette gir to pulsar per periode, og difor kallast den topuls.

Resultat: Utgangsspenninga er pulsforma likestraum (DC), som kan jamnast ut med ein kondensator.

b) Topuls brukopling (utan transformator)

1. Nyttar to diodar i ei brukopling direkte på vekselspenninga.
2. Fungerer på same måte som midtpunktkoplinga, men utan transformator.
3. Gir same to pulsar per periode i utgangsspenninga.

Fordelar og Ulemper.

Fordelar

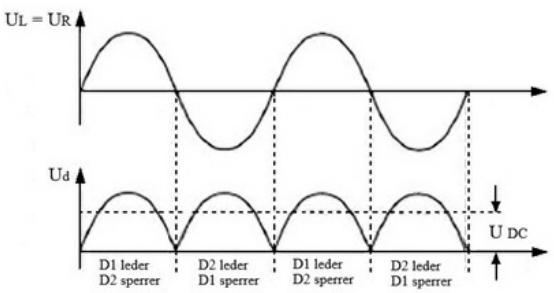
- Enkelt design og billig.
- Krev kun to diodar, færre komponentar enn sekspuls likerettar.
- Gir dobbel puls per periode samanlikna med ein einpuls likerettar.

Ulemper

- Pulsforma DC gir behov for filterkondensatorar for jamn spenning.
- Ikkje like effektiv som sekspuls- eller tolvpuls likerettar for trefasesystem.

Bruksområder for ei topulskopling.

- Likerettarar i straumforsyningar – Konverterer AC til DC i små elektroniske einingar.
- Lading av batteri – Nyttast i enkle batteriladarar.
- Enkle motorstyringar – Kontrollerer DC-motorar.
- Sveiseapparat – Nyttast i kraftige straumforsyningar.



Heilbølgelikeretting med midtpunkt

f(x)

FORMLAR

- Inngangsspenning (effektivverdien): U_{eff}
- Amplitudeverdi: $U_{peak} = \sqrt{2} * U_{eff}$
- Utgangs-DC (uten filter): U_d

$$U_d = \frac{2*U_{peak}}{\pi}$$

Berre ei diode leiar av gangen:

$$U_d \approx \frac{U_{peak}}{\pi} + \frac{U_{peak}}{\pi} = \frac{2*U_{peak}}{\pi}$$

$$U_d = \frac{2*\sqrt{2}*U_{eff}}{\pi}$$

Kan også nytte ein konstant:

$$U_d = 0,9 * U_{eff}$$

DØME:

U_{eff} = 230 V

$$U_{peak} = \sqrt{2} * U_{eff} = \sqrt{2} * 230 \approx 325\ V$$

$$U_d = \frac{2*U_{peak}}{\pi} = \frac{2*325}{\pi} \approx 207\ V\ DC$$

Eller

$$U_d = 0,9 * U_{eff} = 0,9 * 230 \approx 207\ V$$

Sperrespenninga per diode:

$$U_{sperre} = 2 * U_{peak} = 2 * 325 \approx 650\ V$$

Eller

$$U_{\text{sperre}} = \pi * U_d = \pi * 207 \approx 650\ V$$

Einfasa brukopling (Einfasa bru-likerettar)

EINFASA BRUKOPLING (EINFASA BRU-LIKERETTAR)

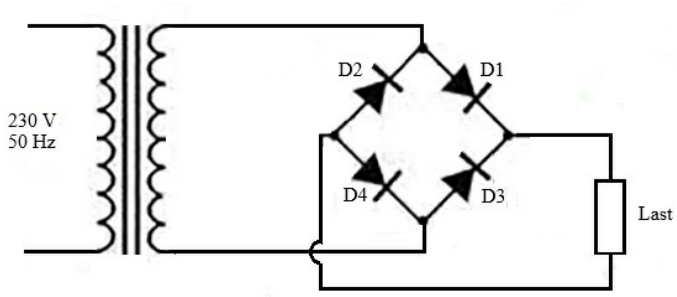
Ei einfasa brukopling, også kjend som ein bru-likerettar, er ein krets som omdannar vekselstraum (AC) til likestraum (DC) med hjelp av fire diodar. Dette er ein heilbølgelikerettar, noko som betyr at den utnyttar begge halvperiodane av AC-spenninga, i motsetning til halvbølgelikeretting som kun nyttar éi halvperiode.

Oppbygging av ei einfasa brukopling

Ein einfasa bru-likerettar består av:

1. Fire diodar kopla i bru-konfigurasjon.
2. AC-inngang (tilførselsspenning).
3. DC-utgang (til lasta).
4. Eventuelt ein kondensator for glatting av spenninga.

Diodane er plassert i ein firkantkonfigurasjon, slik at to diodar leiar under positiv halvperiode og to diodar leiar under negativ halvperiode, men straumen gjennom lasta vil alltid gå i same retning.



Virkemåte til einfasa brukopbling

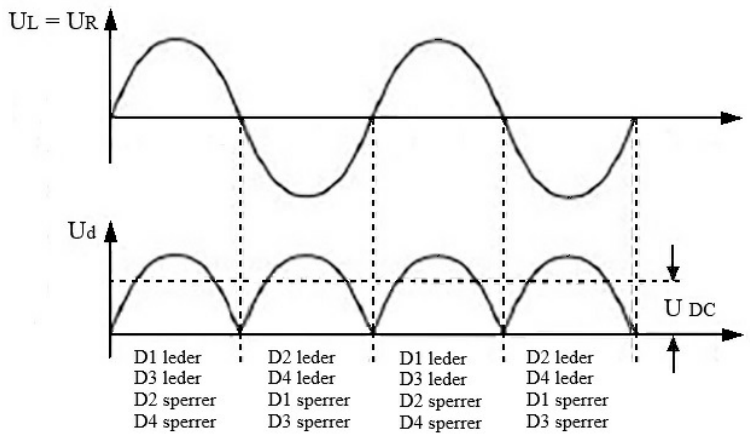
1. Når AC-spenninga er positiv (første halvperiode).
   - Øvre terminal av AC-inngangen er positiv, og nedre terminal er negativ.
   - Diodane D1 og D3 leiar straum, medan D2 og D4 er sperra.
   - Straumen flyt frå AC-inngangen, gjennom D1, gjennom lasta, og tilbake via D3.

2. Når AC-spenninga er negativ (andre halvperiode).
   - Øvre terminal av AC-inngangen blir negativ, og nedre terminal blir positiv.
   - Diodane D2 og D4 leiar, medan D1 og D3 sperrer.
   - Straumen flyt frå AC-inngangen, gjennom D2, gjennom lasta, og tilbake via D4.

!

VIKTIG

Sjølv om AC-inngangen skiftar polaritet, vil straumen gjennom lasta alltid ha same retning, noko som resulterer i ei pulserande DC spenning.



Fordelar og ulemper med ei einfasa brukopling

Fordelar

- Utnyttar heile AC-syklusen, noko som gir betre effektivitet enn halvbølgelikeretting.
- Gir høgare gjennomsnittleg DC-spenning.
- Krev ikkje ein senter-tappa transformator (i motsetning til andre heilbølgelikerettar-koplingar).

Ulemper

- Utgangsspenninga har fortsatt ein rippel (kan jamnast ut med ein kondensator).
- Spenningsfallet over diodane reduserer utgangsspenninga (ca. 1,4V for silisiumdiodar).

Praktisk bruk av einfasa brukopling

- Nyttast i straumforsyningar for å omdanne AC til DC.
- Anvendast i batteriladarar.
- Nyttast i motorstyring og industrielle likerettarkretsar.

Sekspulskopling

SEKSPULSKOPLING

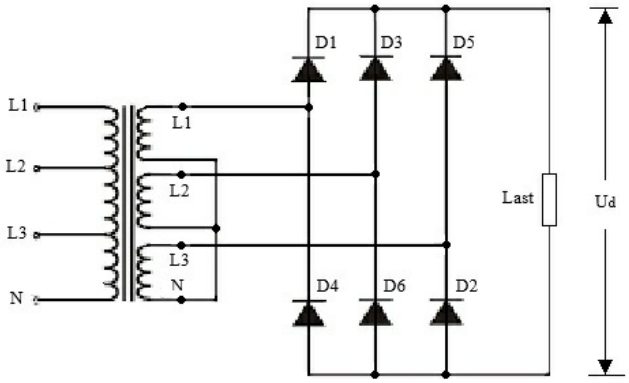
Ei sekspulskopling (også kalt sekspuls likerettar) er ein metode for å omforme trefase vekselstraum (AC) til likestraum (DC). Den nyttast i kraftige straumforsyningar, motorstyringar og industrielle likerettaranlegg fordi den gir jamnare DC-spenning med mindre rippel samanlikna med topulskoplinga.

Oppbygging av ei sekspulskopling

Ei sekspulskopling består av:

- Seks diodar (i ein uregulert likerettar) eller seks tyristorar (for regulerbar spenning).
- Trefasa vekselspenningskilde (transformator eller generator).
- Last (t.d. ein motor, batteri eller industrielle system).

Den vanlegaste konfigurasjonen er ei brukopling (Graetz-bru) med seks diodar, ofte kalla ei sekspuls brukopling.



Korleis fungerer ei sekspulskopling?

- Kvar halvperiode av kvar av dei tre fasane bidreg til å leie straum, slik at seks pulsar per periode oppstår i DC-utgangen.
- To av dei seks diodane leiar om gangen:
  - Éi diode leiar frå ei positiv fase.
  - Éi diode leiar til ei negativ fase.
- Dette skapar ei jamnare DC-spenning enn ein topuls likerettar, fordi rippelen har ein høgare frekvens (6× nettfrekvensen, f.eks. 300 Hz ved 50 Hz nettspenning).

Fordelar og Ulemper

Fordelar

- Mindre rippel enn topulskopling → Betre DC-spenning.
- Krev mindre filtrering enn ei topulskopling.
- Høgare effektivitet i kraftsystem og motorstyringar.

Ulemper

- Krev trefase vekselspenning, ikkje eigna for einfase-system.
- Større og meir komplekst oppsett enn topuls likerettar.

Bruksområder for ei sekspulskopling

- Likeretting i generatorar.
- Likeretting i frekvensomformarar.
- Elektriske motorar i industri – Gir jamn likestraum til store motorar.
- Tog og trikkesystem – Nyttast i kraftige likerettarar.
- HVDC-anlegg (High Voltage DC Transmission) – Kraftnett med høg likestraum.

Sekspulskopling vs. Topulskopling

Eigenskap	Topulskopling	Sekspulskopling
Antal diodar	2	6
Inngang	**1-fase AC**	**3-fase AC**
Pulsar per periode	2	6
Rippel (støy)	Høg	Lavare
Bruksområde	Enkle straumforsyningar	Industri og kraftsystem

Σ

KONKLUSJON

Ei sekspulskopling er ein meir effektiv og jamnare likerettar enn ei topulskopling, sidan den nyttar trefase vekselstraum og gir seks DC-pulsar per periode. Den nyttast i motorstyringar, industrianlegg og kraftnett der stabil likestraum er avgjerande.Nederst i skjemaet

Korleis ein kondensator glattar ut spenninga

Når vi likerettar ei vekselspenning (AC) får vi ei pulserande likespenning (DC), og ein kondensator nyttast ofte for å glatte ut disse spenningsvariasjonane. Her er ei enkel forklaring på korleis det fungerer:

Likerettinga skjer først:

Ein likerettar (t.d. ei brukopling med diodar) gjer om vekselspenninga til ei pulserande likespenning. Dette betyr at spenninga fortsatt varierer – den går ikkje under null, men den har fortsatt bølger eller "rippel".

Kondensatoren koplast inn:

- Ein kondensator koplast typisk parallelt med utgangen etter likerettaren.
- Når spenninga stig (toppen av pulsen), ladast kondensatoren opp.
- Når spenninga byrjar å falle (ned mot botnen av pulsen), byrjar kondensatoren å tøme seg (lade ut), og gir dermed frå seg energi til kretsen.

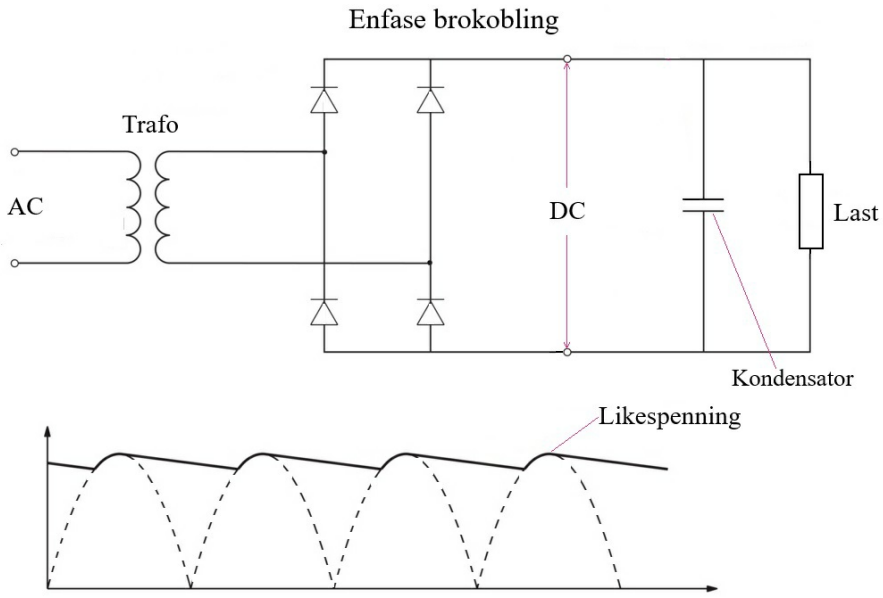
På den måten held den spenninga oppe mellom pulsane.

Resultatet

Utan kondensator får du ein "bølgete" DC med djupe dalar.

Med kondensator glattast spenninga ut – dalane blir fylt inn, og du får ei meir stabil likespenning.

Kor godt den glattar, avheng av kondensatoren sin størelse (kapasitans) og belastninga i kretsen.



Kap 6 Måleinstrument

Handholdte måleinstrument

Multimeter

MULTIMETER

Eit multimeter er eit måleinstrument som nyttast til å måle elektriske verdiar som spenning (volt), straum (ampere) og motstand (ohm). Det finst både analoge og digitale multimeter, men dei digitale er mest vanlege i dag. Ein får multimeter i alle prisklassar. På skulen har vi mange billige multimeter som vi nyttar til opplæring, disse er svært unøyaktige i sine målingar. Vi har også nokon svært nøyaktige Fluke multimeter som vi nyttar til å demonstrere forskjellen på enkelt målingar.

Fluke er ein av dei mest anerkjende produsentane av multimeter, kjende for høg kvalitet, presisjon og robustheit. Fluke tilbyr fleire typar multimeter og andre instrument.

Bruksområder for eit multimeter:

- Måle spenning – både likestraum (DC) og vekselstraum (AC).
- Måle straum – kor mykje straum som går gjennom ein krets.
- Måle motstand – for å sjekke om ein komponent eller krets har riktig motstand.
- Teste diode – for å sjekke om ei diode er i orden.

Korleis bruke eit multimeter?

1. Velg målemodus (volt, ampere eller ohm) på brytaren.
2. Sett inn måleprober – svart i "COM" og raud i riktig inngang (avhengig av målinga).
3. Plasser prober på komponenten/kretsen og les av verdien på skjermen.

!

UUNNVERLEGE VERKTØY

Multimeter er uunnverlege verktøy for elektrikarar, teknikarar og maskinistar som jobbar med elektrisitet.

Personleg har eg brukt Fluke multimeter i 30 år grunna deira **nøyaktigheit, haldbarheit og tryggleik.** Om bord i skip er ein ofte avhengig av nøyaktige målingar, då må ein ha instrument som ein kan stole på.

Voltmeter

VOLTMETER

Eit voltmeter er eit måleinstrument som nyttast til å måle den elektriske spenninga (volt) mellom to punkt i ein krets. Det finst ulike typar voltmeter, men dei vanlegaste er analogt voltmeter og digitalt voltmeter.

Oppbygging av eit voltmeter.

A) Analogt voltmeter (spoleinstrument)

Dette voltmeteret nyttar eit bevegeleg spolesystem, ofte kalla eit D'Arsonval-mikroamperemeter. Det består av:

- Bevegeleg spole – Plassert mellom polane til ein fast magnet.
- Permanent magnet – Skapar eit magnetfelt som påvirkar spolen.
- Viser og skala – Viser måleresultatet på ein analog skala.
- Serie-motstand – Nyttast for å begrense straumen gjennom spolen.

Når ei spenning påtrykkast, vil ein straum gå gjennom spolen, som skapar eit magnetisk felt. Dette feltet reagerer med den permanente magneten, og spolen byrjar å rotere. Denne rotasjonen beveger visaren over ein skala som viser spenningsverdien.

B) Digitalt voltmeter

Eit digitalt voltmeter nyttar elektroniske komponentar for å måle spenninga og vise den numerisk. Det består av:

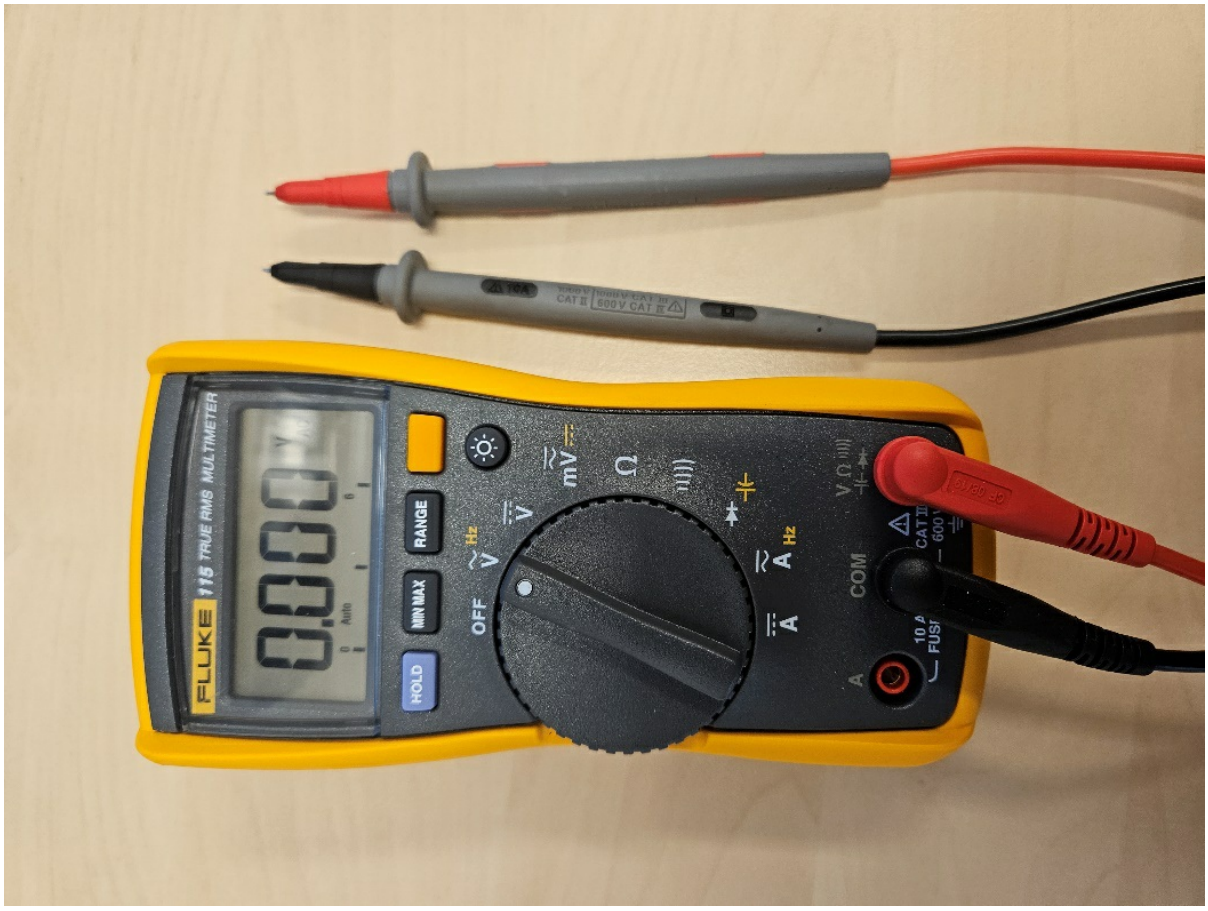
- Spenningstilpassingskrets – Beskyttar instrumentet mot for høg spenning.
- Analog-til-digital omformar (ADC) – Konverterer den analoge spenninga til eit digitalt signal.
- Mikrokontrollar eller prosessor – Behandlar signalet og bereknar spenninga.
- Display (LCD/LED) – Viser den målte spenninga i talform.

Digitalt voltmeter er meir nøyaktig og gir raskare avlesing enn analoge voltmeter.

Virkemåte til eit voltmeter:

- Parallellkopling: Eit voltmeter koplast alltid parallelt med komponenten eller kretsen der spenninga skal målast. Dette sikrar at målinga skjer utan å forstyrre kretsen sin straum.
- Høg indre motstand: Voltmeteret har ei høg indre motstand for å minimere straumforbruket og unngå feilmålingar.
- Analogt voltmeter: Straum gjennom spolen skapar eit magnetisk moment som flyttar visaren.
- Digitalt voltmeter: Måler spenning via ein elektronisk krets og konverterer den til eit digitalt tall på displayet.

Voltmeter er essensielt i elektriske system for feilsøking, testing og overvåking av spenning i både lavspennings- og høgspenningsapplikasjonar.



Eit Fluke115 multimeter som er innstilt på å måle vekselspenning.

Amperemeter (tangamperemeter)

AMPEREMETER (TANGAMPEREMETER)

Eit tangamperemeter (også kalt "strømtang" eller "klemmemeter") er eit instrument som nyttast til å måle vekselstraum (AC) og nokre gongar likestraum (DC) utan å kople seg direkte inn i kretsen. Dette gjerast med å klemme instrumentet rundt ein leiar, der det registrerer magnetfeltet rundt straumførande leiarar og omdannar dette til ei straummåling.

Oppbygging av eit tangamperemeter
Eit typisk tangamperemeter består av følgjande hovudkomponentar:

A) Magnetisk kjerne (tang/klemmemekanisme)

- Ei ferromagnetisk kjerne som kan åpnast og lukkast rundt ein leiar.
- Leiaren sitt magnetfelt induserer ein straum i kjerna, som kan målast.

B) Straumtransformator (for AC-måling)

- nyttast for å konvertere den induserte straumen til eit proporsjonalt signal.
- AC-tangamperemeter nyttar prinsippet om elektromagnetisk induksjon.

C) Hall-effektsensor (for DC-måling)

- Nyttast i digitale tangamperemeter for å måle likestraum (DC).
- Målar magnetfeltstyrken direkte med hjelp av Hall-effekten.

D) Elektronisk krets og display

- Forsterkar og signalbehandling: Aukar signalstyrken for nøyaktig måling.
- Analog-til-digital omformer (ADC): Konverterer signalet til digitale verdiar.
- LCD/LED-display: Viser den målte straumen i ampere (A).

Virkemåte til eit tangamperemeter

A) Måling av vekselstraum (AC).

- Når ein leiar førast gjennom tangamperemeteret, skapast eit varierande magnetfelt rundt den.
- Magnetfeltet induserer ein straum i straumtransformatoren inne i målaren.
- Denne induserte straumen er proporsjonal med straumen i leiaren.
- Tangamperemeteret konverterer denne straumen til ein avlesbar verdi på displayet.

B) Måling av likestraum (DC) (kun for Hall-effektbaserte målarar).

- Ein Hall-effektsensor registrerer det **statiske magnetfeltet** som dannast av DC-straumen.
- Sensoren genererer ei spenning proporsjonal med magnetfeltstyrken.
- Ein elektronisk krets konverterer denne spenninga til ein straumverdi som visast på displayet.

Fordelar med tangamperemeter.

- Berøringsfri måling – Ingen behov for å bryte kretsen.
- Tryggleik – Kan nyttast på høge spenningar utan direkte kontakt.
- Rask og enkel bruk – Klem tanga rundt leiaren og få umiddelbar avlesing.
- Allsidigheit – Kan ofte måle både AC og DC straum, samt spenning og motstand i kombinerte måleinstrument.

Tangamperemetere nyttast ofte i industri, elektriske installasjonar og feilsøking av elektriske system.



Fluke tangmultimeter 374 FC.

Ohm meter

OHM METER

Eit ohmmeter er eit instrument som nyttast til å måle elektrisk motstand (Ω, ohm) i ein krets eller komponent. Det finst både analoge og digitale versjonar, og ohmmeter er ofte ein del av multimetere.

Oppbygging av eit ohmmeter

Hovedkomponentar:

1. Straumkjelde – Vanlegvis eit internt batteri som genererer ei konstant spenning.
2. Motstandskrets – Ei fast intern motstand nyttast til å regulere straumen gjennom målekretsen.
3. Måleinstrument (galvanometer eller digitalt display) – Viser motstandsverdien.
4. Testledningar (prober) – Koplast til komponenten som skal målast.
5. Nulljustering (kun på analoge ohmmeter) – For kalibrering av måleinstrumentet.

Virkemåte til eit ohmmeter.

A) Måling av motstand
- Når prober koplast til ein komponent, sender ohm-meteret ein liten straum gjennom den.
- Basert på Ohms lov (R = U/I), bereknast motstanden ved å måle spenningsfallet og straumen.
- Verdien visast enten på ein analog skala (med ein visar) eller digitalt (LCD/LED).

B) Typer ohmmeter:

1. Serie-ohmmeter (for høge motstandar):
   - Batteriet, den interne motstanden og testobjektet er kopla i serie.
   - Høgare motstand gir lavare straum og lavare utslag på målaren.
2. Parallell-ohmmeter (for lave motstandar):
   - Testobjektet koplast parallelt med den interne motstanden.
   - Nyttast ofte til måling av små motstandar.
3. Digitalt ohmmeter:
   - Nyttar ein mikrokontroller og A/D-omformar for å måle og vise motstandsverdien nøyaktig.

!

VIKTIGE OMSYN VED BRUK

- Mål aldri motstand i ein aktiv krets – Kretsen må være straumlaus for å unngå feil måling.
- Nulljustering av analoge målarar – Sørg for at ohmmeteret er riktig kalibrert.
- Sjekk batteriet – Lav batterispenning kan gi feil måling.

Ohmmeter nyttast i feilsøking av elektriske komponentar, testing av kablar, og verifisering av elektriske forbindelsar.



Diode tester

Mange multimeter har ein diodetestar funksjon.

Diodetest-funksjonen

Når du set multimeteret i diodetestmodus (vanlegvis symbolisert med ei lita pil som peikar mot ein strek, som eit diodesymbol), sender multimeteret ut ei lita spenning (typisk rundt 2–3 volt) gjennom komponenten du testar, samtidig som det målar kor mykje spenning som "slepp gjennom".

Dette fungerer fordi ei diode:

- Leiar straum éin veg (framover), og
- Blokkerer straum den andre vegen (bakover).

Kva viser displayet?

- Framover polaritet (raud probe på anoden, svart på katoden):
  - Multimeteret viser ein fram spenningsverdi – for ei silisiumdiode er dette typisk rundt 0,6–0,7 volt.
  - For ei Schottky-diode kan det vere lavare, t.d. 0,2–0,4 V.
- Bakover polaritet (prober snudd):
  - Displayet viser vanlegvis "OL" (overload), som betyr at dioda ikkje leiar – akkurat som forventa.

Korleis nyttar du det?

1. Drei brytaren til diodetestmodus (sjå etter diodesymbolet).
2. Kople den raude proben til anoden og den svarte til katoden.
3. Les av verdien.
4. Snu prober og les igjen.

Tolking av resultata

Tilkopling	Forventa verdi	Kva det betyr
Raud → Anode, Svart → Katode	0,6–0,7 V (for Si-diode)	Dioda leiar framover
Svart → Anode, Raud → Katode	OL eller veldig høg verdi	Dioda blokkerer bakover
Same verdi begge vegar / 0 V	Kortslutning	Dioda er øydelagt
OL begge vegar	Åpen krets (defekt diode)	Dioda er øydelagt

Isolasjonstestar (Megger)

MEGGER

Vi kallar ofte ein isolasjonstestar for ein «Megger» sjølv om Megger er eit eige merke.

Ein Megger, eller isolasjonstestar, er eit spesialisert måleinstrument som nyttast til å teste isolasjonsmotstanden i elektriske kablar, motorviklingar, transformatorar og anna elektrisk utstyr. Den fungerer med å påføre ei høg likespenning (vanlegvis 250–5000V) og måle den resulterande straumen for å berekne motstanden i ohm (MΩ eller GΩ).

Oppbygging av ein Megger

Hovudkomponentar:

1. Høgspenningsgenerator – Kan være ei håndsveiv, batteri eller elektronisk krets som genererer høg DC-spenning.
2. Målekrets – Består av ei intern motstand og ein sensor for å måle lekkasjestraumen.
3. Viserinstrument eller digitalt display – Viser isolasjonsmotstanden i megaohm (MΩ) eller gigaohm (GΩ).
4. Testleidningar (prober) – Nyttast til å kople Meggeren til testobjektet.
5. Valgbrytar for testspenning – Let brukaren velge passande testspenning (f.eks. 250 V, 500 V eller 1000 V).

Virkemåte til ein Megger

1. Påføring av høg spenning:
   - Meggeren genererer ei høg DC-spenning (t.d. 500 V).
   - Denne spenninga sendast gjennom testobjektet.
2. Måling av lekkasjestraum:
   - Dersom isolasjonen er god, vil svært lite straum leke gjennom materialet.
   - Dersom isolasjonen er dårleg eller skada, vil meir straum leke, noko som gir lavare motstandsverdi.
3. Berekning av isolasjonsmotstand:
   - Ohms lov (R=V/IR = V/IR=V/I) nyttast til å berekne motstanden, som visast på instrumentet.
   - Ein høg verdi (t.d. fleire MΩ eller GΩ) betyr god isolasjon, medan ein lav verdi tyder på ein isolasjonssvikt.

Bruksområder for ein Megger.

- Testing av kablar og leidningar – Sikrar at isolasjonen er intakt.
- Inspeksjon av elektriske motorar og transformatorer – For å unngå kortslutning og lekkasjestraumar.
- Periodisk vedlikehald i industri og skip – Nyttast for å hindre elektriske feil.
- Feilsøking i elektriske system – Identifiserer skada kablar eller fukt i isolasjonen.

!

VIKTIGE OMSYN VED BRUK AV MEGGER

- Test aldri ein aktiv krets – Kretsen må vere fråkopla og spenningsfri.
- Bruk riktig testspenning – For høg spenning kan skade isolasjonen.
- Unngå testing på elektroniske komponentar – Høgspenninga kan øydelegge følsom elektronikk.

Megger er eit essensielt verktøy om bord i eit skip for å sikre sikker og påliteleg drift av elektriske installasjonar.



Bilde under viser ein Fluke 1507 isolasjonstestar og ein MEGGER MIT400/2

Kalibrator

KALIBRATOR

Ein Fluke 715 Volt/mA kalibrator er eit testinstrument designa til å simulere og måle DC-spenning (V) og straum (mA), primært nytta til å kalibrere og teste prosessinstrumentering som transmittarar, PLS'er og I/P-konvertarar.

Funksjonar og anvending:

1. Måling (Measure Mode):
   - Måler DC-spenning opp til 30V.
   - Måler DC-straum opp til 24 mA (med ei nøyaktigheit på 0,015%).
   - Kan nyttast til å avlese signal frå ein transmittar eller andre instrument.

2. Generering (Source Mode):
   - Kan generere 0–24 mA for å simulere ein transmittar.
   - Kan generere DC-spenning opp til 20V for å teste instrument, som krev spenning.

3. Loop-power funktion (24V loop supply):
   - Kan forsyne ein 4–20 mA transmittar og samtidig måle straumen.

- Praktisk, då det fjernar behovet for ei ekstern straumforsyning.

4. Trinn- og rampemodus:
   - Gjer det mogeleg å justere signalet i små trinn eller køyre ei kontinuerlig rampe for å teste instrumentet sin respons.

Korleis nyttast den?

- Til test av ein transmittar:
  1. Tilslutt kalibratoren i serie med transmittaren i mA-målefunksjonen.
  2. Juster output på transmittaren og samanlikn avlesninga på Fluke 715 for å vurdere presisjonen.
- Til simulering av eit 4–20 mA signal:
  3. Velg mA source mode.
  4. Innstill den ønska straum (f.eks. 12 mA for midtpunktet).
  5. Forbind til input på ein PLS, I/P-konvertar eller anna utstyr, som krev eit 4–20 mA signal.
- Til kontroll av spenningsinput:
  6. Velg V-source mode
  7. Innstill den ønska spenning.
  8. Forbind til einingar som krev kalibrering av spenningsinput.

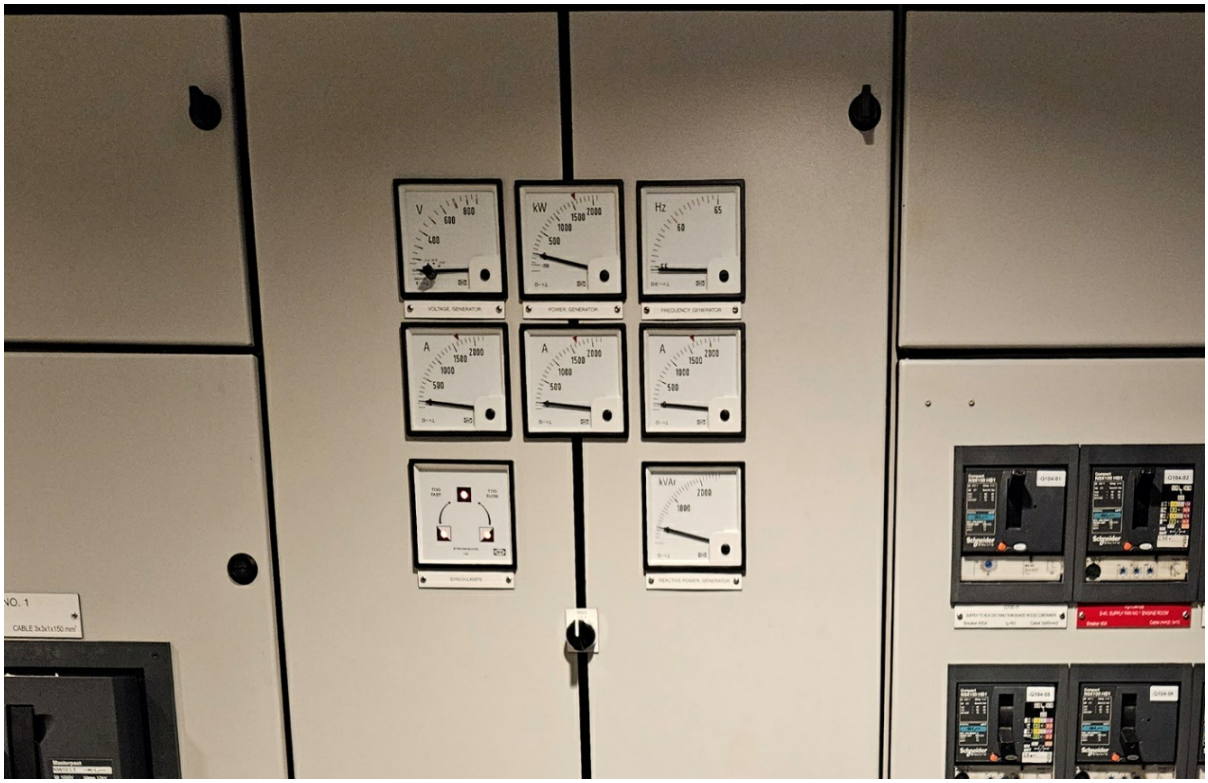
Fordelar ved Fluke 715

- Høg nøyaktigheit og stabilitet.
- Brukarvennleg med simpel interface.
- Kompakt og robust design til feltbruk.
- Loop-power funksjon fjernar behovet for ei ekstern forsyning.

Den er nyttig for teknikarar innanfor prosesskontroll, automasjon og instrumentering, då den mogeleggjer hurtig feilfinning og presis kalibrering av utstyr.



Tavleinstrument



Den elektriske hovudtavla om bord i eit skip er hjertet i skipet sitt elektriske distribusjonssystem og inneheld fleire måleinstrument som overvåkar og sikrar riktig drift av skipet sitt elektriske anlegg. Her er nokon av dei viktigaste måleinstrumenta og korleis dei fungerer:

Voltmeter

VOLTMETER

- **Funksjon:** Måler spenninga i forskjellige delar av det elektriske systemet.
- **Virkemåte:** Tilkopling til hovedtavla sine forskjellige spenningskretsar, ofte via ein spenningsvelgar for å måle mellom ulike fasar eller mellom fase og nøytral.



DEIF EQ (V) voltmeter.

DEIF EQ (V) – analogt voltmeter

DEIF EQ (V) – ANALOGT VOLTMETER

EQ (V) er ein type analog voltmeter fra DEIF, berekna for panelmontasje i elektriske anlegg – typisk i skipsinstallasjonar, generatoranlegg og tavler.

Virkemåte for DEIF EQ(V):

1. Direkte tilkopling:
   - EQ (V) koplast direkte mellom to punkt i eit elektrisk system:
   - Fas–fase (L1–L2, L2–L3, L3–L1)
   - eller fas–nøytral (L1–N, L2–N, L3–N)
   - Den måler då den potensielle forskjellen (spenninga) mellom disse to punkta.
2. Innebygd spole og bevegeleg visar:
   - Inni EQ (V) set ein spenningsfølsom elektromagnetisk spole.
   - Når spenning påførast, oppstår eit magnetfelt som får visaren til å bevege seg.
   - Utslaget er proporsjonalt med spenninga.
3. Analog skala:
   - Skalaen er merka t.d. 0–500 V (avhengig av modell).
   - Visaren peikar nøyaktig på aktuell spenning – gir direkte og rask avlesing.
   - Nøyaktighet vanlegvis klasse 1,5.

!

VIKTIG INFORMASJON:

- EQ (V) er vanlegvis berekna for AC-spenning, men kan også fåast for DC.
- Den krev inga ekstern straumforsyning – drivast kun av målespenninga.
- Må beskyttast med små sikringar i spenningskretsen (for tryggleik og vedlikehald).

Bruksområder

- Hovudtavler
- Generatorpanel
- Landstraumtilkopling
- Maritim spenningsovervåking

Amperemetre

AMPEREMETRE

- **Funksjon:** Måler straumen (A) som går gjennom ein krets. I eit generatorfelt i hovudtavler treng vi tre amperemeter, eit per fase.
- **Virker med:** Tilkopling via straumtransformatorar a(CT - Current Transformer) som måler straumen utan direkte fysisk tilkopling til hovudstraumførande leidningar.



Bilde viser et DEIF EQ (A) amperemeter.

DEIF EQ(A) amperemeter

DEIF EQ(A) AMPEREMETER

DEIF EQ(A) er eit analogt amperemeter som nyttast til å måle straumen i éin leiar i eit elektrisk anlegg – vanlegvis i AC-anlegg, og ofte via straumtransformator (CT).

Virkemåte for DEIF EQ(A):

1. Straumtransformator (CT):
   - Straumen som går i ein hovedleiar (t.d. 400 A, 1000 A osv.) leiast gjennom ein straumtransformator (typisk 400/5 A eller 1000/5 A).
   - CT-en reduserer den høge straumen til ein standard målestraum, t.d. **0–5 A**.
2. Målestraum inn på EQ(A):
   - EQ(A) er tilkopla sekundærsida av CT-en (5 A-sida).
   - Denne straumen går gjennom eit elektromagnetisk måleverk inne i instrumentet.
3. Elektromekanisk rørsle:
   - Inne i EQ(A) set ein bevegeleg spole og fjør.
   - Når straum går gjennom spolen, dannast eit magnetfelt som vrir visaren proporsjonalt med straumstyrken.
   - Fjøra gir motstand slik at visaren peikar nøyaktig på rett verdi.
     4. Analog vising:
   - Skalaen er kalibrert etter CT-forholdet.

DØME:

Med bruk av ein 1000/5 A CT, kan EQ(A) vere merka 0–1000 A sjølv om den fysisk måler 0–5 A.

!

VIKTIG Å HUSKE:

- EQ(A) må aldri koplast direkte til hovedstraumen – kun til sekundærsida av CT.
- CT-ens sekundærkretsar må alltid vere lukka. Dersom dei ikkje er tilkopla eit instrument, må dei kortsluttast.
- Typisk nøyaktigheit er klasse 1,5.

Bruksområder

- Generatorpanel.
- Hovudtavler.
- Lastovervåking på skip og i industri.
- Manuell straumavlesing.

Frekvensmeter

FREKVENSMETER

- **Funksjon:** Viser frekvensen (Hz) til skipsnettet sin vekselstraum, som vanlegvis skal vere 50 Hz eller 60 Hz avhengig av skipet sitt system.
- **Virkemåte:** Måling av tidsintervallet mellom sinuskurven sine toppar i spenninga.



DEIF FQ frekvensmeter

DEIF FQ FREKVENSMETER

FQ frå DEIF er eit analogt frekvensmeter som nyttast til å måle frekvensen på vekselspenninga (AC) i eit elektrisk anlegg – vanlegvis i området 45–65 Hz for standard nett.

Virkemåte til DEIF FQ frekvensmeter:

1. Tilkopling til nettet:
   - Instrumentet koplast til fase og nøytral (eller to fasar) i nettet, og målar spenninga over disse.
2. Elektronisk konvertering:
   - Frekvensmeteret har ein intern krets som tel antal perioder (svingningar) per sekund av den tilkopla spenninga.
   - Dette skjer ofte med hjelp av ei tidsbase og ein pulstellar (digital logikk).
3. Visning:
   - Resultatet visast direkte på den analoge skalaen i Hz (t.d. 50 Hz), typisk med ein peikar på ei urskive.
   - Målinga er kontinuerlig, slik at endringar i frekvens oppdagast med éin gang.
4. Straumforbruk og belastning**:**
   - Instrumentet trekkjer svært lite straum og påvirkar ikkje det elektriske systemet det er kopla til.

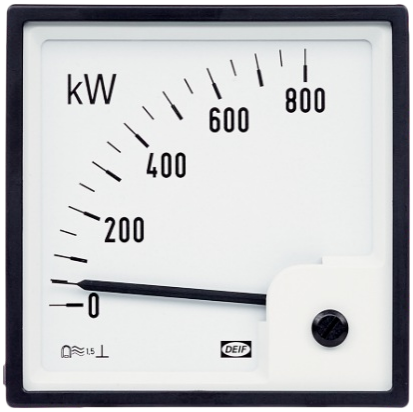
Typiske bruksområder:

- Tavlemontert i generatoranlegg, straumforsyningar og landstraumsanlegg.
- Overvåking av frekvensen for å sikre stabil drift og synkronisering (særleg viktig ved parallell drift av generatorar).

Effektmeter (Wattmeter)

FFEKTMETER (WATTMETER)

- **Funksjon:** Viser kor mykje elektrisk effekt (W) som forbrukast eller produserast.
- **Virkemåte:** Multiplisering av spenning og straum med fasevinkelkompensasjon.



Bildet viser eit DEIF WQ

DEIF WQ wattmeter

DEIF WQ WATTMETER

WQ er eit DEIF wattmeter, eit måleinstrument som viser aktiv effekt (watt) i eit vekselstraums anlegg. Det gir ei analog vising av kor mykje aktiv elektrisk kraft som forbrukast eller produserast i sanntid.

Virkemåte til DEIF WQ wattmeter:

1. Tilkopling:
   - Instrumentet koplast både til spenning og straum:
   - Spenning hentast frå fase til nøytral (eller mellom to fasar).
   - Straum koplast via ein straumtransformator (CT) dersom straumen er høg.

2. Måleprinsipp – elektromagnetisk moment:
   - WQ har ein bevegeleg spole og ein fast spole:
   - Fast spole leiar straumen som skal målast (laststraumen).
   - Bevegeleg spole påvirkast av spenninga.
   - Samspelet mellom disse skapar eit dreiemoment som er proporsjonalt med:

   $$P = U \cdot I \cdot cos\varphi$$

   – altså den aktive effekten.

3. Skala og visning:
   - Instrumentet har ein analog visar som beveger seg over ein kalibrert skala i W, kW eller MW, avhengig av bruksområdet.
   - Det viser øyeblikkeleg effektforbruk, ikkje energiforbruk over tid (det gjer eit energimeter, t.d. kWh-meter).

4. Fasespenning og fasevinkel:
   - Wattmeteret tek omsyn til faseforskyving mellom straum og spenning (cos φ), og viser kun den reelle effekten – ikkje reaktiv eller tilsynelatande effekt.

Bruksområder

- Effektmåling i tavler og generatoranlegg.
- Overvåking av last i el-forsyningssystem.
- Kontroll med aktiv kraft i fordeling og produksjon.

Effektfaktormeter (Cos φ-meter)

EFFEKTFAKTORMETER (COS Φ-METER)

- **Funksjon:** Viser faseforskyvinga mellom straum og spenning, som er viktig for energieffektivitet.
- **Virkar med:** Måling av vinkelen mellom straum- og spenninga sine sinuskurver.



DEIF PFQ effektfaktormeter

DEIF PFQ EFFEKTFAKTORMETER

PFQ er eit DEIF effektfaktormeter (Power Factor Meter). Det viser forholdet mellom aktiv effekt og tilsynelatande effekt – altså kor effektivt den elektriske energien utnyttast.

Virkemåte til DEIF PFQ effektfaktormeter:

1. Tilkopling:
   - PFQ koplast til både:
   - Spenning (frå fase til nøytral eller mellom to fasar).
     - Straum (via straumtransformator).
   - Det måler både straum og spenning samstundes, og registrerer fasevinkelen mellom dei.

2. Måleprinsipp – fasevinkelmåling:
   - Effektfaktoren er:

$$\cos\varphi = \frac{aktiv\ effekt\ (W)}{tilsynelatende\ effekt\ (VA)} = \frac{P}{S}$$

   - PFQ måler faseforskyvinga (φ) mellom straum og spenning.
   - Ei intern mekanisme (med spolar og momentbalanse) tolkar denne vinkelen og viser verdien som cos φ.

3. Skala og visning:
   - Skalaen går frå 0,5 induktiv (LAG) til 1 (perfekt) til 0,5 kapasitiv (LEAD).
   - Eit symmetrisk analogt instrument:

- Midtpunktet er cos φ = 1
- Visar til venstre: induktiv last (typisk motorar).
- Visar til høgre: kapasitiv last (t.d. kondensatorbankar).

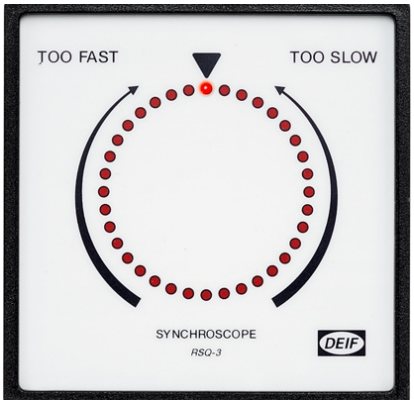
Typisk bruk:

- Overvåking av lasta sin effektfaktor i tavler og kraftsystem.
- Nyttast til å halde oversikt over energikvalitet.
- Viktig for dimensjonering av kompensasjonssystem (som kondensatorbatteri).

Synkroskop

SYNKROSKOP

- **Funksjon:** Nyttast når generatorar koplast saman (synkronisering). Viser faseforskjell og frekvensforskjell mellom to spenningskjeldar.
- **Virkar med:** Samanlikning av frekvens og fase på to spenningar med hjelp av ein roterande indikator eller lysdiodar.



DEIF RSQ-3.

DEIF RSQ-3 synkronoskop

DEIF RSQ-3 SYNKRONOSKOP

DEIF RSQ-3 synkronoskop er eit digitalt instrument med eit LED-display, ikkje eit analogt instrument.

RSQ-3 Synkronoskop – Virkemåte med LED-display:

DEIF RSQ-3 er eit mikroprosessorbasert synkronoskop som nyttar 36 raude LED-lampar for å vise synkroniseringsstatus mellom ein generator og busbar (eller ein annan generator). Dette gir ein presis og lettlest indikasjon på faseforskjell og frekvensforskjell.

Hovudfunksjonar

- 36 raude LED-lampar dannar ein sirkel og simulerer ein analog visar si rørsle.
- Kvar LED representerer ei faseforskjell på 10 grader, og den tente LED-en viser den aktuelle faseforskjellen.

- Den tente LED-en beveger seg også for å indikere frekvensforskjellen (i Hz) mellom generatoren og nettet.
- Mikroprosessoren bereknar faseforskjellen og viser den på LED-sirkelen.
- Høg immunitet mot harmonisk forvrenging sikrar nøyaktige målingar sjølv i forurensa elektriske miljø.

[directindustry.com+1deif.com+1] https://www.directindustry.com/prod/deif/product-20890–2679659.html

Dette designet gir ei klar og presis visning av synkroniseringsstatusen, noko som er avgjerende for å unngå skade på utstyr og sikre ei trygg tilkopling av generatoren til nettet.

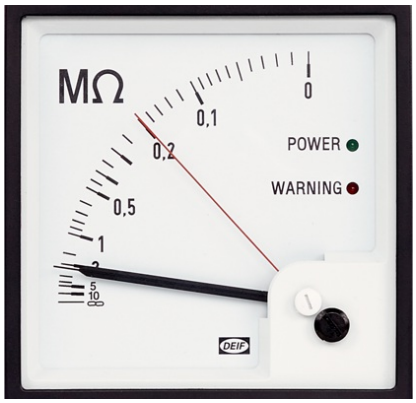
Bruksområder

- Manuell synkronisering av generatorar til nettet.
- Overvåking av fase- og frekvensforskjellar i sanntid.
- Sikker tilkopling av generatorar til nettet utan fare for skade.

Jordfeilindikator

JORDFEILINDIKATOR

- **Funksjon:** Oppdagar lekkasjestraum til jord, som kan indikere ein isolasjonsfeil.
- **Virkar ved:** Måling av ubalanse mellom fase- og nøytralstraumar eller isolasjonsmotstand.



DEIF AAL-2

DEIF AAL-2 Jordfeilindikator

DEIF AAL-2 JORDFEILINDIKATOR

DEIF AAL-2 er ein jordfeilindikator som overvåkar isolasjonsmotstanden mellom eit ikkje-jorda (IT) nett og jord. Den nyttast ofte i maritime installasjonar, kraftanlegg og andre system der kontinuerleg drift er viktig, og der straumforsyninga ikkje straks skal koplast ut ved jordfeil.

Virkemåte

1. Måleprinsipp:
AAL-2 nyttar ein innebygd spenningsgenerator som legg ei lavfrekvent målespenning (vanlegvis < 50 V AC) mellom systemet sine spenningsførande leiarar og jord. Den måler deretter lekkasjestraumen som går via jord.

2. Isolasjonsmotstand:
Dersom den målte isolasjonsmotstanden fell under ein forhåndsinnstilt terskel (t.d. 20 kΩ), vil AAL-2 gi alarm. Det betyr at det er ein jordfeil eller byrjande isolasjonssvikt ein stad i anlegget.

3. Alarmutgang:
Når jordfeilen oppdagast, aktiverast alarm reléet. Dette kan koplast til visuelle/akustiske alarmar eller til styresystem (t.d. PLS, tavlealarmar eller alarmsentral).

4. Test- og reset funksjon:
AAL-2 har normalt funksjonar for manuell test og reset, slik at ein kan kontrollere at systemet fungerer og kvittere ein alarm.

5. Forsyning og tilkopling:
Eininga koplast til ein ekstern straumkjelde (vanlegvis 24 V DC) og til anlegget sine faseleiarar samt jord. Den overvåkar typisk heile systemet frå eitt punkt, og må installerast i samsvar med produsenten sine anbefalingar for nøyaktig og sikker drift.

Reaktiv effektmeter (VAr-meter)

REAKTIV EFFEKTMETER (VAR-METER)

- **Funksjon:** Måler reaktiv effekt (VAr – Volt-Ampere reaktiv), som er den delen av effekten som ikkje bidreg til faktisk nyttelast, men som er nødvendig for å oppretthalde magnetiske felt i motorar, transformatorar og anna utstyr.
- **Virkemåte:** Måling av den delkomponenten av effekten som er ute av fase med spenninga (90° faseforskyving). Dette gjerast ofte med hjelp av spesielle wattmeter som skil mellom aktiv og reaktiv effekt.

Reaktiv effekt er viktig å overvåke fordi for mykje reaktiv effekt kan føre til dårleg effektfaktor (lav Cos φ), noko som igjen kan belaste generatorane unødvendig og redusere systemet sin effektivitet.



DEIF Dq96

DEIF VArQ reaktiv effekt meter

DEIF VARQ REAKTIV EFFEKT METER

(Reaktiv effektmålar – analog, kvadrantbasert)

Kort skildring:

- VArQ er eit analogt måleinstrument som måler reaktiv effekt i eit vekselstraums anlegg.
- Måleeininga er VAr, vanlegvis vist i kVAr.
- Reaktiv effekt oppstår ved faseforskyving mellom straum og spenning, t.d. ved bruk av induktive eller kapasitive lastar.

Virkemåte

- Same prinsipp som eit wattmeter (WQ), men elektronisk tilpassa for å måle:

$$Q = U * I * \sin \varphi$$

- altså reaktiv effekt, som er komponenten av straumen som ikkje utfører arbeid, men som belastar nettet.
- Målinga skjer med hjelp av spolar og magnetfelt, med ein visar som beveger seg proporsjonalt med den målte reaktive effekten.

Faseretningsmeter

FASERETNINGSMETER

Ein faseretningsmåler nyttast til å fastslå rekkefølga på fasane (L1, L2, L3) i eit trefasesystem. Dette er viktig for at motorar, generatorar og anna trefaseutstyr skal fungere riktig.

Funksjon: Kva gjer ein faseretningsmålar?

- Bestemmer faseføLgen (rekkefølgen på dei tre fasane)
- Viser om faseføLgen er:
  - Med urs (riktig) – ofte merka R eller CW (clockwise)
  - Mot urs (feil) – ofte merka L eller CCW (counter-clockwise)
- nyttast typisk ved installasjon og kontroll av trefaseanlegg.

Korleis fungerer den teknisk?

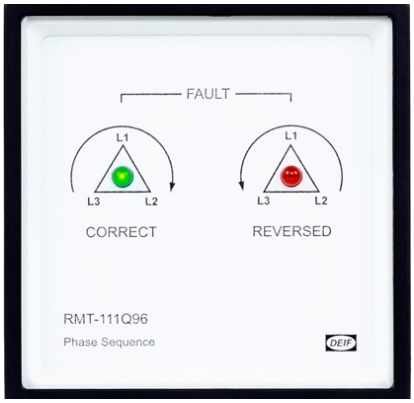
1. Tilkopling: Målaren koplast til L1, L2 og L3.
2. Måling: Den målar spenningane og tidsforskyvinga mellom fasane.
3. Intern krets: Nyttar faseforskjellen til å avgjere rekkefølga.
4. Visning: Resultatet visast analogt eller med lampar/pil som viser rotasjonsretning.

PRAKTISK DØME:

Koplar du til ein elektrisk motor og faseføLgen er feil, vil motoren gå baklengs. Faseretningsmålaren gir deg eit klart svar før du koplar til lasta.

Viktig i disse høva:

- Før idriftsetting av motorar.
- Kontroll av straumforsyning til pumper, heisar eller generatorar.
- Feilsøking i tavler og fordelingsnett.



EIF RMT-111Q96

Digitalt multiinstrument

DIGITALT MULTIINSTRUMENT

DEIF MIC-2 MKII er eit digitalt multiinstrument som nyttasat til måling og overvåking av elektriske parameter i lav- og mellomspenningsanlegg, både for marine og industrielle installasjonar. Det er spesielt utbredt i hovudtavler og kontrollsystem, som til dømes i generator- og kraftdistribusjonssystem.



Foto: DEIF

Korleis DEIF MIC-2 MKII virkar:

MIC-2 MKII måler elektriske verdiar kontinuerlig i eit trefase-system og gir disse verdiane i sanntid på eit digitalt display. Instrumentet nyttar straumtransformatorar (CT) og spenningstransformatorar (VT) til å hente inn måleverdiar frå systemet det er kopla til.

MIC-2 MKII kan måle:

- Spenning (V) – fase til fase og fase til jord
- Straum (A) – per fase og nøytral
- Effekt:
  - Aktiv effekt (kW)
  - Reaktiv effekt (kvar)
  - Tilsynelatande effekt (kVA)
- Frekvens (Hz)
- Effekt faktor (cos φ)
- Energi:
- Akkumulert energi (kWh, kVArh, kVAh)
- Harmoniske – opptil 15. harmoniske (valgfritt)

Funksjonar og virkemåte:

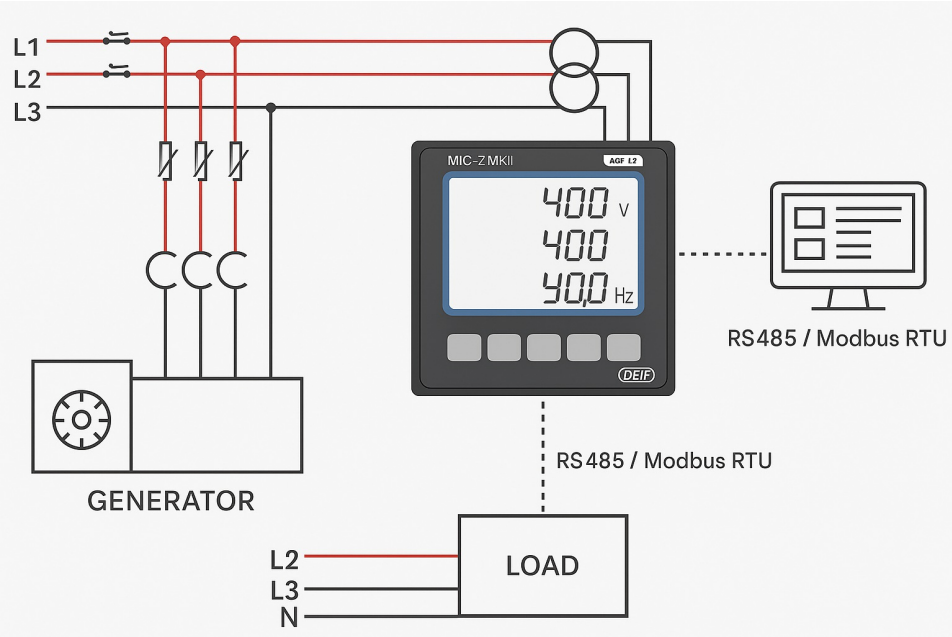
1. Digital prosessering: Målesignala konverterast til digitale verdiar med høg nøyaktighet med hjelp av ein ADC (analog-til-digital-omformar).
2. Intern mikroprosessor: Behandlar målingane og bereknar alle nødvendige elektriske parameter.
3. Visning og varsling:
   - Grafisk display viser data i tal og grafikk
   - Alarmgrenser kan settast for spenning, straum, frekvens osv.
   - Alarmreléutgangar for signalering
4. Kommunikasjon:
   - Støttar Modbus RTU (RS485) for tilkopling til overvåkingssystem eller SCADA
   - Nokon modellar har også Ethernet (Modbus TCP)

Typiske bruksområder:

- Generatoranlegg
- Hovudtavler på skip
- Kraftfordeling i industri
- Straumovervåking og energimåling

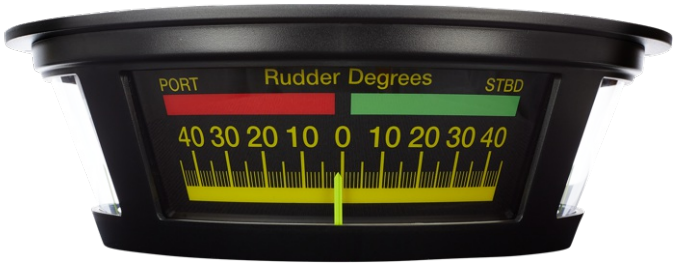
Fordelar

- Kompakt og robust design
- Nøyaktig måling
- Kan erstatte mange analoge måleinstrument
- Eigna for marine miljø (DNV-typegodkjent)



Skissa over er laga av KI.

Bruinstrument



Bildet er ein DEIF TRI-2 rorindikator.

Denne rorindikatoren har DEIF 70 % markedsandel worldwide.

Eit skip har ei rekkje instrument på brua som hjelper navigatørar og mannskapet med sikker styring, navigasjon og drift.

I dette kapittelet går vi ikkje inn på disse instrumenta.

Her er nokon av dei mest vanlege instrumenta på brua:

Navigasjonsinstrument

- Rorindikator – Viser rorvinkelen for å bekrefte roret sin posisjon.
- Radar – Viser omgivelsane og andre fartøy, viktig for kollisjonssikring.
- ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) – Elektroniske sjøkart for navigasjon.
- GPS (Global Positioning System) – Gir skipet sin eksakte posisjon.
- Gyrokompass – Viser kursen uavhengig av magnetfelt.
- Magnetkompass – Backup til gyrokompasset, viser magnetisk nord.
- Autopilot – Held kursen automatisk.

Kommunikasjonsutstyr

- VHF-radio – For kortdistansekommunikasjon med andre fartøy og hamner.
- MF/HF-radio – Langdistansekommunikasjon.
- AIS (Automatic Identification System) – Viser informasjon om andre fartøy i nærleiken.
- Intercom-system – Internkommunikasjon om bord.
- Satellittkommunikasjon (Inmarsat/VSAT) – For global kommunikasjon og internettilgang.

Maskin- og driftskontroll:

- Fartsmålar (logg) – Måler skipet sin fart gjennom vatnet.
- Ekkolodd – Måler djupta under skipet for å unngå grunnstøting.
- Vindmålar – Viser vindretning og -styrke.
- Maskinromsovervåking – Skjermar som viser status på motorar, generatorar og system.
- Ballast- og lastkontrollsystem – Viser nivå i tankar for stabilitet.

Alarmar og tryggleikssystem:

- Brannalarm og røykdetektorar – Varslar om brann om bord.
- GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System) – Naudradiosystem for global tryggleik.
- Navigasjonslys- og signalpanel – Overvåkar lanterner og signal.

Disse systema gir brubesetninga full kontroll over skipet sin navigasjon, tryggleik og drift, og er avgjerende for trygg seglas!



Skipsbrua på M/S «Skulebas» ved Fagskulen Vestland, studiestad Måløy.

Systematisk feilsøking av jordfeil i hovudtavla på eit skip

!

JORDFEIL PÅ JORDFEILMETERET

Dersom du les ein jordfeil på jordfeilmeteret i hovudtavla på eit skip, er det viktig å finne og isolere feilen raskt for å unngå potensielle farer som straumlekkasjar, tap av isolasjon og brannfare. Her er ein systematisk framgangsmåte for feilsøking:

Bekreft jordfeilen

- Noter verdien på jordfeilmeteret og sjekk om feilen er permanent eller intermitterande.
- dersom feilen er intermitterande (varierande verdi), kan den skuldast fukt, bevegelege kablar eller midlertidige lastar.
- Dersom feilen er permanent, fortset til neste trinn.

Identifiser berørt system

- Dersom skipet har IT-nett (isolert nullpunkt), vil ein jordfeil ikkje nødvendigvis føre til umiddelbar utkopling, men feilen bør uansett finnast og utbetrast.
- Dersom det er TN- eller TT-nett, kan jordfeilen føre til sikringsutløysing eller feil i straumforsyninga.

Del opp anlegget i seksjonar

- Slå av og kople frå hovudkursar éin etter éin medan du overvåkar jordfeilmeteret.
- Når jordfeilen forsvinn, veit du kva for kurs som har problemet.

Finn den spesifikke forbrukaren

- Inne på den feile kursen, kople ut og slå av utstyr éin etter éin medan du observerer jordfeilmeteret.
- Når feilen forsvinn, har du funne den skuldige komponenten (motor, varmeelement, lysarmatur, omformar, etc.).

Isolasjonsmåling av den mistenkte komponenten

- Bruk ein megger (isolasjonsmålar) for å sjekke isolasjonsmotstanden mellom fasane og jord.
- Normal verdi er over 2 MΩ, men ofte betydeleg høgare.
- Dersom verdien er lav (< 2 MΩ), er det ein isolasjonsfeil som må utbetrast.

Utbetre feilen

- Dersom jordfeilen skuldast fukt, kan du prøve å tørke utstyret.
- Dersom den skuldast øydelagt isolasjon, må du reparere eller byte ut kablar/utstyr.
- Dersom det er ein permanent feil i eit apparat, bør det erstattast.

Siste kontroll

- Når feilen er retta, slå på anlegget igjen og overvåk jordfeilmeteret for å sikre at feilen er borte.
- Dersom det fortsatt er ein jordfeil, gjenta prosedyra for å finne eventuelle sekundære feil.

TIPS

- Dersom skipet har eit isolasjonsvakt-system, kan det gi ein indikasjon på kva for fase som har feil.
- Hold ein logg over jordfeil og utførte målingar for enklare feilsøking i framtida.
- Dersom feilen oppstår etter uveir eller sjøsprut, kan det vere fukt i kablar eller utstyr.

Framgangsmåte for isolasjonsmåling av ein asynkronmotor

Isolasjonsmåling er ein viktig test for å vurdere tilstanden til motoren sine viklingar og isolasjonssystem. Slik måling er med på å identifisere eventuelle feil som kan føre til kortslutning, jordfeil eller andre elektriske problem.

Forberedelsar

- Slå av og fråkople motoren frå straumforsyninga.
- Sørg for at motoren er fri for eventuell restspenning.
- Kople frå eventuelle eksterne komponentar som frekvensomformarar eller motorvern.
- Reingjer motoren dersom den er skitten eller fuktig, då dette kan påvirke målinga.

Instrument og testspenning:

- Bruk ein megger (isolasjonsmotstandsmålar) med riktig testspenning:
  - Motorar opp til 500V → 500V testspenning
  - Motorar over 500V → 1000V testspenning
- Måling utførast mellom viklingane og jord (chassis) samt mellom viklingane.

Måling mellom viklingar og jord:

- Kople éi testleidning frå meggeren til motorhuset (jord).
- Kople den andre testleidninga til kvar av motoren sine viklingsterminalar (U, V, W) éin etter éin.
- Noter måleresultatet.

Måling mellom viklingar:

- Mål isolasjonsmotstanden mellom:
  - U og V
  - V og W
  - W og U
- Noter måleresultata.

Vurdering av resultat:

- Ei god isolasjonsmotstand bør vere minst 2 MΩ per kV driftsspenning (men ofte mykje høgare).
- Ei lav isolasjonsmotstand (<2 MΩ) kan indikere fukt, forurensing eller isolasjonsskadar.
- Dersom verdien er svært lav (<0,1 MΩ), bør motoren ikkje takast i bruk før årsaka er funnen og utbetra.

Tiltak ved dårleg isolasjonsmåling:

- Tørk motoren med hjelp av varme (t.d. varmluft eller omn).
- Reingjer viklingane for støv, olje eller fukt.
- Dersom problemet vedvarer, vurder å renovere eller erstatte motoren.

Kap 7 Sikringar og effektbrytarar

Sikringar om bord i skip

Sikringar på skip beskyttar elektriske system mot kortslutning og overbelasting. Dei finst i mange ulike typar som t.d. automatsikringar. Alle sikringar må vere maritimt godkjende og følgje internasjonale standardar for sikker drift.

1. Typar sikringar på skip.

Høgeffekt- og høgspentsikringar

- Nyttast i hovudtavler og generatorar for å beskytte høgspenningskablar (1 kV).
- Kan vere hurtigutløysande (for sensitive system) eller treig (for å tåle startstraumar).
- Vanlege typar:
  - HV HRC-sikringar (High Rupturing Capacity) – (>1 kV).
  - Sikringar for transformatorar – beskyttar mot kortslutningar og overstraumar.

Lavspentsikringar (LV-fuses, under 1 kV).

- Nyttast i fordelingstavler, kontrollskap, maskiner og belysning.
- Vanlege typar:
  - Automatsikringar (MCB – Miniature Circuit Breakers) – beskyttar lys og små maskiner.
  - Sikringseffektbrytar (MCCB) – nyttast til motorar, varmeelement og større lastar.
  - D-sikringar (Diazed) og Neozed – lite nytta i dag.

Motorvernsikringar

- Spesialdesigna for å beskytte elektriske motorar mot overbelasting og kortslutning.
- Kan vere thermomagnetiske (kombinasjon av tid- og straumstyrt vern).

Gjenopprettbare sikringar.

- Automatsikringar (MCB, MCCB, ACB) – nyttast i staden for smeltesikringar. Kan tilbakestillast etter ei utkopling.
- Elektroniske vern – nyttast i moderne skip for nøyaktig overvåking og vern.

2. Krav til sikringar på skip

Sikringane må vere:

- Godkjende for maritime miljø (må tåle fukt, vibrasjonar og temperaturendringar).
- Dimensjonert riktig etter belasting og kabelkapasitet.
- Plassert lett tilgjengeleg for vedlikehald og utskifting.
- Tilpassa vern krav frå DNV, IEC 60092, SOLAS og klasseselskap.

3. Kvar nyttast sikringar om bord?

- Hovudtavla – Beskyttar generatorar og hovudkablar.
- Fordelingstavler – Beskyttar lavspentkretsar og maskiner.
- Motorstartarar – Beskyttar pumper, ventilasjonsvifter og Thrustarar.
- Navigasjonsutstyr – Hindrar feil i radar, radio og kontrollsystem.
- Naudstraums system – Sikrar straum til naudlys og alarmar.

Glasrøyrsikring

GLASRØYRSIKRING

Ei glassikring (også kalla glasrøyrsikring) er ein type elektrisk sikring som nyttast for å beskytte elektriske kretsar mot overstraum. Den består av ein liten glassylinder med ein tynn metalltråd inni. Når straumen overstig ei viss grense, smeltar tråden og bryt kretsen, slik at komponentar og leidningar ikkje skadast.

Typar glassikringar

1. Hurtigsikringar (Fast-acting, F-type) – Bryt kretsen raskt ved overbelasting.
2. Treig sikringar (Slow-blow, T-type) – Tåler kortvarige straumstøt før dei løyser ut, nyttig i motorar og transformatorar.

Glasrøyrsikringen på bilde under har eit fysisk mål på 5 * 20 mm



Bruksområder

- Elektroniske apparat (radioar, TV-ar, forsterkarar).
- Straumforsyningar.
- Elektronikk.

Sikringspatron (skrusikringar)

SIKRINGSPATRON (SKRUSIKRINGAR)

Den gamle typen sikringspatron er smeltesikringar med skrusokkel (også kalt Diazed-sikringar, eller "gammeldagse" skrusikringar). Disse blei mykje nytta i eldre sikringsskap før automatsikringar blei standard.

Kjenneteikn med gamle sikringspatronar:

- Skrusikringar (Diazed/D-sikringar) – Monterast i porselenssikringshaldarar med ein skrusokkel.
- Keramisk hylse – Gir høg varmebestandigheit og sikker isolasjon.
- Fargekode – Indikerar sikringen sin straumstyrke.
- Smeltetråd inni – Brenn av ved overbelasting, og sikringen må bytast ut.
- Botnskrue i sokkelen – Hindrar at feil sikringsstørelse vert sett inn.

Vanlege størelsar og fargekoder

Her er den riktige fargekoda for Diazed (D) skrusikringar:

Farge	Ampere (A)	Bruksområde
Grøn	6A	Styrestraum, lys og små apparat
Raud	10A	Mindre kursar (stikkontakter, lys)
Grå	16A	Vanlege stikkontakter
Blå	20A	Større apparat
Gul	25A	Varmtvannsberedarar, komfyrer
Svart	35A	Industri, større lastar
Kvit	50A	Høg belasting (industri)
Orange	63 A	Høg belasting (Mykje brukt som inntak i hus)

Disse fargekodane gjeld standard Diazed-sikringar (DII-serien). For større sikringar (DIII, DIV) kan fargane variere litt.



Utskifting og modernisering.

Dersom ein fortsatt har gamle skrusikringar, kan det vere lurt å oppgradere til automatsikringar (jordfeilautomatar). Disse er tryggare, lettare å bruke og treng ikkje bytast ut ved utløysing.

Automatsikringar

Ein automatsikring (MCB – Miniature Circuit Breaker) fungerer som ein automatisk straumbrytar som beskyttar elektriske kretsar mot overbelasting og kortslutning. Når den løyser ut, kan den enkelt resettast utan å måtte byte nokon delar, i motsetning til ein smeltesikring.

1. Hovudfunksjonar

Ein automatsikring beskyttar mot:

- Overbelasting – Dersom straumen er for høg over tid.
- Kortslutning – Dersom ein plutseleg stor straumstraum oppstår.

2. Oppbygging og virkemåte

Ein automatsikring består av to hovudutløysingsmekanismer:

2.1 Termisk vern (beskyttar mot overbelasting).

- Inni brytaren er det ein bimetall-strimmel (to metalltypar med ulik utvidingsgrad).
- Når straumen overstig nominell verdi over tid, vert strimmelen varm og bøyer seg.
- Når den bøyer seg nok, utløysast brytaren og kuttar straumen.
- Dette skjer gradvis, slik at små, kortvarige overbelastingar ikkje løyser ut brytaren i utrengsmål.

DØME

Dersom du koplar for mange apparat til ein kurs (t.d. varmeomnar på ein 16A-kurs), vil automatsikringen løyse ut etter ei stund.

2.2 Magnetisk vern (beskyttar mot kortslutning).

- Ved kortslutning aukar straumen ekstremt raskt (fleire hundre gangar nominell straum).
- Ein elektromagnetisk spole inni brytaren reagerer straks på den høge straumen og trekkjer til seg ei utløysarmekanisme.
- Dette fører til ei øyblikkeleg utkopling (innan millisekund), slik at kablar og utstyr ikkje vert skada.

DØME

Dersom ein skrutrekkar fell mellom fase og nøytral i ei stikkontakt, vil ein stor kortslutningsstraum oppstå, og automatsikringen sler seg av med ein gong.

3. Tilbakestilling

Når automatsikringen har løyst ut:

1. Finn og rett opp feilen (t.d. fråkople overbelasting eller kortslutning).
2. Set brytaren tilbake i "på"-posisjon.

4. Vanlege typar automatsikringar

- B-karakteristikk – Løyser ut raskt ved 3–5 gangar nominell straum (nyttast i bustad).
- C-karakteristikk – Løyser ut ved 5–10 gangar nominell straum (nyttast til motorar og lysanlegg).
- D-karakteristikk – Løyser ut ved 10–20 gangar nominell straum (nyttast for tunge lastar som transformatorar).

5. Typar automatsikringar

- Standard automatsikringar (MCB) – Beskyttar mot overbelasting og kortslutning.
- Jordfeilautomatar (RCBO) – Kombinerer automatsikring og jordfeilbrytar.
- Jordfeilbrytar (RCD) – Oppdagar lekkasjestraum og beskyttar mot elektrisk støt.

Σ

OPPSUMMERING

- Ein bimetall-strimmel kuttar straumen ved overbelasting (treig utkopling).
- Ein elektromagnetisk spole kuttar straumen ved kortslutning (rask utkopling).
- Kan enkelt resettast etter utløysing.

Denne teknologien gjer automatsikringar sikre, enkle og effektive i både heimar og industri!

Karakteristikkar på automatsikringar.

Automatsikringar kjem i ulike "utløysingskarakteristikkar", avhengig av kor følsomme dei skal vere for straumstøt:

Type	Bruksområde	Skildring
B-karakteristikk	Innreiing på skip Bustadar	Sler ut ved 3–5 gangar nominell straum (følsom for små overbelastingar)
C-karakteristikk	Motorar og store lastar	Sler ut ved 5–10 gangar nominell straum (tåler kortvarige straumstøt)
D-karakteristikk	Spesielle industrier	Sler ut ved 10–20 gangar nominell straum (nyttast i motorar og transformatorar)

Vanlege ampereverdier automatsikringar.

Ampere (A)	Bruksområde
10 A og 13 A	> Lyskursar
15 A og 16A	> Stikkontakter
20 A	> Store apparat
25 A	> Komfyrar, varmtvannsberedarar
32 A	> Industri, skip og elbilladarar
40 A	> Industri, skip
50 A	> Industri, skip
63 A	> Industri, skip
80 A	> Industri, skip
100 A	> Industri, skip
125 A	> Industri, skip



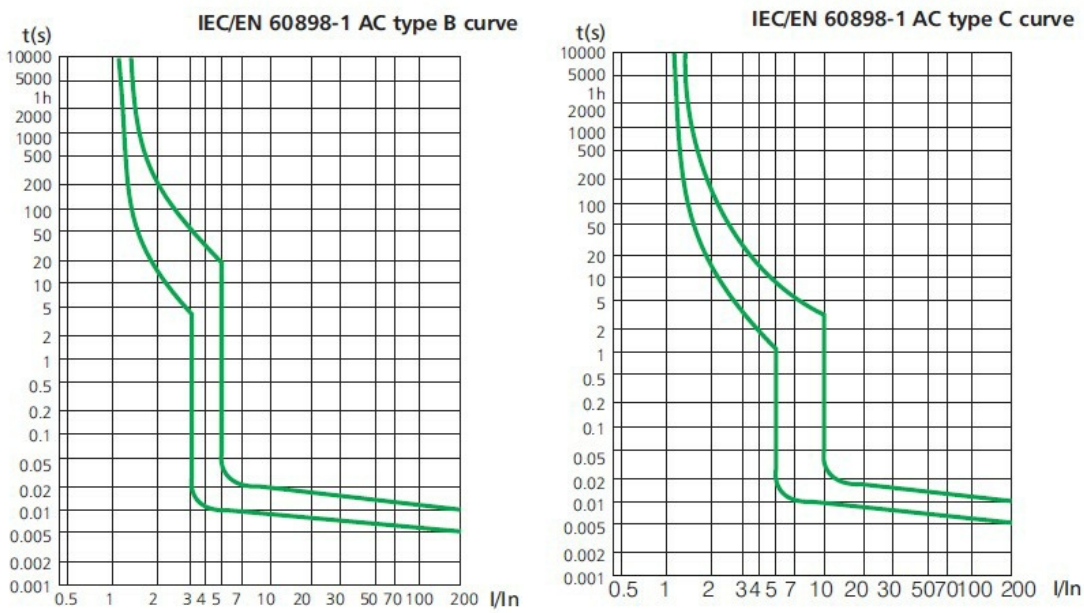
iC60H - Automatsikring 2P - 16A - B-kurve - I2=1,45



iC60H - Automatsikring 3P - 16A - C-kurve - I2=1,45

Foto Schneider Electric

Utløysingskurve for automatsikring



Sikringseffektbrytar (automatsikring)

SIKRINGSEFFEKTBRYTAR (AUTOMATSIKRING)

Ein sikringseffektbrytar, også kjend som automatsikring eller kombinert effektbrytar med sikringsfunksjon. Nemninga vert gjerne nytta på automatsikringar som er store, t.d. på størelsar over 100 A.

Ein sikringseffektbrytar fungerer på same måte som ein vanleg effektbrytar, men med automatiske reset-mogelegheiter, slik at den kan koplast inn igjen etter at feilen er retta. Den kombinerer to vern:

1. Termisk vern (overbelastingsvern)
   - Nyttar eit bimetallelement som bøyer seg ved langvarig høg straum og utløyser brytaren.
   - Gir ei forsinka utkopling for å skille mellom normal straumauke og farleg overbelasting.
2. Magnetisk vern (kortslutningsvern)
   - Ein elektromagnetisk spole aktiverar ein mekanisme som straks koplar ut brytaren ved kortslutning.

Den nyttast ofte i fordelingstavler på skip, industri og bygningar der rask reaktivering er viktig.

Ein sikringseffektbryter er i praksis ein automatsikring, men ofte med høgare kapasitet og fleire avanserte vern enn vanlege hushaldningsautomatsikringar.

Forskjellen ligg i bruksområde og kapasitet:

- Ein automatsikring nyttast typisk i innreiing og mindre fordelingsanlegg (til dømes 10 A eller 16 A i sikringsskapet i innreiing).
- Ein sikringseffektbrytar nyttast i industrien, skip og større elektriske system med høgare straumstyrkar (til dømes 100 A, 400 A eller meir).

Men prinsippet er det same: Den koplar ut straumen ved feil og kan resettast utan at nokon delar må bytast.

Sikringseffektbrytar kan ha fleire nemningar, avhengig av type og bruksområde.

MCCB – Molded Case Circuit Breaker (støypt kapsla effektbrytar)

- Ein robust effektbrytar med termisk og magnetisk vern.
- Kan nyttast i lavspenningssystem (opptil 1000 V).
- Vanleg i skip, industri og større fordelingsanlegg.

Så dersom ein snakkar om ein sikringseffektbrytar, vil MCCB vere den mest relevante nemninga i industri og skipsanlegg.

Effektbrytar Schneider Electric:

ComPacT NSX med termomagnetisk vern NSX100N-TM100D 3P3T 100A 90kA/230VAC - 50kA/415VAC.



Foto Schneider Electric

Jordfeilbrytar RCCB

JORDFEILBRYTAR RCCB

RCB / RCCB – Residual Current Circuit Breaker (jordfeilbrytar)

- Kjend som jordfeilautomat når den er kombinert med overstraumsvern.
- Nyttast for personbeskytting og utløyser ved jordfeilstraum (f.eks. 30 mA eller 300 mA).

Ein jordfeilbryter eller feilstraumbrytar, er ein viktig sikkerheitskomponent i elektriske anlegg. Den beskyttar personar mot elektrisk støt og hindrar brannar grunna jordfeil.

Korleis virkar ein jordfeilbrytar?

Ein jordfeilbrytar overvåkar straumen som går ut og inn av ein elektrisk krets (gjennom fase og nøytralleiar). Under normale forhold er straumen inn og ut lik. Dersom noko av straumen tek ein «feil veg» – til dømes gjennom ein person til jord – vil det bli ei ubalanse. Jordfeilbrytaren registrerer denne ubalansen og koplar straks ut straumen (typisk innan 30 millisekund).

Jordfeilbrytar i IT-anlegg.

I IT-anlegg (isolert eller impedansejorda system), finst det ingen direkte jorda nøytralleiar, og det kan gjere det litt meir komplisert å forstå korleis ein jordfeilbrytar fungerer – men prinsippet er fortsatt det same: den måler straumforskjell.

Sjølv om det ikkje er ein nøytralleiar i systemet, vil det likevel alltid være straumflyt i leiarane til og frå lasta. Jordfeilbrytaren i eit IT-anlegg overvåkar summen av straumen i alle straumførande leiarar (alle fasar).

Prinsipp

Summen av straumen i alle leiarar (fasar) skal være lik null. Dersom noko av straumen lek til jord (jordfeil), blir summen ≠ 0, og brytaren koplar ut.

Differensialstraum i IT-anlegg:

- I eit trefase IT-anlegg (f.eks. L1, L2, L3):
  - Jordfeilbrytaren overvåkar L1 + L2 + L3.
  - Under normale forhold er summen av straumen i disse tre leiarane = 0 (vekselvis balansert).
  - Ved jordfeil (til dømes i L1), vil ein del straum «forsvinne» til jord, og summen blir ≠ 0. (≠ betyr «ikkje lik»)
  - Jordfeilbrytaren detekterar dette og koplar ut.

Du kan tenkje på det som at jordfeilbrytaren ser etter «manglande straum» i dei straumførande leiarane – uansett om det er ein nøytral til stades eller ikkje.

DØME

Anta eit IT-anlegg med 3 fasar, ingen nøytral:

Leiar	Straum inn	Straum ut
L1	10 A	10 A
L2	10 A	10 A
L3	10 A	10 A
Sum	**0 A**	**0 A**

Alt er OK.

Men dersom ein jordfeil oppstår i L1 og 30 mA lek til jord:

Leiar	Straum inn	Straum ut
L1	10 A	9.97 A
L2	10 A	10 A
L3	10 A	10 A
Sum	**≠ 0 A**	Feil registrert

Jordfeilbrytaren koplar ut.

Jordfeilautomat RCBO (Residual Current Breaker with Overcurrent protection)

JORDFEILAUTOMAT RCBO

Ein jordfeilautomat er ein kombinasjon av:

- Automatsikring (beskyttar mot kortslutning og overbelasting).
- Jordfeilbrytar (beskyttar mot jordfeil og støt).

Den sler av straumen dersom:

1. Du nyttar for mykje straum (overbelasting).
2. Det skjer ei kortslutning.
3. Det lek straum til jord (t.d. gjennom kroppen din eller ei øydelagt leidning).

Fordelar

- Tek mindre plass i sikringsskapet (2-i-1).
- Gir betre tryggleik.
- Enkel feilsøking (viser *kvar* feilen er).



Jordfeilautomat RCBO Jordfeilbrytar RCCB
Foto: Schneider Electric

Effektbrytarar

EFFEKTBRYTAR

Ein effektbryter er ein elektrisk brytar som kan kople inn og ut elektriske kretsar under både normale driftsforhold og feiltilstandar. Den beskyttar anlegget mot overstraumar, kortslutningar og andre feil ved å bryte straumen på ein kontrollert måte.

1. Oppbygging av ein effektbrytar

Effektbrytarar finst i ulike typar og størelsar, men dei har som regel følgjande hovudkomponentar:

1.1 Hovuddelar.

- Hovudkontakter
  - Leiar straumen når brytaren er innkopla.
  - Må vere dimensjonert for høg spenning og straum.
- Bogeløysingskammer (Arc Chute)
  - Når brytaren åpnast under belasting, oppstår ein lysboge.
  - Bogeløysingskammeret delar opp og sløkkjer lysbogen raskt for å unngå skade.
- Drivmekanisme
  - Bevegar hovudkontaktene ved å åpne eller lukke brytaren.
  - Kan være fjørmekanisk, elektromagnetisk eller pneumatisk.
- Vern- og styringseining
  - Inneheld overstraumsvern, kortslutningsvern, jordfeilvern osv.
  - Moderne effektbrytarar har ofte elektroniske relé som kan programmerast.
- Hus/Kapsling
  - Beskyttar dei interne delane mot støv, fukt og mekanisk skade.

2. Virkemåte

2.1 Normal Drift.

- Når brytaren er lukka, leiar hovudkontaktene straumen utan avbrot.
- Ei innebygd elektronisk eller termisk overvåking sørgjer for at straumen held seg innanfor normale grenser.

2.2 Feiltilstandar og utløysing.

Når ein feil oppstår (t.d. overbelasting, kortslutning eller jordfeil), vil brytaren kople ut kretsen automatisk for å beskytte systemet.

- Overstraumsvern (Termisk eller Elektronisk vern)
  - Ved overbelastning aukar straumen, og eit termisk element (bimetall) eller eit elektronisk målesystem vil registrere dette og utløyse brytaren etter ei tidsforsinking.
- Kortslutningsvern (Magnetisk vern)
  - Ei kortslutning fører til ei kraftig straumauke. Ein elektromagnetisk utløysar aktiverast momentant og brytaren åpnast med ein gong.
- Jordfeilvern
  - Oppdagar lekkasjestraum til jord og koplar ut ved ei førehandsinnstilt grense.
- Retureffektvern (Reverse Power Protection, 32G)
  - Nyttast særskilt i generatorbrytarar for å hindre at ein generator trekkjer effekt i staden for å levere.

3. Typar effektbrytarar

Effektbrytarar kan klassifiserast etter kvar dei nyttast og korleis dei fungerer:

- Luftbrytar (ACB – Air Circuit Breaker).
  - Nyttar luft som isolasjonsmedium.
  - Vanleg i lavspenningsanlegg (opp til 1000V).
- Vakuumbrytar (VCB – Vacuum Circuit Breaker).
  - Nyttar vakuum for å sløkkje lysbogen.
    Nyttast ofte i mellomspenningsanlegg (1 kV – 36 kV).
- SF_6-bryter (SF_6 Circuit Breaker).
  - Nyttar svovelheksafluorid (SF_6) gass for å sløkkje lysbogen.
  - Vanleg i høgspenningsanlegg (>36 kV).
- SM AirSeT – SF_6-fritt modulæranlegg opp til 24 kV.
  - AirSeT er eit SF_6-fritt, modulært luftisolert koplingsanlegg for sekundære distribusjonsnett.
  - Anlegget nyttar rein luft og vakumteknologi for å erstatte SF_6 og andre klimagassar.
- Olje- eller gassisolert brytar.
  - Nyttast sjeldan i dag, men finst i eldre installasjonar.

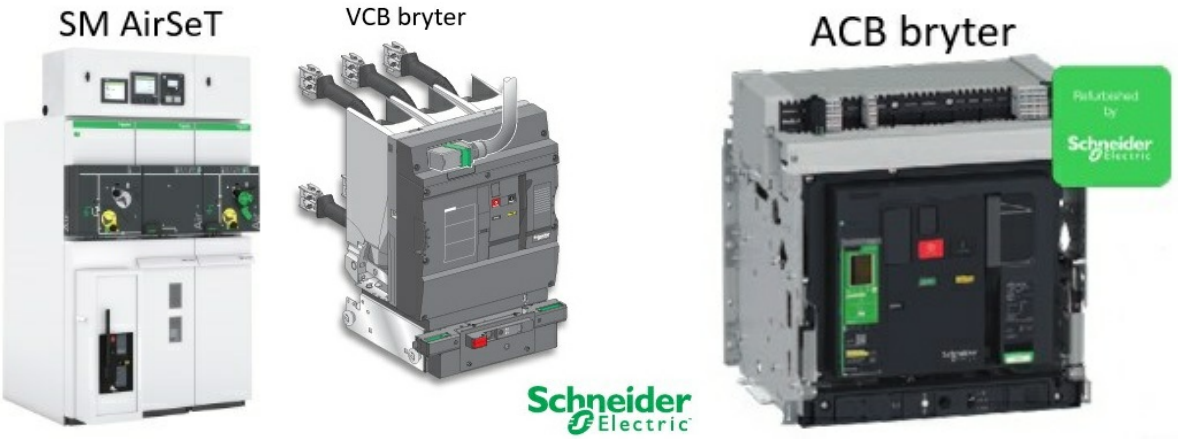
4. Plassering og bruk i skip

- Effektbrytarar nyttast i hovudtavler, fordelingstavler, og generatorbrytarar på skip.
- I generatoranlegg har dei ekstra vernefunksjonar som under-/overfrekvensvern (81U/81O) og retureffektvern (32G).

Alle brytarane under er frå Schneider Electric.



Denne SM AirSeT brytaren byggjer på ny teknologi som erstatning for SF6 brytarane.





Schneider SM AirSeT brytar

Schneider SM AirSeT – ein ny, SF_6-fri mellomspennings-effektbrytar:

Kva er SM AirSeT?

- Ein modulær, SF_6-fri mellomspenningsbrytar (opptil 24 kV) – nyttar rein luft som isolasjon i staden for den sterke drivhusgassen SF_6.
- Kombinerer rein luftisolasjon med vakuum-interruptorer (SVI – Shunt Vacuum Interruption) for å bryte straumen trygt.

Oppbygging

1. Luft som isolasjonsmedium.
   - Trykkluft med GWP = 0 – miljøvennleg løsying.
2. Shunt Vacuum Interruption (SVI).
   - Straumen shuntast via ein vakuumbrytar når sveiseplatene vert skilde, noko som gir sikker avbryting utan SF_6.
3. EvoPacT vakuumbrytar.
   - Høg yting og robust utføring, designa for ≥ 10 000 operasjonar og mekanisk støtmotstand.
   - CompoDrive-mekanisme i kompositttmateriale gir lang levetid (\~40 år) og høg driftssikkerheit.
4. Tre-posisjons brytar.
   - Lukka, åpen/frakopla og jordnet – lik tradisjonellt SF_6-switchgear, for å gjere overgangen enkel.
5. Digital tilkopling og sensorar.
   - IoT-satsar: innebygde trådlause sensorar, sanntidsovervåking via EcoStruxure-plattform

Virkemåte

- Ved normal drift: luftisolasjon opprettheld spenning, ingen brytarhandling.
- Ved åpningskommando: straum leiast parallelt gjennom vakuum-interruptor → åpning → bryt straumen trygt utan lysbogar i luft.
- Straumslutt før luftgap – sikrare mot lysbogar.

Fordeler

Fordel	Skildring
Miljø	Ingen SF_6 → lav miljøpåvirking, unngår gassreguleringar
Driftssikkerheit	Robust i 40+ år, 10 000 operasjonar, CompoDrive gir støtmotstand
Digital overvåking	Sanntidsdata for helsetilstand, reduserer uplanlagt drift
Kompakt	Same footprint som tradisjonelle SM6-panel
Enkel oppgradering	Kan erstatte eksisterande panel utan ombygging

Anerkjennelsar & brukstilfelle

- Vunne *Frost & Sullivan* "Product Leadership Award LATAM 2022" for pålitelegheit og lav miljøpåvirking.
- Installert i prosjekt som Milanos e-bus-infrastruktur; reduserte SF_6-utslipp med ca. 560 t CO_2-ekvivalentar.
- Tildelt "Energy Efficient Solution of the Year" i Hellas for sin bærekraftige teknologi.

Σ

OPPSUMMERING

SM AirSeT leverer ei framtidsretta løysing for mellomspenningsdistribusjon som:

- Er SF_6-fri med GWP = 0
- Kombinerer luftisolasjon + vakuumbrytar.
- Har digital overvåking og lang levetid.
- Er ei dropp-in-erstatning for eksisterande SM6-installeringar.



Foto: Schneider Electric

Selektivitet

SELEKTIVITET

Selektivitet mellom sikringar og brytarar handlar om å sikre at kun den sikringa eller brytaren nærmast feilen løyser ut, medan resten av anlegget forblir i drift. Dette forbetrar driftssikkerheita og reduserer unødvendige straumbrot.

Typar av selektivitet

1. Straumselektivitet (Overstraums selektivitet).
   - Den minste sikringen eller brytaren (nærmast lasta) løyser ut først fordi den har ei lavare straumgrense enn hovedbrytaren.
   - Døme: Ein 16A sikring framfor ein 100A hovedbrytar – ved feil på ei last kopla til 16A sikringen, løyser berre denne ut.
2. Tidsselektivitet (Tidsforsinka selektivitet).
   - Hovedbrytaren har ei tidsforsinking slik at underordna sikringar eller brytarar får tid til å løyse ut først.
   - Døme: Ein underbrytar (t.d. 100A) har ein raskare respons enn ein overordna brytar (t.d. 400A) som er forsinka.
3. Energi- eller I^2t-selektivitet.
   - Basert på lysbogen sin energi (I^2t-verdi) – den brytaren som slepp gjennom minst energi, løyser ut først.
   - Nyttast ofte i effektbrytarar med elektroniske utløysareiningar.
4. Soneselektivitet (Kommunikativ selektivitet).
   - Elektroniske vern kommuniserer med kvarandre og sikrar at berre den nødvendige brytaren løyser ut.
   - Nyttast i store anlegg med digitale vernerelé.

Kvifor er selektivitet viktig?

- Sikringa nærmast feilstaden løyser ut først.
- Auka driftssikkerheit – kun feilområdet koplast ut, resten av systemet forblir aktivt.
- Redusert nedetid – færre unødvendige straumbrot.
- Betre vern av utstyr og system.
- Økonomiske fordelar – færre driftsavbrot betyr lavare tap.

Kap 8 Skipskabel

Skipskabel

SKIPSKABEL

Kablar på skip må oppfylle strenge krav for å sikre tryggleik, pålitelegheit og motstandsdyktigheit mot tøffe maritime forhold. Krava vert fastsette av internasjonale regelverk og klasseselskap som DNV (Det Norske Veritas), ABS, Lloyd's Register og IEC (International Electrotechnical Commission).

Generelle krav til skipskablar

- Brannmotstand
  - Kablar må være flammehemmande og sjølvsløkkjande for å redusere risikoen for brann.
  - Nokon kablar må vere brannresistente (tåle brann i ei viss tid og fortsatt fungere).
- Lave røyk- og giftutslepp (LSZH – Low Smoke Zero Halogen)
  - Kablar må ikkje avgi giftige gassar ved brann (ingen halogen som klor eller fluor).
  - Viktig for å beskytte mannskapet i tilfelle brann.
- Motstandsdyktigheit mot sjøvatn, fukt og olje
  - Skipskablar må tåle saltvatn, olje, drivstoff og kjemikaliar utan å miste isolasjonsevne.
  - Isolasjonsmaterialar som EPR (ethylene propylene rubber) og XLPE (cross-linked polyethylene) nyttast ofte.
- Fleksibilitet og vibrasjonsmotstand
  - Kablar må tåle vibrasjonar og bevegelsar fra motorar, maskiner og bølger.
  - Bruk av fleirtråda leiarar gir betre fleksibilitet.
- EMC-vern (elektromagnetisk kompatibilitet)
  - Kablar til kommunikasjon og kontrollsystem må ha skjerming for å unngå elektrisk støy.
- Temperaturbestandigheit
  - Kablar må tåle store temperatursvingingar, frå maskinrom (høg varme) til dekk og utandørs områder (kulde).

Spesifikke krav til ulike kabeltypar

- Straumkablar (LV og HV)
  - Lavspent (<1 kV) og høgspent (>1 kV) kablar må vere dimensjonert for last og spenningsfall.
  - Kortslutningssikring krevast for lange kablar.
- Signal- og styrekablar
  - Må vere skjerma for å unngå forstyrrelsar frå andre elektriske system.
- Naudkablar
  - Skal vere brannsikre og fungere under brann i minst 90 minutt.
  - Viktig for naudlys, alarmar, kommunikasjon og brannpumper.
- Jording og vern
  - Alle kablar må ha riktig jordingssystem for å unngå elektriske feil og farlege spenningsforskjellar.

Montering og installasjon

- Kortast mogeleg kabelstrekk for å minimere spenningsfall.
- Vern mot mekanisk skade (bruk av røyr, kabelgater eller pansra kablar i utsette områder).
- Korrekt festing og avstand mellom kablar for å unngå varmeutvikling.
- Separasjon av straumkablar og signal-/kommunikasjonskablar for å unngå forstyrrelsar.
- Vanntette gjennomføringar der kablar går mellom skott og dekk.

Regelverk og standardar

Internasjonale krav:

- IEC 60092-serien (standard for elektriske installasjonar på skip).
- SOLAS (Safety of Life at Sea) – Krav til brannsikre kablar.
- DNV, ABS, Lloyd's Register – Klassifiseringsreglar for skipselektriske system.

Oppsummering:

Σ

OPPSUMMERING:

Skipskablar må vere flammehemmande, korrosjonsbestandige, fleksible og skjerma der det er nødvendig. Dei må monterast sikkert, beskyttast mot skadar og følgje internasjonale standardar.

NEK 410B-2021 har fem tabellar som tek føre seg det ein kabel kan belastast med.

Tabell B.1 – Straumføringsevne ved kontinuerlig drift ved maksimal nominell leiar temperatur på 60 °C.

Normaltversnitt mm²	Straumføringsevne i ampere (A)					
	Einleiar A		Toleiar A		Tre- og fire-leiar A	
1,5	10		9		7	
2,5	17		14		12	
4	23		20		16	
6	29		25		20	
10	40		34		28	
16	54		46		38	
25	71		60		50	
35	88		75		62	
50	110		94		77	
70	135		115		95	
95	164		139		115	
120	189		161		132	
150	218		185		153	
185	248		211		174	
240	292		248		204	
300	336		286		235	
	DC	AC	DC	AC	DC	AC
400	390	380	332	323	273	266
500	450	430	383	366	315	301
630	520	470	442	400	364	329
Omgjevnadstemperatur (luft) 45 °C						

Tabell B.2 – Straumføringsevne ved kontinuerlig drift ved maksimal nominell leiar temperatur på 70 °C.**

Normaltversnitt mm^2	Straumføringsevne i ampere (A)					
	Einleiar A		Toleiar A		Tre- og fire-leiar A	
1,5	15		13		11	
2,5	21		18		15	
4	29		25		20	
6	37		31		26	
10	51		43		36	
16	68		58		48	
25	90		77		63	
35	111		94		78	
50	138		117		97	
70	171		145		120	
95	207		176		145	
120	239		203		167	
150	275		234		193	
185	313		266		219	
240	369		314		258	
300	424		360		297	
	DC	AC	DC	AC	DC	AC
400	500	490	425	417	350	343
500	580	550	493	468	406	385
630	670	610	519	519	469	427
Omgjevnadstemperatur (luft) 45 °C						

Tabell B.3 – Straumføringsevne ved kontinuerlig drift ved maksimal nominell leiar temperatur på 85 °C.

Normaltversnitt mm^2	Straumføringsevne i ampere (A)					
	Einleiar A		Toleiar A		Tre- og fire-leiar A	
1,5	21		18		15	
2,5	28		24		20	
4	38		32		27	
6	49		42		34	
10	67		57		47	
16	91		77		64	
25	120		102		84	
35	148		126		104	
50	184		156		129	
70	228		194		160	
95	276		235		193	
120	319		271		223	
150	367		312		257	
185	418		355		293	
240	492		418		344	
300	565		480		396	
	DC	AC	DC	AC	DC	AC
400	650	630	553	536	455	441
500	740	680	629	578	518	476
630	840	740	714	629	588	518
Omgjevnadstemperatur (luft) 45 °C						

Tabell B.4 – Straumføringsevne ved kontinuerlig drift ved maksimal nominell leiar temperatur på 90 °C.

Normaltversnitt mm^2	Strømføringsevne i ampere (A)					
	Einleiar A		Toleiar A		Tre- og fire-leiar A	
1,5	23		20		16	
2,5	40		26		21	
4	51		34		28	
6	55		44		36	
10	72		61		50	
16	96		82		67	
25	127		108		89	
35	157		133		110	
50	196		167		137	
70	242		206		169	
95	293		249		205	
120	339		288		237	
150	389		331		272	
185	444		377		311	
240	522		444		365	
300	601		511		421	
	DC	AC	DC	AC	DC	AC
400	690	670	587	570	483	469
500	780	720	663	612	546	504
630	890	780	757	663	623	546
Omgjevnadstemperatur (luft) 45 °C						

Tabell B.5 – Straumføringsevne ved kontinuerlig drift ved maksimal nominell leiar temperatur på 95 °C.

Normaltversnitt mm^2	Strømføringsevne i ampere (A)					
	Einleiar A		Toleiar A		Tre- og fire-leiar A	
1,5	26		22		18	
2,5	32		27		22	
4	43		37		30	
6	55		47		39	
10	76		65		53	
16	102		87		71	
25	135		115		95	
35	166		141		116	
50	208		177		146	
70	256		218		179	
95	310		264		217	
120	359		305		251	
150	412		350		288	
185	470		400		329	
240	553		470		387	
300	636		541		445	
	DC	AC	DC	AC	DC	AC
400	760	725	646	616	532	508
500	875	810	744	689	612	567
630	1010	900	859	765	707	630
Omgjevnadstemperatur (luft) 45 °C						

Forskrift for maritime elektriske anlegg (Lovdata)

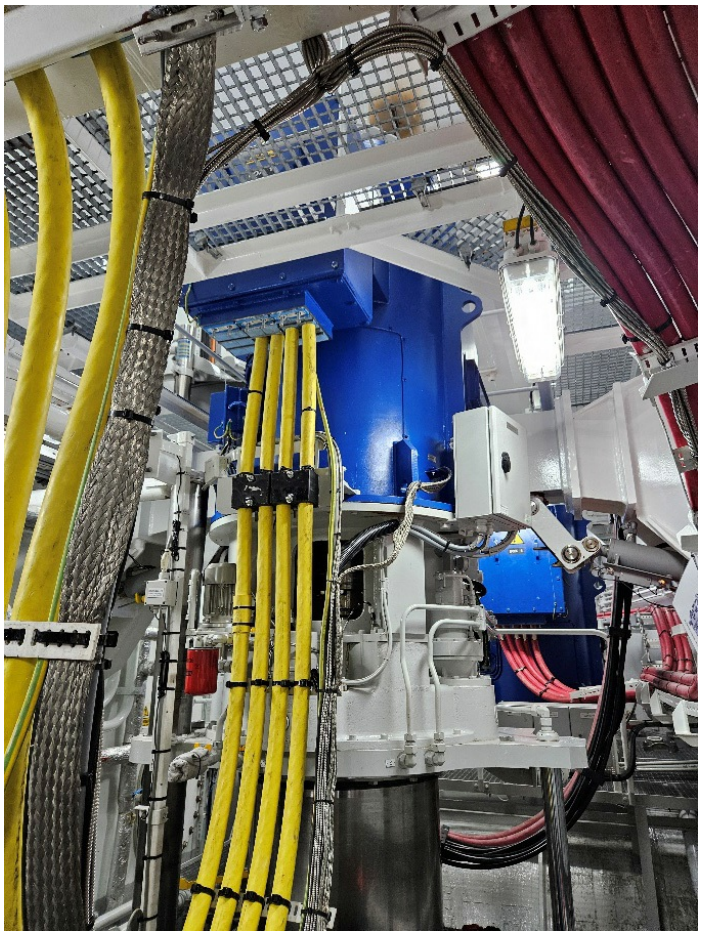
I forskrifta finn vi ein del informasjon om t.d. kablar.
I vedlegg II – 9. Pkt.10. Kablar – festing

Kravet om betryggande festing vil vanlegvis vere oppfylt når kabelen er klamra som følgjer:

- For kablar ved innføringa i kapslingar og røyr når næraste klammer er plassert i ei avstand som ikkje er større enn 10 gongar kabeldiameteren.
- For kablar elles når avstanden mellom klammerane ikkje er større enn det som går fram av nedanstående tabell:

Forskrifta henviser også til (NEK-410/IEC-60092.401.38)

Ytre diameter av kabel, m.m.		***Maks. avstand mellom festepunkt***		
over	***opp til***	***Kablar utan metallomfletting eller armering (også kablar som berre har blykappe)***	***Kablar med kopar-, bronse- eller ståltrådomfletting el. Armering***	***Mineralisolerte kablar med kappe av kopar eller rustfritt stål***
	8	200	250	300
8	13	250	300	370
13	20	300	350	450
20	30	350	400	450
30		400	450	450



NEK 410A-401 Kapittel 9 – Kabla

- 31 - Kabelgater – Generelt
- 32 – Kabelgater for viktig drift og nauddrift.
- 33 – Installasjon av kablar i høve til elektromagnetiske forstyrrelsar.
- 34 – Kablar for fast installerte lensepumper nedsenka i vatn.
- 35 – Mekanisk vern.
- 36 – Jording av leiande kabelskjermar o.l. og mekanisk vern av kablar.
- 37 – Bøyeradius for kablar.
- 38 – Festing av kablar.
- 39 - Kabelgjennomføring i skott og dekk.
- 40 – Kablar i røyr eller kanalar av metall.
- 41 – Kablar i røyr, kanalar eller kapslingar og sjakter som ikkje er av metall.
- 42 – Kablar i lagerrom.
- 43 – Kablar i kjølerom.
- 44 – Strekkpåkjenningar.
- 45 – Spesielle forholdsreglar ved einleiarkablar.
- 46 – Kabelavslutningar.
- 47 – Koplingar og avgreiningar (greinkursar).
- 48 – Koplingsboksar.

Forskrift om maritime elektriske anlegg seier også

§ 28. Merking av kablar, vern og anna materiell.

Det skal i tillegg til merking frå fabrikant, i nødvendig grad utførast eintydig merking slik at kablar, utstyr, vern og anna materiell kan identifiserast. Merking skal også utførast i den grad det er nødvendig for å unngå fare.

Merking om bord i skip og sjøredskap i innanriks fart skal vere med norsk tekst, medan merking om bord i skip og sjøredskap i utanriks fart skal vere med engelsk tekst.

§ 33. Tilkopling med bevegelege leidningar

Bevegeleg leidning med jordledar skal ha jordingsplugg. Bevegeleg leidning utan jordleiar skal ha plugg utan jordingskontakt.

Bevegeleg leidning for utstyr klasse II (dobbeltisolert utstyr) skal ikkje ha jordleiar, men kan ha jordingsplugg.

Bevegeleg leidning skal vere tilkopla i det rom der tilhøyrande utstyr benyttast. Dette gjeld ikkje utstyr berekna for å flyttast under bruk eller kortvarig bruk{anchor}

§ 38. Kablar

Bortsett frå spesielle tilfelle der tilsynsmyndigheita kan gje dispensasjon, skal all metallkledning og armering av kablar vere elektrisk samanhengande og jorda.

Alle elektriske kablar skal minst vere av brannhemmande type og installerast slik at dei opphavlege brannhemmande eigenskapane ikkje vert forringa. Tilsynsmyndigheita kan tillate bruk av spesielle kabeltypar når dette er naudsynt for særlege føremål, mellom anna radiofrekvenskablar, som ikkje oppfyller dei ovanfor nemnde krava.

Kablar og leidningsnett som vert nytta til hovud- eller naudkraft, belysning, intern kommunikasjon eller signal, skal så langt det er praktisk mogleg leggjast utanom bysse, maskinrom av kategori A og andre område med høg brannrisiko, vaskerom, rom for handtering og foredling av fisk, samt andre rom med høgt fuktinnhald. Kablar som koplar brannpumper til naudtavla, skal vere av ein type som er motstandsdyktig mot brann dersom dei er lagde gjennom område med høg brannrisiko. Så langt det let seg gjere, bør alle slike kablar leggjast slik at dei ikkje vert sette ut av funksjon av varme i skott som kjem av brann i tilstøytande rom.

Når kablar vert trekte gjennom rom der det ligg føre risiko for brann eller eksplosjon ved elektrisk feil, skal det takast særlege forholdsreglar mot slik risiko, til tilsynsmyndigheita si tilfredsheit.

Kablar og leidningar skal festast slik at gnissing og annan skade vert unngått.

Avslutningar og koplingar skal vere utforma slik at kabelen sine opphavlege elektriske, mekaniske og brannhemmande eigenskapar vert haldne ved lag, og om nødvendig også kabelen si motstandsevne mot brann.

Kablar installerte i kjøle- og fryserom skal vere eigna for låge temperaturar og høg fukt.

§ 45. Tryggleikstiltak mot støt, brann og andre farar som skuldast elektrisitet (R 45)

Nye skip i klasse B, C og D:

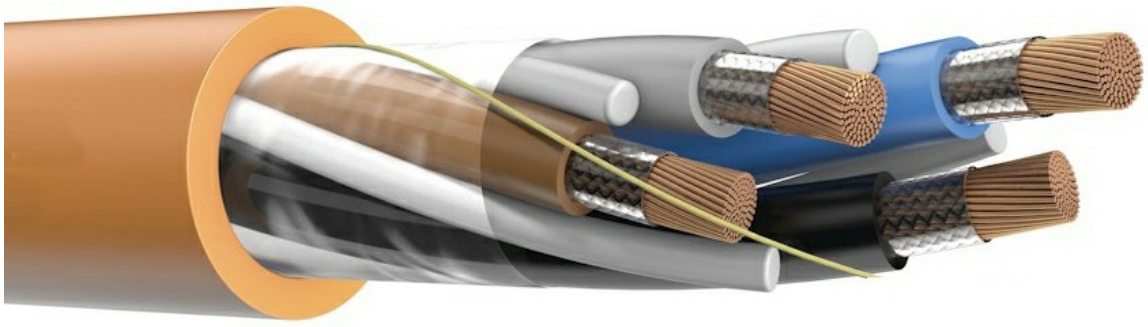
.5.3 Kablar og leidninger for kraft, belysning og intern kommunikasjon og signal som er av vesentleg betydning eller som er nødvendig i en naudsituasjon, skal så langt mogleg leggast utanom bysser, vaskerom, maskinrom i kategori A og deira kapper og andre områder med høg brannrisiko. På nye og eksisterande roro-passasjerskip skal kablar til naudalarm og høgtalarsystem installert på eller etter den dato (1. juli 1998) som er nemnd i artikkel 14 nr. 1 i direktiv 98/18/EF, godkjennast av flaggstaten sin administrasjon, med omsyn til rekommandasjonar utarbeida av IMO. Kablar som forbind brannpumper med naudtavler, skal vere av ein type som er motstandsdyktig mot brann der dei er ført gjennom områder med høg brannrisiko. Der det er praktisk mogleg skal alle slike kablar leggast på ein måte som utelukkar at dei gjerast ubrukbare som følgje av oppvarming av skotta grunna brann i tilstøytande rom.

.6 Kablar og leidningar skal vere installert og festa slik at skamfiling og annan skade unngåast. Avslutningar og ledd i alle leiarar skal vere laga slik at kabelen sin opprinnelege elektriske, mekaniske, flammehemmande og, om nødvendig, flammebestandige eigenskapar bevarast.

Bilde under viser ein skipskabel frå HELKAMA.

> LKM-FRHF 4 x 2,5 mm^2

Brannbestandig, halogenfri, flammehemmande, kraft- og kontrollkabel for faste installasjonar i marine, offshore og industrielle formål. IEC 60228 klasse 2.



Skipskabel frå HELKAMA.

Spenningsfall i kabel

Generelt i NEK 410A finst det prinsipp som seier at spenningsfallet ikkje skal vere så stort at det påvirkar ytinga til det elektriske utstyret, spesielt for tryggleikskritiske system. Dette kan innebere at spenningsfallet må bereknast og kontrollerast basert på fleire faktorar som kabellengde, kabeltype, og systemkrav.

Kva kan gjelde for spenningsfall:

1. For forbrukarutstyr:
   NEK 410A refererer ofte til internasjonale standardar som IEC 60092–101 og IEC 60364-serien, som kan angi eit maksimalt spenningsfall på 4 % for mindre forbrukarutstyr (generelle lastar).

2. For kritisk utstyr:
   For tryggleikskritisk utstyr som navigasjonsutstyr og naudsystem kan strengare krav til spenningsfall krevast. I slike høve kan spenningsfallet vere sett til maksimalt 2 %, som nemnd i andre maritime standardar og forskrifter.

Korleis tolkast dette?

Sjølv om NEK 410A kanskje ikkje seier eksakt kva som er tillate spenningsfall i prosent, gir den klare retningslinjer for at du må sørgje for at spenningsfallet er **tilstrekkeleg lavt** for å sikre at utstyret fungerer på ein påliteleg måte. For det meste vil det innebere at spenningsfallet ikkje skal overstige 4 % i dei fleste høve for generelle lastsystem, og det bør vere lavare for kritiske system.

Tilråding

For å få ei meir nøyaktig og spesifikk tolking, kan det vere lurt å sjekke IEC 60092–101 og IEC 60364 som er dei spesifikke internasjonale standardane som NEK 410A byggjer på.

For meir spesifikke krav, kan det vere nyttig å sjekke:

- NEK 410A, kapittel om kabeldimensjonering (ofte knytta til termiske begrensingar og spenningsfall).
- NEK 410B, seksjonar om spesifikke installasjonar.
- IEC 60092–101 og 60092–201, som kan ha meir detaljerte tilrådingar.

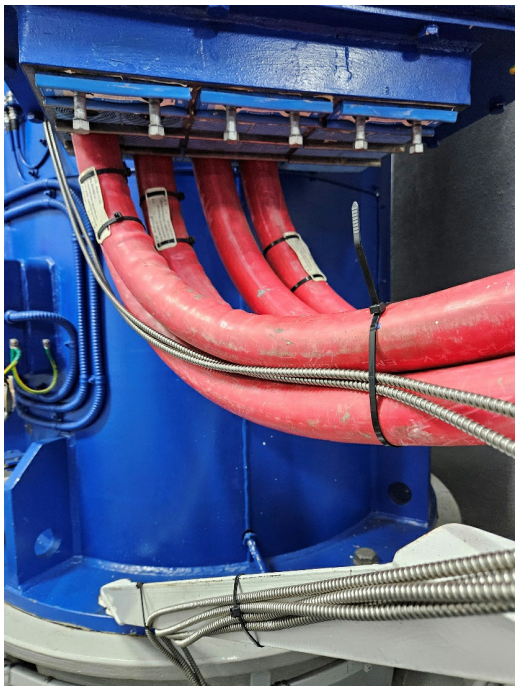
Tillate spenningstap i ein skipskabel avheng av type anlegg og spenning. Generelt følgjer skipsinstallasjonar retningslinjer frå Forskrift om maritime elektriske anlegg (FME) samt standardar som IEC 60092–201 (elektriske installasjonar på skip).

Vanlege retningslinjer for maksimalt tillate spenningstap, dette er ikkje eksakt:

- Hovudkraftkablar (mellom generator og hovudtavle): ≤ 1%
- Hovudfordeling (fra hovudtavle til underfordelingar): ≤ 2%
- Drivmotorar, pumper, vifter osv.: ≤ 6%
- Belysning og styrestraum (frå tavle til forbrukar): ≤ 10%

Dersom kabelstrekka er lange, kan det vere nødvendig å velge større kabeltverrsnitt for å halde spenningstapet innanfor disse grensene. For nøyaktige verdiar må ein også ta omsyn til klasseselskapa sine krav (DNV, ABS, Lloyd's osv.).

I den gamle standarden var det maks 6 % spenningsfall som var tillate.



Kabelberekning

Når ein skal berekne størelsen på ein skipskabel, må ein ta omsyn til fleire tekniske og miljømessige faktorar for å sikre tryggleik, yting og samsvar med maritime standardar. Her er dei viktigaste punkta:

1. Straumstyrke (Ampere)

- Berekn **maksimal straum** som kabelen skal føre under normal drift.
- Dette bestemmer i stor grad tverrsnittet på leiaren.

2. Omgjevnadstemperatur

- Temperatur ombord i skip varierar (maskinrom, dekk og bustadseksjon).
- Kabelen sin straumføringsevne må **reduserast** dersom temperaturen er høgare enn standard referansetemperatur.

3. Kabellengde og spenningsfall

- Ved lange kabelstrekk (t.d. frå generator til tavle), må du berekne tillate spenningsfall.
- Typisk tillate spenningsfall: 3–5 % av nominell spenning.

4. Spenningstype

- AC eller DC påvirkar spenningsfall og kabelvalg.
- Ved AC må ein også ta omsyn til **reaktans** (induktiv motstand).

5. Kortslutningsyting

- Kabelen må tåle ei eventuell kortslutning (termisk og mekanisk) til vernet koplar ut.
- Berekn:

$$I_k^2 * t \ < \ K^2 * A^2$$

Kor I_k = kortslutningsstrøm,
t = fråkoplingstid,
K = materialkonstant (Cu/Al),
A = tverrsnitt i mm²

6. Installer type og kjøling

- Luft, trange røyr, bunta kablar osv. påvirkar straumføringsevna.
- T.d. kablar i røyr eller kanal har **lavare kjøling** og må oppdimensjonerast.

7. Standardar og regelverk

- Følg relevante krav frå:
  - DNV og Lloyds Register.
  - IEC 60092-serien (spesielt IEC 60092–352 og -350 for kabelvalg)
  - NMA (Sjøfartsdirektoratet) krav ombord i norske skip

8. Mekanisk og kjemisk vern

- Kabelen må tåle:
  - Vibrasjon
  - Fukt / vatninntrenging
  - Brann (halogenfri, brannbestandig)
  - Olje, diesel og saltvatn

9. Antal leiarar og skjerming

- Einleiar vs fleirleiar
- Skjerma kabel for signal eller VFD (frekvensomformar)-applikasjonar

Døme på berekningsprosedyre:

DØME PÅ BEREKNINGSPROSEDYRE:

1. Berekn straum ut frå last. $P = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi$.
2. Velg tillate spenningsfall.
3. Finn minste tverrsnitt som dekkar både straum og spenningsfall.
4. Kontroller kortslutningsyting.
5. Juster for installasjonstype og temperatur.
6. Kontroller mot klasseselskapet sine krav.

Rekneeksempel

REKNEEKSEMPEL

Her er eit praktisk rekneeksempel på korleis ein dimensjonerar ein skipskabel.

Forutsetningar

- Last: 15 kW trefase motor. (Stempla på motorskiltet).
- Spenning: 400 V AC, 50 Hz
- Virkningsgrad: η = 0,9
- Effektfaktor: $\cos\varphi = 0,87$
- Kabellengde (én vei): 40 meter
- Tillate spenningsfall: 2 %
- Kabelmateriale: Kobber, $\rho = 0,0175\ \Omega * \text{mm}^2\ /m$
- Omgjevnadstemperatur: 45 °C.
- Installasjonstype: På kabelstige, kabel åleine.

Berekn straumforbruk (I).

$$P_t = \frac{Pa}{\eta} = \frac{15000}{0,9} = 16667\ W = 16,667\ kW$$

$$I = \frac{P_t}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi} = \frac{16667}{\sqrt{3} * 400 * 0,87} = \underline{27,65A}$$

Finn minste tverrsnitt etter straumføringsevne.

Frå NEK 400B-2021/IEC 60092 tabellar for Cu-kablar:

- Treleiar på stige, 85 °C:
  Ein 6 mm² Cu tåler 34 A, etter tabell B.3.
  Men det er lite margin, så vi går vidare og sjekkar spenningsfall også.

Sjekk spenningsfall:

f(x)

FORMEL FOR SPENNINGSFALL I TREFASE:

$$\Delta U max\ er\ 2\ \% = \frac{400\ V * 2\ \%}{100\ \%} = 8\ \text{V}$$

$$\Delta U_{\text{kabel}} = \frac{\sqrt{3} * I * l * \rho * \cos\varphi}{A} = \frac{\sqrt{3} * 27{,}65 * 40 * 0{,}0175 * 0{,}87}{6} = 4{,}86\ \text{V}$$

$$\Delta U\ i\ \% = \frac{100\ \% * 4{,}86\ V}{400} = 1{,}215\ \%$$

Vi skulle ha max 2 % så denne er godkjend.

Kortslutningskontroll (grovt).

For 6 mm² Cu:
K-verdi for 1-sekunds varigheit: K ≈ 176
Anta kortslutningsstraum I_k = 1000 A og fråkoplingstid 0,5 s:

> $$I_k^2 * t = 1000^2 * 0,5 = 500\ 000$$
>
> $$K^2 * A^2 = 176^2 * 6^2 = 30976 * 36 = 1115136$$

Godkjend – kabel tåler kortslutning.

Σ

KONKLUSJON

Ein bør bruke ein 3 x 6 mm² + j koparkabel, for denne installasjonen.

K-verdi avheng av:

f(x)

FORMELEN

$$K = \sqrt{\frac{Q}{\varrho}}$$ (der Q = spesifikk varmeenergi som kabelen tåler)

Men i praksis nyttar vi standardtabellar frå IEC og NEK.

Typiske K-verdiar for kopar ved ulike temperaturgrenser:

Isolasjonstype	Drift / Maks temp (°C)	Kortslutnings temperatur (°C)	K-verdi (Cu) (A·√s/mm²)
PVC	70	160	143
Halogenfri (EPR / 85)	85	200	176
XLPE / EPR (90)	90	250	226

Så for kopar med 85 °C isolasjon, typisk halogenfri marinekabel, nyttast:

> K = 176 A·√s/mm².

Kap 9 Asynkrone kortslutningsmotorar

Trefase asynkrone kortslutningsmotorar

TREFASE ASYNKRONE KORTSLUTNINGSMOTORAR

- Dominerer markedet fullstendig.
- Stort utvalg i standard motorar.
- Svært robust.
- Billig i anskaffing.
- Treng lite ettersyn.
- Rikt og lett tilgjengeleg på reservedelar.
- Demontering og montering når det er snakk om overhaling ar svært enkelt.

For å gjere eit riktig valg av motor til ei passande last må det takast omsyn til følgjande:

- arbeidsbelastning (yting} - driftstype
- koplingssyklus - start/bremse- og omkoplingsforløp.
- tilleggstreighetsmoment - momentforløpet til arbeidsmaskina –
- turtalsstyring – nettforhold.

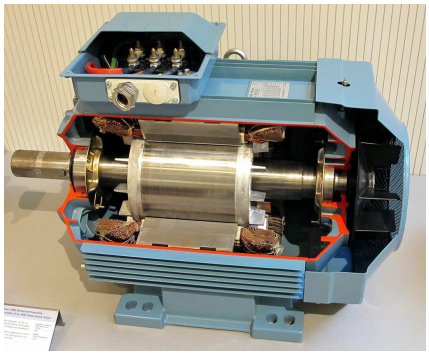


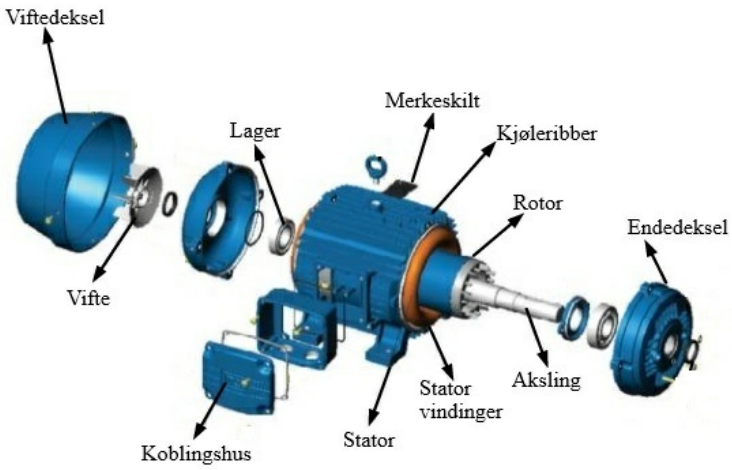
Bildet er henta fra LØNNE motorkatalog.

Vekselstraumsmotorar delast inn i tre hovudgrupper:

1. ASYNKRONMOTORAR
   - kortslutningsmotorar
   - sleperingsmotorar
2. SYNKRONMOTORAR
3. KOMMUTATORMOTORAR

Kortslutningsmotoren si oppbygging og virkemåte. Kortslutningsmotoren har ein primær og ein sekundær del. Primær delen kallast stator og er den stillestående delen. Sekundærdelen kallast rotor og er den roterande delen.

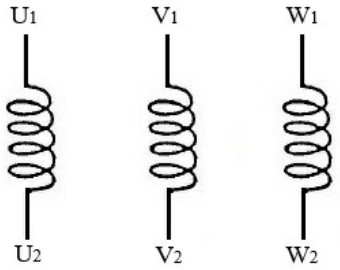




Stator

Statoren består av tynne jernblikkplater som er stansa ut med spor til viklingane. Jernblikkplatene er isolasjonslakkerte og pressa saman slik at dei dannar statorkransen. Dei tre statorviklingane er plassert i statorspora. Dei seks viklingsendane er ført fram til klemmebrettet til motoren, der koplinga utførast enten i stjerne eller i trekant avhengig av nettspenninga.

> Vikling nr.1 er merka med U1 og U2
>
> Vikling nr.2 er merka med V1 og V2
>
> Vikling nr.3 er merka med W1 og W2

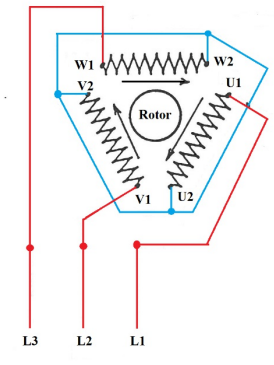


Dette vil igjen seie at kvar vikling har ein start og ei ending, og der den bokstaven med den lavaste indeksen (1) er start enden.

Skal t.d. motoren koplast i stjerne så skal U1-V1-W1 tilkoplast nettet medan dei andre endane skal samankoplast til eit stjernepunkt.

Til sjøs er det ofte slik at motorar må sendast på land for omvikling. Når dei kjem tilbake er alle seks viklingsendane lause. Elektrikaren må då måle ut kvar vikling og merke disse, men han veit då ikkje kva som er starten på viklinga og slutten på viklinga. Skal ein vere så uheldig å få snudd den eine viklinga i høve til dei to andre, vil den som er snudd jobbe mot dei to andre. Motoren vil då ha eit lavare turtal og den vil gje frå seg ein brummande lyd som er lett å høyre. Framgangsmåten for å løyse problemet er at ein må byte om viklingsenden for ei og ei vikling til ein har oppnådd korrekt turtal i tomgang.

Ombytinga av viklingsendane utførast då på klemmebrettet til motoren. For å snu dreieretninga til ein kortslutningsmotor byter to av tilleidningane plass, og det er likegyldig kven av dei tre som byter. Tilleidningene er merka Ll-L2-L3 og det vil seie at spenninga i L1 kjem først inn til motoren, 120 elektriske grader etterpå kjem spenninga i L2, og så 120 elektriske grader etter L2 kjem spenninga i L3.

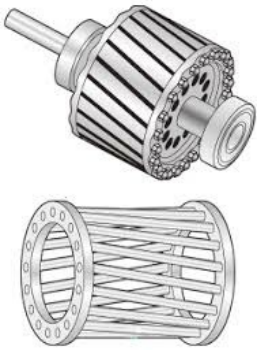


Stjernepunktet bind saman U2-V2-W2

Av figuren ser vi at det er nødvendig å ha tre viklingar for å få til eit roterende dreiefelt. Ved brot i ei av til-førselsleidningane vil motoren oppføre seg som om den var tilkopla einfasa anlegg. Motoren vil no ikkje få noko dreiefelt og den kjem ikkje i gang av seg sjølv. Ved å dytte den i gang vil

den gå i den retninga den blir tvungen til å gå i. Før den får det vesle puffet står rotoren og vibrerer, den får ikkje bestemt seg kva for veg den skal gå.

Kortslutningsrotoren



Rotoren i ein kortslutningsmotor består hovudsakleg av tre delar:

- rotorakslingen
- lamellert blikk med spor
- rotorleiarane

Rotorleiarane som består av kopar eller aluminium vert lagt i spora utan isolasjon, og dei er kortslutta i begge endar, derav namnet kortslutningsrotor. Dersom ein set saman rotorstavar og kortslutningsringane ser dette ut som bur, derav namnet burvikling.

Virkemåte

VIRKEMÅTE

Statorviklingane får tilført ein trefasa vekselstraum og dette vil medføre at kvar av dei tre faseviklingane lagar eit magnetisk vekselfelt. Disse tre felta set seg saman til eit resulterande statorfelt, dvs. eit dreiefelt som noterer synkront med ei hastigheit som er bestemt av nettfrekvensen og antal polpar.

f(x)

FORMEL:

ns = $\frac{f * 60}{p}$ (o/min)

ns = synkrone turtal
f = nettfrekvensen
p = antal polpar

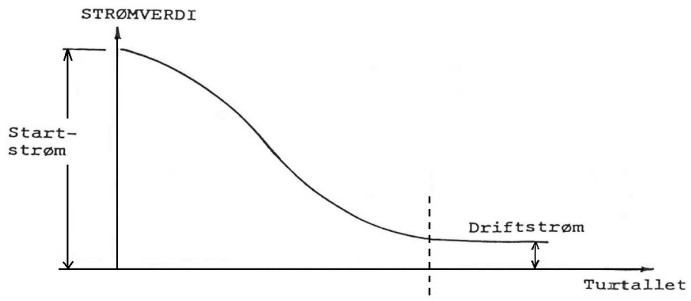
Det roterande magnetfeltet vil spreie seg inn i rotor, og det vil bli indusert ein straum og spenning i rotor med ein bestemt rotorfrekvens.

Når rotoren står stille som den gjer i startaugneblinken vil den relative hastigheita mellom statorfelt og rotor vere størst.

Det vert indusert ein straum og spenning i rotoren som er forårsaka av magnetfeltet frå stator og disse vil veksle med ein frekvens som vi kallar rotorfrekvensen

$f_r = f_{nett} * s$ s = sakking

I startaugneblinken er rotorfrekvensen lik nettfrekvensen, og vi har då dei største feltlinjeoverskjæringane på rotoren, og dette medfører at motor trekkjer den største straumen i startaugneblinken. Etter kvart som turtalet til rotoren aukar vil straumen minke. Sjå fig. nedanfor



Av figuren på forrige side ser vi at straumen fell til driftstraumsverdien når turtalet har stabilisert seg. Ved aukande hastigheit på rotor vil altså straum, spenning og frekvens i rotor avta til små verdiar. Rotorfrekvensen er ved motoren sin merkeeffekt svært lav ca. 0,05 Hz. Hadde rotorhastigheita og det synkrone dreiefeltet frå stator vore lik kvarandre, ville vi ikkje fått nokon kraft linjeoverskjæringar på rotorstavane, og dermed ingen straum i rotor. Dette ville medføre at det ikkje vert indusert noko magnetfelt frå rotor som kan henge seg på statordreiefeltet. Dermed mistar motoren sitt moment. Difor må statordreiefeltet ha ei større hastigheit enn rotorturtalet.

Det at rotor har eit lavare turtal enn dreiefeltet gjer at rotoren går asynkront i høve til dreiefeltet, derav namnet asynkronmotor.

Sakking

Ved tomgang er forskjellen mellom rotor hastigheit og stator dreiefeltet svært liten, medan den ved merkelast er større.

Forskjellen mellom disse to hastigheitene kallast for sakking eller slipp, og den oppgjevast som regel i prosent.

$S = \frac{ns - n}{ns}$ $n = ns \bullet (1 - s)$

ns = det synkrone turtal til statordreiefeltet
n = det asynkrone turtalet til rotoren
s = sakking eller slipp (nyttast som ein faktor mindre enn 1 i likningane)

Dersom sakkinga skaloppgjevast i prosent, skal faktoren multipliserast med 100.
Små motorar har ei sakking ved full belastning på ca. 5 - 8 %.
Større motorar har ei sakking ved full belastning på ca. 3 %.

Sakking i prosent: $s = \frac{ns - n}{ns} \bullet 100\ \%$

Oppsummering om hovudprinsippa bak ein asynkron kortslutningsmotor

OPPSUMMERING OM HOVUDPRINSIPPA BAK EIN ASYNKRON KORTSLUTNINGSMOTOR

Ein asynkron kortslutningsmotor, også kjend som ein asynkronmotor med kortslutta rotor eller induksjonsmotor, fungerer ved å omgjere elektrisk energi til mekanisk energi med hjelp av elektromagnetisk induksjon.

Statoren sitt magnetfelt

- Motoren drivast av vekselstraum (AC) som førast inn i statorviklingane.
- Statoren har fleire viklingar plassert i eit bestemt mønster, som skapar eit roterande magnetfelt når straumen går gjennom.
- Magnetfeltet roterer med ei hastigheit kalla synkron hastigheit (n_s), bestemt av straumfrekvensen og antal polar i motoren:

$$n_s = \frac{f*60}{p}$$

der f er frekvensen (Hz) og p er antal polpar.

Induksjon av straum i rotoren

- Rotoren består av eit kortslutta bur laga av kopar eller aluminium.
- Når statoren sitt magnetfelt roterer, vil det indusere ein straum i rotoren sine leiarar gjennom elektromagnetisk induksjon (Faradays lov).
- Ifølge Lenz' lov vil den induserte straumen i rotoren prøve å motvirke årsaka til seg sjølv – altså forskjellen i hastigheit mellom statorfeltet og rotoren.

Rotoren sin rørsle (asynkron drift).

- For at det skal induserast straum i rotoren, må det vere ei hastigheitsforskjell mellom statorfeltet og rotoren – dette kallast **slip** (s).
- Slip definerast som:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} * 100\ \%$$

der n er rotoren sin hastigheit.

- Dersom rotoren roterte med nøyaktig same hastigheit som magnetfeltet (n_s), ville det ikkje vore nokon relativ rørsle, og dermed ingen indusert straum.
- Difor roterer rotoren alltid litt saktare enn det synkrone feltet (derav namnet asynkron motor).

Moment og effekt.

- Den induserte straumen i rotoren skapar sitt eige magnetfelt, som igjen samvirkar med statorfeltet og dannar eit dreiemoment.
- Jo høgare belasting motoren har, desto større slip er nødvendig for å indusere meir straum og skape høgare dreiemoment.

Fordelar med ein asynkron kortslutningsmotor

FORDELAR MED EIN ASYNKRON KORTSLUTNINGSMOTOR

- Enkel og robust konstruksjon (ingen børster eller sliperingar).
- Lite vedlikehald (samanlikna med t.d. ein likestraums motor).
- Høg verknadsgrad og pålitelegheit.
- God regulering og enkel start med direkte påkopling til nettspenning eller med mjukstartar.

Asynkron kortslutningsmotorar nyttast mykje på skip, pumper, vifter, transportband og mange andre bruksområder grunna deira pålitelegheit og enkle design.

Vedlikehald av ein asynkron kortslutningsmotor

VEDLIKEHALD AV EIN ASYNKRON KORTSLUTNINGSMOTOR

Vedlikehald av ein asynkron kortslutningsmotor er relativt enkelt samanlikna med andre typar motorar, spesielt sidan den har få bevegelege delar og ingen børster eller sliperingar. Likevel krev den regelmessig tilsyn for å sikre påliteleg drift og lang levetid.

1. Rutinemessig inspeksjon (forebyggande vedlikehald).
   - Visuell sjekk: Sjå etter teikn på overoppheting, misfarging, oljelekkasjar eller mekaniske skadar.
   - Lytt etter ulydar: Unormale lydar kan indikere lagerslitasje eller ubalanse.
   - Vibrasjonskontroll: Overdriven vibrasjon kan vere eit teikn på ubalanse, feil justering eller lause boltar.

2. Smøring av lager
   - Kontroller lagra jamnleg for slitasje og overoppheting.
   - Smør lagra i samsvar med produsenten sine tilrådingar, vanlegvis med eit eigna fett.
   - Unngå over- eller undersmøring, då for mykje fett kan føre til overoppheting, medan for lite kan gje auka friksjon og slitasje.

3. Reingjering.
   - Fjern støv og skit frå motoren sine kjøleribber og ventilasjonsåpningar for å sikre god varmeavleiing.
   - Sjekk kjølevifta for skadar eller blokkeringar.
   - Reingjer stator og rotor med trykkluft (dersom tillate) for å fjerne oppsamla støv.

4. Elektriske testar.
   - Mål isolasjonsmotstanden med ein megger for å sjekke viklingane sin tilstand. Lav isolasjonsmotstand kan indikere fukt eller nedbroten isolasjon.
   - Kontroller viklingsmotstanden for å oppdage eventuelle kortslutningar eller brot i viklingane.
   - Sjekk straumforbruk og spenning for å sikre at motoren opererer innanfor spesifikasjonane.

1. Mekanisk vedlikehald.
   - Sjekk koplingar og fundamentboltar for å sikre at motoren er riktig montert og ikkje losnar under drift.
   - Kontroller aksel og kopling for slitasje eller feiljustering.

2. Overvåking av driftstemperatur.
   - Kontroller at motoren ikkje blir for varm. Overoppheting kan skuldast overbelastning, dårleg ventilasjon eller elektriske feil.
   - Bruk temperaturfølarar dersom motoren har slike innebygd for å varsle ved for høg temperatur.

Når bør motoren overhalast eller skiftast ut

Dersom du oppdagar følgjande problem, kan det vere nødvendig med ein grundigare inspeksjon eller overhaling:

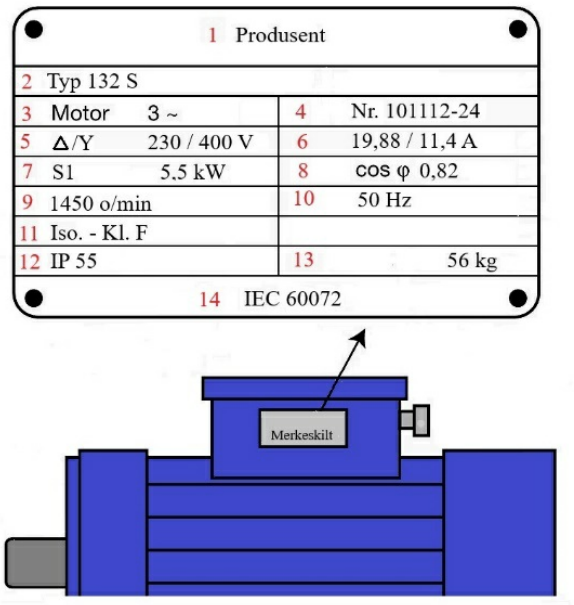
- Gjentekne overopphetingsproblem.
- Vedvarande høg vibrasjon eller ulydar.
- Dårleg isolasjonsmotstand på viklingane.
- Stadig behov for smøring eller lagerbyte.

Regelmessig vedlikehald hindrar driftsstans, forlengar levetida og sikrar optimal yting for motoren.

Merking av motorar

MERKING AV MOTORAR

Alle motorar har eit merkeskilt som fortel det meste om motoren.



1. Produsent, fabrikk.
2. Type motor. 132 S står for byggemål.
3. 3 fase motor.
4. Fabrikk nummer.
5. Kopling. Trekant med 230 V og stjerne med 400 V.
6. Straumtrekk 19,88 A med ei spenning på 230 V og straumtrekk på 11,4 A ved 400 V.
7. S1 motor (kontinuerleg drift). Effekt på akslingen er 5,5 kW.
8. Effektfaktor (faseforskyvings vinkel).
9. Motoren går med 1450 omdreiingar i minuttet. Dette er ein 4 pola (2 polpar).
10. Motoren går på 50 Hz.
11. Isolasjonsklasse F. Sjå NEK 410. Tabellen finn de også seinere i kapittelet.
12. Tettleiksgrad IP 55. Sjå neste side.
13. Vekt av motoren.
14. Standard for utføring.

IP-klassifisering

IP-KLASSIFISERING

Kapslingsklassifisering (IEC 60529) er ein standard for vurdering av vernenivå for elektroteknisk utstyr mot inntrenging av vatn, støv og utilsikta kontakt.
Klassifiseringa nyttar prefikset "IP" (International Protection eller Ingress Protection) etterfølgd av to siffer og, i nokre høve, ein bokstav. Det første sifferet indikerer nivået av vern mot faste objekt, inkludert støv og utilsikta kontakt. Det andre sifferet opplyser om vernet mot inntrenging av vatn. Høgare siffer tilsvarar høgare vernenivå. Eventuelle tilleggsbokstavar skildrar det spesifikke vernet mot kontakt.

Dersom eit produkt manglar eit av dei verna som skildrast av éin eller fleire av disse klassane, erstattast det aktuelle sifferet av bokstaven "X".

Første siffer

Vern mot berøring og inntrengande gjenstandar

IP0X Ubeskytta
IP1X Minst 50 mm i diameter
IP2X Minst 12,5 mm i diameter
IP3X Minst 2,5 mm i diameter
IP4X Minst 1 mm i diameter
IP5X Støv beskytta
IP6X Støvtett

Andre siffer

Vern mot inntrengande vatn. Ikkje noko vatn får trenge inn i ei slik mengde eller på eit slikt sett at tilfredsstillande drift påverkast eller tryggleiken er trua.
IPX0 Ubeskytta
IPX1 Beskytta mot fall (berre vertikale fall)
IPX2 Beskytta mot fall ved maks 15° vinkel
IPX3 Sprutsikker
IPX4 Sprut tett

IPX5 Spylesikker
IPX6 Spyletett
IPX7 Vasstett (nedsenka i vatn)
IPX8 Trykkvasstett (nedsenka i vatn)

Tilleggsbokstavar

Personvern mot kontakt med spenningsførande delar. Dette nyttast når det faktiske berøringsvernet av spenningsførande delar er betre enn kva som opplysast med første siffer.

IPXXA Baksida av handa (Ø 50 mm)
IPXXB Finger (Ø 12 mm, lengde 80 mm)
IPXXC Objekt (Ø 2,5 mm, lengde 100 mm)
IPXXD Leidning (Ø 1 mm, lengde 100 mm)

Øvrige standardar

Utover dei tidlegare nemnde standardane, førekjem også den nye normen IP69K, ifølgje DIN 40050. Denne kapslingsklassa er først retta mot laboratoriemiljø, prosess- og næringsmiddel. Komponentar som oppfyller IP69K, tåler å skyllast med varmt vatn under høgt trykk og skal motstå sterke reingjeringsmidlar og kjemikaliar utan å gje fra seg nokon spor.



Moment- og omdreiingstals forhold

MOMENT- OG OMDREIINGSTALS FORHOLD

Det er særs viktig å kjenne til dreiemomentforholda til ein kortslutningsmotor.
Det dreiemomentet som ein trefase asynkron kortslutningsmotor utviklar på sin aksel er svært forskjellig i sin størelse i turtalsområdet frå n = 0 til n = ns

Lat oss ta det steg for steg og prøve å forklare på ein enkel og forståeleg måte korleis moment og omdreiingstal (turtal) heng saman i ein trefase asynkron kortslutningsmotor.

Startmoment

1. Kva er dreiemoment?

Dreiemoment (eller moment) er eit mål på rotasjonskraft.
Tenk deg at du nyttar ein fastnøkkel på ein bolt – jo lenger armen på nøkkelen er, eller jo hardare du dreg, desto større moment.

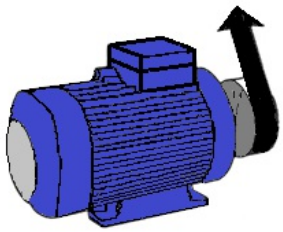
f(x)

FORMEL

M = T = torsjonsmoment (dreiemoment) $M = T = \frac{P_a}{\omega} \frac{P_a}{2* \pi * n}$

> Vinkelhastigheita er gitt av: $\omega = 2 * \ \pi * n$

Pa = avgjeven effekt på akslingen.
n = turtal per sekund.



2. Samanhengen mellom moment og turtal.

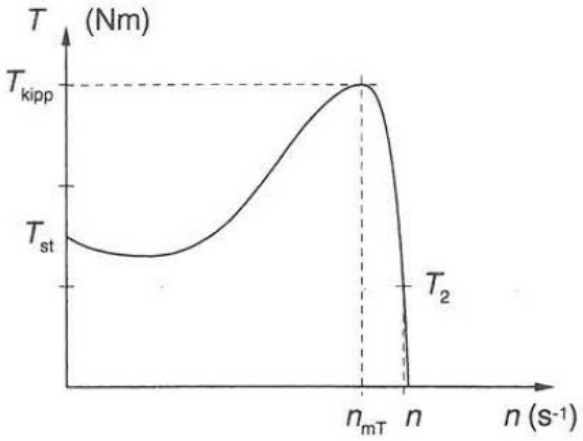
Ein kortslutningsmotor (asynkronmotor) har eit karakteristisk forhold mellom moment og turtal (n). Dette forholdet er ikkje lineært.

- Ved n = 0 (motoren står stille):
  Dette kallast startmoment. Motoren trekkjer då stor straum, og momentet kan vere 1,5–3 gangar merkedreiemomentet.
- Når turtalet aukar, aukar også den mekaniske effekten, men samtidig vert forskjellen mellom synkronturtal og rotorturtal (slip) redusert.
- Motoren utviklar maksimalt moment (ofte kalla kippmoment, maksmoment eller pull-out moment) ved ei viss belastning før den "glipp".
- Ved n = ns (synkronturtal):
  Momentet = 0. Det er fordi slip = 0, og då overførast ingen effekt til rotoren.

3. Moment-turtal-kurve.

Dersom vi teiknar ei kurve for moment vs. turtal, får vi typisk:

- Ei bratt auke i moment frå null turtal.
- Ein topp (kippmoment, maksmoment).
- Ein gradvis nedgang mot null når turtalet nærmar seg synkronturtal.



4. Kvar kjem momentet frå?

Effekten som utviklast i rotoren, kjem frå indusert straum som skuldast differansen mellom det roterande magnetfeltet (frå statoren) og rotoren si rørsle.

Denne induserte straumen i rotoren skapar eit eige magnetfelt → som igjen dannar ei kraft mellom rotor og stator → som gjev dreiemoment.

Σ

OPPSUMMERT

- Ein kortslutningsmotor utviklar ulikt moment avhengig av turtalet.
- Startmomentet er stort, og momentet er på topp ved ein viss slip.
- Ved synkronturtal er slip = 0 → ingen rotorstraum → null moment.
- Moment = tilført effekt / vinkelhastigheit.

Kippmoment

Kippmoment (også kalla maksmoment eller pull-out torque på engelsk) er det største dreiemomentet ein asynkronmotor kan utvikle før den mistar evna til å halde turtalet oppe under belastning.

Enkelt forklart:

Tenk deg at motoren driv ei last, og du gradvis aukar belastinga. Momentet som motoren må levere aukar. Når du når kippmomentet, er motoren på sitt maksimale – den klarar ikkje å levere meir dreiemoment.

Dersom belastninga aukar vidare, vil motoren byrje å bremse ned og til slutt stoppe.

I moment-turtal-kurva:

- Kippmomentet ligg på toppen av kurva.
- Etter dette punktet fell momentet raskt dersom turtalet minkar ytterlegare.

!

VIKTIG I PRAKSIS:

- Dimensjonering: Motoren må velgast slik at belastninga aldri overstig kippmomentet, elles stoppar den.
- Tryggleiksmargin: Kippmomentet er vanlegvis 2,0–3,5 gangar merkemomentet.

Døme

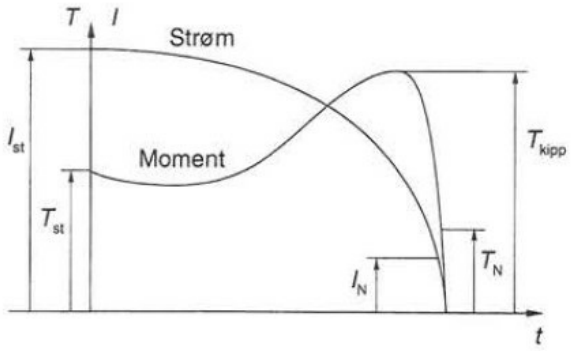
DØME

Ein motor har:

- Merkemoment = 25 Nm
- Kippmoment = 75 Nm

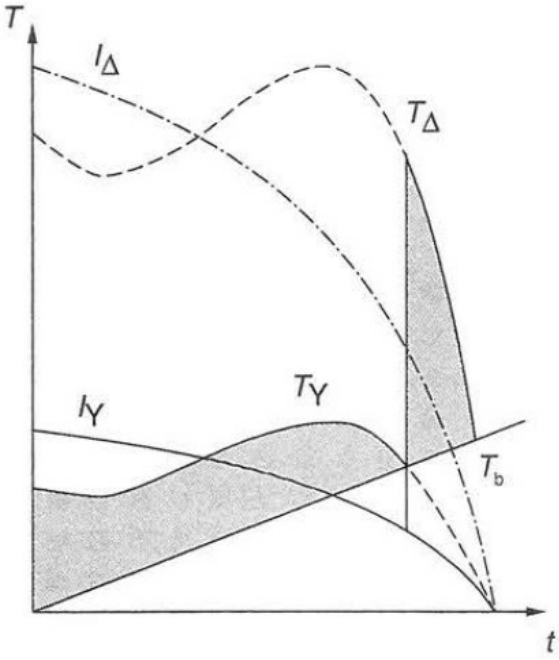
Den kan då handtere ei kortvarig belastning opp til 75 Nm. Går belastninga over det, stoppar motoren.

Moment- og startstraumkurver for direkte start.



Direkte start og stjerne - trekant start

Momentet



Figur: Straum og moment ved stjerne/trekant-start av ein kortslutningsmotor med belastningsmomentet Tb.

I_Δ – Straum ved trekantkopla vikling

I_Y – Straum ved stjernekopla vikling

T_Δ – Moment ved trekantkopla vikling

T_Y – Moment ved stjernekopla vikling

T_b – Typisk belastningsmoment

Effekt straum- og spenningsforhold

EFFEKT STRAUM- OG SPENNINGSFORHOLD

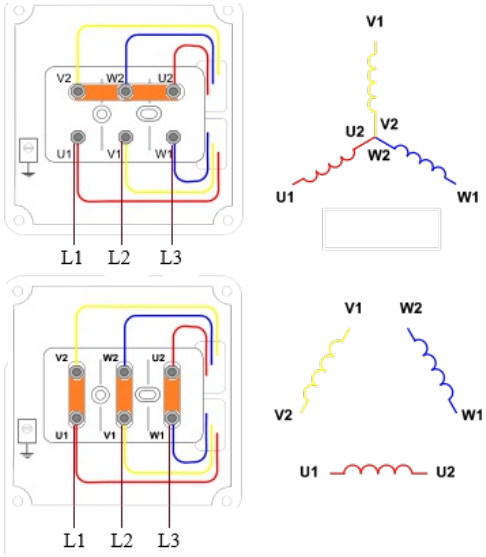
Eit trefase lavspenningsnett består av dei tre leiarane L1, L2, L3 og kan vere utført med eller utan 0-leiar (N). Se NEK 410. Denne er tilkopla generatoren eller transformatoren sitt null punkt på lavspenningssida.

Driftsspenninga

Spenninga mellom to av leiarane (L1, L2, L3) er hovudspenninga (nettspenninga), og spenninga mellom ein leiar og 0-leiaren er fasespenninga.

> Frekvens/spenning: f = 60 Hz U = 240 V/ 440 V
> Frekvens/spenning: f = 50 Hz U = 230 V/400 V

Tilkopling av trefasemotor



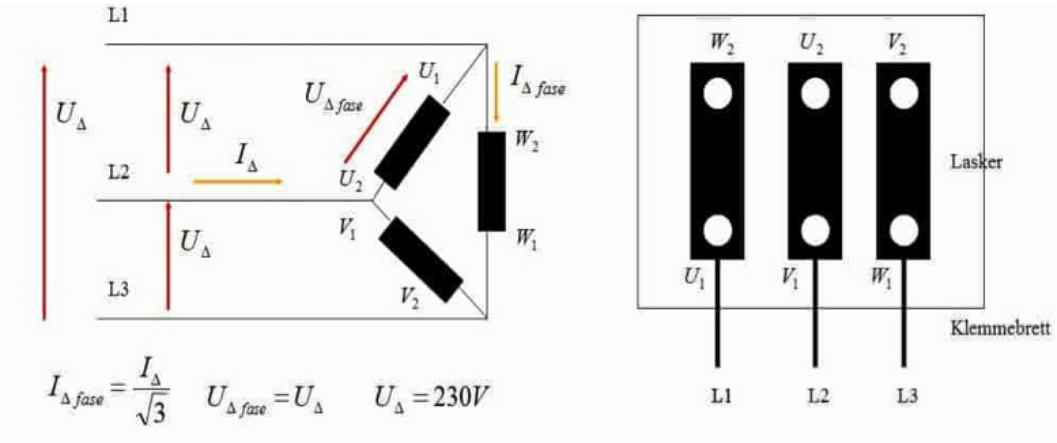
Motoren koplast til dei tre leiarane L1, L2 og L3. Motoren si merkespenning i driftskopling må stemme overeins med nettspenninga.

Ved direkte innkopling av kortslutningsmotorar og sleperingsmotorar, kan motorane ha enten stjernevikling eller trekantvikling.

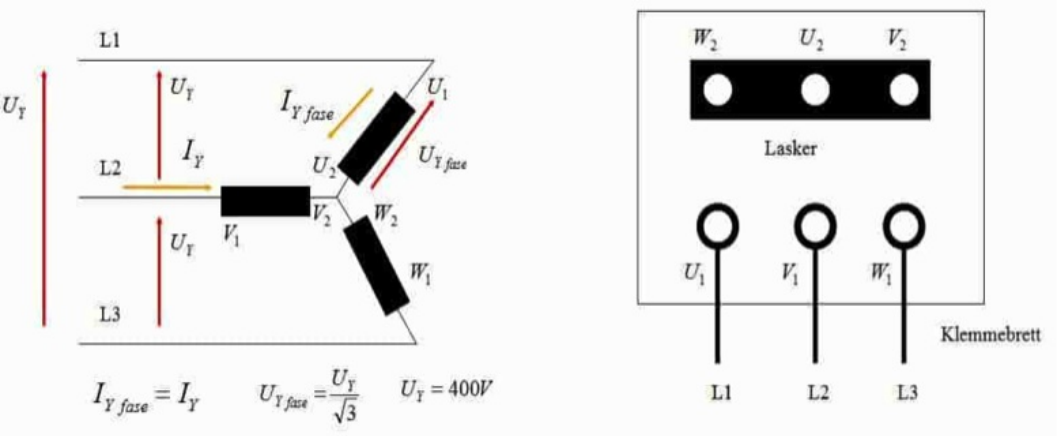
Dersom ein kortslutningsmotor skal startast med stjerne- trekantvendar, må motorviklinga vere utlagd for driftsspenninga i trekantkopling.

Motorar med viklingsutføring 230V/400V kan ved direkte innkopling nyttast på nett med 230V når motor er kopla i trekant eller 400V når motor er kopla i stjerne. Koplingane utførast på klemmebrettet.

Straum- og spenningsforhold i trekantkopling:



Straum- og spenningsforhold i stjernekopling:



Døme på utrekning av straumen i stjernekopling.

> Trekantkopling: U = 400 V, In = 16 A I_f = 16 / $\sqrt{3}$ = 9,24 A
>
> Stjernekopling: U = 400 V, U_f = 400 * $\sqrt{3}$ = 230 V I_f = In = ?

Vi tek utgangspunkt i faseverdiane når vi skal finne fasestraum i stjernekoplinga.

> $$\frac{(\Delta U)_f}{(\Delta I)_f} = \frac{(YU)_f}{(YI)_f}$$
>
> $$(YI)_f = \frac{(\Delta I)_f \cdot (YU)_f}{(\Delta U)_f} = \frac{9.24 \cdot 230}{400} = \underline{\underline{5.31\ \text{A}}}$$

Vi ser at fasestraumen i stjerne på 5,31 A ligg godt under fasestraumen i trekant, ergo så vernar vi motoren både i stjernekopling og trekantkopling.

Tommelfingerregel: startstraum - drift straum – moment - effekt fell ned til ein tredjedel ved stjernekopling.

$$P_Y = \frac{P_\Delta}{3}$$

PTC-termistor som motorvern eller alarm

PTC-TERMISTOR SOM MOTORVERN ELLER ALARM

Ein PTC-termistor (Positive Temperature Coefficient-termistor) kan overvåke ein elektromotor med å utnytte sin temperaturavhengige motstandseigenskap. Her er ei enkel forklaring på korleis dette fungerer:

Korleis ein PTC-termistor fungerer:

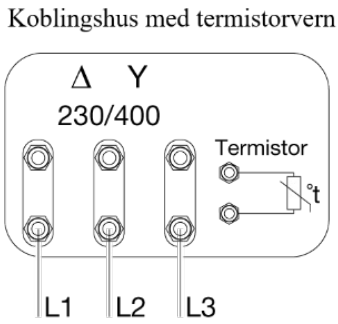
- Ein PTC-termistor aukar motstanden sin kraftig når temperaturen overstig ein viss terskelverdi.
- Ved lav temperatur er motstanden lav og relativt konstant.
- Når temperaturen når eit kritisk punkt (t.d. ved overoppheting i motoren), stig motstanden brått.

Bruk i elektromotor-overvåking:

- Plassering i motoren:
  - PTC-termistorane støypast eller montererast direkte i motorviklingane, nær dei områda som blir varmast under drift.
- Overvåking:
  - Ei overvåkingseining (som eit motorvernrelé) koplast til PTC-termistorane.
  - Denne eininga måler spenninga eller straumen over termistorane.
- Respons ved temperaturauke:
  - Når temperaturen stig til eit farleg nivå, aukar motstanden til PTC-termistoren.
  - Overvåkingseininga registrerer denne endringa og utløyser eit signal.
- Tiltak:
  - Systemet kan varsle om overtemperatur via ein alarm.
  - Alternativt kan det automatisk kople ut motoren for å hindre skade.

Fordelar med PTC-termistor i motorovervåking:

- Påliteleg: Ingen bevegelege delar, lite vedlikehald.
- Rask reaksjonstid: Reagerer raskt på temperaturendringar.
- Kompakt: Kan integrerast direkte i viklingane.
- Tryggleik**:** Hindrar varmegang og skadar på motoren.

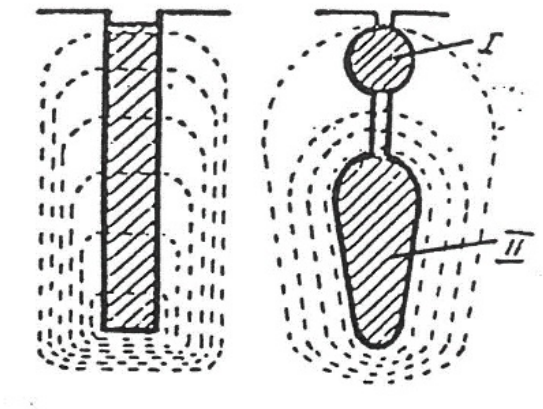


Trefasemotorar for særskilt bruk

Straumfortrengingsmotorar

Kortslutningsmotorar utstyrt med særskilde rotorviklingar vert bygde for større ytingar, og disse motorar kallast for straumfortrengingsmotorar. Årsaka til dette er at rotorstavane leggast enten i djupe spor eller såkalla dobbeltspor.

Fortrengingsmotoren sitt prinsipp byggjer på at rotorstraumen sin frekvens (fr) under igangsetjing er vesentleg høgare enn under normal drift. I den augneblink motoren får spenning står rotoren stille, og då er slippen eller sakkinga lik 1 d.v.s. at fr= f. Dei djupe spor i rotoren er årsaka til at spreiingsreaktansen i dei enkelte delar av rotorstaven vert større jo nærmare dei kjem botnen av sporet.



Då rotorfrekvensen under starten er høg, blir reaktansen svært høg i botnen av sporet. Dette vil igjen medføre at straumen blir forskyvd oppover i sporet. Ser vi no på dobbeltsporet på fig. så er verkemåten bygd på same prinsipp som skildra over.

I den augneblink motoren settast i gang, blir rotorstraumen i vikling II, av same årsaker som ovanfor pressa opp i vikling I som har stor ohmsk motstand, men liten induktiv motstand. Dette medfører at igangsettingsmomentet blir stort og startstraumen liten. Når turtalet aukar vil rotorfrekvensen (fr) avta, og dette medfører at også den induktive motstand (XL) i vikling II avtek. Når rotasjonsfrekvensen har nådd nominelt turtal har rotor straumen fordelt seg likt i høve til rotorviklingane sine tverrsnitt. Dobbeltspormotorar byggjast i alle størelsar frå 20 kW og oppover til eit par tusen kW. Dei større motorane er berekna for direkte innkopling på høgspentnett.

Tannhjulsmotorar

For direkte drift av langsomt gåande maskineri kjem ofte kortslutningsmotoren til kort grunna turtalet, fordi den er bunden til bestemte turtal. Tannhjulsvekslar vert ofte nytta i denne samanheng, og ein nyttar då vanlege hurtiggåande motorar direkte tilkopla gearhuset slik at den leverast som ei kompakt eining. Den kompakte eininga kallast då tannhjulsmotor.

Bruksområde for tannhjulsmotoren er heisar, anleggsmaskiner, landbruket og i industrianlegg. Bruken av denne type motor førekjem også på maritime anlegg, men i begrensa utstrekking.

Bremsemotoren

Ein bremsemotor er ein elektrisk motor som er utstyrt med ei brems. Dette gjer at motoren kan stoppe raskt og sikkert når det er nødvendig. Motoren nyttast ofte i applikasjonar der presis kontroll over rørsle er viktig, som til dømes i løfteutstyr, kranar og maskiner.

Bremsemotorar kan komme i ulike typar og konfigurasjonar, inkludert 3-fase-motorar med både vekselstraumbremser (AC) og likestraumbremser (DC). Når straumen til motoren vert broten, aktiverast bremsa automatisk for å stoppe motoren sin rotasjon.

Trefasemotor med fjørtrykkbremse.

Trefasemotorar med fjørtrykkbremse er ein type elektrisk motor som kombinerer krafta til trefasemotorar med presis bremsekontroll med hjelp av ei fjørtrykkbremse. Dette gjer dei særskilt eigna for applikasjonar der det er viktig å kunne stoppe rotasjonen raskt og nøyaktig, som i heisar, transportband og industrielt maskineri.

Hovudfunksjonane til slike motorar inkluderer:

1. **Trefasemotor**: Utnyttar trefasa elektrisk straum for effektiv og kraftig drift, noko som gjev høg yting og energieffektivitet.
2. **Fjørtrykkbremse**: Aktiverast automatisk når straumen brytast, og gjev dermed umiddelbar stopp av motoren. Bremsa haldast normalt i frigjort posisjon med hjelp av ein elektromagnet, og når straumen til elektromagneten brytast, vil fjøra trekkje bremsa inn og stoppe motoren.
3. **Presis Kontroll**: Fjørtrykkbremsa gjev moglegheit for nøyaktig og sikker stopp av motoren, noko som er essensielt i mange industrielle bruksområder.



SFB Elektromagnetisk bremse.
Bilde henta fra LØNNE motorkatalog.

Disse motorane nyttast ofte i applikasjonar som krev stor pålitelegheit og tryggleik, som løfteutstyr, kranar, transportband og ulike typar maskineri.

Momentmotorar

Ein momentmotor, ofte kalla dreimomentmotor eller torque motor på engelsk, er ein type elektrisk motor særskilt utvikla for å levere høgt dreiemoment ved lav rotasjonshastigheit eller stasjonær posisjon. Momentmotorar nyttast i ulike industrisektorar der presis og kraftig rotasjonskontroll er nødvendig.

Hovudeigenskapar ved momentmotorar inkluderer:

1. **Høgt dreiemoment**: Dei kan levere høge mengder dreiemoment sjølv ved lavare hastigheiter, noko som er ideelt for applikasjonar som krev stor kraft, men minimal rotasjon.
2. **Direktedrift**: Dei er ofte designa for å bli kopla direkte til lastane, utan behov for girsystem eller andre mellomledd. Dette reduserer slitasje og mekaniske tap.
3. **Presis kontroll**: Dei gjev svært nøyaktig posisjons- og hastigheitskontroll, noko som er kritisk i maskiner med presisjonskrav som CNC-maskiner, robotar og verktøymaskiner.
4. **Lite vedlikehald**: Færre bevegelege delar samanlikna med tradisjonelle motorar og girsystem, gjev momentmotorar ein høg driftstryggleik og lavt vedlikehaldsbehov.

Momentmotorar fins i ulike typar, inkludert synkrone og asynkrone variantar, og kan nytte ulike teknologiar som permanentmagnet eller elektromagnetiske felt.

Intermitterande drift

Intermitterende drift refererer til ein driftsmetode der motoren eller maskina opererer i korte periodar, følgd av pauser eller kvileperiodar før neste driftssyklus startar. Denne syklusen med på- og av-periodar fortset så lenge systemet er i bruk. Intermitterande drift er vanleg innan mange applikasjonar og bransjar, som emballasjeproduksjon, materialhandtering og automatiserte prosessar.

Hovudtrekka ved intermitterande drift er:

1. **Syklisk drift**: Med jamne mellomrom startast og stoppast motoren, noko som reduserer slitasje på motorkomponentane og forlengar levetida til systemet.
2. **Energisparing**: Motoren forbrukar energi berre under dei periodane den er aktiv, noko som kan gje vesentlege energieffektiviseringsgevinstar.
3. **Varmehandtering**: Kvila mellom periodar med drift er med på å redusere motoren sin temperaturauke, og sikrar dermed pålitelegheit over tid.

Intermitterende drift er også kjend som periodisk drift eller syklisk drift, og kan konfigurerast for å møte spesifikke applikasjonsbehov.

Utføring A for S1-drift.

Denne momentmotoren kan når den er kopla i stjerne ligge tilkopla nominell spenning, og i stillstand utvikle sitt nominelle dreiemoment. Den kan korttidig koplast til nettet i trekant og utviklar då ca. 3 gangar nominellmomentet og kan nyttast til å lausrive fastkøyrde maskineri. Ein må då likevel sjå til at motoren koplast frå nettet før skadeleg oppvarming opptrer. På slike innretningar er det vanleg å nytte termistorvern.

Utføring B for S2-drift 25% ED.

Denne motoren eignar seg særskilt for intermitterande drift 25% ED. Stadig stillstand med nominell spenning tilkopla er ikkje mogleg. I motsetning til A-utføringa er ei belastning på 3–4 - gangar nominellmomentet mogleg.

Omsyn å ta grunna temperaturen

OMSYN Å TA GRUNNA TEMPERATUREN

Momentmotorar nyttast som oftast som koplingselement og ligg også i stillstand kontinuerleg kopla til nettet.

Dersom momentmotoren byggjast inn i ei verktøymaskin eller liknande må det sørgast for best mogleg varmeavleiing. Dersom den vert montert frittståande bør den forsynast med berøringsvern.

Med omsyn til den høge temperaturen vert det også tilrådd å nytte varmebestandig kabel ved tilkoplinga. Frå motoren sitt klemmebrett kan det t.d. leggast opp ei SINOTHERM-leidning til ein koplingsboks og vidare derifrå med vanleg leidning.

For å få ei betre utnytting av motoren leverast dei ofte med isolasjonsklasse F.

Isolasjonsmaterialar for viklingar

Vi kan dele opp isolasjonsmaterialane i 5 isolasjonsklassar i samsvar med tabell nedanfor.

Sjå også i NEK 410A

Isolasjonsklasse	**A**	**E**	**B**	**F**	**H**
Omgjevnadstemperatur (°C)	40	40	40	40	40
Tillaten temperaturstiging (°C)	60	75	80	105	125
Temperaturreserve (°C)	5	5	10	10	15
Maks temperatur (°C)	105	120	130	155	180

Temperaturklassar i eksplosjonsfarlege områder

Temperaturar for elektrisk utstyr: IEC 60079–0 og NEK 410

Her er ein tabell som viser temperaturklassane T1 til T6 for elektrisk utstyr. Disse klassane opplyser om maksimal overflatetemperatur som utstyret kan nå i eksplosjonsfarlege områder (ATEX-klassifisering), slik at det ikkje tenner ein gass- eller dampatmosfære.

Temperaturklasse	**Maks. overflatetemperatur**	**Typiske gassar/dampar**
T1	450 °C	Karbonmonoksid, metan
T2	300 °C	Etylen
T3	200 °C	Bensin, aceton
T4	135 °C	Eter, metanol
T5	100 °C	Etyl-nitrat
T6	85 °C	Karbondisulfid (CS_2)

!

VIKTIG Å VITE:

- Valg av temperaturklasse avheng av tenntemperaturen til dei eksplosive gassane eller dampane i området.
- Utstyr må ha ein lavare maksimal overflatetemperatur enn den laveste tenn- temperaturen i området der det nyttast.

Motordriftstypar

MOTORDRIFTSTYPAR

Motordriftstypen er angjeven med ein av nemningane S1 - S9. S1 er den normale operasjonen der motoren sin nominelle effekt er indikert. I visse operasjonar kan likevel motoren sin nominelle effekt aukast. Avhengig av korleis belastninga og dermed motoren sin utgangseffekt varierer med tida, er ulike driftstypar lista opp nedanfor. Den nominelle effekten for kvar type drift bestemmast av ein lasttest, som motoren må passere utan å overskride temperaturgrensene som er sett i IEC 60034–1: 2017.

For drift type S2 må nemninga følgjast av lengda på lastperioden. I driftsmodusane S3 og S6 må nemningar følgjast av ein periodisk faktor. Døme: S2 60 minutt, S3 25%, S6 40%. Ved plikter S4, S5, S7, S8, S9, må nemningar følgjast av treighetsmomentet etc.

S1 - Kontinuerleg drift
Motoren køyrer med konstant belastning i tilstrekkeleg tid til å nå temperaturbalansen.

S2 - Kortsiktig drift
Motoren fungerer med konstant belastning, men ikkje lenge nok til å nå temperaturbalansen. Kvileperiodane er lange nok til at motoren når omgjevnadstemperatur.

S3 - Periodisk drift
Sekvensielle, identiske køyre- og kvilesyklusar med konstant belastning. Temperaturbalansen vert aldri oppnådd. Startstraum har liten innverknad på temperaturauken.

S4 - Periodisk drift med start
Sekvensiell, identisk start-, køyre- og kvilesyklus med konstant belastning. Temperaturbalansen vert ikkje oppnådd, men startstraumen påvirkar temperaturauken. (Liknar på S3, men det er ei betydeleg starttid innan den periodiske operasjonen.)

S5 - Periodisk drift med elektrisk bremsing
Sekvens av identiske driftssyklusar - start, drift, bremsing og kvile. Igjen vert ikkje termisk likevekt oppnådd.

S6 - Periodisk drift med kontinuerleg drift
Sekvensielle, identiske driftssyklusar med ei periode ved last etterfølgd av ei periode utan belastning. Forskjellen mellom S1 er at motoren går utan belastning, utan å stoppe.

S7 - Periodisk drift med kontinuerleg drift med elektrisk bremsing
Sekvensielle identiske syklusar med start, køyring med konstant belastning og elektrisk bremsing. Ingen kvileperiodar.

Pr S6, men med vesentlege start- og elektriske brotperiodar. Igjen køyrer motoren utan belastning i periode i staden for å stoppe.

S8 - Periodisk drift med kontinuerleg drift med tilhøyrande endringar i belastning/hastigheit
Sekvensielle, identiske driftssyklusar køyrer med konstant belastning og fastsett hastigheit, og køyrer deretter med andre konstante belastningar og hastigheiter. Ingen kvileperiodar, og termisk likevekt er ikkje nådd.

S9 - Drift med ikkje-periodiske belastnings- og hastigheitsvariasjonar (frekvensomformar drift)
Last og hastigheit varierer med jamne mellomrom innanfor det tillatne driftsområdet. Hyppig overbelastning kan førekomme.

Motorar i eksplosjonsfarlege områder

MOTORAR I EKSPLOSJONSFARLEGE OMRÅDER

Eksplosjonsfarlege områder er områder som er avgrensa med tanke på at det er eksplosjonsfarleg atmosfære i området.

Områda kan inndelast i soner, og definisjonen av den enkelte sona er skildra i NEK 410.

I Europa er det ATEX-direktivet som skildrar korleis Ex-utstyr skal merkast.

I tillegg kan følgjande relaterte standardar vere relevante, avhengig av type vern:

Standard	Innhald
IEC 60079–1	Flammeproof enclosure "d" (trykkfast kapsling)
IEC 60079–2	Pressurization "p"
IEC 60079–7	Increased safety "e"
IEC 60079–11	Intrinsically safe "i"
IEC 60079–18	Encapsulation "m"

Områda ombord skal med omsyn til eksplosjonsfaren, vere klassifisert i to hovudområder:

- farleg område
- sikkert område

Farleg område skal vere klassifisert i tre soner:

- SONE 0
- SONE 1
- SONE 2

Vi skal no sjå på bruk av motorar i dei enkelte soner, og kva for krav som stillast til den enkelte motor i kvar sone. Det er soneinndelinga som bestemmer valg av motortype.

SONE 0:

Områder der det heile tida eller i lange periodar førekjem ei eksplosiv blanding av brennbar gass, damp eller svevande væskedråpar og luft.

DET KAN IKKJE NYTTAST MOTORAR I SONE 0

SONE 1:

Områder der det av og til må reknast med at det under normale driftstilhøve førekjem ei eksplosiv blanding av brennbar gass, damp, eller svevande væskedråpar eller lt1ft.

I SONE 1 KAN DET NYTTAST MOTORAR

Motorar som skal nyttast i sone 1 skal vere særskilt konstruert for eksplosjonsfarlege områder, og det skal følgje med eit særskilt godkjend sertifikat frå godkjend prøveinstans.

SONE 2

Områder der det kan reknast med at det berre unntaksvis og kortvarig førekjem ei eksplosiv blanding av brennbar gassdamp eller svevande væskedråpar og luft.

I SONE 2 KAN DET NYTTAST MOTORAR

Motorar som skal nyttast i sone 2 kan vere normale kortslutningsmotorar, men den innvendige overflatetemperaturen på statorvikling og rotorvikling må ikkje under drift overskride den aktuelle temperaturklasse til motoren. Dette vil igjen seie at overflatetemperaturen ikkje må overskride 80 °C. Dersom det kan skje for den enkelte motor, skal produsent angje dette i sine motorkatalogar.

Motorane sin kapslingsgrad er bestemt ut ifrå tabellar som fins i NEK 410. Dette gjeld for vanlege standard motorar.

Når det gjeld motorar for bruk i eksplosjonsfarlege områder er det motoren si utføring som bestemmer kva for verneklasse den skal tilhøyre. Denne motor vil også ha ei IP-grad.

Verneklassar

- motorar i verneklasse "e" tennsikker utføring (Ex e)
- motorar med verneklasse "d" eksplosjonssikker utføring (Ex d)
- motorar i verneklasse "p" overtrykkskapsling (Ex p)

Motorar i verneklasse "Ex e" (tennsikker utføring).

Disse motorane er videreutvikla frå vanlege, luftkjølte, trefase kortslutningsmotorar (vernegrad IP55 i samsvar med IEC 60034–5). Dei har i hovudsak same mekaniske konstruksjon og fysiske dimensjonar som standardmotorar, men deira yting og driftseigenskapar er tilpassa krava til eksplosjonsvern.

Typiske eigenskapar for motorar i verneklasse "Ex e":

Motorar med tennsikker utføring skal oppfylle krav i EN 60079–7 (tidlegare DIN EN 50019), som regulerer «forbedret sikkerhet» for elektriske apparat i eksplosjonsfarlege områder. Følgjande punkt er særleg viktige:

- Motortype: Kun kortslutningsmotorar (squirrel-cage) er tillate.
- Kapslingsgrad: Minimum IP20 for motoren og IP54 for tilkoplingsboksen (klemkassa). Det vert tilrådd å nytte overflatekjølte motorar med kapslingsgrad IP44 eller høgare.
- Vernegitter: Luftinntak kan ha ei maskevidde større enn 12 mm, så lenge krav til mekanisk vern og tryggleik oppretthaldast.
- Elektriske tilkoplingar: Skal vere utstyrt med overfalsklemmer. Alle skruar og boltar må sikrast mot å losne (t.d. med låsemidlar).
- Koplingshus: Skal vere godkjend i samsvar med eksplosjonsvernkrav og kan omfatte eit sertifisert klemmebrett eller spesialdesigna koplingsboks.
- Jording: Jordingsskrue skal finnast både inne i koplingshuset og på motoren sin ytre kapsling.
- Viklingsimpregnering: Må vere godkjend av eit akkreditert testorgan (t.d. PTB eller tilsvarande).
- Merking: Verneklasse, temperaturklasse og sertifikatnummer skal vere tydeleg opplyst på motoren sitt typeskilt eller på eit separat merkeskilt.

Dei fleste Ex e-motorar har spesialtilpassa vikling for å redusere effekttap og varmeutvikling samanlikna med standardmotorar.

Merknadar

- DIN EN 50019 er no erstatta av EN 60079–7 / IEC 60079–7, som er den gjeldande standarden for tennsikker ("e") utføring.
- PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) er framleis ein anerkjend instans, men det er no vanleg å referere til "sertifisert tredjepart" eller "notified body" i samsvar med ATEX (ATmospheres EXplosibles).
- ATEX er namnet på to EU-direktiv som regulerer utstyr og arbeidsmiljø i eksplosjonsfarlege områder – områder der det fins brennbare gassar, damp, tåke eller støv.

Oppretthalding av eksplosjonsvernet under drift.

For å sikre at eksplosjonsvernet oppretthaldast under drift, må kvar motor vere utstyrt med ein motorvernbrytar innstilt på motoren sin merkestraum.

Ved valg av motorvernbrytar må ein sjå til at den – i samsvar med sin utløysar karakteristikk i kald tilstand (20° C) – koplar ut innanfor den tE-tiden som er opplyst på motoren sitt typeskilt og i tilhøyrande sertifikat dersom rotoren skulle blokkere (t.d. ved fastbremsing).

Når det nyttast ein standard motorvernbrytar, må motoren ikkje utsettast for hyppige startar over kort tid. Antal startforsøk må avgrensast til normal starthyppigheit for å unngå overbelastning og varmeoppbygging.

For polomkoplbare motorar (motorar med fleire turtal) i Ex e-utføring**,** må det nyttast ein eigen motorvernbrytar for kvart turtal. Disse motorvernbrytarane må vere mekanisk og elektrisk forrigla**,** slik at det ikkje er mogleg å kople direkte frå eitt turtal til eit anna medan motoren er i drift.

Temperatur og eksplosjonsvern.

I eksplosjonsfarlege områder kan brennbare gassar trenge inn i alle delar av motoren. Difor er det varmaste punktet i motoren avgjerande for tryggleiken.

For å sikre tilstrekkeleg eksplosjonsvern må det mest kritiske driftstilfellet vurderast. For ein kortslutningsmotor er dette når rotoren er fastlåst (stillestående), medan statoren framleis er tilkopla nominell spenning og frekvens.

I samsvar med IEC 60079–0, er det fastsett maksimum tillaten temperatur for både stator- og rotorviklingar under slike ekstreme tilhøve. Dersom disse temperaturgrensene vert nådde – enten i stator eller rotor – må motoren koplast ut straks med hjelp av ein brytar med termisk overstraumsvern.

Grensetemperaturen er avgjerande for motoren sin belastningsevne og utnytting. I denne samanheng skil ein mellom:

- Stator-kritiske motorar – der temperaturen i stator er begrensande.
- Rotor-kritiske motorar – der temperaturen i rotor er begrensande.

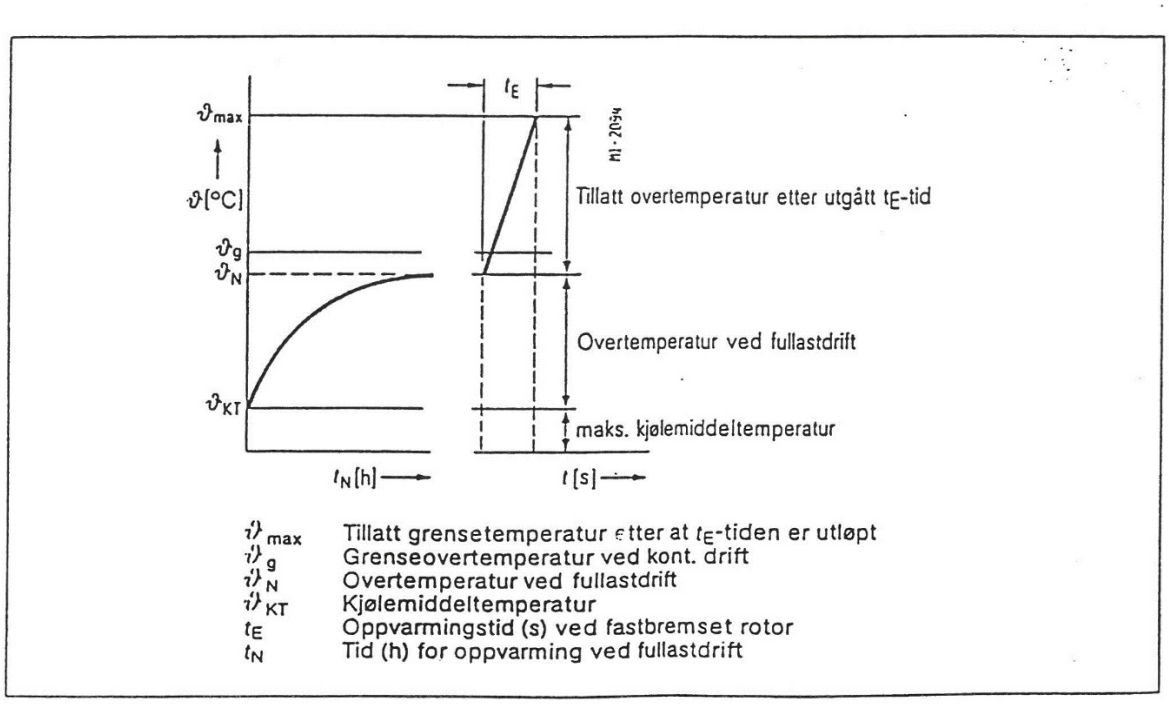
Dette har betydning for tE-tiden, som er den maksimale tida motoren kan vere tilkopla under blokkert rotor før temperaturen når ei kritisk grense.

Den maksimalt tillatne omgjevnadstemperaturen er som standard sett til + 40 °C, med mindre anna er spesifisert.
Statoren sin tillatne viklingstemperatur reknast som summen av omgjevnadstemperaturen og motoren sin interne temperaturgrense i samsvar med klassifisert temperaturklasse.

Begrepet tE - tid

Motoren må seinast koplast ut når enten rotor- eller statorviklinga har nådd temperaturen ϑ maks. Når motoren belastast med startstraumen, stig temperaturen svært hurtig og temperaturen ϑ vert oppnådd på svært kort tid.

Den tid som går med til temperaturen ϑ maks vert nådd med utgang frå temperaturen ved fullast drift og fast bremsa rotor, kallast t_E-tid dvs. oppvarmingstida. For at motoren skal kunne starte opp utan utilsikta utkopling fra bimetallrelea, er det foreskrive ei minimums t_E-tid, avhengig av startstraumforholdet IA/IN.



Med referanse i fastlagde prøvebestemmelsar for oppvatningstida t_E, må startforholdet når det gjeld motorar i verneklasse Ex e undersøkjast særskilt.

Motorar med verneklasse Ex e bør normalt ha ei starttid som er:

$$t_A \leq 1,7 * t_E$$

Dersom starttida t_A er nokonlunde den same som t_E-tida, kan det bli vanskelegheiter med å beskytte ein straumovervåka motor, då ein t.d. ved gjentekne startar får ei falsk utkopling eller at utkopling uteblir sjølv om maksimal temperatur vert oppnådd på stator eller rotor fordi motorvernet har lavare termisk tidskonstant enn motor og vil dermed avkjølast raskare.

Motorer som skal nyttast til andre driftsartar enn S1 må ha verneklasse Ex d.

Motorar med verneklasse Ex d (eksplosjonssikker kapsling).

Dei fleste motortypar kan leverast i verneklasse Ex d**.**

Medan verneklasse Ex e (forbetra tryggleik) byggjer på ein standardmotor med nødvendige tilpassingar, er ein Ex d-motor konstruert etter heilt andre prinsipp. Her er kapslinga utforma for å:

- tåle ein intern eksplosjon utan strukturell skade, og
- hindre at flammar eller varme gassar slepp ut og antenner den omgjevande atmosfæra.

Målet med Ex d-vern er altså å halde inne og kontrollere ein eventuell eksplosjon innvendig i motoren, og sikre at trykkbølgjer og flammar ikkje fører til fare utanfor kapslinga.

Motorar i verneklasse Ex d leverast i følgjande utføring: Ex d - IP 55.

Eksplosjonssikre motorar (Ex d) kan som hovudregel belastast med full nominell effekt opp til og med temperaturklasse T4 (maks. overflatetemperatur 135 °C).

Ved krav om høgare tryggleik – som ved temperaturklasse T6 (maks. overflatetemperatur 85 °C) – kan det vere nødvendig å redusere motoren sin effekt for å halde overflatetemperaturen innanfor dei definerte grensene. Dette gjeld likevel berre enkelte motortypar.

Motorar i verneklasse Ex p (overtrykkapsling).

Verneklasse Ex p nyttast i situasjonar der motorar med forbetra tryggleik (Ex e**)** ikkje er tilstrekkelege, eller der eksplosjonssikre motorar (Ex d) blir for dyre eller uhøvelege.

Overtrykkapsling (pressurization) er ein metode som nyttast særleg for større motorar, som:

- kortslutningsmotorar,
- sleperingsmotorar,
- trefase kommutatormotorar,
- likestraums motorar.

Vernet vert oppnådd ved at motoren sin kapsling haldast under eit konstant overtrykk av rein luft eller ein inertgass (t.d. nitrogen), slik at eksplosiv atmosfære ikkje kan trenge inn i kapslinga.

Driftsvilkår

For at Ex p-vernet skal vere effektiv, gjeld følgjande krav:

- Startforrigling: Motoren kan først startast etter at kapslinga er gjennomspylt med luft eller inertgass tilsvarande minst 5 gangar volumet av kapslinga.
- Overvåking: Dersom forsyninga av spyle- eller overtrykkmedium stansar (t.d. ved feil på framandventilatoren), må motoren automatisk koplast ut for å unngå risiko for antenning.

Merknad

Ex p-vern delast vidare inn i underkategoriane px, py og pz, avhengig av bruksområde og tryggleikssnivå, i samsvar med IEC 60079–2.

Merking:

Alt godkjend Ex-utstyr som skal takast med inn i eit eksplosjonsfarleg område skal merkast. I Europa er det ATEX-direktivet som skildrar korleis Ex-utstyr skal merkast. Dei same retningslinjene er innført i Norge, i «*Forskrift om utstyr og sikkerhetssystem til bruk i eksplosjonsfarlig område* https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-11-29-1849?q=forskrift%20om%20utstyr%20og%20sikkerhetssystem.
Ex-utstyr er som regel merka både med ATEX-merke og IEC 60079-serien, som er ein internasjonal standard. Hensikta med merkinga er å gje deg informasjon om at utstyret er Ex-godkjend, om vernearter, utstyr- og gassgruppe, temperaturklasse og vernenivå.

Av merkinga skal du mellom anna kunne lese kva for soner og gassar eller typar støv utstyret er laga for, kva for ytre påkjenningar utstyr tåler og kva slags vernetype det har.

- Ex d = Flameproof (IEC 60079–1)
- Ex e = Increased safety (IEC 60079–7)
- Ex p = Pressurization (IEC 60079–2)
- Alle vernemetodar må nyttast saman med korrekt merking, godkjenning og installasjon i samsvar med IEC 60079–14.

Krav om opplæring

Det er viktig at du som jobbar i eksplosjonsfarlege områder kjenner til denne merkinga, slik at du ikkje set deg sjølv eller andre i fare. Faktisk stiller myndigheitene krav om at du som skal jobbe i eksplosjonsfarlege områder, har gjennomgått og kan dokumentere opplæring, til dømes gjennom e-læringskurs som «Sikker adferd i eksplosjonsfarlige områder https://www.trainor.no/cms/Kurs/E-laering/Sikker-adferd-i-eksplosjonsfarlige-omraader

Samanlikning: Ex d, Ex e og Ex p

Verneklasse	Nemning	Prinsipp	Bruksområde	Fordelar	Ulemper
Ex d	Eksplosjons-sikker kapsling	Tåler og inneheld intern eksplosjon – hindrar flammeutslepp	Vanleg i grove industriar (prosess, olje/gass)	Robust, krev ingen ekstra utstyr	Tung, dyr, vanskeleg å vedlikehalde
Ex e	Forbetra tryggleik	Hindrar gnistar, overflatetemp. og dårleg tilkopling	Standardvalg for mindre og middels motorar	Rimelegare, enklare	Lavare vernenivå, må kombinerast med anna vern
Ex p	Overtrykks kapsling	Hindrar eksplosiv atmosfære i å komme inn via overtrykk	Store motorar, kommutatormotorar, DC-motorar	Eigna for store og spesial-motorar	Krev luft/inertgass, overvåking og forrigling

Ny og gammel standard:

Nemning	Status	Kommentar
EEx e **EEx d** **EEx p**	Utdatert	Nytta i eldre europeiske standardar (før ATEX og IEC-harmonisering)
Ex e **Ex d** **Ex p**	✓ Gyldig	Nyttast i dagens IEC 60079-serie og ATEX-direktiv

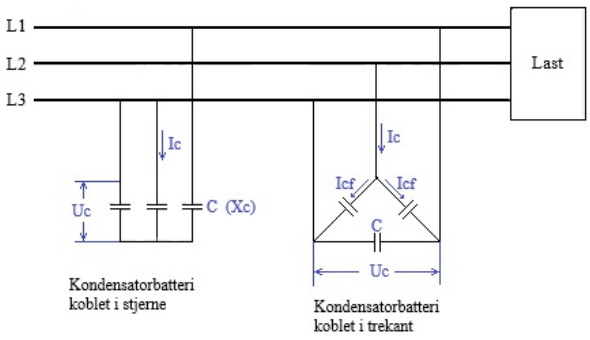
Fasekompensering

FASEKOMPENSERING

Det er lite fasekompensering ombord i skip, men skal ein utnytte energien betre vil det også verte aktuelt med fasekompensering ombord i dagens skip. Tidlegare har vi lært at induktiv energi pendlar mellom forbrukar og kilde. Sjå avsnittet for fase kompensering av

1-fase kretsar. Det er kun den aktive energien som blir omgjort til arbeid på forbrukarstaden. Motoren er ein induktiv forbrukar som trekkjer induktiv effekt, og det er i slike høve ein ønskjer å fasekompensere. Det som kan motvirke den induktive effekten i å pendle tilbake til kilden er kondensatorar som er kopla i parallell med motoren så nær motoren som mogleg.

Ved trefasenett kan kondensatorane enten koplast i trekant eller i stjerne, og det kallast då for eit kondensatorbatteri.



f(x)

DEI GRUNNLEGGANDE FORMLANE

$$Xc = \frac{1}{2*\pi*f*c}$$
$$Uc = Ic * Xc$$

Disse formlane er dei grunnleggande formlane, men ved trefase berekningar skal vi ta omsyn til den reaktive effekten (Qc) som kondensatorbatteriet treng for å gjennomføre fasekompenseringa. Vi kan også ta omsyn til den reaktive straumkomponenten som kondensatorbatteriet treng (Ie). Eg skal vise begge døma.

Korleis bør kondensatorane koplast.

Kapasitansen C hjå den enkelte kondensator ved trekantkopling er berre ein tredjedel av kondensatorkapasitansen ved stjerne kopling ved same reaktive effekt.

Kondensatoren sin klemmespenning er likevel ved trekantkopling tre gangar større enn ved stjernekopling. Då omkostningane for ein kondensator vesentleg avheng av kapasitansen, nyttast vanlegvis trekantkopling ved lavspentanlegg der isolasjonen ikkje er noko problem. Ved høgare spenningar over 3 kV nyttast gjerne stjernekopling, men då får vi berre fasespenninga over kondensatoren.

Fordelen ved innkopling av kondensatorer.

Dårleg belasta asynkronmotorar arbeider som nemnd med ein lavare effektfaktor enn ved full last, då motoren sin magnetiseringsstraum aukar lite frå tomgang til full belastning.

Ei industribedrift som arbeider med dårleg belasta motorar, vil ha eit anlegg med lav effektfaktor. Dvs. at motorane er for store i høve til den lasta dei skal drive.

Dei fleste EL-verk krev ei ekstra straumavgift for anlegg som arbeider med ein lav effektfaktor.

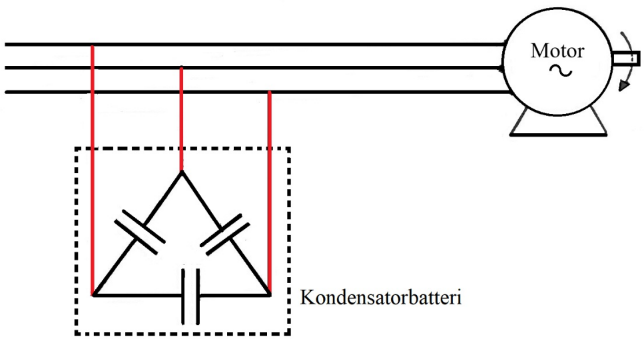
Ein må difor sørgje for at motorar ikkje vert valde unødig store i høve til lasta. Dette fører til ein relativt stor reaktiv straumkomponent i høve til den aktive straumkomponenten.

Betring av faseforskyving kan gjerast på to måtar:

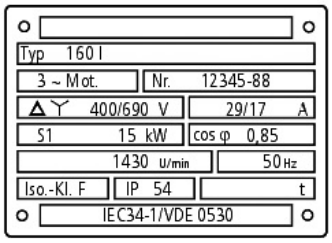
1) Synkronmotorer som overmagnetiserast vil gje ein reaktiv straum som er kapasitiv og ligg 180 grader framfor den induktive straumen som magnetfelta krev til sin oppbygging.

2) Statiske kondensatorar.

> Med å forbetre effektfaktoren ved eit anlegg som er toppbelasta, og som arbeider med ein lav effektfaktor, kan ytterlegare effekt overførast.



Døme motoroppgåve:



Vi ønskjer å førebu effektfaktoren (cos φ) til 0,95.

Spenning, straum og cos φ står på merkeskiltet til motoren.

> Cos φ = 0,85 da blir sin φ = 0,5268 og tan φ = 0,6197

Først må vi no finne den tilførte aktive effekten (P_t) og den reaktive effekten (Q).

> $$P_t = U * I * \cos\varphi * \sqrt{3}\, P_t = 400 * 29 * 0,85 * \sqrt{3} = 17078\ W$$
> $$Q = \sqrt{3} * U * I * \sin\varphi\, Q = \sqrt{3} * 400 * 29 * 0,5268 = 10584\ \mathrm{VAr}$$

Motoren trekkjer ein aktiv straumkomponent som går med til lasta og friksjon.

> $$I_a = I_h * \cos\varphi = 29 * 0,85 = \underline{24,65A}$$

Motoren trekkjer også ein reaktiv straumkomponent som går med til å dekke magnetiseringsbehovet til motoren.

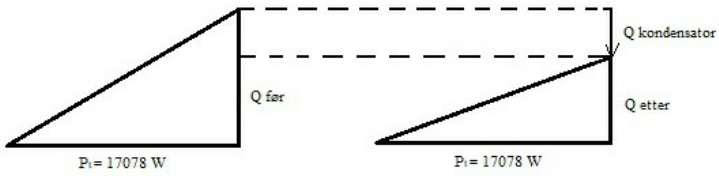
> $$I_r = I_h * \sin\varphi = 29 * 0,5268 = 15,28\ A$$

a) Vi skal no berekne kondensatoren sin reaktive effekt.

> Ny cos φ = 0,95 da blir sin φ = 0,3122 og tan φ = 0,3287

No må vi først finne den reaktive effekten etter fase kompensering. Den reaktive effekten pendlar mellom generator og motor. Vi må passe på å nytte tan ϕ då den aktive effekten Pt ikkje blir endra, det er kun Q som skal justerast. $Tan\ \varphi = \frac{P}{Q}$

> Ny Q = $P_t * \tan\varphi = 17078 * 0,3287 = 5614\ VAr$



> $Q_c = Q_{før} - Q_{etter} = 10584\ VAr - 5614\ VAr = 4970\ VAr$

Med hjelp av trekantane er det vist korleis vi kjem fram til kondensator effekten som er nødvendig for å betre effektfaktoren til 0,95.

Men ved berekningar heretter nyttar vi formelen og set direkte inn i den.

f(x)

FORMEL

$$Q_c = P_t \cdot (\tan\varphi_{\text{før}} - \tan\varphi_{\text{etter}})$$

$$Qc = 17078 * (0,6197 - 0,3287) = 17078 * 0,291 = 4970\ VAr$$

Før fasekompensering pendla det ein reaktiv effekt på 10584 VAr mellom generator og motor. Etter fasekompenseringa blei denne reaktive effekten redusert vesentleg frå nettet.

Vi har no fjerna differansen mellom reaktiv effekt før og etter fasekompensering. No pendlar det 5614 VAr mellom generator og motor. Differansen på 4970 VAr pendlar no mellom kondensatorbatteriet og motor.

Det same vil skje med dei tilsvarande verdiar for straumane.

b) No skal vi berekne kapasitansen C pr. fase for dei enkelte kondensatorar i kondensatorbatteriet.

> $\omega = 2 * \pi * f$ (f = frekvens i Hertz)
>
> $X_C = \frac{1}{\omega * C} = \frac{1}{2 * \pi * f * C}$ (C = kapasitans i Farad)

Ohms lov: $U = I * Z$

> $Uc = Ic * Xc\, U_C = I_C * \frac{1}{\omega * C}\ U_C = \frac{\text{Ic}}{\omega * C}$

Kapasitansen blir:

> $C_{\text{fase}} = \frac{I_{c,f}}{U_{c,f} \cdot \omega}$
>
> 1-fase: $I_C = U_C * \omega * C$ 3-fase: $I_{\text{Cf}} = U_{\text{Cf}} * \omega * C$

Straumen til kondensatorbatteriet er ein rein reaktiv straumkomponent det vil seie:

$$Ic = I * sin\,\varphi \ \ (sin\,\varphi = 1)$$

Kondensatorbatteriet sin reaktive effekt:

$Qc = Uc_f^2 * \omega * C * 3$

Uc_f er fasespenninga og dermed nyttast formelen både i stjerne og trekantkopling av kondensatorbatteriet.

Trekantkopling (Δ):

$$C_\Delta = \frac{\mathrm{Qc}}{\mathrm{Uc}_f^2 * \omega * 3} = \frac{4970}{400^2 * 2 * \pi * 50 * 3} = 3,296 * 10^{-5} = 32,96 * 10^{-6}\ F = 32,96\ \mu\mathrm{F}$$

Stjernekobling (Y):

$$C_Y = \frac{\mathrm{Qc}}{\mathrm{Uc}_f^2 * \omega * 3} = \frac{4970}{231^2 * 2 * \pi * 50 * 3} = 9,882 * 10^{-5} = 98,82 * 10^{-6}\ F = 98,82\ \mu\mathrm{F}$$

c) Berekn kondensatorbatteriet sin hovudstraum og fasestraum i trekant kopling.

$$I_h = \frac{P}{\sqrt{3} * U * cos\varphi} = \frac{17078}{\sqrt{3} * 400 * 0,85} = \underline{\underline{29A}}$$

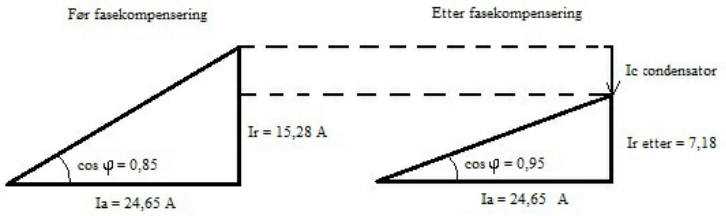
I vårt høve er hovedstraumen (I_h) også opplyst på motorskilt.

$$I_{r,\text{etter}} = I_a \cdot \tan\varphi = 24.65 \cdot 0.3287 = \underline{8.1\ \mathrm{A}}$$

Kondensatorbatteriet sin hovedstraum:

$Ic = Ir_{før} - Ir_{etter} = 15,28 - 8,1 = 7,18\ A$

$$Ic = \frac{\mathrm{Ic}_h}{\sqrt{3}} = \frac{7,18}{\sqrt{3}} = 4,15$$



Ved fasekompensering unngår ein følgjande:

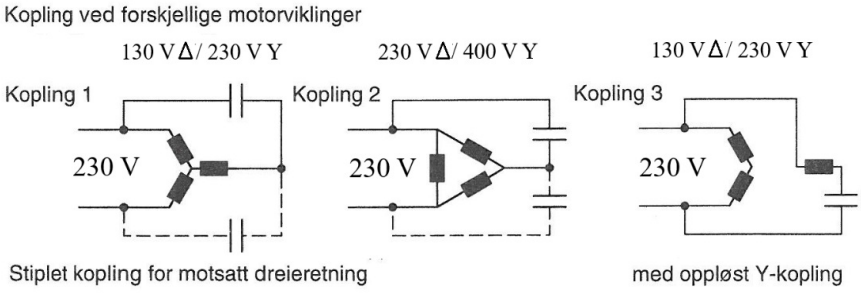
1. Tap i generatorar, transformatorar og leidningar.
2. Feil tilhøve mellom drivmaskin (diesel) og generator.
   Då vil ikkje drivmaskin merke noko til reaktiv effekt.
3. Feil tilhøve mellom drivmaskina sin regulator og generator sin spenningsregulator.
4. Auka magnetiseringsyting.

Bruk av trefasemotorar som einfasemotorar

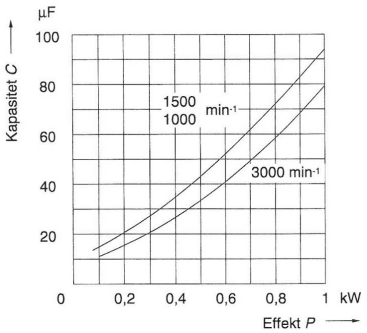
BRUK AV TREFASEMOTORAR SOM EINFASEMOTORAR

I særskilde høve kan normale trefasa motorar nyttast som einfasemotorar.

Figuren under viser nokre døme på korleis ein trefasa motor kan nyttast som einfasemotorar med kondensator.



Den nødvendige kondensatorstørelsen kan takast ut frå diagrammet på figur under. Motorytinga er ca. 70–80 % av den trefasa ytinga, og startmomentet er berre 25–35 % av det nominelle momentet ved einfasa drift.



Avgitt effekt P ved enfasedrift = 70 - 80 % av effekten ved trefasedrift

Kondensatorkapasiteten gjeld for koplingane 1 og 2 på figur over ved 230 V. Her må kondensatoren leggast ut for 1,15 x nettspenninga, i 230 V nett for minst 265 V.

Ved kopling 3 på figur over er den nødvendige kondensatorstørelsen berre halvparten så stor som ved koplingane 1 og 2 med same motormerkeeffekt og same nettspenning. Kondensatoren må utførast for ein kontinuerleg driftsspenning på 1,35 x nettspenninga, i 230 V nett altså for 310 V.

Det er økonomisk forsvarleg å nytte trefasemotorar med kondensator for kontinuerleg drift til einfasa drift berre inntil einfase effektar opp til ca. 2 kW grunna kondensator- omkostningane.

For andre nettspenningar endrar kondensatorstørelsen seg i omvendt høve til kvadratet av nettspenningane.

Grunna det lave startmomentet og dei dårlege eigenskapane under startperioden er disse motorane berre eigna for drift av vifter og maskiner med avlasta start.

Trefase motor med kondensatorar slik at den blir einfase.



Resten av kapittelet er henta fra LØNNE motorkatalog med løyve frå RUBIX

Trykk her for PDF av resten av kapittelet, PDF fra Lønne motorkatalot http://www.marfag.no/k59/kap9_lonne.pdf

Motor Series 1TZ9 IE1
2-pole: 3000 rpm at 50 Hz

Type	Output		RPM	T rated	η rated 50Hz			Cos ϕ	I rated	I Start / I rated	T Start / T rated	T B.Down / T rated	Sound pressure	Weight	Inertia
	kW	kW	400V	Nm	100	75	50	50Hz	400V				db(A)	A/C IM B3	J
	50Hz	60Hz	50Hz	50Hz	%	%	%		50Hz	Ist/In	Mst/Mn	Mk/Mn	50Hz	Kg	kgm2
1TZ9 A 63M	0,18	0,21	2805	0,6	52,8	50,1	44,2	0,79	0,62	3,4	1,7	2,2	64	4	0,00018
1TZ9 A 63M	0,25	0,28	2835	0,8	58,2	55,5	48,6	0,75	0,83	3,6	1,9	2,6	64	4	0,00022
1TZ9 A 63L*	0,37	0,43	2795	1,3	63,9	60,3	51,9	0,71	1,18	3,5	2,4	2,6	64	5	0,00022
1TZ9 A 71M	0,37	0,43	2755	1,3	63,9	64,5	61,1	0,79	1,06	3,4	2,2	2,2	56	5	0,00022
1TZ9 A 71M	0,55	0,63	2750	1,9	69	69,9	66,5	0,79	1,46	3,7	2,2	2,2	62	6	0,00029
1TZ9 A 71L*	0,75	0,86	2780	2,6	72,1	72,5	70,2	0,83	1,81	4,5	2,2	2,2	62	6	0,00051
1TZ9 A 80M	0,75	0,86	2835	2,5	72,1	72,6	69,9	0,86	1,75	5,2	2,1	2,3	62	9	0,00169
1TZ9 A 80M	1,1	1,27	2840	3,7	75	75,7	73,4	0,86	2,45	5,7	2,5	2,5	58	12	0,00223
1TZ9 A 90S	1,5	1,75	2835	5,1	77,2	78,2	76,8	0,85	3,3	5,5	2,6	2,9	62	13	0,00364
1TZ9 A 90L	2,2	2,54	2855	7,4	79,7	80,9	81,3	0,85	4,7	6,5	2,8	3,2	64	14	0,00461
1TZ9 A/C 100L	3	3,45	2835	10	81,5	83,2	82,7	0,87	6,1	6,4	3,2	3,5	67	20/31	0,0034
1TZ9 A/C 100L*	4	4,55	2850	13	83,1	83,9	83	0,85	8,2	7	4,5	4,1	67	25/33	0,0044
1TZ9 A/C 112M	4	4,55	2935	13	83,1	82,9	80,5	0,85	8,2	8,3	3,3	4,2	69	25/36	0,0067
1TZ9 A/C 112M*	5,5	6,3	2935	18	84,7	84,7	82,7	0,86	10,9	7,5	2,9	3,8	69	31/40	0,0085
1TZ9 A/C 132S	5,5	6,3	2910	18	84,7	85,8	85,3	0,88	10,7	5,7	1,8	2,6	68	35/53	0,013
1TZ9 A/C 132S	7,5	8,6	2925	24	86	86,6	86,1	0,88	14,3	6,8	2,2	3,1	68	40/58	0,016
1TZ9 A/C 132M*	11	12,6	2920	36	87,6	88,3	87,8	0,9	20	7,5	2,8	3,7	68	53/76	0,022
1TZ9 A/C 160M	11	12,6	2925	36	87,6	88,2	87	0,86	21	5,7	2	2,7	70	60/87	0,03
1TZ9 A/C 160M	15	17,3	2935	49	88,7	88,9	87,2	0,85	28,5	6,8	2,4	3,2	70	68/95	0,036
1TZ9 A/C 160L	18,5	21,3	2935	60	89,3	89,7	88,5	0,87	34,5	7,6	2,7	3,4	70	78/105	0,044
1TZ9 A/C 160L*	22	25,3	2935	72	89,9	90,2	89,5	0,9	39	7,5	2,6	3,4	70	85/125	0,049
1TZ9 C 180M	22	24,5	2945	71	89,9	90,6	90,4	0,87	40,5	7,7	2,5	3,5	72	150	0,069
1TZ9 C 180L*	30	33,5	2940	97	90,7	91,5	91,5	0,89	54	8,1	2,4	3,5	72	180	0,094
1TZ9 C 200L	30	33,5	2960	97	90,7	90,9	90,2	0,79	60	7,3	2,5	3,6	72	195	0,124
1TZ9 C 200L	37	41,5	2955	120	91,2	91,6	91,2	0,88	67	8,2	2,7	3,5	72	230	0,15
1TZ9 C 200L*	45	51	2955	145	91,7	92,3	92,4	0,85	83	8,1	2,5	3,6	71	245	0,176
1TZ9 C 225M	45	51	2960	145	91,7	92	91,6	0,88	80	6,7	2,3	3	73	280	0,22
1TZ9 C 225M*	55	62	2960	177	92,1	92,4	92	0,88	98	7,3	2,5	3,2	76	330	0,27
1TZ9 C 250M	55	62	2970	177	92,1	92,3	91,4	0,88	98	6,7	2	2,9	76	360	0,4
1TZ9 C 250M*	75	84	2970	241	92,7	92,8	92,1	0,87	134	7,3	2,4	3,1	76	420	0,48
1TZ9 C 280S	75	84	2975	241	92,7	92,5	91,3	0,86	136	6,8	2,2	3	72	470	0,72
1TZ9 C 280M	90	101	2975	289	93	93,1	92,4	0,88	159	7,1	2,5	3,1	76	530	0,83
1TZ9 C 280M*	110	123	2975	353	93,3	93,5	93,1	0,9	189	7,3	2,4	3,1	77	620	1
1TZ9 C 315S	110	123	2982	352	93,3	92,9	91,5	0,86	198	7,5	2,3	3,3	80	680	1,2
1TZ9 C 315M	132	148	2982	423	93,5	93,2	92,5	0,89	230	7,6	2,3	3	80	740	1,4
1TZ9 C 315L	160	180	2982	512	93,8	93,6	93,1	0,91	270	7,4	2,3	2,9	80	880	1,6
1TZ9 C 315L	200	224	2982	640	94	93,9	93,5	0,92	335	7,1	2,2	2,8	80	1000	2,1

* Increased output

Cooling: self-ventilated (IC 411)Insulation: Thermal class 155 (temperature class F), IP55 degree of protection, utilization in accordance with thermal class 130 (ClassB) For higher output motors, please contact Rubix.

Formula for current with new voltage: I'n (new) = In (with 400V) • (400 / U (new voltage))

Motor Series 1TZ9 IE1
4-pole: 1500 rpm at 50 Hz

Type	Output		RPM	T rated	η rated 50Hz			Cos ϕ	I rated	I Start / I rated	T Start / T rated	T B.Down / T rated	Sound pressure	Weight	Inertia
	kW	kW	400V	Nm	100	75	50	50Hz	400V				db(A)	A/C IM B3	J
	50Hz	60Hz	50Hz	50Hz	%	%	%		50Hz	Ist/In	Mst/Mn	Mk/Mn	50Hz	Kg	kgm2
1TZ9 A 63M	0,12	0,14	1360	0,8	50	47,3	39,1	0,71	0,49	2,5	1,6	1,8	59	4	0,00029
1TZ9 A 63M	0,18	0,21	1360	1,3	57	55,1	47,8	0,71	0,64	2,8	1,9	2,1	59	4	0,00037
1TZ9 A 63L*	0,25	0,28	1365	1,7	61,5	59,6	53,5	0,68	0,86	2,9	2,3	2,3	59	5	0,00045
1TZ9 A 71M	0,25	0,28	1365	1,7	61,5	61,4	56,1	0,73	0,8	3	1,8	2	49	5	0,00052
1TZ9 A 71M	0,37	0,43	1350	2,6	66	67,7	65	0,75	1,08	3,2	2	2	54	6	0,00077
1TZ9 A 71L*	0,55	0,63	1365	3,8	70	70,5	67,4	7	1,62	3,6	2,5	2,5	54	7	0,00095
1TZ9 A 80M	0,55	0,63	1385	3,8	70	70,7	67,7	0,79	1,44	3,7	2,1	2,2	53	9	0,00284
1TZ9 A 80M	0,75	0,86	1385	5,2	72,1	72	67	0,76	1,85	3,6	2,1	2,3	53	11	0,00377
1TZ9 A 90S	1,1	1,27	1405	7,5	75	75,9	73,6	0,81	2,5	4,5	2,1	2,3	56	12	0,005
1TZ9 A 90L	1,5	1,75	1410	10	77,2	77,8	75,1	0,8	3,35	4,7	2,4	2,6	58	15	0,00596
1TZ9 A/C 100L	2,2	2,54	1425	15	79,7	80,3	78,1	0,81	4,9	5,1	2,3	2,7	60	18/29	0,0059
1TZ9 A/C 100L	3	3,45	1425	20	81,5	82,6	81,5	0,85	6,3	5,4	2,4	2,6	60	22/33	0,0078
1TZ9 A/C 100L*	4	4,55	1435	27	83,1	83,8	82,3	0,81	8,6	5,8	2,9	3,1	60	27/36	0,01
1TZ9 A/C 112M	4	4,55	1435	27	83,1	84,3	84	0,83	8,4	6,1	2,5	2,9	58	27/38	0,01
1TZ9 A/C 112M*	5,5	6,3	1420	37	84,7	85,9	85,3	0,81	11,6	5,8	3	3,1	58	33/43	0,012
1TZ9 A/C 132S	5,5	6,3	1450	36	84,7	85,3	84,2	0,82	11,4	5,7	2,3	2,7	64	38/56	0,019
1TZ9 A/C 132M	7,5	8,6	1450	49	86	86,5	85,4	0,82	15,4	6,6	2,6	3,1	64	44/59	0,024
1TZ9 A/C 132M*	11	12,6	1450	72	87,6	88,2	87,6	0,84	21,5	7,2	2,5	3	64	58/76	0,033
1TZ9 A/C 160M	11	12,6	1460	72	87,6	87,9	86,7	0,81	22,5	6,9	2,7	3,3	65	62/89	0,044
1TZ9 A/C 160L	15	17,3	1460	98	88,7	89	87,8	0,82	30	7,5	3	3,6	65	73/105	0,056
1TZ9 A/C 160L*	18,5	21,3	1460	121	89,3	89,8	89,2	0,85	35	7,2	2,7	3,2	65	85/125	0,068
1TZ9 C 180M	18,5	21,3	1468	120	89,3	90,2	90,2	0,85	35	7,3	2,2	3,1	63	170	0,13
1TZ9 C 180L	22	25,3	1465	143	89,9	90,8	90,7	0,83	42,5	8	2,7	3,6	63	170	0,13
1TZ9 C 180L*	30	34,5	1465	196	90,7	91,7	91,9	0,79	60	7,2	2,6	3,4	64	185	0,159
1TZ9 C 200L	30	34,5	1472	195	90,7	91,5	91,4	0,83	58	6,9	2,3	3,1	64	220	0,2
1TZ9 C 200L	37	42,5	1470	240	91,2	92	92,1	0,82	71	6,8	2,4	2,9	64	240	0,246
1TZ9 C 225S	37	42,5	1475	240	91,2	91,6	91,1	0,85	69	7	2,3	3,2	68	260	0,37
1TZ9 C 225M	45	52	1475	291	91,7	92,1	91,7	0,86	82	7,2	2,6	3,2	71	290	0,45
1TZ9 C 225M*	55	63	1475	356	92,1	92,8	92,6	0,86	100	6,7	2,5	2,6	70	320	0,49
1TZ9 C 250M	55	63	1475	356	92,1	92,5	92,1	0,85	101	6,1	2,4	2,6	70	360	0,69
1TZ9 C 250M*	75	86	1482	483	92,7	93,1	92,6	0,84	139	7,4	2,5	3	73	440	0,86
1TZ9 C 280S	75	86	1485	482	92,7	92,9	92,2	0,85	137	7	2,3	2,8	72	540	1,2
1TZ9 C 280M	90	104	1482	580	93	93,4	93,1	0,87	161	6,5	2,2	2,8	72	560	1,4
1TZ9 C 280M*	110	127	1486	707	93,3	93,5	93	0,85	200	8	2,6	3,3	73	680	1,7
1TZ9 C 280M*	132	152	1482	850	94,7	95,2	95,2	0,88	230	7,1	2,5	2,8	74	750	1,8
1TZ9 C 315S	110	127	1488	706	93,3	93,4	92,8	0,84	205	6,5	2,3	2,7	75	730	1,9
1TZ9 C 315M	132	152	1488	847	93,5	93,7	93,3	0,85	240	6,8	2,5	2,7	76	760	2,2
1TZ9 C 315L	160	184	1486	1028	93,8	93,9	93,5	0,86	285	7,2	2,7	2,7	76	940	2,9
1TZ9 C 315L	200	230	1486		94	94,2	94	0,87	355	6,9	2,5	2,7	76	1140	3,5

* Increased output

Cooling: self-ventilated (IC 411)Insulation: Thermal class 155 (temperature class F), IP55 degree of protection, utilization in accordance with thermal class 130 (ClassB) For higher output motors, please contact Rubix.

Formula for current with new voltage: I'n (new) = In (with 400V) • (400 / U (new voltage))

Motor Series 1TZ9 IE1
6-pole: 1000 rpm at 50 Hz

Type	Output		RPM	T rated	η rated 50Hz			Cos ϕ	I rated	I Start / I rated	T Start / T rated	T B.Down / T rated	Sound pressure	Weight	Inertia
	kW	kW	400V	Nm	100	75	50	50Hz	400V				db(A)	A/C IM B3	J
	50Hz	60Hz	50Hz	50Hz	%	%	%		50Hz	Ist/In	Mst/Mn	Mk/Mn	50Hz	Kg	kgm2
1TZ9 A 63M	0,09	0,11	895	1	42,7	38,5	30,4	0,63	0,48	2	1,8	1,9	56	4	0,00037
1TZ9 A 71M	0,18	0,21	800	2,1	45,5	44,4	38,3	0,67	0,84	2	1,9	2	47	5	0,00055
1TZ9 A 71M	0,25	0,28	860	2,8	52,1	52,8	48,4	0,71	0,98	2,2	2	2	51	6	0,0008
1TZ9 A 80M	0,37	0,43	915	3,9	59,7	58,6	52,7	0,7	1,23	2,7	1,6	1,8	54	9	0,00198
1TZ9 A 80M	0,55	0,63	900	5,8	65,8	66,6	62,6	0,72	1,68	2,7	1,7	1,9	54	12	0,00238
1TZ9 A 90S	0,75	0,86	940	7,6	70	70	66	0,67	2,3	3,8	2	2,2	59	13	0,00333
1TZ9 A 90L	1,1	1,27	925	11	72,9	73,8	71,2	0,69	3,15	3,8	2,2	2,4	58	15	0,00402
1TZ9 A/C 100L	1,5	1,75	940	15	75,2	75,6	72,3	0,74	3,9	4	2	2,2	59	19/30	0,0065
1TZ9 A/C 100L*	2,2	2,54	930	23	77,7	79,5	78,1	0,78	5,2	4	2	2,2	59	24/35	0,0084
1TZ9 A/C 112M	2,2	2,54	940	22	77,7	78,4	76,6	0,72	5,7	4,6	2,6	2,7	57	25/37	0,0092
1TZ9 A/C 112M*	3	3,45	945	30	79,7	79,5	76,3	0,72	7,5	4,6	2,9	3	57	32/45	0,013
1TZ9 A/C 132S	3	3,45	955	30	79,7	79,9	77,1	0,74	7,3	4,6	2	2,6	63	34/52	0,017
1TZ9 A/C 132M	4	4,55	955	40	81,4	82,5	81,9	0,76	9,3	5,2	2,3	2,6	63	39/57	0,021
1TZ9 A/C 132M	5,5	6,3	955	55	83,1	84	82,8	0,75	12,7	5,7	2,7	3	63	48/66	0,027
1TZ9 A/C 132M*	7,5	8,6	950	75	84,7	85,3	84,1	0,74	17,3	5,3	2,4	3	63	54/78	0,032
1TZ9 A/C 160M	7,5	8,6	970	74	84,7	84,8	83,2	0,73	17,5	5,5	2,1	2,9	67	72/100	0,056
1TZ9 A/C 160L	11	12,6	965	109	86,4	86,8	85,9	0,77	24	5,9	1,9	2,7	67	92/120	0,078
1TZ9 A/C 160L*	15	17,3	965	148	87,7	87,9	86,5	0,75	33	6	2,9	3,4	67	109/140	0,094
1TZ9 C 180L	15	18	975	147	87,7	88,5	87,9	0,77	32	6,1	2,3	3	56	155	0,17
1TZ9 C 180L*	18,5	22	970	182	88,6	89,4	89,1	0,77	39	5,9	2,2	2,9	56	165	0,206
1TZ9 C 200L	18,5	22	978	181	88,6	89,8	89,8	0,79	38	6,3	2,5	2,6	59	200	0,25
1TZ9 C 200L	22	26,5	980	214	89,2	90	89,6	0,79	45	6,8	2,8	2,9	59	220	0,3
1TZ9 C 200L	30	34,5	975	294	90,2	91,4	91,7	0,78	62	6	2,6	2,7	61	245	0,381
1TZ9 C 225M	30	36	978	293	90,2	91	90,7	0,82	59	6	2,7	2,5	60	270	0,49
1TZ9 C 225M*	37	44,5	978	361	90,8	91,5	91,5	0,82	72	6,1	2,5	2,8	76	310	0,62
1TZ9 C 250M	37	44,5	980	361	90,8	91,5	91,3	0,82	72	6	2,7	2,4	63	330	0,76
1TZ9 C 250M*	45	54	982	438	91,4	92,2	92,1	0,83	86	6,6	2,7	2,3	76	390	0,93
1TZ9 C 280S	45	54	986	436	91,4	92	91,6	0,84	85	7	2,6	2,6	63	440	1,1
1TZ9 C 280M	55	66	986	533	91,9	92,5	92,6	0,85	102	6,7	2,6	2,6	63	500	1,3
1TZ9 C 280M*	75	90	985	727	92,6	93,3	93,2	0,84	139	7	2,9	2,7	61	560	1,7
1TZ9 C 315S	75	90	988	725	92,6	92,8	92,1	0,83	141	7,1	2,5	2,7	62	660	2,1
1TZ9 C 315M	90	108	988	870	92,9	93,2	92,8	0,83	168	7,3	2,6	2,6	61	740	2,5
1TZ9 C 315L	110	132	988	1063	93,3	93,6	93,4	0,86	198	6,8	2,6	2,8	61	880	3,2
1TZ9 C 315L	132	158	988	1276	93,5	93,7	93,4	0,86	235	7,5	3	2,9	61	1030	4
1TZ9 C 315L	160	192	988	1546	93,8	93,9	93,6	0,86	285	7,7	3,1	3	64	1160	4,7

*Increased output

Cooling: self-ventilated (IC 411)Insulation: Thermal class 155 (temperature class F), IP55 degree of protection, utilization in accordance with thermal class 130 (ClassB) For higher output motors, please contact Rubix.

Formula for current with new voltage: I'n (new) = In (with 400V) • (400 / U (new voltage))

Motor Series 1TZ9 IE1
8-pole: 750 rpm at 50 Hz

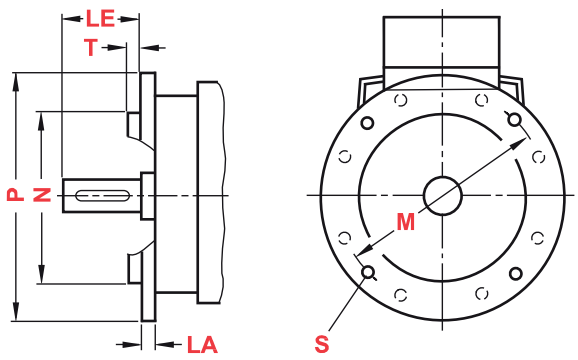
Type	Output		RPM	T rated	η rated 50Hz			Cos ϕ	I rated	I Start / I rated	T Start / T rated	T B.Down / T rated	Sound pressure	Weight	Inertia
	kW	kW	400V	Nm	100	75	50	50Hz	400V				db(A)	A/C IM B3	J
	50Hz	60Hz	50Hz	50Hz	%	%	%		50Hz	Ist/In	Mst/Mn	Mk/Mn	50Hz	Kg	kgm2
1TZ9 A/C 100L	0,75	0,86	705	10	61,2	58,1	50,5	0,62	2,85	3	1,9	2,2	60	17/28	0,006
1TZ9 A/C 100L	1,1	1,27	690	15	66,5	65,9	61,5	0,61	3,9	3,2	2	2,3	60	22/33	0,008
1TZ9 A/C 112M	1,5	1,75	700	20	70,2	71,2	69,4	0,66	4,65	3,5	1,9	2,1	63	29/42	0,009
1TZ9 A/C 132S	2,2	2,54	715	29	74,2	74,1	71,4	0,66	6,5	3,9	1,7	2,4	63	37/60	0,019
1TZ9 A/C 132M	3	3,45	715	40	77	77,4	75,2	0,68	8,3	3,9	1,8	2,2	63	44/60	0,024
1TZ9 A/C 160M	4	4,55	720	53	79,2	79,2	76,3	0,67	10,9	4,1	1,6	2,3	63	60/89	0,044
1TZ9 A/C 160L	5,5	6,3	720	73	81,4	81,9	80,3	0,68	14,3	4	1,6	2,2	63	72/96	0,056
1TZ9 A/C 160L	7,5	8,6	715	100	83,1	83,7	82,4	0,69	18,9	3,8	1,7	2,2	63	91/120	0,077
1TZ9 C 180L	11	13,2	720	146	85	86,2	86	0,7	26,5	5	1,9	2,5	65	160	0,2
1TZ9 C 200L	15	18	718	199	86,2	87,9	88,4	0,75	33,5	5,5	2,5	2,9	55	220	0,3
1TZ9 C 200L*	18,5	22	720	245	86,9	88,2	88,4	0,76	40	6,1	2,7	3,2	59	250	0,416
1TZ9 C 225S	18,5	22	730	242	86,9	87,8	87,4	0,78	39,5	5,5	2,2	2,7	59	250	0,43
1TZ9 C 225M	22	26,5	730	288	87,4	88,3	88,1	0,79	46	5,5	2,3	2,7	58	270	0,5
1TZ9 C 225M*	30	36	730	392	88,3	89,1	89,1	0,79	62	5,6	2,6	2,8	57	320	0,73
1TZ9 C 250M	30	36	732	391	88,3	89,2	89,2	0,81	61	5,5	2,3	2,6	54	370	0,84
1TZ9 C 250M*	37	44,5	730	484	88,8	89,8	89,9	0,83	72	5,7	2,3	2,6	63	405	1
1TZ9 C 280S	37	44,5	735	481	88,8	89,7	89,7	0,81	74	5	2,1	2,1	54	460	1,22
1TZ9 C 280M	45	54	735	585	89,2	90,3	90,4	0,81	90	5,3	2,1	2,1	58	500	1,42
1TZ9 C 280M*	55	66	736	714	89,7	90,4	90,5	0,8	111	5,7	2,5	2,5	70	550	1,6
1TZ9 C 315S	55	66	740	710	89,7	90,1	89,7	0,8	111	5,7	2,1	2,6	69	640	2
1TZ9 C 315M	75	90	738	970	90,3	90,7	90,5	0,81	148	5,9	2,3	2,7	69	720	2,5
1TZ9 C 315L	90	108	738	1165	90,7	91,2	91,2	0,84	171	5,9	2,2	2,6	68	840	3,1
1TZ9 C 315L	110	132	740	1419	91,1	91,6	91,5	0,82	215	6,7	2,7	2,9	73	1000	3,9
1TZ9 C 315L	132	158	740	1703	91,5	91,9	91,6	0,81	255	7,2	2,9	3,3	75	1080	4,5

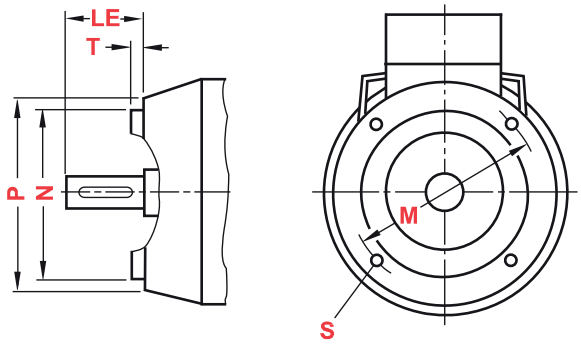
*Increased output
Cooling: self-ventilated (IC 411)Insulation: Thermal class 155 (temperature class F), IP55 degree of protection, utilization in accordance with thermal class 130 (ClassB) For higher output motors, please contact Rubix.

Formula for current with new voltage: I'n (new) = In (with 400V) • (400 / U (new voltage))

Flange Dimensions

Motor Series 1TZ9, 1TZ5



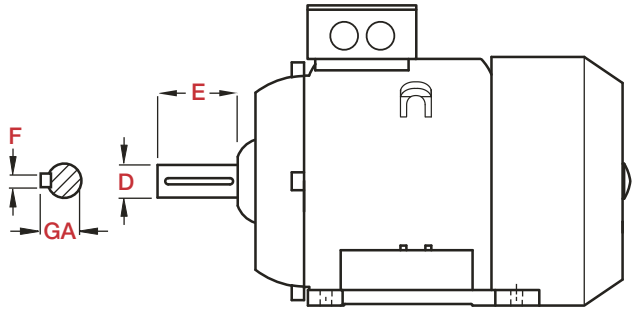


IEC	Type	B5 Flange					
		M	N	P	LA	S	T
63	M	115	95	140	5	4xØ10	3
71	M	130	110	160	5	4xØ10	3,5
80	M	165	130	200	10	4xØ12	3,5
90	S/L	165	130	200	10	4xØ12	3,5
100	L	215	180	250	11	4xØ14,5	4
112	M	215	180	250	11	4xØ14,5	4
132	S/M	265	230	300	12	4xØ14,5	4
160	M/L	300	250	350	13	4xØ18,5	5
180	M/L	300	250	350	13	4xØ18,5	5
200	L	350	300	400	15	4xØ18,5	5
225	S/M	400	350	450	16	8xØ18,5	5
250	M	500	450	550	18	8xØ18,5	5
280	S/M	500	450	550	18	8xØ22	5
315	S/M/L	600	550	660	22	8xØ22	6
315	L for 1TZ5	740	680	800	25	8xØ24	6
355	M/L for 1TZ5	840	780	900	25	8xØ24	6

IEC	Type	B14A Flange				
		M	N	P	S	T
63	M	75	60	90	M6	2,5
71	M	85	70	105	M6	2,5
80	M	100	80	120	M6	3
90	S/L	115	95	140	M8	3
100	L	130	110	160	M8	3,5
112	M	130	110	160	M8	3,5
132	S/M	165	130	200	M10	3,5
160	M/L	215	180	250	M12	4
B14B Flange						
63	M	100	80	120	M6	3
71	M	115	95	140	M8	3
80	M	130	110	160	M8	3,5
90	S/L	130	110	160	M8	3,5
100	L	165	130	200	M10	3,5
112	M	165	130	200	M10	3,5

Shaft Dimensions

Motor Series 1TZ9, 1TZ5

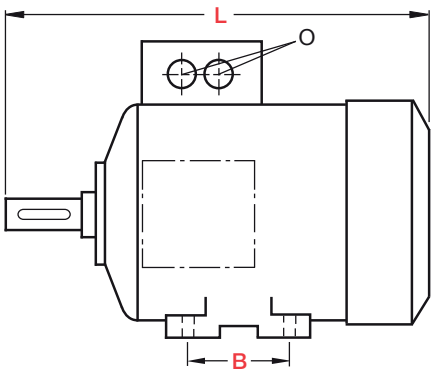


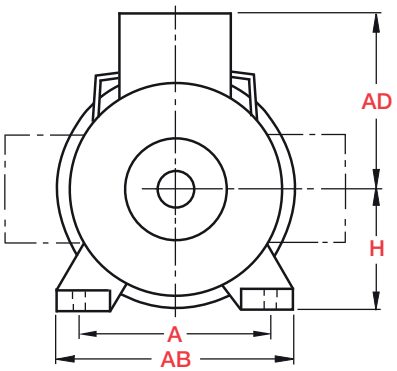
Note: Complete Drawings on request

IEC	Type	Shaft			
	1TZ9 & 1TZ5 (IEC 355)	D	E	F	GA
63	ALL	11	23	4	12,5
71	ALL	14	30	5	16
80	ALL	19	40	6	21,5
90	ALL	24	50	8	27
100	ALL	28	60	8	31
112	ALL	28	60	8	31
132	ALL	38	80	10	41
160	ALL	42	110	12	45
180	ALL	48	110	14	52
200	ALL	55	110	16	59
225	225M-2, 225S-4, 225S-8, 225M-4, 225M-6, , 225M-8,	55 60	110 140	16 18	59 64
250	250M-2, 250S-4, 250M-4, 250M-6, 250M-4, 250M-8,	60 65	140 140	18 18	64 69
280	280S-2, 280M-2 280S-4, 280S-6, 280M-4, 280M-6,	65 75	140 140	18 20	69 79,5
315	315S-2, 315M-2, 315L-2, 315S-4, 315S-6, 315S-8, 315M-4, 315M-6, 315M-8, 315L-4, 315L-6, 315L-8,	65 80	140 170	18 22	69 85
355	355M-2, 355L-2, 355M-4, 355M-6, 355M-8, 355L-4, 355L-6, 355L-8,	75 95	140 170	20 25	79,5 100

Motor Dimensions

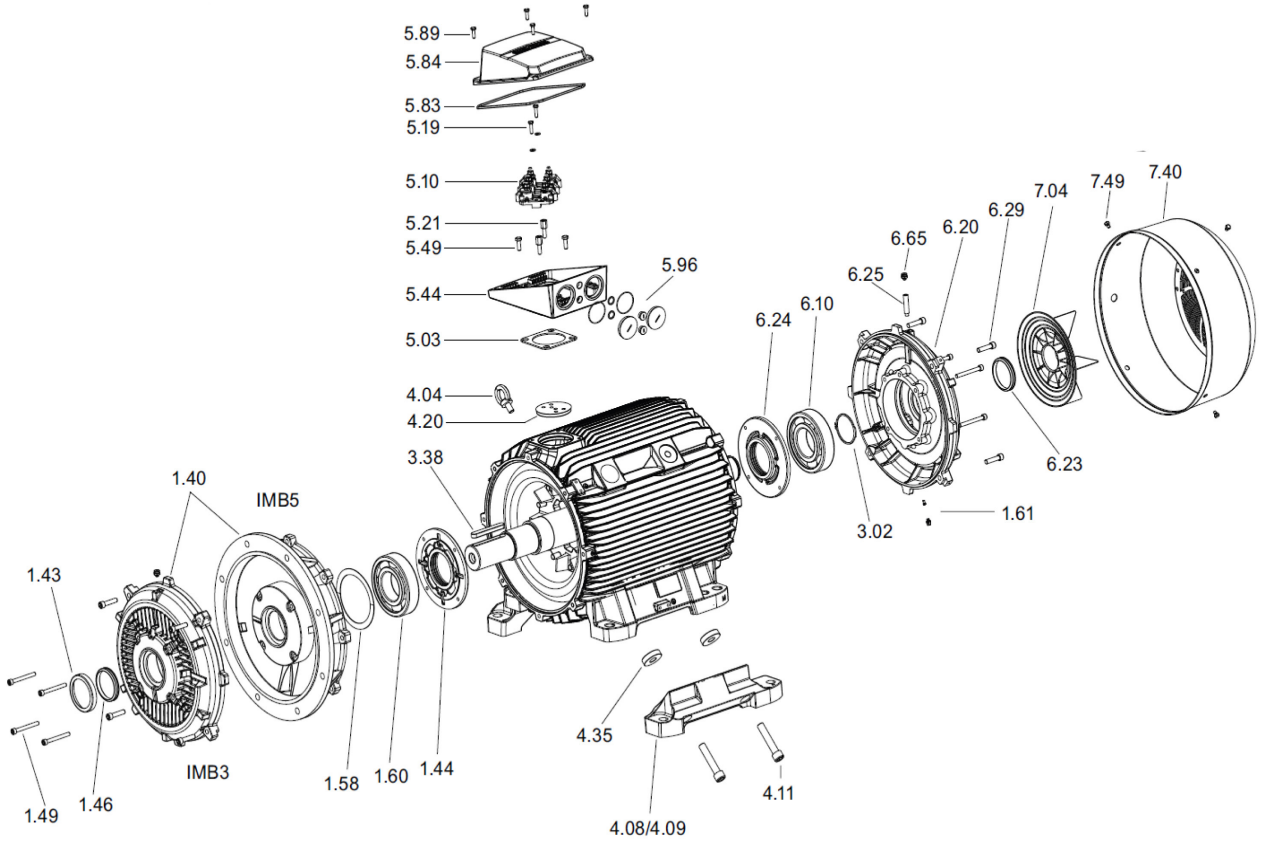
Motor Series 1TZ9 IE1, IE2





IEC	Type							
		L	AD	H	AB	B	A	O
63M	Aluminium	202,5, 228,5*	101	63	120	80	100	1xM25x1,5
71M	Aluminium	240	111	71	132	90	112	1xM25x1,5
71M	Cast Iron	240	149	71	132	90	112	1xM25x1,5
80M	Aluminium	292	121,5	80	150	100	125	1xM25x1,5
80M Inc output	Aluminium	327	121,5	80	150	100	125	1xM25x1,5
80M	Cast Iron	292	159	80	150	100	125	1xM25x1,5
90S / 90L	Aluminium	347	126	90	165	100	140	1xM25x1,5
90L Inc output	Aluminium	387	126	90	165	125	140	1xM25x1,5
90S	Cast Iron	347	164	90	165	100	140	1xM25x1,5
90L	Cast Iron	347	164	90	165	125	140	1xM25x1,5
100L	Aluminium	395,5	166	100	196	140	160	2xM32x1,5
100L Inc output	Aluminium	430,5	166	100	196	140	160	2xM32x1,5
100L	Cast Iron	397,5	193	100	196	140	160	2xM32x1,5
112M	Aluminium	389, 414*	177	112	226	140	190	2xM32x1,5
112M Inc output	Aluminium	414	177	112	226	140	190	2xM32x1,5
112M-2, 112M-4, 112M-6	Cast Iron	390,5	195	112	226	140	190	2xM32x1,5
112M-8	Cast Iron	415,5	195	112	226	140	190	2xM32x1,5
132S	Aluminium	465	202	132	256	140	216	2xM32x1,5
132S	Cast Iron	466,5	214,5	132	256	140	216	2xM32x1,5
132M	Aluminium	465	202	132	256	178	216	2xM32x1,5
132M Inc output	Aluminium	515	202	132	256	178	216	2xM32x1,5
132M	Cast Iron	466,5	214,5	132	256	178	216	2xM32x1,5
160M	Aluminium	604	236,5	160	300	210	254	2xM40x1,5
160M	Cast Iron	606	265	160	300	210	254	2xM40x1,5
160L	Aluminium	604	236,5	160	300	254	254	2xM40x1,5
160L	Cast Iron	606	265	160	300	254	254	2xM40x1,5
160L Inc output	Cast Iron	664	236,5	160	300	254	254	2xM40x1,5
180M	Aluminium	698	259	180	339	241	279	2xM40x1,5
180M-2, 180M-4	Cast Iron	668	286	180	339	241	279	2xM40x1,5
180L	Aluminium	698	259	180	339	279	279	2xM40x1,5
180L Inc output	Aluminium	698	259	180	339	279	279	2xM40x1,5
180L-4	Cast Iron	698	286	180	339	279	279	2xM40x1,5
180L-6	Cast Iron	668	286	180	339	241	279	2xM40x1,5
180L Inc output	Cast Iron	698	286	180	339	279	279	2xM40x1,5
200L	Aluminium	746	296	200	378	305	318	2xM50x1,5
200L Inc output	Aluminium	746	296	200	378	305	318	2xM50x1,5
200L	Cast Iron	721	315	200	378	305	318	2xM50x1,5

Spare part illustration



Spare part list			
1,40	Bearing Shield B3 / B5/B14A/B14B	5,19	Screws /Bolts
1,43	Shaft Sealing Ring DE (Drive End)	5,21	Screws /Bolts
1,44	Inner Bearing Cap DE (Drive End)	5,44	Terminal Box Housing
1,46	Sealing Ring	5,49	Screws /Bolts
1,49	Screws /Bolts	5,83	Gasket for Terminal Box Cover
1,58	Preloading Ring	5,84	Terminal Box Cover
1,60	Bearing DE (Drive End)	5,89	Terminal Box Cover Screw
1,61	Drain Nipple	5,96	Sealing Plug
3,02	Circlip	6,10	Bearing NDE (Non Drive End)
3,38	Shaft Key	6,20	Bearing Shield NDE (Non Drive End)
4,04	Lifting Lug	6,23	Shaft Sealing Ring NDE (Non Drive End)
4,08	Motor Feet	6,24	Inner Bearing Cap NDE (Non Drive End)
4,09	Motor Feet	6,25	Regreasing Parts
4,11	Screws /Bolts	6,29	Screws /Bolts
4,20	Bushing	6,65	Greas nipple
4,35	distance disk	7,04	Cooling Fan
5,03	Gasket for Terminal Box Housing	7,40	Fan Cover
5,10	Terminal Board With Connection Parts	7,49	Screws /Bolts

Kap 10 Transformator

Grunnprinsippa og oppbygging for ein transformator

GRUNNPRINSIPPA OG OPPBYGGING FOR EIN TRANSFORMATOR

Ein transformator, eller trafo, er eit apparat utan bevegelege delar, den arbeider etter induksjonsprinsippet, og kan berre tilkoplast vekselstraum. Hovudoppgåva til ein trafo er å overføre elektrisk vekselstraums energi, ofte frå eit spenningsnivå til eit anna spenningsnivå.

På eit skip vil vi finne mange transformatorar. Er hovudspenninga om bord t.d. høgspent eller 690 V eller 400 V så treng vi trafoar til å få spenninga ned til 230 V, som vi t.d. nyttar i innreiing til lys og stikkontaktar. Andre ting vi nyttar trafoar til er styrestraum til motorar.

I prinsippet består 1-fase transformatoren av ei slutta laminert jernkjerne med to hovuddelar, åk og bein. Rundt kvart bein er ein eller fleire elektriske leiarar av isolert kopar eller aluminium vikla N antal gangar.

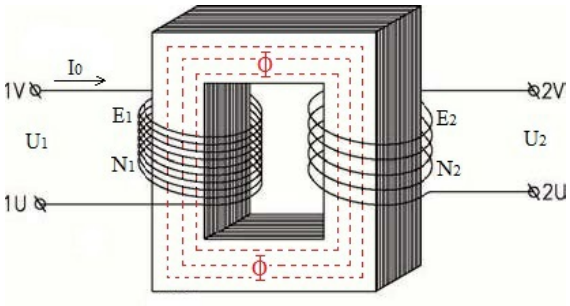
På ein av viklingane vert det tilført energi (primærsida), medan det på den andre viklinga kan tappast ut energi (sekundærsida). Primærviklinga sitt vindingstal, eller antal gangar leiaren er ført rundt beinet, nemnast **N1** og sekundærviklinga sitt vindingstal **N2**.

Set vi spenning på primærsida $\mathbf{U_1}$ så vil det flyte eit magnetisk vekselfelt (fluks) i jernkjerna, som vil indusere ei motspenning i primærviklinga. Magnetfeltet passerar også sekundærviklinga der det oppstår ei indusert sekundærspenning, og ei klemmespenning $\mathbf{U_2}$ teken ut av sekundærviklinga.

Forholdet mellom spenningane er ved tomgang lik forholdet mellom antal vindingar på spolane.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

- U_1 = klemmespenninga på primærsida
- E_1 = den induserte spenning i primærviklinga
- U_2 = klemmespenninga på sekundærsida
- E_2 = den induserte spenning i sekundærviklinga
- N_1 = antal vindingar i primærviklinga
- N_2 = antal vindingar i sekundærviklinga
- Φ = hovudfeltet som er bestemt av $I_0 * N_1$
- I_0 = transformatorstraumen i tomgang
- n = vindingsforhold/vindingsforhold



Vindingsforhold og omsettingsforhold i einfase trafo

Figuren ovanfor viser eit tomgangsbilde av transformatoren. Det vil alltid bli indusert den same spenning pr. vinding både på primærsida og sekundærsida.

Ved ein spole er namnet på primærspenninga det ein kallar sjølvinduksjonsspenninga, men i transformatorar kallast den eigentlig for motelektromotorisk kraft.

Forholdet mellom den primært og sekundært induserte spenning ved ubelasta transformator kallast transformatoren sitt omsettingsforhold, og er lik forholdet mellom primære og sekundære vindingstal. Forholdet mellom antal primærvindingar og antal sekundærvindingar kallar vi vindingsforholdet (n). I ein 1-fase-transformator er omsettingsforholdet lik vindingsforholdet.

Når transformatoren ikkje er belasta så kan vi sette at $U_1 = E_1$ og $U_2 = E_2$

I ein 1-fase-transformator er omsettingsforholdet / vindingsforholdet: $n = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$

I ein 3-fase-transformator er omsettingsforholdet / vindingsforholdet: $n = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_{1\text{fase}}}{U_{2\text{fase}}} = \frac{I_2}{I_1}$

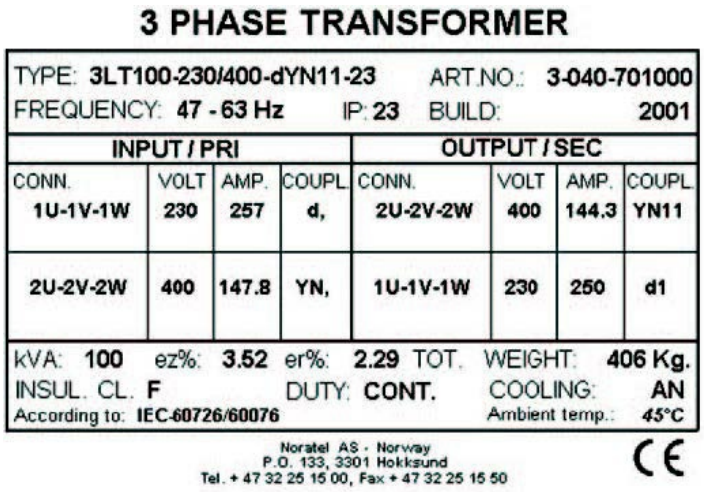
Spenninga E_1 er motsett retta nettspenninga og oppfattast som ei motspenning. Når transformatoren køyrast i tomgang og vi ser bort i frå tomgangstapa, så kan vi sette

$U_1 = E_1$. Den vesle forskjellen mellom U_1 og E_1 går med til å frambringe ein primærstraum stor nok til å byggje opp magnetfeltet i jernkjerna.

Primærstraumen i tomgang kallast for transformatoren sin tomgangsstraum, og dette er nesten ein rein magnetiseringsstraum som ligg 90° faseforskyvd i forhold til nettspenninga.

Ved tomgang går det ingen straum i sekundærviklinga og $E_2 = U_2$.

Transformatoren sin effektfaktor er ved tomgang alltid lav og den effekt transformatoren opptek er då veldig liten. Dei spenningar som vert angitt på transformatoren sitt dataskilt, gjeld alltid for ubelasta transformator. Dette gjeld både for 1-fasetrafoar og 3-fasetrafoar.



!

HUSK:

Dersom transformatoren vert kopla til ei høgare spenning enn den er berekna for, får vi metning i jernkjerna, og induktansen avtek sterkt. Det vil då oppstå ei auke i magnetiseringsstraumen, som kan føre til at viklinga brenn opp.

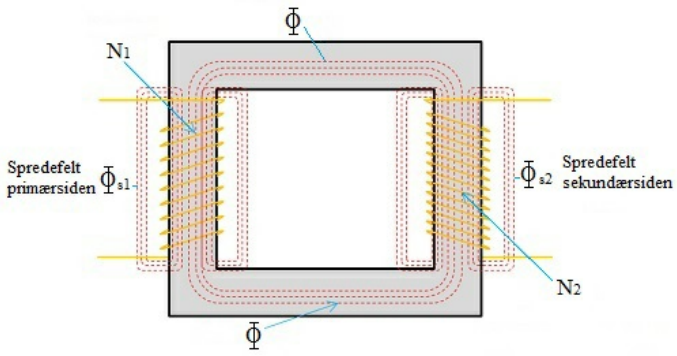
No vil nok dei fleste transformatorar ha ei toleranse på ca. 10 prosent innanfor spenningsområde.

Belasting av transformatorar

BELASTING AV TRANSFORMATORAR

1-fase transformatorar og 3-fase transformatorar oppfører seg nokonlunde likt pr. kjerne. Men vi vil fortsatt halde oss til einfase transformatoren. Når vi belastar ein transformator vil det gå ein sekundærstraum i sekundærviklinga, og tapa vil no byrje å gjere seg gjeldande.

Først skal vi sjå på spenningane. Vi veit at det blir indusert den same spenninga pr. vinding både på primærsida og sekundærsida. Klemmespenninga på primærsida vil alltid vere større enn den induserte spenninga i primærviklinga, altså $U_1 > E_1$. Klemmespenninga på sekundærsida vil alltid vere mindre enn den induserte spenninga i sekundærviklinga, altså $E_2 > U_2$. Transformatoren sitt spenningsfall er ikkje stort, men utgjer omtrent for begge viklingar ca. 3 til 10 %, avhengig av transformatoren sin størelse og belastinga sin art.



Figuren viser ein belasta transformator, der viklingane er fysisk skilde frå kvarandre, dette kallar vi for galvanisk skille.

Vi skal no sjå på transformatoren når den vert belasta, og kva som skjer med spenning, straum og fluks. Det vil no flyte ein straum (I_2) i sekundærviklinga, og denne straumen vil lage eit magnetfelt som prøvar å svekke hovudfeltet dvs. retta motsett av hovudfeltet (Φ). På utsida av primærviklinga og sekundærviklinga vil det no oppstå såkalla spredefelt eller strøfelt.

Hovudfeltet vil no bli svekka av feltet som er forårsaka av straumen på sekundærsida (I_2). Vi veit at det er hovudfeltet som skapar E_1 og E_2, og når hovudfeltet svekkast vil dei induserte spenningar på primær- og sekundærsida også svekkast. Dette medfører at E_1 blir mindre i forhold til U_1 slik at U_1 får eit større overskot (eller potensial forskjell) til å drive primærstraumen I_1 gjennom primærviklinga, som igjen er nok til å oppretthalde

hovudfluksen (Φ). I tomgang så er det tomgangsstraumen (I_0) som driv hovudfeltet. For å skape det nødvendige hovudfeltet er dette bestemt av $I_0 * N_1$ d.v.s. amperevindingstalet i tomgang. Vi kan seie at amperevindingstalet driv feltet som ei spenning driv ein straum.

Ved belasting har vi difor fått $I_2 * N_2$ som søkjer å skape eit felt motsett retta hovudfeltet.

Ved belasting vil straumane I_1 og I_2 føre til at vi får spenningsfall i transformatoren. Det er to typar spenningsfall og det er ohmske spenningsfall og induktive spenningsfall. Det ohmske spenningsfallet er forårsaka av resistansen i viklingane. Når det gjeld det induktive spenningsfallet så er dette hovudsakleg frambrakt grunna spredefelta, som igjen er forårsaka av primære og sekundære amperevindingar. Då spredefelta er vekselfelt induserer dei sjølvinduktansspenningar som er proporsjonale med straumen i viklingane. Disse sjølvinduktansspenningane blir induktive spenningsfall som leggast saman geometrisk med det ohmske spenningsfallet til eit samla spenningsfall for transformatoren.

Når ein skal berekne på transformatorar er det ofte ein tek utgangspunktet i den ideelle transformator der virkningsgrada er lik 1. Dette vil igjen medføre at vi ser bort i frå spenningsfall og tap i transformatoren. Transformatoren sin yting er alltid oppgjeven i voltampere (VA).

1-fase trafo

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

$$\text{Omsettingsforhold} = \; n = \frac{N_1}{N_2} \qquad n = \frac{U_1}{U_2} \qquad n = \frac{I_2}{I_1}$$

$$S = U * I \qquad P = U * I * \cos\varphi$$

Dersom virkningsgrada er 1:

> Tilsynelatande effekt primært (S_1) = tilsynelatande effekt sekundært (S_2)
> Aktiv effekt primært (P_1) = aktiv effekt sekundært (P_2)

Dersom ein må ta omsyn til virkningsgrad:

> $$S_1 = \frac{S_2}{\eta}$$

3-fase trafo

Ein 3-fase-trafo må vi kople i trekant eller stjerne, difor må vi nytte fasespenningane når vi bereknar.

> $$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_{1fase}}{U_{2fase}}$$
>
> $$Omsettingsforhold = \ n = \frac{N_1}{N_2} \quad n = \frac{U_{1fase}}{U_{2fase}}$$
>
> $$S = U * I * \sqrt{3}\, P = U * I * \cos\varphi * \sqrt{3}$$
>
> $$S_1 = \frac{S_2}{\eta}$$

Spenningsfall i trafo

SPENNINGSFALL I TRAFO

Ein transformator i tomgang (utan last) har normalt så liten primærstraum at vi kan sjå bort frå spenningsfall. Men på mindre transformatorar, der tomgangsstraumen blir ein betydeleg komponent, vil faktisk den sekundære spenninga falle noko frå teoretisk omsetting grunna komponenten IR^2. Her fører tomgangsstraumen eit kopartap som igjen reduserer den induserte spenninga. Ved belasting vert transformatoren sin primær- og sekundærstraum betydeleg og vi må ta omsyn til spenningsfall. Spenningsfallet i transformatoren varierar også med type belasting. Kortslutnings-resistansen og -reaktansen vil påvirke spenningsfallet individuelt. Dvs. ein induktiv belasting vil ha eit annleis spenningsfall enn ein rein resistiv belasting. Både det primære og sekundære spenningsfallet er tilnærma proporsjonalt med straumen.

Spenningsfalla visast over høvesvis kortslutningsresistans (e_r), kortslutningsreaktans (e_x), og kortslutningsimpedans (e_z) ved merkestraum som relative eller prosentuelle verdiar referert til merkespenninga. Små transformatorar har større spenningsfall enn store transformatorar.

Tap i transformatorar

TAP I TRANSFORMATORAR

Alle transformatorar, uansett type og fabrikat, har tap når dei er sett i drift. Dei mest effektive store transformatorane har ei virkningsgrad på ca. 99–99,5%. Det er hovudsakleg to typar tap som det takast omsyn til: tomgangstap og belastingstap. Tomgangstap, også kalla magnetiseringstap, oppstår fordi jernet i den magnetiske kretsen utsettast for eit vekslande magnetfelt, noko som medfører forbruk av reaktiv effekt.

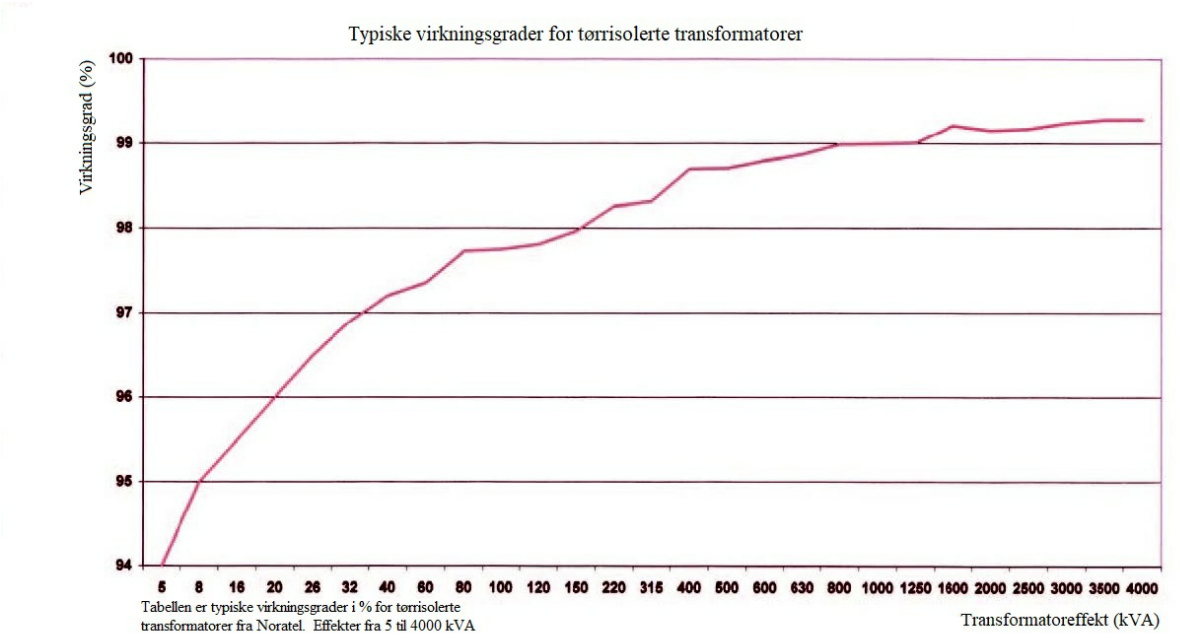
Dette tapet kan bereknast som konstant dersom det er kopla spenning til transformatoren. Tomgangstapet målast ved full spenning utan belasting ved merkefrekvens. Belastningstap består av straumvarmetap fordi straumen må flyte gjennom ein resistans i viklingane, samt såkalla tilleggstap som mellom anna skuldast lekfelt rundt viklingane. Tapet som utviklast ved belasting forandrar seg i sum proporsjonalt med belastinga i 2. potens.

Kopartapet skuldast resistansen i viklingane, og aukar kvadratisk med belastingsstraumen

$$\Delta P_{\text{cu}} = I^2 * R$$

Jerntap skuldast virvelstraumstap, hysteresetap og tap i spredefelt.

$$\Delta P = \Delta P_{\text{jern}} + \Delta P_{\text{cu}}$$



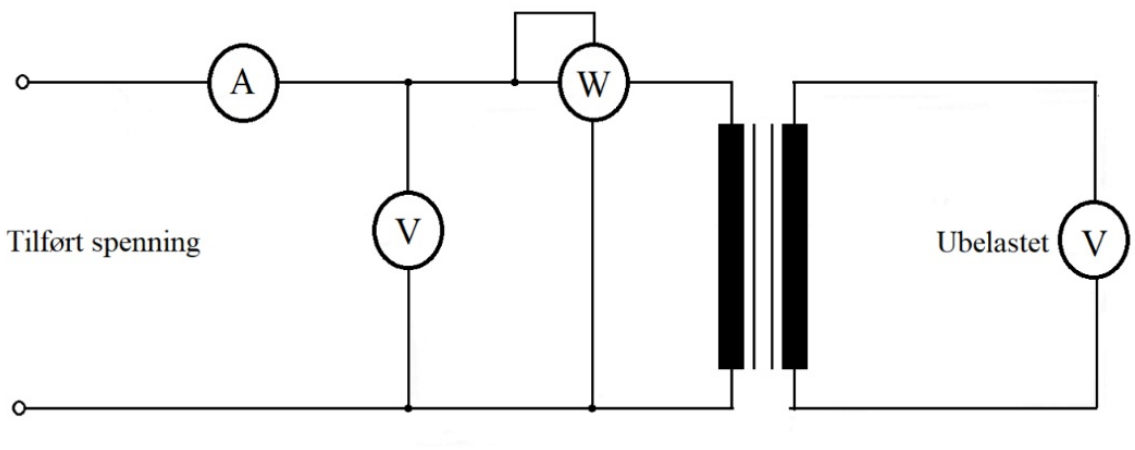
Tapa i ein transformator kan bestemmast indirekte ved å utføre to prøvar før ein set transformatoren i drift:

- tomgangsprøve, bestemmer jerntapa
- kortslutningsprøve, bestemmer kopartapa

Tomgangsprøve

TOMGANGSPRØVE

Tomgangsprøven utførast for å bestemme jerntapa i transformatoren. Under tomgang målar vi tomgangsstraumen (I_0) og jerntapa som er sett saman av hysteresetap og virvelstraumstap. Figuren under viser oppstillinga ved tomgangsmålinga.



Straumen tilførast transformatoren frå ein variac (auto trafo) der ein får den ønska spenning tilpassa transformatoren. Vanlegvis ved denne prøva så tilfører ein spenninga på lavspenningssida dersom det er slik at den høgaste spenninga er over 230 V.

Amperemeteret vil no måle tomgangsstraumen (I_0), medan wattmeteret vil måle tomgangstapet ΔP_0 . Den tilførte effekt som vi kan lese av på wattmeteret er då lik jerntap og viklingstap, og disse to tapa er forårsaka av tomgangsstraumen. Viklingstap er kopartap

i den viklinga som får tilført straumen I_0, men denne er svært liten og difor kan vi sjå bort i frå kopartap. Altså den effekten vi les av i wattmeteret er effekten som tilsvarar transformatoren sitt jerntap i watt, dette vil igjen seie at transformatoren blir varm.

Tomgangsstraumen (I_0) kan vi sette saman av to straumkomponentar bestående av ein aktiv straumkomponent og ein reaktiv straumkomponent. Den aktive straumkomponenten (Ia) er svært liten og skuldast tap i trafojernet og i koparviklinga. Den reaktive straumkomponenten (Iq) skapar feltet eller fluksen (φ), som igjen vil skape den induserte spenninga i viklingane (E1) og (E2).

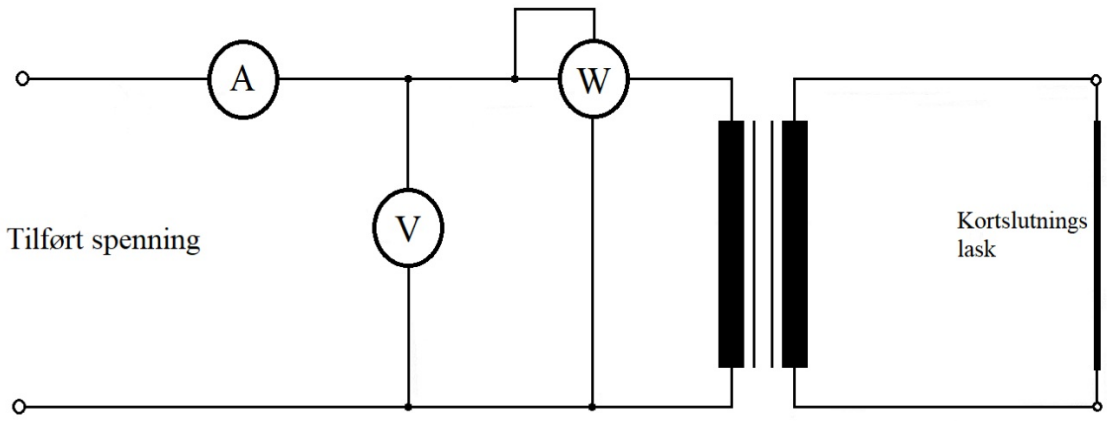
Vi kan også bestemme tapa direkte ved å måle tilført effekt og avgjeven effekt og så ta differansen.

Kortslutningsprøve

KORTSLUTNINGSPRØVE

Kortslutningsprøven utførast for å bestemme kopartapa og kortslutningsspenninga til transformatoren.

Ved kortslutningsprøva tilkoplast primærsida ein variac der vi kan regulere spenninga inn på transformatoren. Sekundærsida vert kortslutta med hjelp av laskar eller leidningar. Oppkoplinga av kortslutningsprøva er vist i figuren under.



Normalt leggast kortslutninga på lavspentsida, og spenninga og straumen tilførast høgspenningssida. Transformatoren skal no tilførast ei redusert spenning for å oppnå ein straum i amperemeteret som skal tilsvare transformatoren sin merkestraum ved full last. Merkestraumen er den same som nominell straumverdi.

Den tilførte effekten som no kan lesast av i wattmeteret kallast for kortslutningstapet eller viklingstapet. Dette tapet utgjer kopartapet i transformatoren når den går fullasta.

Den spenninga som skal til for å oppretthalde den nominelle straumen til transformatoren under denne prøva kallast for kortslutningsspenninga og kan avlesast på voltmeteret. Heile denne spenninga går med til å dekke spenningsfalla i transformatoren.

> $$U_k = kortslutningsspenninga$$

Kortslutningsspenninga vert som regel oppgjeven i prosent og den er berre nokon få prosent av den nominelle primærspenninga. Når den blir oppgjeven i prosent kallast den for «den prosentuelle kortslutningsspenninga».

Den prosentuelle kortslutningsspenninga:

> $$\in \ = \frac{U_k}{U_{1N}} * 100\%$$

Kjøling og kjølesystem

KJØLING OG KJØLESYSTEM

For å oppnå effektiv varmeavgiving og redusere tap, utformast transformatorkapsling og kjølesystem med den hensikt å leie mest mogleg varme bort frå transformatoren. Dette kan oppnåast ved å gjere den varmeavgivande flata tilstrekkeleg stor, eller på annan måte sørgje for effektiv varmeavgiving. Transformatorkapslinga og kjølesystemet sin utforming avheng også av effekten på transformatoren.

Belasting / omgjevnadstemperatur

BELASTING / OMGJEVNADSTEMPERATUR

Det er temperaturen i viklingane på transformatoren som avgjer kor mykje den kan belastast.

Transformatoren sin merkeeffekt er referert til ein maksimal omgjevnadstemperatur (t_a maks), ofte 40°C eller 45°C. Dette er den maksimale temperaturen der transformatoren har dei oppgjevne eigenskapar og kan levere sin oppgjevne effekt. Ved høgare omgjevnadstemperatur må belastinga reduserast. Motsett vil ein kunne belaste transformatoren litt meir ved lavare temperatur enn t_a maks. Det er difor viktig å ta omsyn til om transformatoren skal monterast i til dømes eit tett skap saman med andre varmeavgivande apparat eller om den skal plasserast med moglegheit for ventilasjon.

Nedanstående kurve viser transformatoreffekt/-merkeeffekt som funksjon av omgjevnadstemperatur for dei to vanlegaste isolasjonsklassane, klasse B (130°C) og klasse F (155°C).

Døme ut ifrå kurven:

DØME 1:

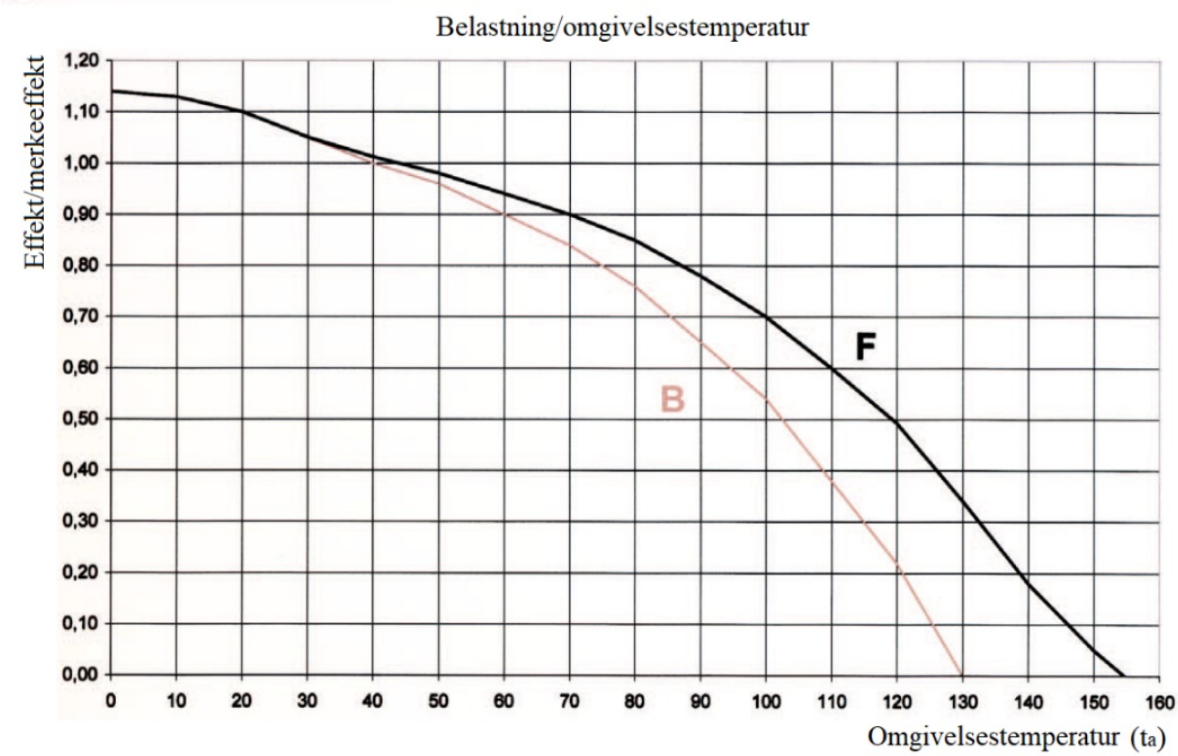
Kor mykje kan ein belaste ein klasse B, 250 VA
(*ta* = 40°C) transformator ved ein omgjevnadstemperatur på 70°C?
Ut frå tabellen kan vi lese at effekten reduserast til 84 % av merkeeffekt ved *ta* = 70°C.
Dette gir: P = 250 x 0,84 = 210 VA

DØME 2:

Nødvendig transformatoreffekt: 180 VA, Omgjevnadstemperatur: 70°C

Kor stor må transformatoren vere? (Klasse B transformator, *ta* = 40°C)

Dette gir: P = 180 / 0,84 = 214 VA



Kurven viser transformatoreffekt/-merkeeffekt som funksjon av omgjevnadstemperatur for dei to vanlegaste isolasjonsklassane, klasse B (130°C) og klasse F (155°C).

Oppbygging / Valg av materiale

OPPBYGGING / VALG AV MATERIALE

Hovuddelane i ein tørrisolert transformator er kjernemateriale, stål, kopar/aluminium og isolasjonsstoff. Kvaliteten og stabiliteten til disse materialane er avgjerande for tap, evne til å tåle overbelasting, og transformatoren sin driftstemperatur og levetid.

Transformatorkjerna er ofte bygd opp av jern eller ferritt. På større transformatorar består jernkjerna av særs tynne (0,3mm) kaldvalsa laminerte blikkplater, isolert frå kvarandre med eit isolerande stoff som tåler temperaturar over 800ºC. I mindre transformatorar nyttast også bandkjerner, pulverkjerner eller ferrittkjerner. Det finst mange typar blikkvalitetar med forskjellige parameter. Blikk med høgare kvalitet er dyrare, difor bør blikkvaliteten vurderast nøye ut ifrå frekvens, jerntap, byggjestørelse mm.

På større transformatorkjerner skråklippast vanlegvis hjørna i 45º vinkel for å redusere tapa og tomgangsstraumen. I tillegg blir kjernetverrsnittet laga tilnærma ein sirkel. For å halde saman platene kan ein nytte isolasjonsband, boltar i åket eller lim, alt etter transformatoren sin størelse. Kjerna og stålkonstruksjonen har ved aktuelt temperaturområde nærast ubegrensa levetid. Viklingane består som regel av spolar av isolerte kopar eller aluminiums leiarar som plasserast med ulike metodar på transformatorar sine bein.

Valg av kopar eller aluminiums leiarar skjer under konstruksjonsprosessen. Dette velgast avhengig av bruksområde, tekniske krav og størelse på transformatoren. Aluminium er mest vanleg ved store effektar dersom det skal nyttast folievikling. Aluminium krev større tverrsnitt enn kopar, noko som vil auke størelsen på transformatorkjerna med 5–8%.

Den delen av transformatoren som er mest sårbar er isolasjonsmaterialane. Dette er materialar som plasserast mellom viklingane, og mellom viklingane og transformatorkjerna. Isolasjonsmaterialane består av organiske stoff som papir, bomull, presspan, plast etc. og er stoff som med tida blir sprø og får redusert mekanisk haldfastheit. Presspan er ein spesiell papp, sammenpressa av spesialbehandla cellulose, til enkelte behov også iblanda bomullsfibrar. Denne mekaniske nedbrytinga av isolasjonen kan til slutt øydelegge transformatoren. Disse nedbrytande prosessane påvirkast av spenning, temperatur, fukt og øvrige driftsforhold.

For å gi transformatorar eit akseptabelt støynivå, samt auke isolasjonsevna (og dermed levetida), kan heile transformatoren impregnerast i ein lakk. Dette skjer enten ved dypp- impregnering eller vakuum- impregnering, luft eller varmeherdande. Ei anna moglegheit er å støype transformatoren inn i ein plastmasse, t.d. polyuretan.



NORATEL FR-ISOLERTRANSFORMATOR

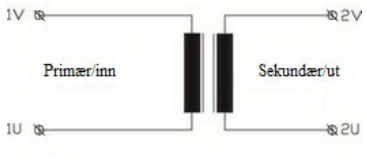
Transformatoren er innstøypt i sjølvsløkkjande polyurethan i ei plastliknande kapsling som og er sjølvsløkkjande.

Skilletransformator

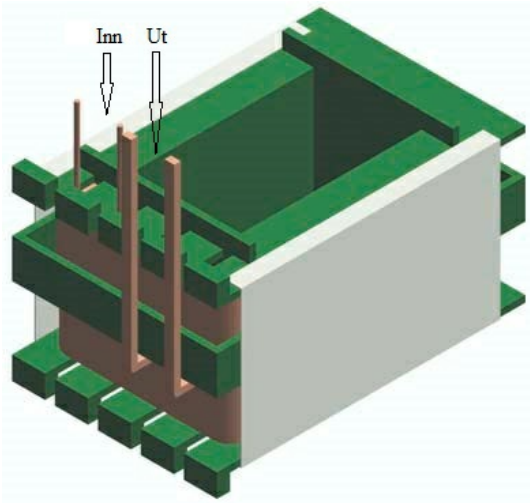
SKILLETRANSFORMATOR

Ein skilletransformator eller isolertransformator er ein transformator der primær og sekundær viklingane er galvanisk/elektrisk skilde med grunnleggande isolasjon.

Felles for slike transformatorar er at dei frambringar "eit nytt nett" der alle eventuelle jordfeil på forsyningssida er eliminert på sekundærsida.



Koplingsskjema 1-fase transformator. Primær og sekundær viklingane er galvanisk skilde.

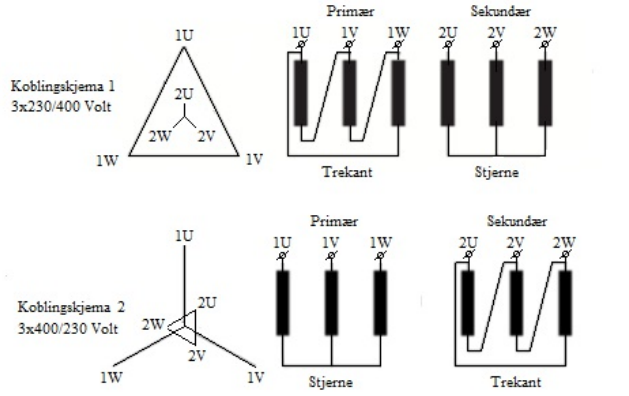


Noratel transformator med 2-kammer spolefor

Teikninga viser ein Noratel transformator med 2-kammer spoleform. Her ser vi tydeleg at det er to skilde viklingar (skille-/isolertransformator). I tillegg er det isolasjon utanpå dei delar av viklinga som jernkjerna omsluttar. Dette nyttast ofte på klasse II transformatorar som forsterka isolasjon.

Koplingsskjema 3-fase transformator. Primær og sekundær viklingane er galvanisk skilde.

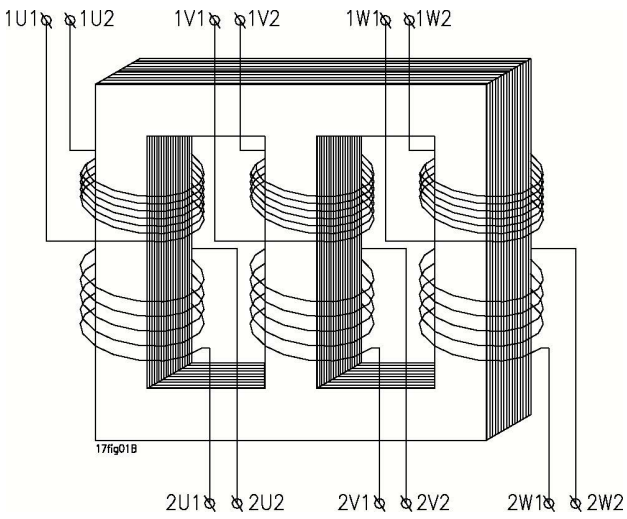
Disse må koplast i stjerne eller trekant.



Isolertransformator

ISOLERTRANSFORMATOR

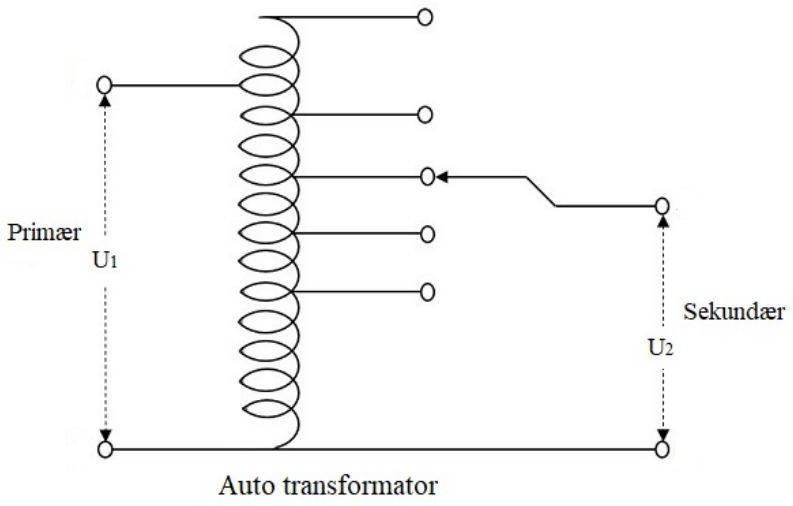
Ein isolertransformator er ein skilletransformator med beskyttande skille mellom primær og sekundær viklingane.



Autotransformator

AUTOTRANSFORMATOR

Ein autotransformator er ein transformator med felles vikling, dvs. at primær og sekundær ikkje er galvanisk/elektrisk skilde. Ofte kalla sparetransformator.



I Norge har vi 3-fase 230 Volt distribusjonsnett, eit såkalla IT-nett. I praksis betyr det eit nett der alle fasar er isolert frå jord. Det er berre Norge og Albania som har slike distribusjonsnett.

Resten av Europa nyttar eit såkalla TN-nett - eit 3-fase-nett der N-leiar (stjernepunktet) er kortslutta mot jord. Alle 1-fase-kursar (230 Volt) blir tekne ut mellom N-leiar og ein av fasane. Dermed er altså ein av fasane kortslutta til jord.

Å legge ein fase til jord vil bety katastrofe i høve til jordfeilproblem på eit norsk nett.

Dersom vi tenkjer autotransformator 3 x 230 / 3 x 400 Volt får vi følgjande situasjon:

Ein autotransformator består av kun ei vikling pr. fase, - det betyr at det er full "gjennomgang" på alle fasar frå 230 - 400 Volt.

Ved "korrekt installasjon" av TN-S-nett skal N-leiar jordast, noko som betyr at alle fasar inn/ut av auto-transformatoren får direkte kopling mot jord.

I Norge vil dermed E-verket registrere jordfeil på alle 1-fase-nett kopla mot autotransformatoren.

Det finst berre ei mogleg løysing for å unngå slike problem - Isolertransformator.

Skilletransformator (Isolertransformator)

SKILLETRANSFORMATOR (ISOLERTRANSFORMATOR)

Ein isolertransformator (skilletransformator) har skilde 230/400 Volt viklingar. Det betyr at jording av N-leiar på 400 Volt utgangen ikkje medfører jordfeilproblematikk for E-verket. Utgangen på denne isolertransformatoren er no eit TN-S-nett, og dette nettet har ingen elektrisk kopling mot E-verkets 230 Volt IT-nett.

Ein autotransformator kan ikkje nyttast dersom det er aktuelt å endre frå IT- til TN-nett / eller omvendt.

Teoretisk kan ein tenkje at ein elektrisk motor kun har behov for 3-fasar 400 Volt. I så fall ingen styring/over-våking basert på 230 Volt 1-fase straumtilførsel, til dømes ingen kontaktor for start.

I Europa nyttast det ofte autotransformatorar - fordi alle installasjonar er basert på TN-S nett.

Dette medfører at mange maskiner/utstyr for 400 Volt vert levert frå Europa til Norge saman med ein autotransformator for å tilpasse 3x230 Volt.

Vår erfaring er at ingen ute i Europa har kunnskapar om 3x230 Volt IT-nett, og dermed kan det ofte oppstå farlege situasjonar.

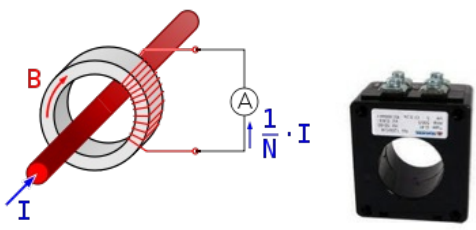
Norske nett opplever store og kostbare problem med jordfeil, og E-verka ser store fordelar i å installere isolertransformatorer der det er fornuftig.

Målet er på denne måten å forsøke å redusere antal jordfeil, og på den måten unngå ulukker som brann og elektriske støt som kan få dramatiske følgjer.

Straumtransformator

STRAUMTRANSFORMATOR

Ein straumtransformator er ein transformator som omgjer ein straummverdi til ein annan straumverdi (t.d. 1000 A til 5 A).



Forskjellen mellom straum- og spenningstransformator

I motsetning til ein spenningstransformator, der ein opererar med konstant spenning, har ein ved straumtransformatorar ein konstant straum. Det betyr at straumen vil vere (tilnærma) konstant sjølv om ein varierar belastinga, i motsetning til ein spenningstransformator, der utgangsstraumen aukar når belastinga aukar.

Faktum er at ein kan kortslutte utgangen på ein straumtransformator utan at det har nokon konsekvensar. Straumen er uansett konstant. Faktisk er straumtransformatoren i ein tomgangssituasjon når den har kortslutta utgang. Dette er det stikk motsette av ein spenningstransformator, som er i ein tomgangssituasjon når sekundærklemmene er åpne (ingen tilkopling). Dei fleste som har litt kjennskap til straum, er sikkert klar over kva som vil skje om ein kortsluttar utgangen på ein spenningstransformator. Ettersom spenningstransformatoren prøvar å oppretthalde sin konstante spenning ut, vil straumen auke voldsomt, og dersom det ikkje er ein sikring som løyser ut, vil spenningstransformatoren raskt gå varm og «brenne opp». Her ligg den største praktiske forskjellen mellom dei to transformatortypane.

Byrde og overstraumsiffer

Straumtransformatoren er altså i tomgang når vi kortsluttar utgangen. For å belaste den må vi erstatte kortslutninga med ei belasting i form av ei motstand. I terminologien for straumtransformatorar kallast belastinga for ein «byrde». (Ein tilkoplar ein byrde og ikkje ein belasting). Byrden oppgjevast i VA. Ettersom straumen er konstant, vil byrden auke med aukande motstand.

LA OSS SJÅ PÅ EIT DØME:

Vi har ein straumtransformator med primær straum 1000 A og sekundær straum 5 A (Skrivast: 1000/5A). Dersom ein koplar ein motstand på 1,0 ohm over sekundærklemmene vil ein nominelt få ei spenning på 5 A x 1,0 ohm = 5V over denne motstanden.

Byrden blir då 5 V x 5 A = 25V A. Dersom ein aukar motstanden i byrden til 2,0 ohm, aukar spenninga over byrden til 10 V og byrden blir då 10 V x 5 A = 50 VA.

Fortset ein å auke motstanden i byrden, vil spenninga over byrden auke i takt og straumtransformatoren vil etter kvart gå i metning. (Spenninga på sekundærsida, over byrden, avspeglar også spenningsforholdet på primærsida, og straumtransformatoren vil gå i metning på same måte som ein spenningstransformator når primærspenninga blir for høg).

!

VIKTIG:

Dersom ein fjernar byrden og let sekundæren vere utan tilkopling har ein i prinsippet ein uendeleg byrde.

Det som då skjer, er at transformatoren køyrast inn og ut av djup metning for kvar periode av straumen, og det induserast svært høge spenningspulsar over sekundærklemmene. I tillegg til å kunne øydelegge isolasjonen i transformatoren vil disse høge spenningstransientane også kunne vere livsfarlege for personar som måtte komme i kontakt med terminalane.

Difor er regelen:

Ein straumtransformator som ikkje har sin nominelle byrde tilkopla skal ha sekundærklemmene kortslutta.

Normalt skal ikkje ein straumtransformator gå i metning ved nominell straum og nominell byrde, og det er difor viktig at ein tek omsyn til metningspunktet når ein konstruerar denne type transformatorar. Det som skjer når ein straumtransformator går i metning er at ei auke i primærstraumen ikkje korrekt transformerast over til sekundærsida. (Det oppstår ein auka transformeringsfeil.) Dette er ein situasjon som oppstår gradvis ettersom ein bevegar seg inn i metningsområdet, og det er eit definisjonsspørsmål når ein reknar at transformatoren har gått i metning. Ofte definerar ein metningspunktet til der transformeringsfeilen har auka til 10%.

Hvis vi ser grovt på det, har vi to typar straumtransformatorer: Måletransformatorar og relétransformatorar. Disse konstruerast ulikt når det gjeld metningspunktet. Ein måletransformator er normalt tilkopla måleinstrument av eit eller anna slag for å registrere og måle straumverdiane innan transformatoren sitt arbeidsområde, som normalt er innanfor 5%-120% av nominelt angjeven straum. Dersom det skulle skje ein feil slik at straumen på primærsida aukar utover den nominelle verdien, vil denne straumauken også bli transformert til sekundærsida der måleinstrumenta er tilkopla. Vert straumauken for stor vil den kunne øydelegge instrumenta. Ved å lage straumtransformatoren slik at den går i metning før sekundærstraumen blir øydeleggande, kan ein verne instrumenta.

La oss anta at straumtrafoen på 1000/5A, nemnd ovanfor, er klasse 1,0 og har ein nominell byrde på 25 VA og at det er ønskjeleg at trafoen skal gå i metning før straumen har auka 5 gangar (ein maksimumsverdi), altså før sekundærstraumen har auka til 5 A x 5 = 25 A. Då må transformatoren konstruerast slik at den går i metning før spenninga over byrden blir 25 V. (25 A x 1,0 ohm = 25V). Dette vert anmerka på følgjande måte i spesifikasjonen: 1000/5A 25 VA kl.1,0 **Fs5**

I motsetning til ein måletransformator, vert ein **relétransformator** normalt kopla til ei utrustiing med eit vernerelé som skal tre i funksjon dersom det skjer ein feil/kortslutning i straumnettet. Ein slik feil kan vere opphav til svært store straumar, og det er viktig at transformatoren ikkje går i metning før den har utløyst vernereléet. Av den grunn opplyser ein for relétransformatorar kor mange gangar nominell straum dei skal tåle før dei går i metning (ein minimumsverdi). La oss gå ut frå at vår trafo på 1000/5 A 25 VA hadde vore ein relétransformator som vi ønska først skulle gå i metning ved meir enn 20 gangar nominell straum (5 A x 20 = 100 A). Då ville spesifikasjonen kunne sjå ut som følger: 1000/5A 25VA kl.5P**20**

I dette høvet må transformatoren konstruerast slik at den først går i metning ved ei spenning over byrden på meir enn 100V (100A x 1,0 ohm = 100V)

Dei oppgjevne grenseverdiane for forholdet mellom nominell straum og metningsstraum kallast generelt for «overstraumsiffer». På engelsk nyttast uttrykket ALF (Accuracy Limiting Factor).

For relétransformatorar skal det alltid vere opplyst om overstraumsiffer i spesifikasjonen.

Skal du tinge ein straumtrafo må leverandøren vite:

- Ønska omsettingsforhold – primærstraum og sekundærstraum (t.d. 500 A / 5 A).
- Senterhol i transformatoren / dimensjon på primærleiaren – skal det nyttast skinne eller kabel? (døme: skinne 10×50 mm eller innvendig diameter > 50 mm).
- Ønska belasting (effekt) (VA) og nøyaktigheitsklasse.
  (Døme: 20 VA, klasse 0.5 – se IEC 60044–1).
- Overstraums faktor må opplysast om for releträfoar og kan oppgjevast for måletrafoar.
- Avstand mellom primærleiarar i eit 3-fase system
- Dersom spesielle festeløysingar ønskast (t.d. festeskruar, DIN-skinnefester osv).
- Spesifiser om det er ein måletransformator eller ein reletränsformator (dette framgår ofte av den oppgjevne klassemerkinga).

Minimum spesifikasjon av straumtrafoar:

Ein minimumsspesifikasjon for ein **reletränsformator** med omsettingsforhold 1000 A til 5 A, belasting 30 VA, nøyaktigheitsklasse 5 %, overstraumsfaktor 20 (20 ganger merkestraum) og senterhol med min. 50 mm diameter, kan formulerast slik:

> 1000/5A 30VA kl.5 P20 ID>50mm

Ein tilsvarande spesifikasjon for ein **måletransformator** i ein vindaugstransformator-applikasjon, med forhold 400 A til 5 A, belasting 10 VA, nøyaktigheitsklasse 0,5 %, overstraumsfaktor 5 (5 gangar merkestraum) og senterhol med min. diameter 30 mm, kan sjå slik ut:

> 400/5A 10VA kl.0,5 Fs5 ID>30mm

Nøyaktigheitsklassar

I tillegg til byrde i VA og eventuelt merking av overstraumsiffer skal spesifikasjonen for ein straumtransformator alltid innehalde merking av nøyaktigheitsklassen. Definisjonen av dei ulike nøyaktigheitsklassane er opplyst om i IEC 60044–1.

For relétransformatorar finst det to nøyaktigheitsklassar: Klasse 5P og klasse 10P. Disse er opplyst om framfor overstraumsifferet. Til dømes slik: 1000/5A 30VA kl.5P20.

Vernetransformator

VERNETRANSFORMATOR

Ein vernetransformator er ein skilletransformator som er berekna til å forsyne ein SELV eller PELV straumkrets.

SELV:

SELV skildrar ei spenning som ikkje overstig 50 VAC eller 120 VDC (rippelfri) mellom leiarar, eller mellom einkvar leiar og jord i ein straumkrets som er isolert frå nettspenninga med ein vernetransformator. Med "rippelfri" meinast normalt ein RMS rippel spenning med ikkje meir enn 10% av DC komponenten.

SELV-straumkrets:

Skildrar ein ekstra-lavspenningskrets med beskyttande skille frå andre kretsar, og som ikkje har eller krev nokon form for jordingstilkopling.

PELV-straumkrets:

Skildrar ein ekstra-lavspenningskrets med beskyttande skille frå andre kretsar, og som grunna funksjonelle årsaker skal ha jordingstilkopling.

FELV-straumkrets:

Ein ekstra-lavspenningskrets som av funksjonelle årsaker ikkje oppfyller krava for SELV eller PELV.

Tryggleiksklassar for transformatorar

TRYGGLEIKSKLASSAR FOR TRANSFORMATORAR

Disse klassane skildrar korleis vern mot elektrisk støt er oppnådd, og dei gjeld for alt elektrisk utstyr – ikkje berre transformatorar – og skildrar korleis brukaren er beskytta ved ein isolasjonssvikt.

Dette er ei skildring av tryggleiksklassar (verneklassar) for elektrisk utstyr, og i dette høvet transformatorar, definert i samsvar med IEC 61140 (og beslekta standardar som EN 61558 for transformatorar).

Disse klassane opplyser om korleis vern mot elektrisk støt er oppnådd, og dei gjeld for alt elektrisk utstyr – ikkje berre transformatorar – og skildrar korleis brukaren er beskytta ved ein isolasjonssvikt.

Tryggleiksklassar for vern mot elektrisk støt:

Klasse	Skildring
Klasse I	Vern basert på grunnisolasjon og ei vernejording. Dersom isolasjonen sviktar, skal ei jorda kapsling leie straumen bort via jordleiar.
Klasse II	Vern ved dobbel eller forsterka isolasjon. Inga jordtilkopling er nødvendig eller tillate. Ein slik transformator har eit dobbelt lag med isolasjon mellom straumførande delar og berørbare delar.
Klasse III	Vern basert på at utgangen er ein SELV-krets (Safety Extra Low Voltage), maks 50 VAC eller 120 VDC. Inga jordtilkopling er nødvendig. Heile systemet haldast på eit trygt spenningsnivå.

Disse klassane har ikkje direkte med isolasjon mellom primær og sekundær vikling å gjere, men heller korleis heale konstruksjonen beskyttar menneske mot elektrisk støt.

Relevante standardar:

- IEC 61140 – Vern mot elektrisk støt
- EN/IEC 61558 – Tryggleik for transformatorar, kraftforsyningar m.m.
- IEC 60364 – Lavspenningsinstallasjonar, for klassifisering av forsyningssystem og jordingsmåtar.

Transformatoren sine merkeverdiar

TRANSFORMATOREN SINE MERKEVERDIAR

På alle transformatorar skal det finnast eit skilt med transformatoren sine merkeverdiar, dataskiltet. Merkeverdiane opplyser om kva for ytingar transformatoren er konstruert for. Dette er også referanseverdiar for produsenten sine garantiar. Grunnprinsippet er at transformatoren skal merkast som om den er ideell. Det takast normalt ikkje omsyn til tomgangsstraum og spenningsfall i transformatoren, bortsett frå på mindre effektar.



Rating plate on an 100 kVA 230/400 V enclosed Noratel transformer.

Merkeskilt på en 100 kVA, 230/400 V eller 400/230 V kapslet transformator fra Noratel.

Kjølemiddel:	*Bokstav*
Luft	A
Gass	G
Sirkulasjonsmetode:	*Bokstav*
Naturlig	N
Vifte eller pumpe	F

Isolasjonsklasse (°C) (IEC60085)	*Max tillatt temperaturøkning i viklingene (K) (IEC60726)*	*(EN61558)*
105 (A)	60	60
120 (E)	75	75
130 (B)	80	80
155 (F)	100	100
180 (H)	125	125
220	150	-



Tabellene og bilder er hentet fra Noratel.

IP beskyttelsesgradar

IP BESKYTTELSESGRADAR

IP-graden (International Protection, IEC60529) er ei kode som opplyser om kva for ytre påvirkningar utstyret er berekna for. Vernegraden er gjeven av to tal og kan innehalde ein tilleggsbokstav når det faktiske personvernet mot direkte kontakt med straumførande delar er betre enn det som er angjeve av det første talet. Tabellane under er henta frå Noratel.

2.Tall:
Det andre tallet i IP-koden angir utstyrets beskyttelse mot gjennomtrengning av vann med skade som følge.

IP	Forklaring
0	Ubeskyttet
1	Beskyttet mot vertikalt dryppvann, (kondens).
2	Beskyttet mot dryppvann med en vinkel på opp til 15°.
3	Beskyttet mot regn med en vinkel på opp til 60°.
4	Beskyttet mot sprutende vann fra alle retninger.
5	Beskyttet mot vann-stråler i alle retninger.
6	Beskyttet mot kraftige vannstråler og bølger.
7	Beskyttet mot skader ved midlertidig neddypping i vann.
8	Beskyttet mot skader ved langvarig neddypping i vann under bestemte forhold.

1.Tall:
Første tallet i IP-koden angir utstyrets beskyttelse mot gjennomtrengning av faste gjenstander og beskyttelse av personell mot direkte kontakt med strømførende deler.

IP	Forklaring
0	Ubeskyttet
1	Beskyttet mot gjennomtrengning av faste gjenstander med diameter på 50mm eller mer. Beskyttet mot direkte kontakt med håndens bakside (ufrivillig kontakt).
2	Beskyttet mot gjennomtrengning av faste gjenstander med diameter på 12,5mm eller mer. Beskyttet mot direkte kontakt med fingrene.
3	Beskyttet mot gjennomtrengning av faste gjenstander med diameter på 2,5mm eller mer. Beskyttet mot direkte kontakt med et Ø 2,5mm redskap.
4	Beskyttet mot gjennomtrengning av faste gjenstander med diameter på mer enn 1mm eller mer. Beskyttet mot direkte kontakt med et Ø 1mm ledning.
5	Støvbeskyttet (ingen skadelige gjenstander). Beskyttet mot direkte kontakt med et Ø 1mm ledning.
6	Støvtett. Beskyttet mot direkte kontakt med et Ø 1mm ledning.

Tilleggsbokstav

Ein eventuell tilleggsbokstav opplyser om vern av personell mot direkte kontakt med straumførande delar.

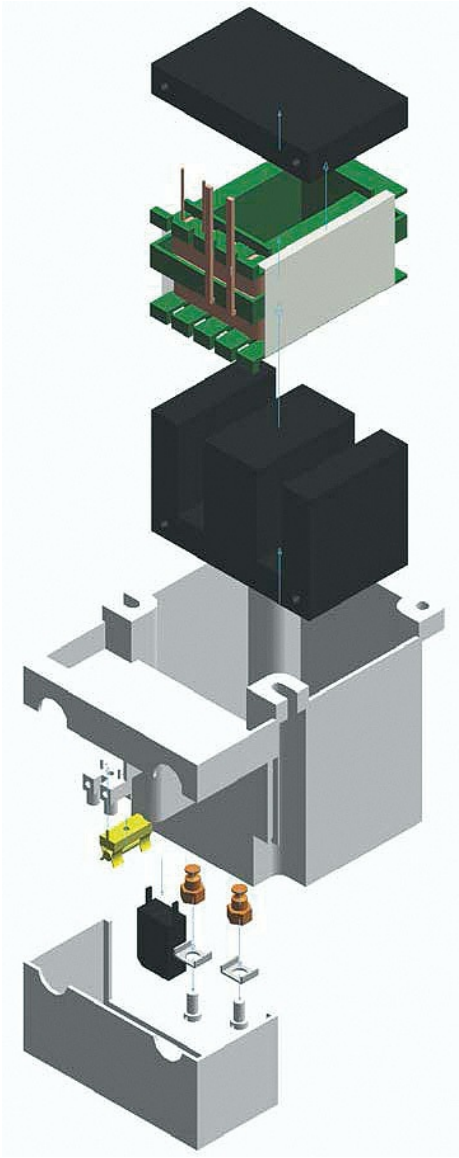
(Når det faktiske personvernet mot direkte kontakt med straumførande delar er betre enn det som angjevast av det første talet).

A - Med handa si bakside (Ø 50mm).

B - Med fingeren (Ø 12mm, L=80mm).

C - Med eit Ø 2,5mm, L=100mm reiskap.

D - Med ein Ø 1mm, L=100mm leidning.



Definisjonar

Transformator

TRANSFORMATOR

Ein transformator er eit apparat med to eller fleire viklingar som med hjelp av elektromagnetisk induksjon transformerar vekselspenning og straum til ein annan vekselspenning og straum med same frekvens. Hensikta er å overføre elektrisk energi.

Autotransformator

AUTOTRANSFORMATOR

Ein autotransformator er ein transformator med felles vikling, dvs. primær og sekundær er ikkje galvanisk/elektrisk skilde. Ofte kalla sparetransformator.

Skilletransformator

SKILLETRANSFORMATOR

Ein skilletransformator er ein transformator der primær og sekundær viklingane er galvanisk/elektrisk skilde med grunnleggande isolasjon.

Isolertransformator

ISOLERTRANSFORMATOR

Ein isolertransformator er ein skilletransformator med beskyttande skille mellom primær og sekundær viklingane.

Vernetransformator

VERNETRANSFORMATOR

Ein vernetransformator er ein skilletransformator som er berekna til å forsyne ein SELV eller PELV straumkrets.

Måletransformator

MÅLETRANSFORMATOR

Ein måletransformator er ein transformator for omgjering av høge straumar og spenningar til standardverdiar tilpassa måleutrusting, relé etc.

SELV

SELV skildrar ei spenning som ikkje overstig 50 VAC eller 120 VDC (rippelfri) mellom leiarar, eller mellom einkvar leiar og jord i ein straumkrets som er isolert frå nettspenninga med ein vernetransformator.

Transformator tryggleiksklassar

TRANSFORMATOR TRYGGLEIKSKLASSAR

Skildrar ein transformator som beskyttar mot elektriske støt. Der er tre klassar I, II og III.

Transformatoren sine merkeverdiar

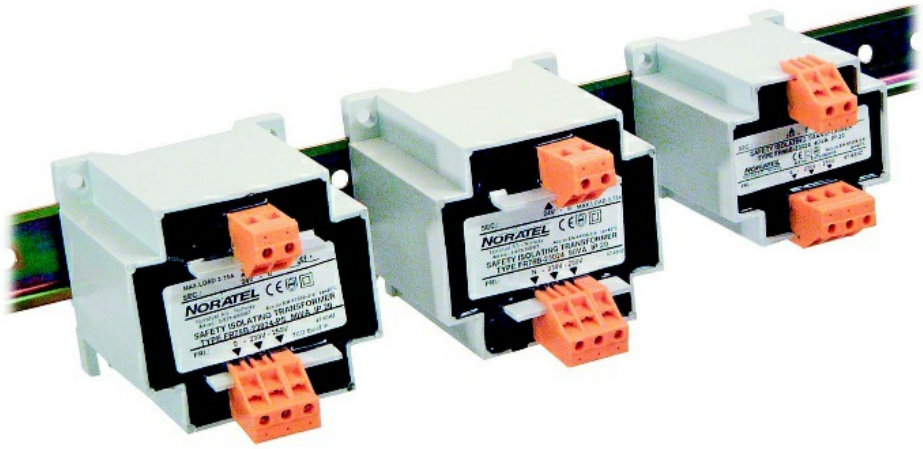
TRANSFORMATOREN SINE MERKEVERDIAR

På alle transformatorar skal det finnast eit skilt med transformatoren sine merkeverdiar, - dataskiltet.

Døme på berekning av einfase trafo

DØME PÅ BEREKNING AV EINFASE TRAFO

Ein einfase styrestraumtrafo er påstempla 90 VA, 400/230V, $\eta = 0{,}95$.
Primærsida har 600 vindingar.
Trafoen vert belasta med 60 VA med ein $\cos\varphi = 0{,}91$.
a) Kor mange vindingar har sekundærsida (N_2)?
b) Kva er den aktive- og reaktive effekten på sekundærsida (P_2 og Q_2)?
c) Kva er den tilsynelatande-, aktive- og reaktive effekten på primærsida (S_1, P_1, Q_1)?
d) Kva blir I_{h1} på primærsida og kva blir I_{h2} på sekundærsida.



Løysingsforslag

a)

$$n = \frac{U_1}{U_2} = \frac{400}{230} = 1,74$$
$$n = \frac{N_1}{N_2} \quad \rightarrow \quad N_2 = \frac{N_1}{n} = \frac{600}{1{,}74} = = \underline{\underline{345\ vindingar}}$$

b)

$$P_2 = S_2 * \cos\varphi = 60 * 0,91 = \underline{\underline{54,6W}}\ \cos\varphi = 0,91 \rightarrow \sin\varphi = \underline{\underline{0,415}}$$
$$Q_2 = S_2 * \sin\varphi = 60 * 0,415 = \underline{\underline{24,9\ VAr}}$$

c)

$$S_1 = \frac{S_2}{\eta} = \frac{60}{0{,}95} = \underline{\underline{63,16\ VA}}$$
$$P_1 = S_1 * \cos\varphi\backslash = 63,16 * 0,91 = \underline{\underline{57,48}}\ \text{w}$$
$$Q_1 = S_1 * \sin\varphi = 63,16 * 0,415 = \underline{\underline{26,21\ VAr}}$$

d)

$$I_{h1} = \frac{S_1}{U_1} = \frac{63{,}16}{400} = \underline{\underline{0,16\ A}}$$
$$I_{h2} = \frac{S_2}{U_2} = \frac{60}{230} = \underline{\underline{0,26\ A}}$$

Noratel – FR trafo

Innkapsla einfasa skilletransformator, konstruert og testa i samsvar med EN61558–2-4.
FR-transformatorane har separate isolerte viklingar, er støypt i sjølvsløkkjande polyuretan og innkapsla i plast. For fast installasjon, enkel og rask montering i skap eller tavler. Produsert i samsvar med krav fra DNV, Lloyd's Register of Shipping og Bureau Veritas, som inkluderer omgjevnadstemperatur på 45 °C. Konstruksjonsklasse II. Modellane FR60B, FR78B og FR84B leverast med integrert, valgfritt DIN-skinnefeste. Beskytta mot utilsikta berøring, konstruert for montering i skap eller tavler.
Industriell skilletransformator berekna for installasjon i prosessindustri, skipsbygging og tavler. Eigna for installasjonar som krev beskyttande skille mellom inn- og utgang.

Døme på berekning av trefase trafo

DØME PÅ BEREKNING AV TREFASE TRAFO

Ein trefase trafo har følgjande data:

Primær: $\Delta - koblet,\ U_{1h} = \ 3300\ V - I_{1h} = 10\ A.$
Sekundær: $Y - \text{koblet},\ U_{2h} = 400\ V,\ \eta = 0,95$

Transformatoren leverar til eit nett med ein $\cos\varphi = \ 0,91.$

a) Kor stor er den avgjevne effekten i kVA og kW?
b) Kor stor er den primære fasestraumen og fasespenninga?
c) Kor stor er den sekundære hovudstraumen og fasespenninga?
d) Kor stort er fase omsettingsforholdet?

Løysingsforslag

a)

$$S_1 = \ \sqrt{3} * U_1 * I_1 = \ \sqrt{3} * 3300 * 10 = \underline{57158\ VA}$$
$$S_2 = \ S_1 * \eta = 57158 * 0,95 = \underline{54300VA} = \underline{\underline{54,300\ kVA}}$$
$$P_2 = \ \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi = \ S_2 * \cos\varphi = 54,300 * 0,91 = \underline{\underline{49,413\ kW}}$$

b)

$$Y - \ I_{1fase} = \frac{I_{h1}}{\sqrt{3}} = \frac{10}{\sqrt{3}} = \underline{\underline{5,77\ A}}$$
$$Y - U_{1\ fase} = U_{1\ h} = \underline{\underline{3300\ V}}$$

c)

$$\Delta - I_{2h} = \frac{P_2}{\sqrt{3} * U_{2} * \cos\varphi} = \frac{49413}{\sqrt{3} * 400 * 0,91} = \underline{\underline{78,36\ A}}$$
$$\Delta - \ U_{2\ fase} = \frac{U_{2h}}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = \underline{\underline{230,94\ V}}$$

d)

$$n = \frac{U_{1\ fase}}{U_{2\ fase}} = \frac{3300}{230{,}94} = \underline{\underline{14,29 \approx 14}}$$



Noratel type 3LT-AFWF

Noratel introduserer ein helt ny serie transformatorar med vannkjølte kapslingsløysingar for distribusjons- og omform-transformatorar, både lav- og mellomspenning.
AFWF-designet byggjer på velprøvd teknologi, med Noratel si vekt på høg grad av tilpassing for fleksible mekaniske løysingar og enkel installasjon på staden.

AFWF-designet transporterer varmetap effektivt bort frå transformatoren og omgivelsane, slik at ein stabil omgjevnadstemperatur oppretthaldast uavhengig av plassering eller årstid.
Designet reduserer også behovet for kjøleeffekt frå omgivelsane.

Bruksområder

Typiske bruksområder er skipsbygging, offshore og prosessindustri, der det stillast krav til lav varmeutvikling fra omgivelsane.

Tekniske detaljar

- Konstruert i samsvar med IEC60726 og IEC60076-standardar – CE-merka
- Isolasjonsklasse F/H
- Lavt støynivå
- Standard effektar frå 400 kVA til 5000 kVA, andre størelsar på førespurnad
- Spenningsområde opp til 12 kV
- AFWF-design
- Ferskvannskjølar (maks 38 °C på tilført vatn)
- Lekkasjesikring, vatnmålar og PT100-sensorar i både transformator og kapsla luftrom
- Kabelinnføring frå botnen eller tilpassast etter ønskje
- Effektiv viftebasert radiator-kjøling – opptil 30 % auka yting
- Radiatorkjølarar med enkelt- eller dobbeltkjølerøyr
- Driftsspenning til internbruk takast frå hovudtransformator eller integrert styrestraumtransformator
- Design basert på 5 standard kapslingsstørelsar

Kap 11 Start og stopp for asynkrone motorer og skjemateknikk

Skjemateknikk

Skjemateknikk handlar om å lage, tolke og forstå elektriske koplingsskjema for elektriske og automatiserte system. Det nyttast innan elektro, automasjon og industri for å designe, feilsøke og byggje elektriske anlegg.

Skjemateknikk omfattar fleire typar skjema, avhengig av kva ein skal dokumentere:

Hovedstraumskjema

- Viser hovedstraums kretsen til eit elektrisk system.
- Inkluderer motorar, sikringar, kontaktorar og koplingar for straumforsyning.
- Døme: Korleis ein motor tilkoplast eit 3-fase-nett.

Styrestraumskjema

- Viser korleis ein elektrisk krets styrast via brytarar, rele og kontaktorar.
- Inneheld knappar, sensorar, hjelpekontaktar osv.
- Døme: Start-stopp-krets for ein motor.

PLS-skjema (Programmerbar Logisk Styring)

- Viser signal til og frå ein PLS (Programmable Logic Controller).
- Viser digitale og analoge inngangar/utgangar, samt kommunikasjon med andre einingar.
- Døme: Styring av eit transportband med PLS.

Einlinjeskjema

- Forenkla skjema som viser hovudkomponentane i eit elektrisk anlegg med éi linje per fase.
- Nyttast ofte i høgspentanlegg.

Koplingsskjema/prinsippskjema

- Viser korleis leidningar fysisk skal koplast mellom komponentar.
- Nyttast ved installasjon og feilsøking.

Viktige element i skjemateknikk

For å forstå skjemateknikk, må ein kjenne til:

- Symbol: Standardiserte symbol for komponentar som brytarar, relè, motorar, sikringar osv. (IEC 60617 nyttast ofte i Europa).
- Nummerering: Kvar leidning, komponent og tilkopling har unike nummer for enkel identifisering.
- Sperrekretsar: Sørgjer for tryggleik ved å hindre uønska aktivering av komponentar.
- Jording og vern: Beskyttar utstyr og menneske mot elektriske feil.

Kvifor er skjemateknikk viktig?

> Feilsøking: Elektrikarar og maskinoffiserar nyttar skjemaer til å finne feil i elektriske system.
> Installasjon: Sikrar at elektriske anlegg byggjast riktig.
> Dokumentasjon: Viktig for vedlikehald og oppdateringar i eit anlegg.
> Tryggleik: Hindrar farlege situasjonar ved å vise riktige koplingar og vernetiltak.

Dei obligatoriske hovudstraumskjemaene og styrestraumskjemaene for start- og stoppfunksjonar til ein asynkronmotor vil også bli gjennomgått.

- Direkte start.
- Dreieretnings vendar.
- Direkte start med to hastigheiter (to viklingssett).
- Dahlanderkopling.
- Start/stopp av luftkompressor med avlastingsventil.
- Stjerne/trekant start.
- Start/stopp med mjukstartar.
- Start/stopp med frekvensomformar.

Vi skal først sjå på symbol som blir nytta når vi teiknar. Det finst ingen fast standard for symbol som blir nytta i Norge. Det finst ei handbok med symbol som heiter NEK 144.

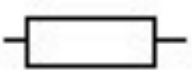
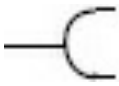
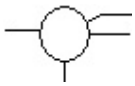
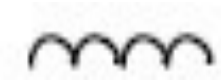
NEK 144 inneheld eit utdrag av symbol frå IEC 60617. Den er rekna for å ha størst utbreiing og nytte innan elektroteknisk dokumentasjon i Norge. Den definerar eit internasjonalt sett symbol for bruk i elektroteknisk dokumentasjon.

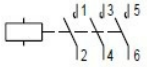
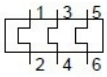
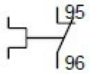
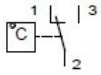
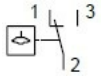
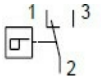


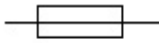
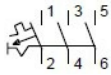
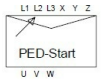
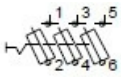
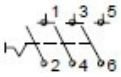
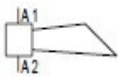
bilde K59

Symboler

Her er eit lite utvalg av symbol som vi nyttar i teikningar.

Symbol	Navn	Kode	Symbol	Navn	Kode
	Motstand (resistans), Ohmsk last	R		Lampe	-H
	Rekkeklemme. Koblingspunkt.	X		Signallampe	-H
	Jord. (Hovud symbol)			Batteri	-G
	Ein-pola brytar			Battericelle (den lange streken er +)	-G
	To-pola brytar			Hjelpekontakt Nemnast med med **NO** (Normally open)	
	Kronevender eller vender 5			Hjelpekontakt Nemnast med **NC** (Normally closed){.h-50 loading="lazy"}	
	Stikkontakt			Veksel brytar Veksel kontakt	
	Stikkontakt med jord			Kontakt NO, tidsforsinka inn	
	Koblingsboks			Kontakt NC, tidsforsinka inn	
	Spole	L		Kontakt NO, tidsforsinka ut	
	Spole	L		Kontakt NC, tidsforsinka ut	
	Kondensator	C		Vekselkontakt tidsforsinka inn	

Symbol	Navn	Kode	Symbol	Navn	Kode
	Kontaktor- eller relè-spole	-K, -C eller -D, -R		Trykknapp med fjørretur. NO	-S
	Hovudkontakter for kontaktor.	-K, -C eller -D, -R		Trykknapp med fjørretur. NC	-S
	Termisk føler. Bimetallføler	-F		Trykknapp med sperre. Blir ståande i stilling.	-S
	Termoelektrisk relè 3 fase. Motorvern.	-F		Vribrytar. NO.	-S
	Brytar styrt av eit termisk vern. NC.	-F		Vribrytar. NO.	-S
	Brytar styrt av eit termisk vern. NO.	-F		Nødstoppbrytar	-S
	Spole til tidsrelè, forsinka inn	-K -D		Termostat	-Y
	Spole til tidsrelè, forsinka ut	-K -D		Fotocelle	-Y
	Magnetventil	-Y		Væskenivå	-Y
	Transformator	-T		Gjennomstrøyming	-Y
	Transformator	-T		Grensebrytar. NC. Posisjonsbrytar.	-S
	Strømtrafo			Grensebrytar. NO. Posisjonsbrytar.	-S
	Generator, vekselstrøm, 3 fase	-G		Motor, vekselstrøm 3 fase	-M

Symbol	Navn	Kode	Symbol	Navn	Kode
	Sikring (smelte sikring).	-F		Likerettar	
	Automatsikring Ikkje IEC normert	-F		Vekselrettar	
	Automatsikring 3P	-F		Frekvensomformar	
	Automatsikring. 1P. Overlast og kortslutning	-F		Mykstartar	
	Automatsikring. 2P. Overlast og kortslutning	-F			
	Automatsikring. 3P. Overlast og kortslutning	-F		Brannmeldar hovudsymbol	
	Lastsikrings-skillebrytar 3-polt	-Q		Manuell brannmeldar	
	Effektbrytar/ motorvernbrytar 3-polt	-Q		Varmedetektor	
	Lastskillebrytar	-Q		Røykdetektor	
	Voltmeter			Flammedetektor	
	Frekvensmeter			Ringeklokke, brannklokker	
	Synkronoskop			Horn	

Kontaktar

Hjelpekontaktane har alltid to siffer:

Lukka kontaktar (NC) sluttar alltid på siffer 1 og 2. T.d. 11 og 12 eller 21 og 22 osv.

Åpne kontaktar (NO) sluttar alltid på siffer 3 og 4. T.d. 13 og 14 eller 23 og 24 osv.

Brytar har berre eit siffer:

Lukka brytarar (NC) har siffer 1 og 2.

Åpne brytarar (NO) har siffer 3 og 4.

Hjelpekontaktane til tidsrelè har to siffer:

Lukka kontaktar sluttar alltid på siffer 5 og 6. T.d. 15 og 16 eller 55 og 56.

Åpne kontaktar sluttar alltid på siffer 7 og 8. T.d. 17 og 18 eller 57 og 58.

Motorvern som vi koplar til kontaktorar, har to hjelpekontaktar:

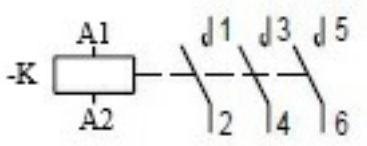
Ei lukka kontakt som er merka med 95 og 96.

Ei åpen kontakt som er merka med 97 og 98.

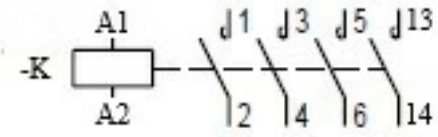
Tre fase kontaktor:

Kontaktoren har tre hovedkontaktar som har siffer 1, 3 og 5 på inngang og siffer 2, 4 og 6 ut.

Spolen til kontaktorar er merka med A1 og A2.



Kontaktoren kan også ha hjelpekontaktar:



Her er hjelpekontakt 13 og 14 komne med, denne nyttar vi ofte som haldekontakt.

Kontaktor

KONTAKTOR

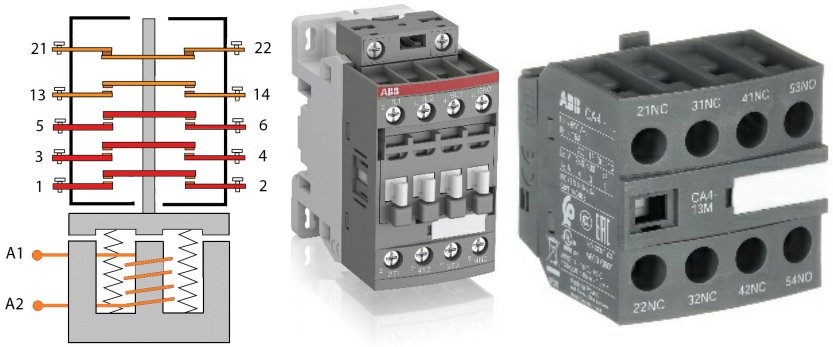
Ein elektrisk kontaktor er bygd opp av fleire viktige delar som saman gjer at den kan kontrollere straumen i ein elektrisk krets. Her er dei viktigaste komponentane i ein kontaktor:

1. Spole (elektromagnet):
   - Dette er ein av de viktigaste delane. Når spolen får elektrisk straum, blir den magnetisk og trekkjer på dei bevegelege delane i kontaktoren for å åpne eller lukke kretsane.

2. Bevegeleg kontakt (armatur):
   - Dette er ein metalldel som bevegar seg når spolen blir magnetisk. Den sørgjer for at dei elektriske kontaktane (hovudkontaktane) lukkast.
3. Hovudkontaktar (NO):
   - Normalt åpne (NO): Når kontaktoren er avslått, er disse kontaktane åpne (straumen kan ikkje gå gjennom). Når kontaktoren er slått på, lukkast dei, og straumen kan gå gjennom.
4. Fjør:
   - Fjøra gjer at dei bevegelege delane (som armaturen) går tilbake til sin opprinnelige posisjon når straumen til spolen blir slått av. Dette gjer at kontaktane åpnast igjen.
5. Hus (ytre kabinett):
   - Alle dei elektriske komponentane er beskytta i eit robust plasthus. Dette beskyttar mot støv, fukt og skadar.
6. Hjelpekontaktar (valgfritt):
   - Nokon kontaktorar har ekstra små kontaktar (hjelpekontaktar) som nyttast til å gi signal til andre delar av systemet.

KORT FORTALT

Kort fortalt er kontaktoren bygd opp av ein spole (som blir magnetisk når straum går gjennom), bevegelege kontaktar (som åpnar eller lukkar straumkretsen), fjør som trekkjer dei bevegelege delane tilbake, og eit hus som beskyttar alle delane.



Motorvernrelé

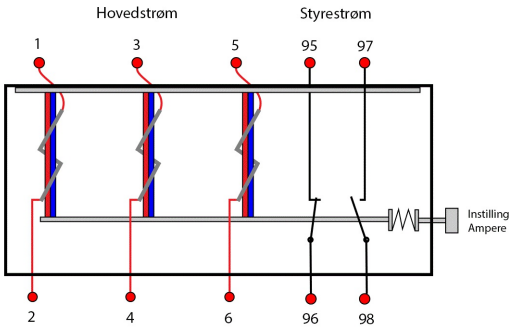
MOTORVERNRELÉ

Eit motorvernrelé er ein vernekomponent som nyttast til å hindre at ein elektrisk motor vert overbelasta eller skada grunna for høg straum, fasesvikt eller temperaturauke.

Under ser de ei skisse og eit bilde av eit termisk motorvern.



Termisk motorvern



Skisse av termisk motorvern.

Korleis fungerer eit motorvernrelé?

1. Overvåkar straumforbruket til motoren
   - Dersom motoren trekkjer meir straum enn innstilt grense (til dømes grunna overbelasting), vil reléet utløyse og kutte straumen.
2. Beskyttar mot fasesvikt
   - Dersom éin av dei tre fasane forsvinn, kan det føre til at motoren vert overoppheta. Motorvernreléet vil då kople ut motoren.
3. Kan vere termisk eller elektronisk
   - Termisk motorvernrelé: Nyttar ein bimetallstrimmel som bøyast ved høg straum og bryt kretsen.
   - Elektronisk motorvernrelé: Nyttar sensorar og elektroniske kretsar for nøyaktig overvåking av straumforbruk.

Eit termisk motorvern består av sju koplingspunkt; 95 og 96 som er ei NC-kontakt, 97 og 98 som er ei NO-kontakt. 2T1, 4T2 og 6T3 er koplingar som hovedstraumen går gjennom. Dersom motorvernet bryt ved for høg straumgjennomgang vil kontakten 95/96 åpne seg og 97/98 lukke seg. Punkta 2 (T1), 4 (T2) og 6 (T3) vil ikkje bryte og kutte straumgjennomgang til motoren den er kopla til. Kontakten 95/96 vil vere i serie med stoppbrytaren i styrestraumen, den vil stoppe motoren ved for høg straumgjennomgang.

Kor mykje straum som passerar gjennom bestemmast av ein innstillingsskrue som set på framsida av motorvernet. Den stillast på In verdien som er bestemt av kva motoren tåler (som normalt står på merkeskiltet på motoren). Er innstillingsskruen sett i feil verdi og det førekjem for høg straumgjennomgang vil ikkje motorvernet bryte ved motorvernet sin maks I_n verdi og statorviklingane https://no.wikipedia.org/wiki/Stator

På framsida er det også ein resetknapp som vil resette motorvernet når det har kopla ut.



Motorvernrelé kopla til kontaktoren

Relé

RELÉ

Eit relé er ein elektrisk brytar som styrast av ein elektrisk straum. Det nyttast til å slå på eller av høgare spenningar og straumar med hjelp av ein mindre styringsstraum.

Hovuddelar i eit relé:

1. Spole (elektromagnet) – Når straum går gjennom denne, skapast eit magnetfelt.
2. Armatur (bevegeleg kontakt) – Ein metallarm som trekkjast mot magneten når reléet aktiverast.
3. Faste kontaktar – Består av normalt åpen (NO) og normalt lukka (NC) kontakt.
4. Fjør – Held armaturen i sin opprinnelege posisjon når spolen ikkje er aktivert.

Funksjonen av eit relé.

1. Når ein styringsstraum sendast til reléet sin spole, skapast eit magnetfelt.
2. Dette magnetfeltet trekkjer armaturen til seg, og endrar kontakten sin tilstand:
   - Normalt åpen (NO) kontakt lukkar og let straum passere.
   - Normalt lukka (NC) kontakt åpnar og bryt straumen.
3. Når styringsstraumen fjernast, forsvinn magnetfeltet, og ei fjør fører armaturen tilbake til sin opprinnelege posisjon.

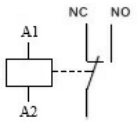
Typar relé

- Mekaniske relé– Nyttar fysiske kontaktar som koplar til og frå.
- Impulsrelé – Endrar tilstand kvar gang det mottek ein impuls.
- Tidsforsinka relé – Aktiverast eller deaktiverast etter ei tidsforsinking.
- Solid State Relé (SSR) – Nyttar elektroniske komponentar, ingen bevegelege delar.

DØME PÅ BRUK:

- Start av motorar – Eit lite signal frå ein knapp styrer ei stor last.
- Automatisk belysning – Nyttast i smarthus og trappebelysning.
- Vernekretsar – I maskiner som naudstoppsystem.

Symbol for eit enkelt relé med vekselkontakt (figur under):



Mange relé har eigen pluggsokkel. Her er eit ABB pin relè med sokkel.







Andre mekaniske ABB relé.

Tidsrelé.

Eit tidsrelé er eit relé som aktiverast eller deaktiverast etter ei førehandsinnstilt tidsforsinking. Det nyttast ofte i automasjon, belysningsstyring, motorstartarar og tryggleiksssystem.

Korleis virkar eit tidsforsinka relé?

Tidsforsinka relé fungerer som vanlege relé, men har ein innebygd tidskrets som styrer når reléet slår seg PÅ eller AV.

Typar tidsforsinka relé:

1. Innkoplingsforsinka (On-delay)
   - Når straum påførast, startar ein timer.
   - Etter den førehandsinnstilte tida slår reléet seg PÅ.
   - Nyttast t.d. for mjuk oppstart av motorar.

2. Ut-koplingsforsinka (Off-delay)
   - Reléet aktiverast straks det vert påført straum.
   - Når straumen brytast, fortset reléet å vere aktivt i ei bestemt tid før det slår seg AV.
   - Nyttast ofte til vifter som skal gå litt etter at ein brytar er slått av.

3. Pulstidsrelé (One-shot)
   - Gir ein kort puls uansett kor lenge inngangssignalet varer.
   - Nyttast for t.d. døråpnarar eller alarmfunksjonar.



Frittståande tidsrelé ABB.



Tidsblokk som vi set på toppen av ABB kontaktorar.

Impulsrelé



Eit impulsrelé (også kalla eit trapperelè eller bistabilt relé) er ein elektrisk komponent som nyttast til å styre ein krets med hjelp av korte elektriske impulsar. Det fungerer annleis enn eit vanleg relé ved at det skiftar tilstand kvar gang det mottek ein puls, i staden for å forbli aktivert så lenge det vert påført spenning.

1. Impuls aktiverar reléet.
   - Når det mottek ein kort straumimpuls frå ein brytar (til dømes ein trykknapp), skiftar det til motsett tilstand.
   - Dersom det var avslått, vert det slått på. Dersom det var på, vert det slått av.
2. Beheld tilstanden utan kontinuerleg straum
   - I motsetning til vanlege relé, som treng konstant spenning for å halde seg aktivert, beheld impulsreléet sin tilstand til neste impuls kjem.
3. Neste impuls skiftar tilstanden igjen.
   - Kvar gang det får ein ny impuls, bytar det mellom på og av.

Kvar nyttast impulsrelé?

- Trappebelysning: Nyttast ofte i trapperom der fleire brytarar (trykknappar) kan styre same lampe.
- Automatisering: I industrielle styringar og heime styringssystem.
- Energisparing: Fordi det ikkje krevst straum for å halde seg i ein tilstand, er det meir energieffektivt enn vanlege relé.

Fordelar med impulsrelé.

- Kan styrast frå fleire stadar utan behov for komplekse koplingar.
- Energibesparande fordi det ikkje trekkjer straum kontinuerleg.
- Forenklar kablinga samanlikna med tradisjonelle vekslingar mellom brytarar.

Solid State Relé (SSR).

Eit Solid State Relé (SSR) er ein elektronisk brytar som fungerer som eit tradisjonelt mekanisk relé, men utan bevegelege delar. I staden for elektromekaniske kontaktar nyttar det halvleiarkomponentar som tyristore, triacs eller transistorar for å kople til og frå ein elektrisk krets.

Korleis fungerer eit Solid State Relé?

Eit SSR består av tre hovuddelar:

1. Inngangskrets (styringssignal)
   - Mottek eit lavspenningssignal (f.eks. 3–32V DC eller 24–230V AC) frå ein PLS, mikroprosessor eller ein manuell brytar.
   - Kan vere optokopla for isolasjon.
2. Styrekrets (halvleiarbrytar)
   - Består av ein transistor, tyristor eller triac, som fungerer som hovedbrytaren.
   - Når inngangssignalet aktiverast, leiar halvleiarkomponenten straumen gjennom reléet.
3. Utgangskrets (lastside)
   - Koplar eller bryt straumen til lasta (motor, varmeelement, lampe osv.).
   - Fungerer for både AC- og DC-belastingar, avhengig av type SSR.

Fordelar med Solid State Relé samanlikna med mekaniske relé.

Eigenskap	SSR (Solid State Relé)	Mekanisk relé
Bevegelege delar	Nei	Ja
Slitasje	Ingen (halvleiarar)	Ja (mekaniske kontaktar)
Levetid	Svært lang	Begrensa
Brytarhastigheit	Rask (millisekund)	Langsom (relativt)
Støy	Ingen	Kan klikke
Isolasjon	Ja (optokopling)	Ja (mekanisk isolasjon)
Effekttap	Litt varmeutvikling	Minimal (når lukka)

Typar av Solid State Relé:

- AC-SSR: Nyttast for vekselstraum (AC), ofte til lys, varmeelement og motorar.
- DC-SSR: Nyttast for likestraum (DC), ofte til solcellesystem og batteridrevne kretsar.
- Zero-crossing SSR: Koplar inn lasta når vekselstraumskurva passerar nullpunktet, reduserer elektrisk støy.
- Random-turn-on SSR: Koplar inn lasta straks, nyttast i dimmarar og hurtigkopling

Bruksområder for Solid State Reléer.

- Industriell automasjon – PLS-ar styrer motorar, pumper og transportband.
- Varme- og ventilasjonssystem – Styring av varmeelement utan mekanisk slitasje.
- Lyskontroll og dimmarar – SSR gir jamn regulering utan flimring.
- Medisinsk utstyr – Nyttast i sensitive system der mekaniske relé kan lage forstyrrelsar.

Under ser vi to døme på Solid State Relé.



Solid State Relé.

Mjukstartar (Softstartar)

Ein mjukstartar nyttast for å begrense startstraumen og redusere mekaniske påkjenningar ved oppstart av ein asynkronmotor. Mjukstartaren gir ei gradvis auke i spenning til motoren, slik at den startar jamnt utan rykk.

Ein softstartar er ei elektronisk eining som nyttast til å starte ein elektrisk motor på ein kontrollert måte, ved å gradvis auke spenninga og dermed redusere startstraumen og mekaniske belastningar.

Oppbygging av ein softstartar

Ein typisk softstartar består av følgjande hovudkomponentar:

1. Tyristorar (SCR – Silicon Controlled Rectifiers):
   - Disse halvleiarkomponentane styrer spenninga som sendast til motoren.
   - Plassert i ei trefasekopling (to tyristorer per fase i antiparallell for vekselstraum).

2. Styringseining (Mikroprosessor eller kontrollar):
   - Overvåkar og styrer tenninga av tyristorane.
   - Kan innehalde ulike kontrollalgoritmar for optimal motorstart.

3. Vernekretsar:
   - Termisk vern for å unngå overoppheting.
   - Spennings- og straumovervåking for å beskytte motoren mot feiltilstandar.

4. Bypass-kontaktor (valgfritt, men ofte inkludert):
   - Når motoren har nådd full driftsspenning, koplar ein mekanisk kontaktor inn for å minimere effekttap i tyristorane.

Virkningsmåte

Softstartaren fungerer ved å gradvis auke spenninga til motoren under oppstart. Dette skjer i fleire trinn:

1. Startfase:
   - Softstartaren aktiverer tyristorane med ei lav startspenning.
   - Dette begrensar startstraumen og reduserer mekaniske påkjenningar på motor og drivverk.

2. Spenningstrinn (Ramp-up):
   - Spenninga aukast gradvis i ei førehandsdefinert kurve.
   - Dette gir ein mjukare akselerasjon og reduserer risikoen for spenningsfall i nettet.

3. Full drift:
   - Når motoren når sin nominelle hastigheit, koplar ofte ein bypass-kontaktor inn for å redusere effekttapa i tyristorane.

4. Stoppfase (Soft Stop, dersom aktuelt):
   - Nokon softstartarar har også ein funksjon for å redusere spenninga gradvis ved stopp.
   - Dette er spesielt nyttig for pumper og transportband for å unngå vannslag og brå stopp.

Fordelar med softstartar:

- Reduserer startstraum, noko som beskyttar straumnettet og reduserer spenningsfall.
- Minimerer mekaniske påkjenningar på motor og koplingar.
- Forlengar levetida til motoren og tilknytta komponentar.
- Kan gi moglegheit for kontrollert stopp, avhengig av funksjonaliteten.

Softstartarar nyttst ofte i applikasjonra som pumper, vifter, kompressorar og transportband der ein mjuk oppstart er nødvendig for å beskytte utstyr og forbetre driftstryggleiken.

Under ser vi bilde av ein ABB softstartar serie PSE.



ABB softstartar serie PSE

ABB PSE Softstartar – Virkemåte og Funksjona

ABB PSE-serien er ein kompakt og avansert softstartar designa for mellomstore motorapplikasjonar. Den kombinerer tyristorbasert spenningskontroll med integrert motorvern og bypass-relé, noko som gir ein energieffektiv og påliteleg oppstartsløysing.

Oppbyging av ABB PSE-serien.

Softstartaren består av følgjande hovudkomponentar:

Tyristorar (SCR – Silicon Controlled Rectifiers)

- Styrer spenningspådraget til motoren med hjelp av fasekontroll.
- Plassert i kvar fase (to per fase for å handtere vekselstraum).

Integrert Bypass-kontaktor.

- Når motoren når full driftsspenning, aktiverast bypass-kontaktoren.
- Reduserer effekttap i tyristorane og forbetrar energieffektiviteten.

Innebygd motorvern.

- Overvåker straum og spenningsubalanse for å beskytte motoren.
- Termisk modell av motoren bereknast kontinuerleg for å hindre overbelasting.

LCD-display og kontrolleining

- Brukarvennleg grensesnitt med innstillingar for start- og stopprampar, med meir.
- Kommunikasjonsmoglegheiter (Modbus RTU, m.fl.) for integrasjon i styringssystem.

Korleis fungerer PSE-serien?

Oppstart (Soft Start)

- Softstartaren startar motoren ved å gradvis auke spenninga.
- Dette reduserer startstraumen, normalt 3–4 gangar nominell straum i staden for 6–10 (IE3 og IE4).
- Gir ein jamn akselerasjon som beskyttar mekaniske komponentar.

Drift (Full hastigheit med bypass)

- Når motoren når nominell hastigheit, aktiverast bypass-kontaktoren.
- Tyristorane koplast ut for å redusere effekttap.
- Motoren går no som om den var kopla direkte til nettet.

Stopp (Soft Stop – valgfritt)

- Dersom aktivert, reduserer softstartaren spenninga gradvis ved stopp.
- Dette er spesielt nyttig for pumper, då det forhindrar vannslag og røyrskadar.

Ekstra funksjonar i PSE-serien:

- Justerbar start- og stopprampe – Gir fleksibilitet til ulike motorlastar.
- Straumbegrensing – Hindrar at motoren trekkjer for høg straum under start.
- Integrert motorvern – Overstraumsvern, fasefeil-deteksjon og termisk vern.
- Understraum/tørrkøyringsvern, låst-rotor-overvåking under drift.
- Justerbar trippklasse 10–20–30.
- Kickstart for lausriving (t.d. tilstoppa pumpe).
- Analog utgang (4 – 20 mA for straumtrekk).
- Innebygd Modbus RTU.
- Momentkontroll for «soft filling» av røyr.
- Kontrollert stopp av pumper for å unngå trykkstøt.
- Kompatibel med PLS – Støtte for Modbus RTU for integrering i industrielle system.

Typiske bruksområder for ABB PSE-softstartarar:

- Pumper (hindrar trykkstøt og vannslag)
- Vifter og kompressorar
- Transportband (hindrar brå bevegelsar og slitasje)
- HVAC-system

Kva er HVAC-system?

HVAC står for Heating, Ventilation, and Air Conditioning – på norsk oppvarming, ventilasjon og klimaanlegg. Dette er system som nyttast for å regulere temperatur, luftfuktigheit og luftkvalitet i innredningar.

Σ

OPPSUMMERT

ABB PSE-serien gir ein pålitelig og energieffektiv måte å starte motorar på, samtidig som den beskyttar både motoren og det elektriske systemet. Med integrert motorvern, bypass-kontaktor og kommunikasjon er den ei kostnadseffektiv løysing for mange industrielle applikasjonar.
PSE har tyristorar i 2 fasar - den tredje fasen er direktekopla. Dette gir ein kompakt og effektiv mjukstartar. Den har avansert algoritme som sørger for problemlaus start og stopp av alle slags applikasjonar.

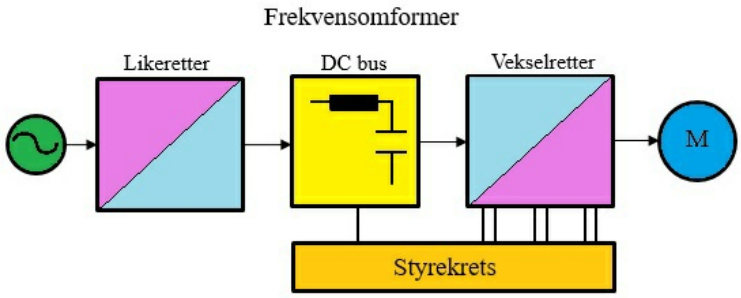
Frekvensomformar

FREKVENSOMFORMAR

Ein frekvensomformar (også kalla VFD – Variable Frequency Drive) er ei elektronisk eining som styrer hastigheita på ein elektrisk motor ved å regulere frekvensen og spenninga til motoren. Dette gjer det mogleg å justere turtalet trinnlaust, noko som gir energibesparelsar, mjuk oppstart og betre kontroll over motoren.

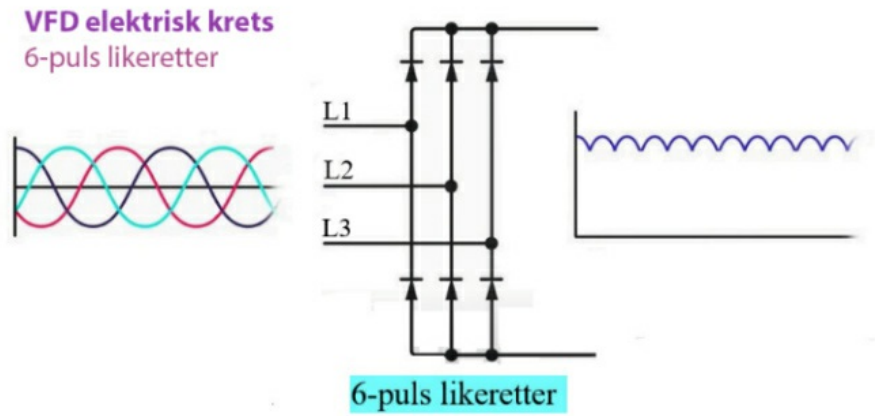
Oppbygging av ein frekvensomformar

Ein frekvensomformar består av tre hovuddelar:



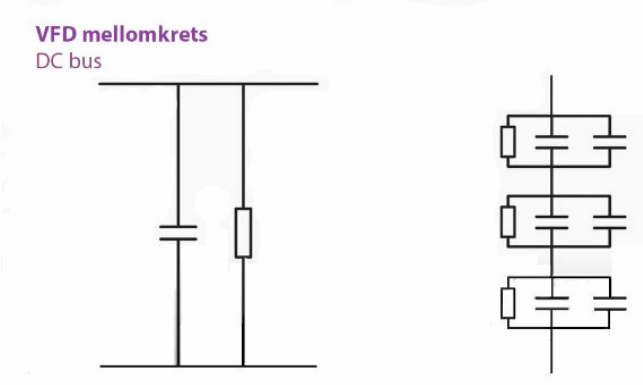
Likeretting (AC → DC).

- Nett tilkopla vekselstraum (AC 50/60 Hz) blir først likeretting til likespenning (DC) med hjelp av ei diodebru eller tyristorar.
- Ein kondensatorbank glattar ut spenninga for å gi ein stabil DC-buss.



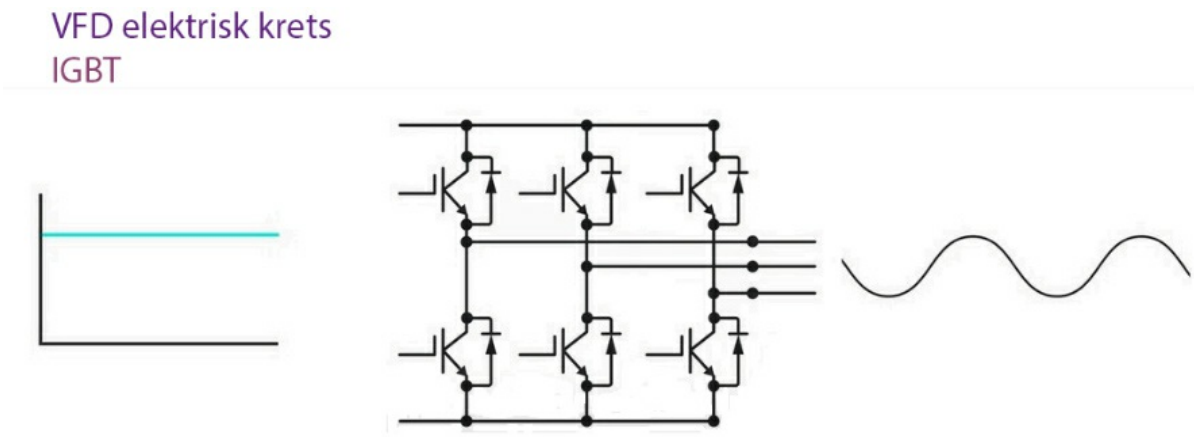
Mellomkrets (DC-buss).

- DC-bussen fungerer som eit energilager.
- Store kondensatorar sørger for at spenninga er stabil og filtrerer ut uønska variasjonar.



Invertar (DC → AC med variabel frekvens)

- IGBT-transistorar (Insulated Gate Bipolar Transistors) omdannar DC tilbake til AC med justerbar frekvens og spenning.
- Dette skjer gjennom ein teknikk kalla PWM (Pulsbredde-modulasjon), som skapar ein tilnærma sinusforma utgangsspenning.



Korleis fungerer ein frekvensomformar?

Justering av frekvens og spenning.
- Motoren sin hastigheit er proporsjonal med frekvensen:

$$n = \frac{f*60}{p}$$

der **n** = hastigheit (RPM), **f** = frekvens (Hz) og **p** = antal polpar i motoren.

- Ved å redusere frekvensen, reduserast motorhastigheita.

Mjuk start og stopp.

- I staden for ein brå start med høg startstraum, aukar frekvensomformaren gradvis spenning og frekvens (ramp-up).

- Ved stopp kan hastigheita reduserast gradvis (ramp-down), noko som hindrar mekanisk slitasje.

Moment- og effektstyring.

- Mange frekvensomformarar har funksjonar for å justere moment basert på lasta sitt behov.
- Ved lav belasting kan frekvensomformaren senke effekten for å spare energi.

Regenerativ drift (Valgfritt)

- Nokon avanserte frekvensomformarar kan tilbakeføre energi til straumnettet, noko som er nyttig i t.d heisar eller kranar.

Fordelar med frekvensomformar.

- Energisparing – Reduserer straumforbruk ved å tilpasse motorhastigheita.
- Mjuk start/stopp – Hindrar høge startstraumar og mekanisk slitasje.
- Presis hastigheitskontroll – Viktig for prosessar som krev variabel motorhastigheit.
- Redusert mekanisk slitasje – Gir jamnare drift og lengre levetid på motor og girsystem.
- Moglegheit for fjernstyring – Kan integrerast i industrielle styringssystem via PLC, Modbus, Profibus etc.

Typiske bruksområder for frekvensomformarar.

- Pumper (regulering av vanntrykk, energisparing).
- Vifter (behovsstyrt luftstraum i ventilasjonssystem).
- Transportband (justerbar hastigheit for produksjonslinjer).
- Heisar og kranar (nøyaktig hastigheitskontroll og regenerativ bremsing).
- Kompressorar (tilpassa drift for å spare energi).
- Thrustarar om bord i skip.

Σ

OPPSUMMERT:

Ein frekvensomformar styrer ein motor sin hastigheit ved å variere frekvensen og spenninga som tilførast motoren. Dette gir betre kontroll, lavare energiforbruk og lengre levetid på utstyret.



bilde K59

Eit utvalg av frekvensomformarar fra ABB.

Autotransformator

AUTOTRANSFORMATOR

Ein autotransformator som motorstartar nyttast for å redusere startstraumen til ein asynkronmotor (vanlegvis ein trefasemotor). Dette gjerast ved å starte motoren med ei lavare spenning, noko som reduserer startstraumen og mekaniske belastingar på systemet.

Autotransformator som motorstartar.

Når ein asynkronmotor startast direkte frå nettet (direkte start), kan startstraumen vere 4–7 gangar høgare enn merkestraumen. Dette kan føre til spenningsfall i nettet og mekaniske påkjenningar på motoren og koplingane.

Autotransformatorstart reduserer startstraumen ved å tilføre motoren ei redusert spenning i startfasen. Dette skjer i tre trinn:

1. Startfase (lavare spenning via autotransformator).
   - Motoren tilkoblast ei lavare spenning (f.eks. 50%, 65% eller 80% av nettspenninga).
   - Redusert spenning gir lavare startstraum og lavare startmoment.
   - Straumen tilførast via autotransformatoren sitt tappepunkt.

2. Overgangsfase (kopling til full spenning).
   - Etter ei kort tidsperiode (t.d. nokre sekund) koplast motoren gradvis over til full nettspenning.
   - Autotransformatoren fråkoplast frå kretsen.

3. Driftsfase (full spenning direkte frå nettet).
   - Motoren går no på full spenning, og autotransformatoren er heilt ute av kretsen.

Fordelar med autotransformatorstart:

- Lavare startstraum → Beskyttar straumnettet mot spenningsfall.
- Høgare startmoment enn Y/D-start (stjerne-delta start) → Viktig for tunge lastar.
- Kan tilpassast ulike startspenningsnivå (50%, 65%, 80% av nettspenning).

Ulemper

- Meir komplisert og dyrare enn direkte start og Y/D-start.
- Tek meir plass enn elektroniske startarar som frekvensomformarar.

Kvar nyttast autotransformatorstart?

- Store trefasemotorar med høg startstraum (t.d. > 10 kW).
- Kompressorar, pumper, vifter og andre tunge maskiner
- I industrianlegg der nettspenninga må stabiliserast under oppstart.

Autotransformatorstartaren er ei mellomløysing mellom enkel Y/D-start og meir avanserte frekvensomformarar og nyttast ofte når høgare startmoment er nødvendig.



PLS (Programmerbar Logisk Styring)

PLS (PROGRAMMERBAR LOGISK STYRING)

Ein PLS (Programmerbar Logisk Styring, eller PLC – Programmable Logic Controller) er ei industriell datamaskin som nyttast til å automatisere maskiner og prosessar i industri, skipsfart, energianlegg og andre automatiseringssystem.

1. Oppbygging av ein PLS.

Ein PLS består av fleire hovedkomponentar:

- CPU (Prosessorenhet) – Hjerna i systemet, som behandlar logikk og køyrer programmet.
- Inngangsmodular – Tek imot signal frå sensorar, brytarar og andre einingar.
- Utgangsmodular – Styrer motorar, ventilar, relè og andre aktuatorar.
- Straumforsyning – Gir stabil straum til PLS-en, ofte 24V DC eller 230V AC.
- Kommunikasjonsportar – Nyttast til å kople til HMI (operatørpanel), SCADA-system eller andre PLS-ar via nettverk (t.d. Ethernet, Modbus, Profibus).
- Minne (RAM/ROM/EEPROM) – Lagrar programmet og prosessdata.

2. Virkemåte til ein PLS.

PLS-en følgjer ein syklisk prosess kalla scan cycle, som gjentek seg kontinuerlig:

A) Innhenting av inngangssignal.

- PLS'en les signal fra sensorar, brytarar, temperaturmålarar, fotoceller osv.
- Inngangane kan vere digitale (av/på, 0/1) eller analoge, (varierande verdiar, t.d. 4 - 20 mA eller 0 - 10 V).

B) Behandling i CPU (programutføring).

- CPU'en tolkar inngangssignala og køyrer det programmerte logiske styringssystemet.
- Programmering gjerast i Ladder Logic (LD), Structured Text (ST), Funksjonsblokker (FBD) eller Sekvensiell Funksjonsgraf (SFC).
- Programmet styrer korleis utgangane skal reagere basert på inngangane.

C) Oppdatering av utgangssignal.

- Etter at CPU'en har køyrt programmet, aktiverer eller deaktiverer den utgangane.
- Dette kan t.d. starte ein motor, åpne ein ventil eller slå på eit varsellys.

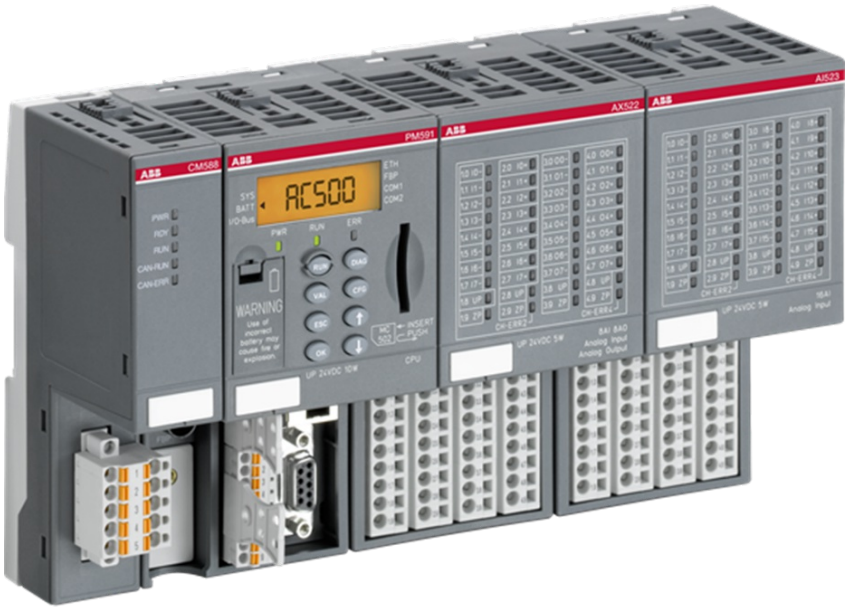
D) Kommunikasjon og overvåking.

- PLS-en sender data til operatørpanel (HMI) eller SCADA-system for overvåking og kontroll.
- Den kan også utveksle data med andre PLS-ar i eit nettverk.

3. Døme på bruk av ein PLS i eit system.

- Skip: Ballastsystem – PLS-en overvåkar tanknivå og styrer pumper for å balansere skipet.
- Industri: Produksjonslinje – PLS styrer transportband, robotar og sensorar for å optimalisere produksjonen.
- Energianlegg: Generatorstyring – PLS regulerer spenning, frekvens og belasting på generatorar.

PLS-ar er robuste, pålitelege og designa for å fungere i krevjande miljø med høg driftstryggleik.



PLS AC 500 frå ABB.

Hovedstraumskjema til ein direktestarta motor

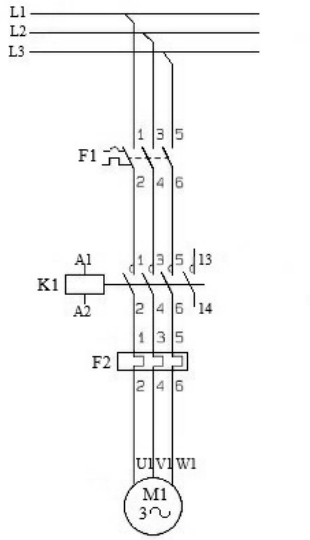
HOVEDSTRAUMSKJEMA TIL EIN DIREKTESTARTA MOTOR

Eit hovedstraumskjema er ei elektrisk teikning som viser korleis straumforsyninga og hovedstraumen flyt gjennom eit elektrisk anlegg. Det nyttast primært i installasjonar som motorstyring, tavler, og kraftdistribusjon.

Hovedstraumskjema skal innehalde:

- Straumforsyning – Der straumen kjem frå (t.d. 230V eller 400V).
- Sikringsvern – Vern av komponentar mot overbelasting (sikringar, effektbrytarar).
- Hovudkontaktorar og relé – Brytarar som styrer store lastar.
- Motorar eller andre belastingar – Sluttbrukareiningane som drivast av straumen.
- Jording og sikkerheit – Korleis systemet er kopla for sikker drift.

Her er eit enkelt hovedstraumskjema for ei motorstyring med ein 3-fasa motor, sikringar og kontaktor.



Enkelt hovedstraumskjema for ei motorstyring med ein 3-fasa motor, sikringar og kontaktor.

Komponentar

- 3-fasa straumforsyning (L1, L2, L3).
- Sikringsvern (F1) – Beskyttar mot kortslutning.
- Kontaktor (K1) – Styrer motoren via eit styresignal.
- Termisk vern (F2 / motorvernrelé) – Beskyttar motoren mot overbelasting.
- 3-fasa motor (M1).

Styrestraumskjema til ein direktestarta motor.

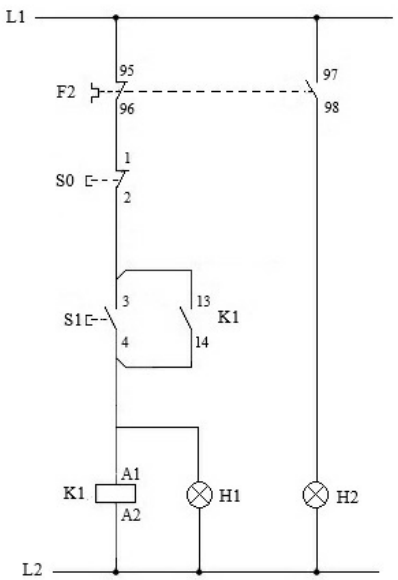
Eit styrestraumskjema viser korleis ein elektrisk krets kontrollerer ei større last, som ein motor eller ein lampe, med hjelp av brytarar, relé og kontaktorar. Det nyttar lavare straum og spenning enn hovedstraums kretsen for å sikre trygg styring og automasjon.

Styrestraumskjema for motorstyring med start/stopp-knappar.

Komponentar

- F2 = Termisk motorvernrelé (95–96 og 97–98).
- S0 = Stopp-knapp (NC = normalt lukka).
- S1 = Start-knapp (NO = normalt åpen).
- K1 = Kontaktor (styrer hovedstraums kretsen).
- K1 NO = Haldekontakt (sjølvhold).
- H1 = Driftslys.
- H2 = Feil lys.

Under er eit enkelt styrestraumskjema til direktestart av ein motor.



Korleis fungerer dette?

1. Trykk på Start-knappen (S1):
   - Straum går til kontaktoren (K1), som aktiverast og koplar motoren til hovedstraumen.
   - Haldekontakta (K1 NO) lukkar, slik at K1 forblir aktiv sjølv etter at S2 sleppast.
2. Motoren er no på.
   - Den vil forbli på til den mottek ein annan kommando.
3. Trykk på Stopp-knappen (S0):
   - Kretsen til K1 brytast, og kontaktoren slepp.
   - Motoren stoppar fordi hovedstraums kretsen åpnast.

Vil vi ha eit driftslys (H1) kan vi parallellkople det over spolen på kontaktoren (A1-A2).

Frå L1 kan vi og gå til 97–98 på motorvernet og vidare til ei lampe (H2) og videre til L2.

Då får vi eit lys som viser at motorvernet har kopla ut.

Kvifor nyttast styrestraumskjema?

Tryggleik – Lavspenningskontroll hindrar farlege situasjonar.
Automatisering – Nyttast i skip, industri, maskiner og smarthus.
Enkel feilsøking – Logisk oppsett gjer det lett å forstå feil i kretsen.

Forskjellen mellom hovedstraumskjema og styrestraumskjema.

Hovedstraumskjema	**Styrestraumskjema**
Viser korleis kraftstraumen flyt	Viser korleis kretsen styrast
Inneheld sikringar, kontaktorar og last (motor, lys)	Inneheld trykknappar, relé og kontrollutstyr
Nyttar høgare spenning (230V/400V)	Nyttar ofte lavare spenning (24V/230V)
Viktig for energifordeling	Viktig for automasjon og styring

Dreieretningsvendar

DREIERETNINGSVENDAR

Ein dreieretningsvendar nyttast til å byte mellom to fasar, noko som endrar rotasjonsretninga til motoren. Dette gjeld for vekselstraumsmotorar (AC) og likestraums motorar (DC).

For ein 3-fase-vekselstraumsmotor (AC-motor)

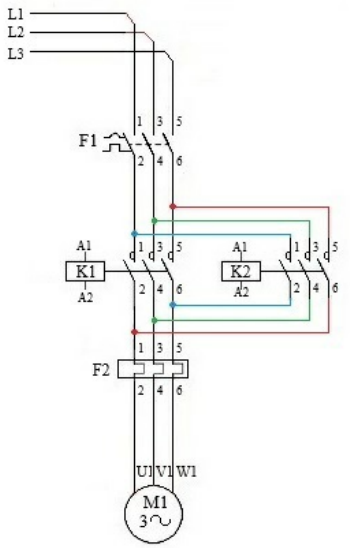
Ein trefasemotor endrar retning når to av fasane byter plass. Ein dreieretningsvendar koplar om slik at:

- I éin posisjon går fasane inn normalt (L1, L2, L3 → U, V, W).
- I den andre posisjonen bytast to fasar (L3, L2, L1 → U, V, W), noko som får motoren til å rotere motsett veg.

Tryggleik

For å unngå kortslutning må brytaren vere utforma slik at den ikkje koplar saman fasane under omkopling. Vi legg inn forriglingar i styrestraumen.

Hovudstraumskjema dreieretningsvendar



Styrestraum dreieretningsvendar

1. Komponentar i styrestraumkretsen

- Styrestraumsikring (for å slå av/på systemet).
- To kontaktorar (K1 og K2) (ein for framover, ein for revers).
- Termisk motorvern (beskyttar mot overbelasting).
- Trykknappar (to for start og ein for stopp av motor).
- Mekanisk sperre mellom kontaktorane (hindrar at begge aktiverast samtidig).

2. Prinsippskjema for styrestraumkretsen

- Framoverdrift: Når du trykkjer på framover-knappen (S1), aktiverast K1, som koplar motoren til normal fase.
- Bakoverdrift: Når du trykkjer på revers-knappen (S2), aktiverast K2, som byter to av fasane og reverserer motoren.
- Stoppknapp (S0) bryt styrestraumen og stoppar motoren.
- Ein elektrisk sperre sørger for at K1 og K2 ikkje aktiverast samtidig, for å unngå kortslutning.

3. Funksjon i praksis.

1. Framover:
   - S1 (framover-knapp) trykkast → K1 aktiverast → Motoren går framover.
2. Bakover:
   - S2 (revers-knapp) trykkast → K2 aktiverast → Motoren roterer motsett veg.
3. Stopp:
   - S0 (stopp-knapp) bryt kretsen → Motoren stoppar.

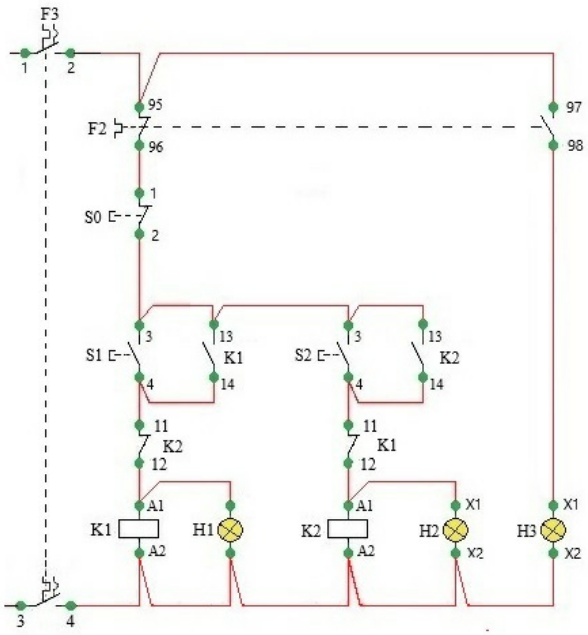
4. Tryggleikstiltak.

> Termisk motorvern: Beskyttar motoren mot overbelasting.
> Mekanisk sperre: Hindrar at begge kontaktorane trekkjer inn samtidig.

HER HAR EG VALGT Å TEIKNE INN LITT MEIR ENN NORMALT.

- Alle styrestraums leidningane har eg teikna raude.
- Alle tilkoplingsskruane har eg merka med grønt.
- Komponentane er svarte (brytarar, kontaktorar og kontaktar)

Eg gjorde dette fordi nokre studentar hadde problem med å skille mellom komponentar og leidninger under praktisk kopling.



Direkte start med to hastigheitar, to ulike viklingar

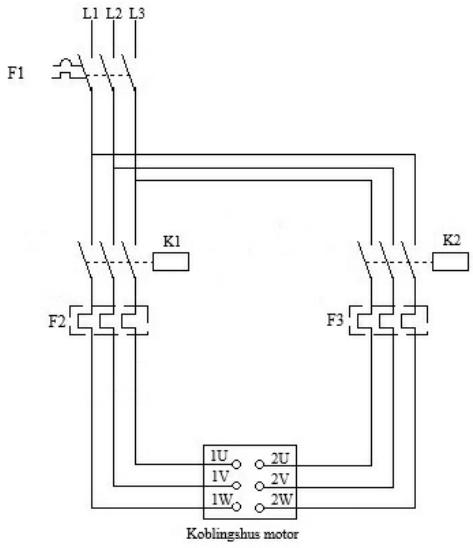
Når ein motor har to separate viklingssett, betyr det at den kan ha to uavhengige hastigheiter. Dette skil seg frå ein Dahlander-kopling, fordi kvart viklingssett har eit fast poltal, og ein vel kva for sett som skal vere aktivt. Her er ei forklaring på korleis start-stopp-systemet fungerer i ein slik motor.

Prinsippet bak to viklingssett.

Ein motor med to viklingssett har:

- To separate statorviklingar – éin for lav hastigheit og éin for høg hastigheit.
- To sett med hovedkontaktorar – éin for kvar vikling.
- To motorvern.
- Eit styrestraumsystem som sikrar at berre éi vikling kan vere aktiv om gangen.

Hovedstraum:

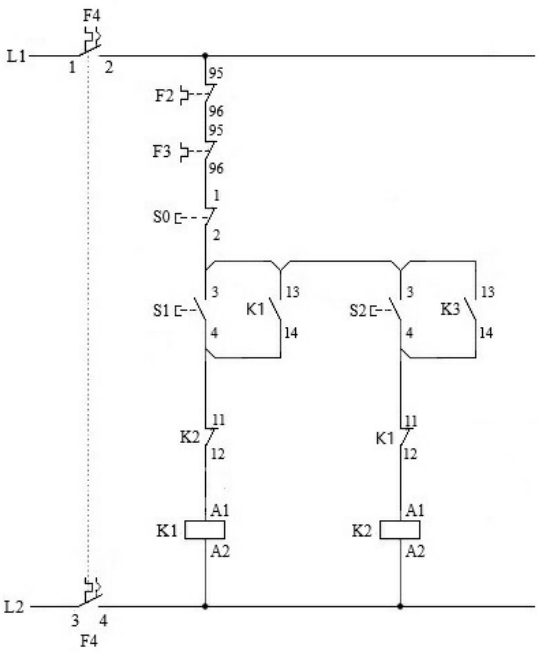


Styrestraum:

Start-stopp-systemet

Styrestraumen nyttast til å kontrollere kva for vikling som aktiverast. Dette gjerast med hjelp av:

- To startknappar (éin for lav hastigheit, éin for høg hastigheit)
- Éin felles stoppknapp
- To hovudkontaktorar (K1 og K2) som koplar inn kvar sin vikling
- Elektriske sperrekontaktar som hindrar at begge viklingane er på samtidig
- To motorvern



Koplingslogikk

Start lav hastigheit:

- Når knappen for lav hastigheit trykkast, aktiverast K1.
- K1 koplar inn lavhastigheitsviklinga.
- Ei hjelpkontakt på K1 sperrar for at K2 kan aktiverast samtidig.

Start høg hastigheit:

- Når knappen for høg hastigheit trykkast, aktiverast K2.
- K2 koplar inn høghastighei tsviklinga.
- Ei hjelpkontakt på K2 sperrar for at K1 kan aktiverast samtidig.

Stoppe motoren:

- Når stoppknappen trykkast fell begge kontaktorar ut, og motoren stoppar heilt.

Tryggleik og sperrefunksjonar

For å hindre at begge viklingar er aktive samtidig (noko som kan føre til kortslutning eller skade), nyttast:

- Elektriske sperrekontaktar (hjelpkontaktar på K1 og K2) som fysisk hindrar samtidig aktivering.
- Termisk vern (overbelastningsvern) som beskyttar motoren mot overbelasting.

Σ

OPPSUMMERING

- Ein motor med to viklingssett har separate viklingar for lav og høg hastigheit.
- To kontaktorar (K1 og K2) styrer kvar sin vikling.
- Elektriske sperrer sikrar at berre éi vikling er aktiv om gangen.
- Felles stoppknapp bryt heile systemet.

Motor med Dahlander viklingar

MOTOR MED DAHLANDER VIKLINGAR

Ein Dahlander-motor er ein asynkron 3-fasa vekselstraumsmotor med ein spesiell viklingskonfigurasjon som gjer det mogleg å endre hastigheita ved å kople om statorviklingane. Denne typen motor nyttast ofte når det er behov for to ulike hastigheiter utan bruk av ein frekvensomformar.

Den er oppkalt etter den svenske ingeniøren Robert Dahlander, som utvikla prinsippet.

Ein Dahlander-motor har éi statorvikling, men den kan koplast om på ulike måtar for å endre antal polpar, og dermed hastigheita. Dette skjer med hjelp av ein polomkoplingsmetode, som gir følgjande effektar:

Seriekopling (Dobbelt antal polar, lav hastigheit)

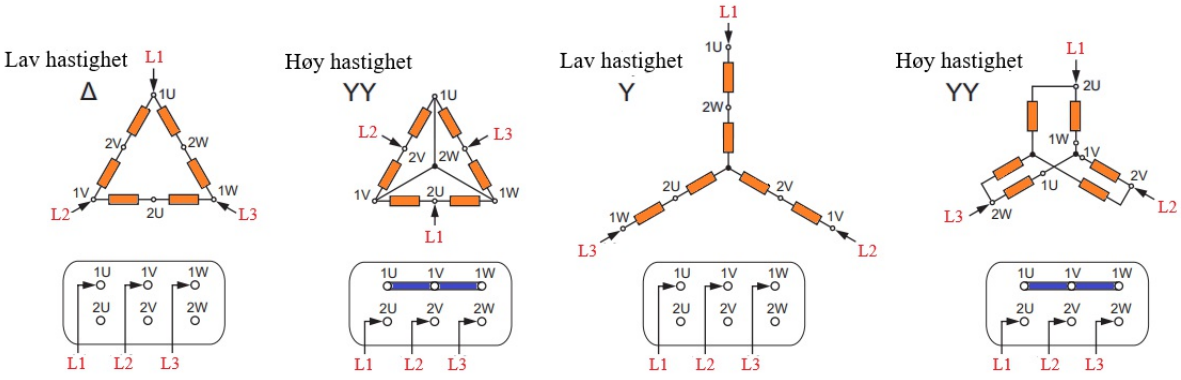
- Straumen går gjennom heile viklinga.
- Gir lavare turtal (nominelt t.d. 750 RPM).

Parallellkopling (Halvert antal polar, høg hastigheit)

- Viklingane koplast om for å gi færre polpar.
- Gir høgare turtal (t.d. 1500 RPM).

To ulike måtar å kople på:

> Δ/YY eller Y/YY



Døme på polforhold:

- 2/4 polar → 3000/1500 RPM (50 Hz)
- 4/8 polar → 1500/750 RPM (50 Hz)
- 6/12 polar → 1000/500 RPM (50 Hz)

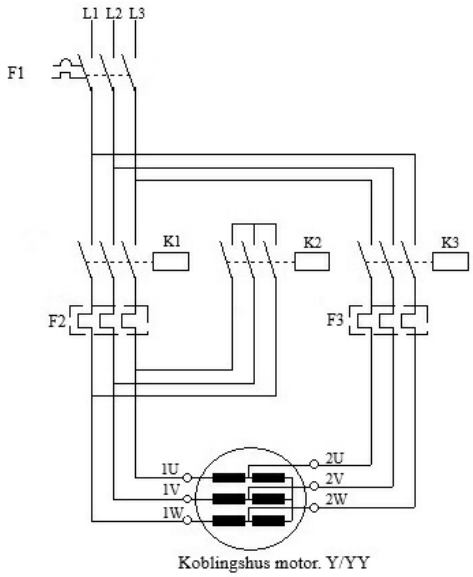
Fordelar med Dahlander-motorar:

- Enkel hastigheitsregulering – Ingen frekvensomformar nødvendig.
- Høg effektivitet – Lite effekttap i viklingane.
- Enkelt elektrisk oppsett – Nyttar eit kontaktorsystem for omkopling.
- Nyttast i skip, industri og HVAC – Vanleg i vifter, pumper og dreiebenkar.

Typiske bruksområder:

- Vifter og pumper – Justerer luftstraum eller væskestraum utan frekvensomformar.
- Maskinverktøy – For hastigheitskontroll i motorar som driv bandsager og dreiebenkar.
- Heisar og kranar – Der to-trinns hastigheit er nødvendig.
- Sceneteknikk – Nyttast i teater og konsertutstyr for kontrollert bevegelse.

Hovedstraum Dahlander kopling Y/YY.



Koblingshus motor. Y/YY

Styrestraum Dahlander kopling.

Dahlander-koplinga fungerer ved å endre korleis statorviklingane er kopla, noko som påvirkar motoren sitt poltal. Typisk gjeld:

- Lav hastigheit (Δ-kobling, t.d. 1400 o/min): Motorviklingane koplast i serie, noko som gir dobbelt så mange polar og dermed lavare hastigheit.
- Høg hastigheit (YY-kopling, t.d. 2800 o/min): Motorviklingane koplast i parallell, noko som gir færre polar og dermed høgare hastigheit.

Dette kan gjerast med hjelp av tre kontaktorar, der éin gir lav hastigheit, og dei to andre gir høg hastigheit.

Styrestraumen nyttast til å kontrollere kontaktorane som styrer hovedstraumen. Ein typisk styrestraumkrets består av:

- Startknapp (lav hastigheit)
- Startknapp (høg hastigheit)
- Stoppknapp
- Tre kontaktorar (K1 for lav hastigheit, K2 og K3 for høg hastigheit)
- Mekaniske og elektriske sperrer (slik at begge hastigheiter ikkje kan vere aktive samtidig)

Koplingslogikk

Lav hastigheit aktiverast:

- Når lavhastigheitsknappen trykkast, aktiverast kontaktor K1.
- K1 koplar motoren i Δ-konfigurasjon (serie), noko som gir lav hastigheit.
- Ei hjelpkontakt på K1 sperrar for aktivering av høg hastigheit samtidig.

Høg hastigheit aktiverast:

- Når høghastigheitsknappen trykkast, deaktiverast K1. K2 og K3 aktiverast.
- K2 og K3 koplar motoren i YY-konfigurasjon (parallell), noko som gir høgare hastigheit.
- Ei hjelpkontakt på K2 og ei på K3 sperrar for aktivering av lav hastigheit samtidig.

Stoppe motoren:

- Når stoppsignalet blir gitt, slepp begge kontaktorane, og motoren stoppar.

Tryggleik og sperrefunksjonar

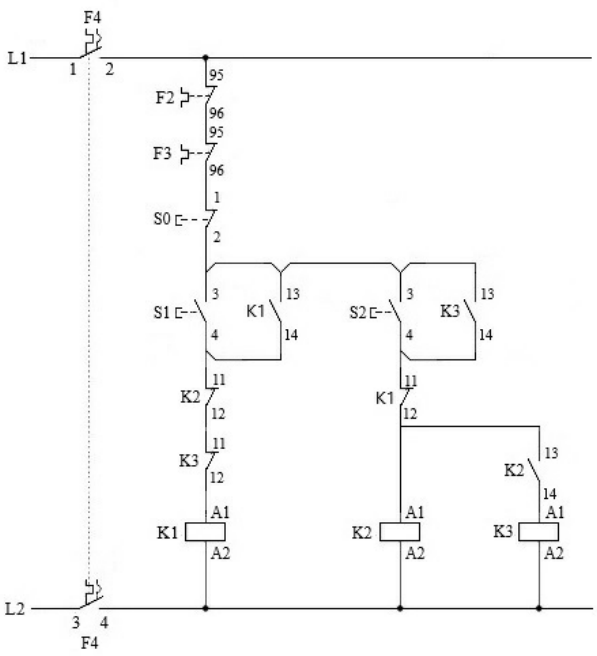
For å sikre at motoren ikkje får begge koplingar samtidig (som kan føre til kortslutning eller skade), nyttast:

- Elektriske sperrekontaktar (hjelpkontaktar på K1, K2 og K3) som hindrar at begge hastigheteine kan vere aktive samtidig.
- Termisk vern (overbelastingsvern) for å beskytte motoren mot overbelasting.

Σ

OPPSUMMERING

Styrestraumen i ein Dahlander-kopla motor nyttast til å aktivere tre ulike kontaktorer, som enten koplar motorviklingane i serie (Y) (lav hastigheit) eller parallell (YY) (høg hastigheit). Elektriske og mekaniske sperrer sørger for sikker drift og hindrar feilaktig samtidig aktivering.



Luftkompressor

Dette er eit enkelt koplingsskjema for ein luftkompressor, der vi har ein avlastingsventil som er åpen nokre sekund under start.

Ein avlastningsventil (også kalt utløysingsventil eller trykkavlastingsventil) på ein luftkompressor har fleire viktige funksjonar, primært for å beskytte systemet og sikre effektiv drift.

Hovudfunksjonar til avlastingsventilen

Redusere startmotstand (for ein stempelkompressor)

- Når ein kompressor stoppar, kan det fortsatt vere trykk i sylinderen og røyrleidningane.
- Dersom motoren forsøker å starte mot dette trykket, krev det mykje straum og kan føre til overbelasting eller oppstartsvanskar.
- Avlastingsventilen slepp ut trykket frå sylinderen, slik at motoren kan starte utan motstand.

Beskytte systemet mot overtrykk

- Dersom trykkbrytaren eller andre tryggleiksmekanismer sviktar, kan trykket bli for høgt.
- Avlastingsventilen vil då sleppe ut luft for å hindre skade på kompressoren eller luftsystemet.

Forlenge levetida til kompressoren

- Ved å redusere belastinga på motoren under oppstart, unngår ein unødig slitasje.
- Dette bidreg til lengre levetid for både motor og kompressor.

Korleis fungerer avlastingsventilen?

- Når kompressoren stoppar, åpnar ein elektrisk eller mekanisk ventil som slepp ut trykket frå sylinderen.
- Når kompressoren startar igjen, lukkast ventilen automatisk for å bygge opp trykk.
- På enkelte modeller er avlastingsventilen integrert i trykkbrytaren.

Kvar finn du avlastingsventilen?

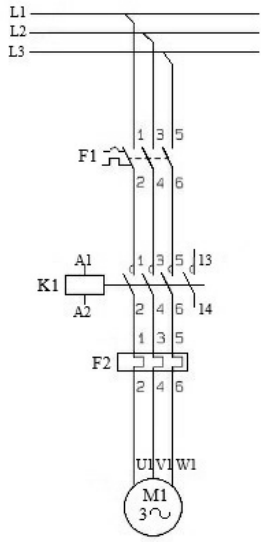
- Vanlegvis montert på trykkbrytaren eller i nærleiken av kompressoren sin sylindertopp.
- På større kompressorar kan den vere kopla til eit elektromagnetisk system.

Σ

OPPSUMMERING:

Lettare oppstart – Fjernar trykk fra sylinderen, slik at motoren startar utan unødvendig belasting.
Beskyttar mot overtrykk – Hindrar skadar på kompressor og røyrnett.
Aukar levetida – Mindre belasting på motor og komponentar.

Hovedstraumskjema luftkompressor:



Styrestraumskjema luftkompressor.

Ein luftkompressor treng eit styresystem for å:

- Starte og stoppe motoren automatisk basert på trykk.
- Avlaste trykket frå sylinderen ved stopp for enkel oppstart.
- Beskytte motoren mot overbelasting.

Hovudkomponentar i styrestraums kretsen:

- Trykkbrytar (P) – Startar og stoppar kompressoren avhengig av trykknivå.
- Start- og stoppknappar (S0, S1) – For manuell styring.
- Hovudkontaktor (K1) – Koplar inn motoren.
- Tidsrelè (D2) – forsinka ut, held straum på magnetventilen ved manuell stopp.
- Termisk vern (F2) – Beskyttar motoren mot overbelasting.
- Avlastingsventil (Y1) – Slepp ut trykk frå sylinderen ved stopp.

Forklaring av kretsen.

1. Start prosess:
   - Når S1 (startknappen) trykkast, aktiverast D1 (hjelperelé) og held seg inne via sin eigen hjelpekontakt 13–14. Hjelpekontakta 23–24 på D1 vil legge inn K1. D2 vil få straum og vil aktivere kontakta si (17–18).
   - Motoren startar, og kompressoren byrjar å bygge trykk.

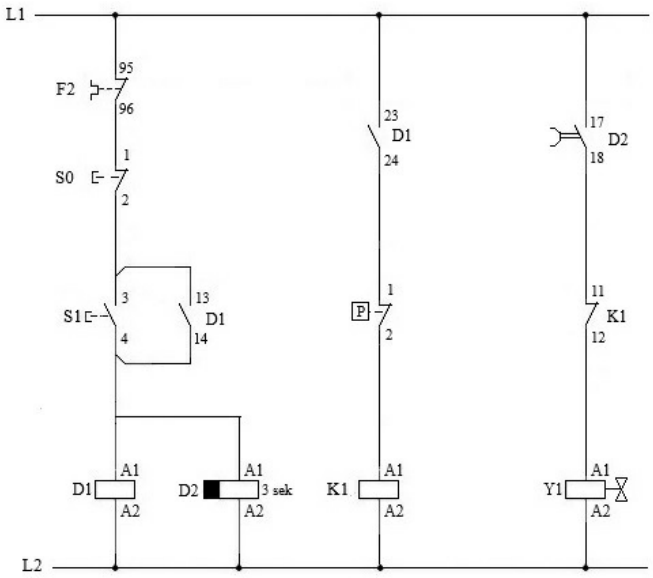
2. Trykkbrytarkontroll:
   - Når systemet når øvre trykkgrense, åpnar P (trykkbrytaren) og kuttar straumen til K1.
   - Dette stoppar motoren og aktiverer hjelpekontakten 11–12 på K1 som aktiverer Y1 (avlastingsventilen) og slepp ut resttrykket i sylinderen.

3. Automatisk restart:
   - Når trykket fell under nedre trykkgrense, lukkar P, og kompressoran startar automatisk igjen.
   - Y1 stengast, slik at systemet kan byggje opp trykk på nytt.

4. Manuell stopp:
   - Trykkast S2 (stoppknappen), kuttast straumen til D1, K1 og D2, motoren stoppar. D2 vil halde kontakten sin lukka til innstilt tid (3 sek), då vil den åpne.
   - Avlastingsventilen Y1 vil då ha 3 sek på å sleppe ut trykk for å lette neste oppstart.

Tryggleikstiltak

- Termisk vern (F1) – Hindrar overbelasting.
- Trykkbrytar (P1) – Stoppar motoren ved for høgt trykk.
- Avlastingsventil (Y1) – Hindrar hard oppstart.
- Sjølvhald i D1 – Sørger for kontinuerlig drift til stopp er nødvendig.



Stjerne trekant start

Ein kortslutningsmotor tek ca. 5–7 gangar merkestraumen i startaugneblinken ved direkte start. Den høge startstraumen kan føre til sterke straumstøt i svake anlegg eller nett, dermed følgjande sterke spenningsfall. Ombord i skip har vi svake nett, og difor er det viktig å unngå spenningsfall på nettet. Motorar som er større enn ca. 3 kW bør difor ha ei anordning som begrensar straumen i startaugeblikket. Den enklaste måten er å nytte stjerne/trekantstart.

Vanlegvis førast alle seks endane til motorviklinga fram til klemmebrettet. Når dette gjerast er det lett å kople om frå stjerne til trekant.
Ved igangsetting vert statorviklinga kopla i stjerne, som har same virkning som om motoren påtrykkast ca. 58 % av den normale nettspenninga. Med stjernekopling får nemlig kvar fase $1/\sqrt{3}$ av nettspenninga.

Startstraumen fell no til ein tredjedel av kva den ville vere ved trekantkopling med same nettspenning. Det samme kan vi seie om momentet som også vil synke til ein tredjedel i stjerne. Omkoplinga frå stjerne til trekant bør ikkje skje før turtalet har kome opp i over 80 prosent av nominelt turtal. Dersom omkoplinga skjer for tidlig får vi et høgt straumstøt som kan vere uheldig for svake nett.

Stjerne/trekantstart nyttast kun der ein har lettstarta motorar dvs. at lastmomentet ikkje må overskride motoren sitt moment i stjernekopling.

Korleis plassere overstraumsvernet

Ved stjerne/trekantstart er det viktig at overstraumsvernet beskyttar motoren både i stjernekøyring og trekantkøyring, og då skal det termiske vernet plasserast i fasetilleidningane. Med denne plasseringa får motoren vern både ved stjernekopling og trekantkopling.

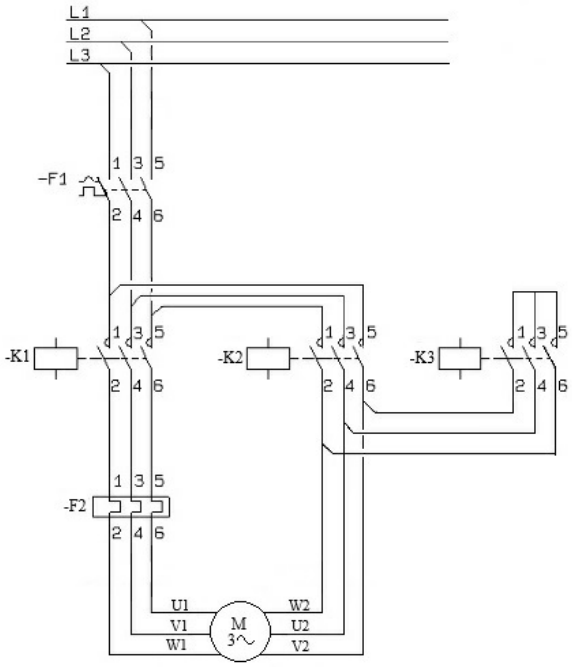
- OVERSTRAUMSVERN generelt sjå NEK 410 A-202 (2021)
- VERN FOR MOTORAR NEK 410A
- VERN FOR STYREMASKINMOTORAR NEK 410A

Ein stjerne-trekant startar nyttast for å redusere startstraumen i ein asynkronmotor**.** Motoren startar i stjernekopling for lavare startstraum og skiftar til trekantkopling når den når nominell hastigheit.

Hovedstraums krets (handterar krafta til motoren)

- 3-fase tilføring (L1, L2, L3)
- Sikringsvern (F1) – Beskyttar mot kortslutning
- Hovudkontaktorar:
  - K1 (Hovudkontakt) – Koplar inn motoren
  - K2 (Trekantkontakt) – Koplar motoren om til trekant
  - K3 (Stjernekontaktor) – Startar motoren i stjerne
- Termisk vern (F2) – Beskyttar mot overbelasting
- Motor (M1)

Hovedstraums teikning for stjerne – trekant startar:



Styrestram stjerne – trekant vendar:

Komponentar

- S1 – Startknapp (N.O. – Normally Open)
- S2 – Stoppknapp (N.C. – Normally Closed)
- K1 – Hovudkontaktoren
- K2 – Trekantkontakt
- K3 – Stjernekontaktor
- D1 – Tidsrelé (styrer overgangen frå stjerne til trekant)

Startprosessen

S1 (Startknappen) trykkast, og K1 (Hovudkontaktoren) aktiverast.
K1 koplar inn K3 (Stjernekontaktoren), motoren startar i stjernekopling.
D1 (Tidsrelé) tel ned (førehandsinnstilt tid, t.d. 5 sekund).
Når D1 utløysast, koplast K3 ut, og K2 (Trekantkontaktoren) aktiverast.
Motoren går no i trekantkopling til den stoppast.

Stoppe motoren:

Når S2 (Stoppknappen) trykkast fell K1, K2 og K3 ut, og motoren stoppar.

Sperre- og tryggleiksfunksjonar.

Elektrisk sperre mellom K2 og K3:

- K2 kan ikkje aktiverast før K3 er utkopla.
- Dette sikrar at motoren ikkje går i feilkopling (både stjerne og trekant samtidig).

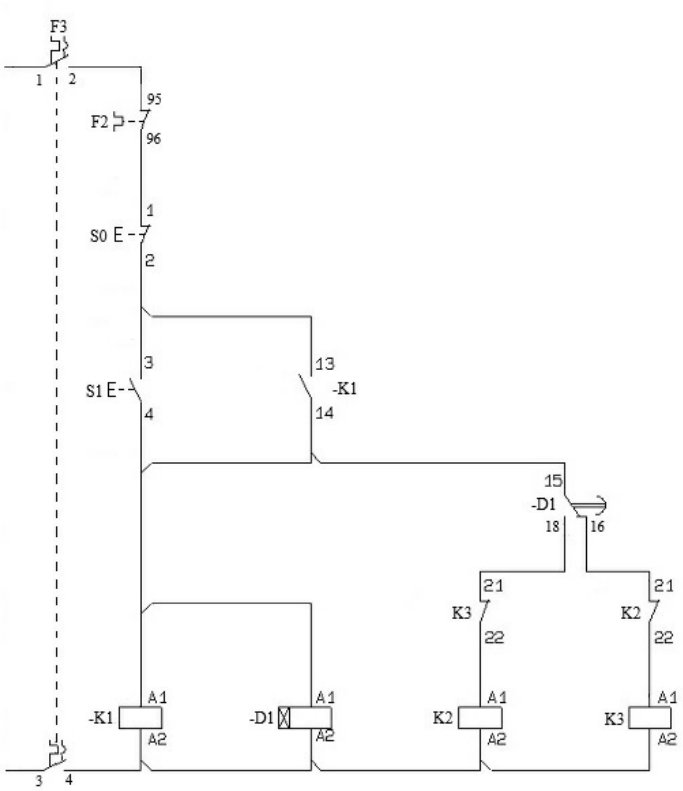
Termisk vern (F2):

- Bryt kretsen dersom motoren trekkjer for mykje straum.

Tidsforsinking (D1):

- Sørger for at motoren ikkje koblast om til trekant for tidlig.

Styrestraums teikning for stjerne – trekant vendar:



Start-stopp-krets for motor med mjukstartar (softstartar)

Koplingsmetodar for mjukstartarar

Det finst tre hovudmåtar å kople ein mjukstartar til ein motor: Inline-kopling, bypass-kontaktor og inside-the-delta-kopling. Kvar metode har sine fordelar og ulemper, avhengig av motoren sitt behov og oppsettet ditt. Å velge riktig metode er viktig for ei stabil og effektiv drift.

Vanlege koplingsmetodar.

Metode 1: Inline-kopling

- Mjukstartaren koplast direkte i serie med motoren, slik at all straumen går gjennom den. Dette gir ein jamn oppstart og reduserer slitasje på motoren.
- Passar godt for mindre motorar der enkel installasjon er viktig.
- Enkel å sette opp, men kan vere mindre eigna for store motorar, då dei krev meir straum enn mjukstartaren kan handtere.

Metode 2: Bypass-kontaktor

- Ein bypass-kontaktor koplast inn i kretsen. Mjukstartaren styrer oppstarten, men når motoren når full hastigheit, tek kontaktoren over og koplar ut mjukstartaren.
- Ideell for større motorar eller der energieffektivitet er viktig, siden mjukstartaren ikkje treng å vere aktiv heile tida.
- Krev ekstra komponentar og er meir kompleks å installere, men kan redusere driftskostnadar over tid.

Metode 3: Inside-the-Delta-kopling

- Mjukstartaren koplast internt i motoren sin deltakopling (trekantkopling), slik at den handterar ein del av straumen i staden for heile belastinga. Dette gjer det mogleg å nytte ein mindre og rimeligare mjukstartar.
- Passar godt for store motorar som krev mykje kraft, men der kostnadsbesparing er viktig.
- Den mest teknisk avanserte metoden. Krev god forståing av trefasemotorar og kan vere utfordrande for nybyrjarar.

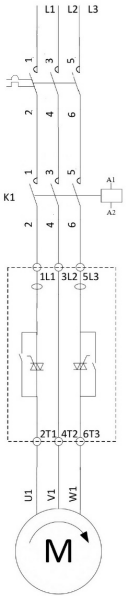
Hovedstraums krets:

- L1, L2, L3 – 3-fasa tilføring.
- F1 – Sikringsvern (kortslutningsvern).
- K1 – Hovudkontaktoren (koplar inn mjukstartaren).
- MS1 – Mjukstartar (Fabrikat ABB serie PSE).
- M1 – 3-fase asynkronmotor.

Hovedstraumskjema ABB Soft Starter PSE18

- Når K1 aktiverast, får MS1 (mjukstartaren) straum.
- MS1 aukar gradvis spenninga til motoren.
- Når motoren har full hastigheit, aktiverast ein intern bypass-kontaktor. Dette reduserer straumforbruket fordi mjukstartaren ikkje treng å handtere straumen kontinuerleg.
- Ved stopp reduserer MS1 spenninga gradvis til motoren stoppar.

Hovedstraumskjema ABB Soft Starter PSE18



Styrestraums krets:

Styrespenning (Control Supply Voltage)
- PSE18 krev ei ekstern styrespenning for å fungere (100 – 250 V).
- Typiske spenningar: 100–250V AC eller 24V AC/DC, avhengig av modell.
- Styrespenninga må vere tilkopla for at mjukstartaren skal vere aktiv.

Start- og stoppsignal

- Mjukstartaren har inn- og utgangar for styring:
- Startsignal (DI1 – Digital Input 1) → Når eit eksternt startrelé eller ein brytar aktiverar dette inngangssignalet, byrjar motoren å starte med ein programmerbar startprofil.
- Stoppsignal (DI2 – Digital Input 2) → Stoppsignalet må vere HØGT for at motoren skal gå, Når stoppsignalet brytast oppfattar mjukstartaren det som ein stopp-kommando. (ABB PSE og PSTX)
- Styresignal kan komme frå ein PLC, brytar eller anna styringssystem.

Integrert bypass-kontaktor

- Når motoren når full hastigheit, aktiverast ein intern bypass-kontaktor.
- Dette reduserer straumforbruket fordi mjukstartaren ikkje treng å handtere straumen kontinuerleg.

Tilbakemelding og vern

- Statusutgangar (DO – Digital Output):
- Gir signal om drift, feil eller alarm til eit eksternt system (f.eks. ein PLS eller indikatorlampe).
- Feilvern:

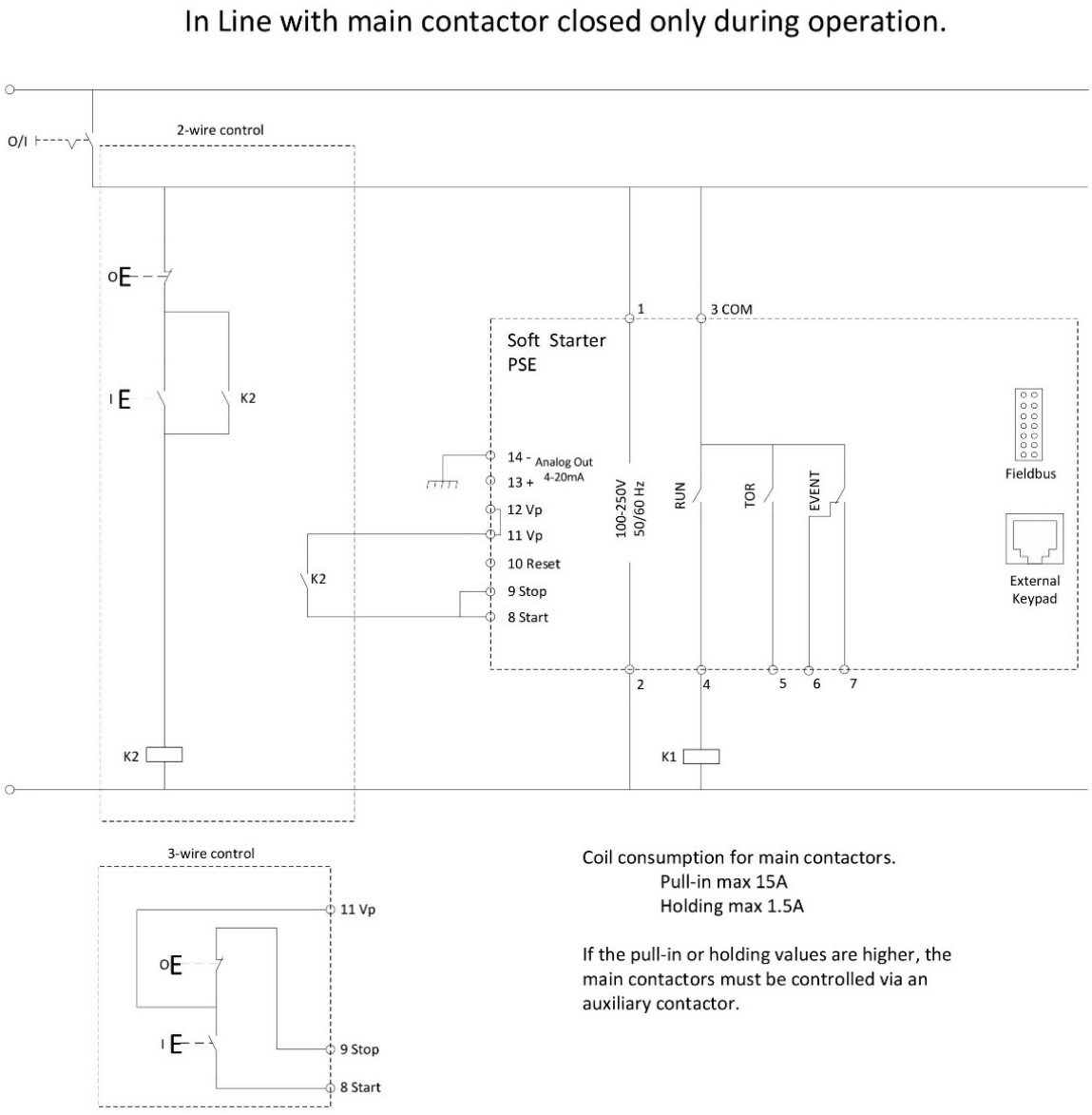
- Overstraum, ubalanse, høg temperatur osv.
  - Mjukstartaren kan stoppe motoren dersom ein feil oppdagast.

Forenkla koplingsoppsett:

Tilkople styrespenning (100–250V AC eller 24V AC/DC).
Tilkople start- og stoppsignal frå ein PLS, brytar eller relé.
Kople mjukstartaren sine utgangar til motoren.
Programmere parameter (starttid, stopptid, straumbegrensing osv.).
Test systemet og overvåk driftstilstanden via statusutgangar.

ABB Softstartar PSE18

Her ser ein at ein kan ha to måtar å kople start-stopp.



Coil consumption for main contactors.
Pull-in max 15A
Holding max 1.5A

If the pull-in or holding values are higher, the main contactors must be controlled via an auxiliary contactor.

Start - stopp med frekvensomformar

Her er ei oversikt over hovud- og styrestraumskjema for ein frekvensomformar (VFD – Variable Frequency Drive), inkludert riktige forbindelsar og komponentar.

Hovedstraumskjema

Komponentforklaring

- L1, L2, L3 – 3-fasa tilføring
- F1 – Sikringar (kortslutningsvern)
- K1 – Hovudkontaktoren (koplar inn frekvensomformaren)
- VFD – Frekvensomformar (regulerer frekvens og spenning)
- M1 – 3-fase asynkronmotor
- F2 – Termisk vern (overbelastingsvern)

Hovedstraumen går via frekvensomformaren (VFD), som styrer motoren sin hastigheit ved å variere frekvens og spenning.

Styrestraumskjema

Styrestraums kretsen styrer start, stopp og hastigheit via VFD-inngangar.

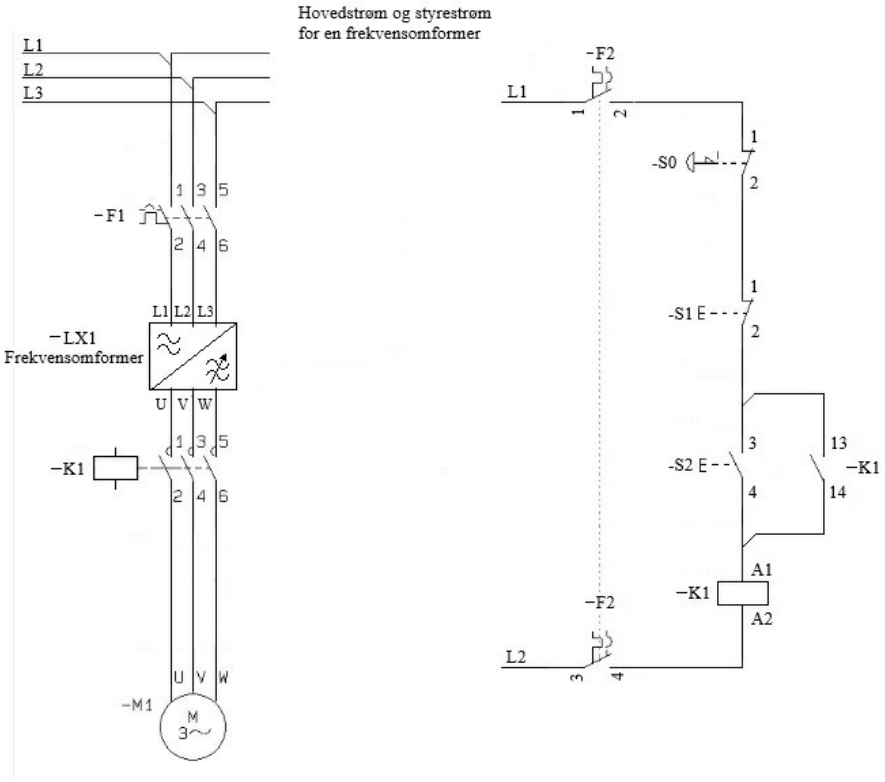
Komponentforklaring

- S1 – Startknapp (N.O. – Normally Open)
- S2 – Stoppknapp (N.C. – Normally Closed)
- VFD RUN – Digital inngang på VFD for start
- VFD STOP – Digital inngang på VFD for stopp
- K1 – Hovudkontaktoren (aktiverer VFD)
- Potensiometer (valgfritt) – Justerer frekvens (hastigheit)

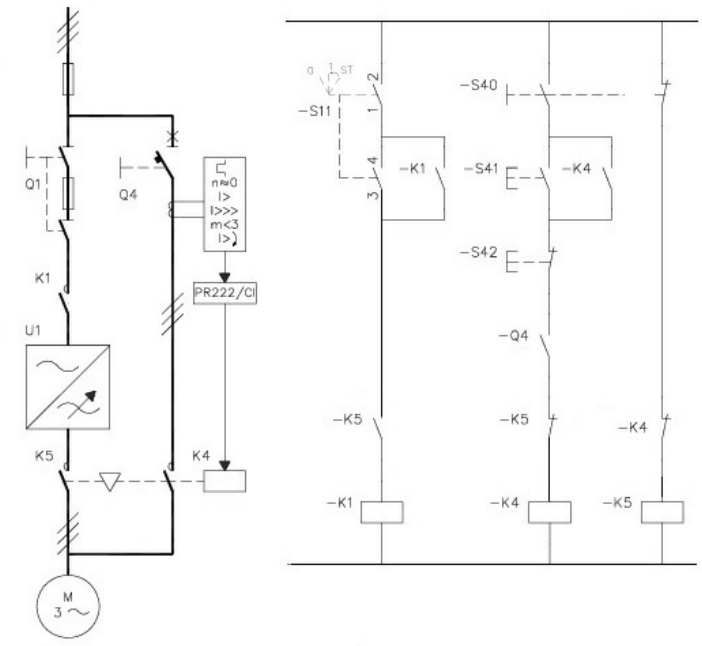
Startknappen sender signal til VFD, som startar motoren. Stoppknappen stoppar den. Potensiometer eller eksternt signal kan justere hastigheita.

Tryggleik og sperrer.

Naudstoppsignal til VFD for sikker utkopling.
Overstraumsvern via F2.
Elektrisk sperre mellom K1 og VFD for å unngå feilaktig innkopling.



Eit døme på bypasskopling er vist nedanfor.



Q1	Hovedlastbryter	S11	Inn-/utkobling av frekvensomformerens hovedkontaktor
Q4	Bypassmaksimalafbryder	S40	Valg af strømforsyning til motor (frekvensomformer eller direkte til nettet)
K1	Hovedkontaktor	S41	Start, når motoren er sluttet direkte til nettet
K4	Bypasskontaktor	S42	Stop, når motoren er sluttet direkte til nettet
K5	Udgangskontaktor		

Oppbygging og virkemåte til ABB ACS150 frekvensomformar

OPPBYGGING OG VIRKEMÅTE TIL ABB ACS150 FREKVENSOMFORMAR

ABB ACS150 er ein kompakt og brukarvennleg frekvensomformar utvikla for styring av små og mellomstore elektromotorar i effektområdet 0,37 kW til 4 kW. Den regulerer motorhastigheita ved å justere frekvensen og spenninga til motoren, noko som gir energieffektiv drift og presis kontroll. Frekvensomformaren er mykje brukt i applikasjonar som vifter, pumper, transportband og annan lett industri.

1. Oppbygging av ABB ACS150.

ACS150 består av følgjande hovuddeler:

- Likerettar (Rectifier): Konverterer innkommande vekselstraum (AC) frå straumnettet til likestraum (DC).
- DC-buss (mellomkrets): Inneheld kondensatorar som glattar ut og stabiliserer likestraumen frå likerettaren.
- Inverter (IGBT-transistorar): Konverterer den stabile DC-spenninga tilbake til AC med variabel frekvens og spenning med hjelp av pulsbreddemodulasjon (PWM).
- Styrekort (Control Unit): Inneheld programvare og reguleringsalgoritmar som styrer hastigheita og vernefunksjonane.
- Kjølesystem: Vifter og kjøleprofilar som sørger for varmeavleiing og sikker drift under belasting.
- Inngangs- og utgangsterminalar: Tilkoplingar for straumforsyning, motor og eventuelle styresignal (digitale og analoge).

2. Virkemåte til ABB ACS150

a) AC til DC-konvertering:

- Frekvensomformaren mottek 1-fasa eller 3-fasa AC fra straumnettet.
- Likerettaren omdannar denne til likestraum (DC), som overførast til DC-bussen.

b) Effektregulering i DC-bussen:

- Kondensatorane i DC-bussen jamnar ut spenninga og filtrerer bort elektrisk støy og spenningssvingingar.

c) DC til AC-konvertering (Inverter):

- Inverteren nyttar IGBT-transistorar til å byte DC-spenninga av og på i høg hastigheit.
- Ved hjelp av pulsbreddemodulasjon (PWM) genererast ein sinusliknande vekselspenning med justerbar frekvens og spenning.

d) Styring av motor:

- Med å justere frekvensen styrast motoren si hastigheit – lavare frekvens gir lavare turtal, og høgare frekvens gir høgare turtal.
- Samtidig justerast spenninga for å oppretthalde eit stabilt dreiemoment og effektiv drift.

3. Viktige funksjonar i ABB ACS150.

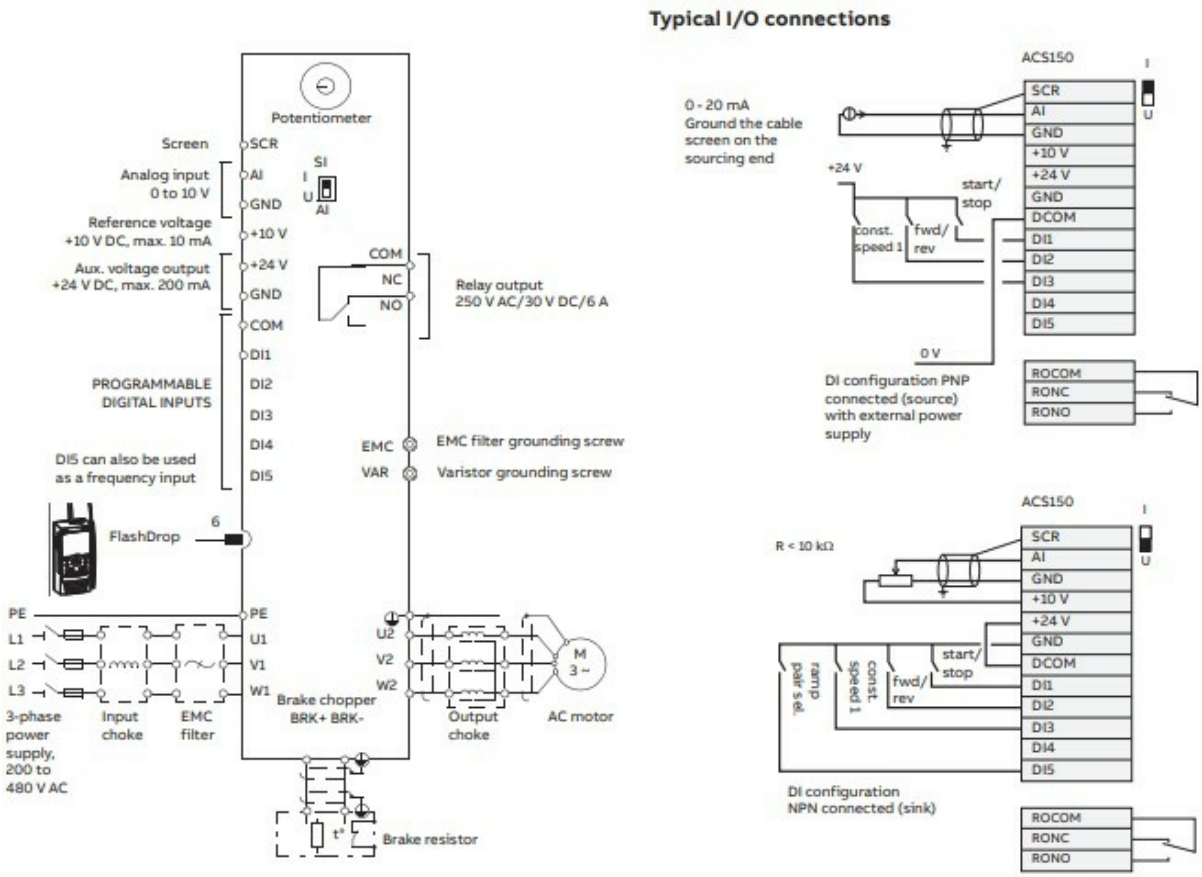
- Enkel installasjon: Leverast ofte førehandsinnstilt og krev lite oppsett ("plug-and-play").
- Nøyaktig hastigheitskontroll: Perfekt for bruk i små og mellomstore applikasjonar som vifter, pumper og transportutstyr.
- Innebygd motorvern: Overvåkar forhold som overbelasting, overtemperatur, jordfeil og spenningsvariasjonar.
- Energisparing**:** Reduserer straumforbruk ved å tilpasse effekten etter last og behov.

OPPSUMMERING



ABB ACS150 er ein kompakt og effektiv frekvensomformar som kombinerer enkel styring med avansert teknologi. Den gir stabil og energieffektiv drift for ei rekkje motorapplikasjonar, og er eit godt valg for brukarar som treng påliteleg og nøyaktig hastigheitskontroll i eit kompakt format.

Koplingar til ein ABB ACS150.





Kap 12 Hovudtavle

Hovudtavla (Main Switchboard)

Nek 410A-401 kapittel 3 skildrar reglane for ei tavle.

- Pkt. 10 – Isolerande matter.
- Pkt. 11 – Gangar framfor tavler.
- Pkt. 12 – Plass bak tavler og gangar.
- Pkt. 13 – Plassering i forhold til røyr og tankar.
- Pkt. 14 – Plassering av fordelingstavler.

Fysisk oppbygging av ei hovudtavle

Ei hovudtavle er vanlegvis ein modulær, metallkapsla konstruksjon, ofte bygd i stål eller aluminium, som beskyttar det elektriske utstyret mot fukt, vibrasjonar og mekaniske skadar. Tavla er delt inn i fleire seksjonar (felt), som kvar har spesifikke funksjonar.

Generell oppbygging av hovudtavla.

Hovudtavla består typisk av følgjande element:

- Innkommande seksjon (Generatorfelt).
- Fordelingsseksjonar (hovud- og underfordeling).
- Motorstartarseksjon.
- Måle- og kontrollseksjon.

Kvar seksjon har frontmonterte dører for tilgang til utstyret og er ofte utstyrt med ventilasjon og kabelføringsrom på baksida eller under.

Hovudkomponentar i hovudtavla.

- Generatorfelt (Inntaksfelt).
  - Plassering: Vanlegvis på éi side av tavla, nær innkommande kablar frå generatorane.
- Hovudfordelingsseksjon.
  - Plassering: Sentral i tavla, då den distribuerer kraft vidare til resten av systemet.
- Motorstartarseksjon (MCC – Motor Control Center).
  - Plassering: Ofte i eigne modular innanfor hovudtavla eller i eit separat MCC-tavlerom.
- Måle- og kontrollseksjon.
  - Plassering: Typisk i øvre del av tavla for lett tilgang og synligheit.

Mekanisk og elektrisk inndeling.

- **Mekanisk:**
  - Tavla byggjast i modulære stålskap, ofte med IP54/IP65-vern.
  - Dørene er låste og hengsla, med separate rom for høg- og lavspenningskomponentar.
- **Elektrisk:**
  - Hovudsamleskinner (busbars) fører straum gjennom tavla (vanlegvis kopar).
  - Kontrollkablar trekkjast gjennom kabelkanalar.
  - Luftsirkulasjon via ventilasjonsspaltar eller vifter for kjøling.

Vedlikehald og tryggleik:

- Låsbare dører hindrar uautorisert tilgang.
- Skilde rom for høgspenning, lavspenning og kontrollutstyr.
- Isolerte samleskinner for å unngå kortslutning.
- Vedlikehaldsplater som kan takast av utan å eksponere straumførande delar.

Hovudinndeling av sikrings-/brytarfelt i hovudtavla

Felta i hovudtavla som inneheld sikringar og effektbrytarar er kritiske for straumfordeling og vern av skipet sine elektriske system. Disse felta er delt inn etter funksjon og kva dei beskyttar.

1. **Generatorfelt.**
   - Inneheld generatorbrytaren (ACB/VCB) som koplar generatoren til hovudtavla.
   - Har vern som overstraumsrelé, differensialvern og spenningsvern.
2. **Hovudfordelingsfelt.**
   - Distribuerer kraft fra generatorane til dei store forbrukarane.
   - Består ofte av effektbrytarar (ACB/VCB/MCCB) som kan bryte store kortslutningsstraumar.
   - Kvar utgåande kurs er utstyrt med vern for overbelasting og kortslutning.
3. **Motorfelt (MCC - Motor Control Center).**
   - Inneheld motorstartarar, sikringar og effektbrytarar for dei store elektriske motorane.
   - Kan ha direkte start, stjerne/trekant-kopling eller frekvensomformarar for mjukstart og hastigheitsregulering.
4. **Belysnings- og småforbruksfelt.**
   - Består av mindre automatsikringar (MCB) for å beskytte lys, kontaktar og mindre elektriske apparat.

Typar vern og brytarar i hovudtavla

1. **Luftbrytarar (ACB - Air Circuit Breaker).**
   - Nyttast i generator- og hovudfordelingsfeltet for store straumar (frå 630A til fleire tusen ampere).
   - Har innebygde vern for kortslutning, overbelasting og spenningsfeil.

2. **Vakuumbrytarar (VCB - Vacuum Circuit Breaker).**
   - Nyttast ofte i høgspentanlegg på skip.
   - Har høg bryteevne og krev lite vedlikehald.

3. **Mellomstore effektbrytarar (MCCB - Molded Case Circuit Breaker).**
   - Nyttast for motorar, varmeomnar og mellomstore forbrukarar.
   - Har termisk og magnetisk vern for overbelasting og kortslutning.

4. **Automatsikringar (MCB - Miniature Circuit Breaker).**
   - Nyttast til lys, stikkontaktar og mindre elektriske lastar.
   - Slår ut ved overbelasting eller kortslutning.

5. **Smeltesikringar.**
   - Nyttast ofte i spesifikke system som transformatorvern.
   - Må bytast ut etter utløysing.

Oppsummering

Σ

OPPSUMMERING

Hovudtavla om bord i eit skip er delt inn i fleire felt med ulike sikringar og effektbrytarar. Dei beskyttar generatorar, motorar, belysning og naudkraftsystem mot feil og overbelasting. Kvar type brytar eller sikring er valgt basert på den spesifikke belastninga og tryggleikskrava.

Overvåking, kontroll og vern i hovudtavla

I hovudtavla om bord i eit skip trengs det ulike instrument for overvåking, kontroll og vern av skipet sitt elektriske kraftsystem. Her er dei viktigaste instrumenta og utstyret som vanlegvis finst:

Måleinstrument

Disse nyttast til å overvåke elektriske verdiar i kraftsystemet:

- Voltmeter – Målar spenning i systemet (for kvar fase).
- Amperemeter – Målar straumforbruk i ulike kursar.
- Frekvensmeter – Viser systemet sin frekvens (vanlegvis 50 Hz eller 60 Hz).
- Effektmeter (Wattmeter) – Viser aktiv effekt (kW).
- Reaktiv effektmeter (VAr-meter) – Viser reaktiv effekt for å overvåke faseforskyving.
- Effektfaktormålar (cos φ-meter) – Viser effektfaktoren for å optimalisere straumforbruket.
- Synkroskop – Nyttast ved synkronisering av generatorar før parallellkopling.

Verneutstyr

For å hindre skade på utstyr og systemet:

- Overstraumsvern – Bryt straumen ved for høg belasting.
- Jordfeilvern – Oppdagar lekkasjestraum og kuttar straumen ved jordfeil.
- Differensialvern – Beskyttar generatorar og transformatorar mot feilstraum.
- Overspenningsvern – Beskyttar mot plutselege spenningsauker.
- Underfrekvensvern – Utkopling ved for lav frekvens.
- Generatorvern – Overvåkar spenning, straum, frekvens og temperatur på generatorane.

Kontroll- og styringsutstyr

- Generatorbrytarar – Hovedbrytarar for generatorane.
- Automatisk spenningsregulator (AVR) – Justerer generatoren sin spenning.
- Lastfordelingssystem (Load Sharing System) – Sørger for jamn fordeling av last mellom generatorane.
- Alarm- og overvåkingspanel – Viser feilmeldingar og alarmar for elektriske feil.
- Manuelle og automatiske start/stopp-kontrollar – Nyttast for å starte og stoppe generatorar og andre system.

Generatorfelt-seksjonen i hovudtavla

ENERATORFELT-SEKSJONEN I HOVUDTAVLA

Hovudtavla om bord på skip er generatorfelt-seksjonen der generatoren sin brytar, spenningsregulering, beskyttelsessystem og synkroniseringsutstyr er installert. Dette er ein kritisk del av skipet sitt kraftdistribusjonssystem, og den sikrar at generatoren fungerer stabilt og trygt.

Hovudkomponentar i generatorfelt-seksjonen

1. **Generatorbrytar (ACB/VCB).**
   - Hovudbrytaren som koplar generatoren til hovudtavla.
   - Kan vere ein luftbrytar (ACB - Air Circuit Breaker) eller ein vakuumbrytar (VCB - Vacuum Circuit Breaker).
   - Har kortslutnings- og overstraumsvern for å beskytte generatoren.

2. **Automatisk spenningsregulator (AVR).**
   - Held utgangsspenninga stabil under varierande belasting.
   - Justerer eksitasjonsstraumen til generatoren si feltvikling.

3. **Synkroniseringsutstyr.**
   - Synkronoskop og kontroll lys: Viser faseforskjell, frekvens og spenning mellom generator og hovudtavle før innkopling.
   - Automatisk synkroniseringseining: Justerer spennings- og frekvensforskjellar for trygg parallellkopling av generatorar.

4. **Vernerelé.**
   - Differensialrelé: Beskyttar mot interne feil i generatoren.
   - Over-/underspenningsrelé: Hindrar for høge eller lave spenningsnivå.
   - Overstraums- og kortslutningsvern: Løyser ut generatorbrytaren ved feil.

5. **Måleinstrument**.
   - Volt- og amperemeter: Viser spenning og straum frå generatoren.
   - Frekvensmålar: Overvåkar generatoren sin frekvens.
   - Effektmålar (kW og kVAr): Viser aktiv og reaktiv effekt.

6. **Manuell og automatisk styring.**
   - Manuelt kontrollpanel: Let operatøren starte, stoppe og justere generatoren.
   - Automatiske system (PMS): Nyttast for å starte/stoppe generatorar ved behov.

PMS/GCS

På eit skip styrast generatorane automatisk av eit kontroll- og overvåkingssystem som sørger for at straumforsyninga er påliteleg, balansert og sikker til ei kvar tid. Dette systemet kallast gjerne for Generator Kontrollsystem (GCS) eller Power Management System (PMS).

Hovudfunksjonane til eit PMS/GCS om bord:

1. Automatisk start og stopp av generatorar
   - Basert på lastbehov, startar og stoppar PMS generatorar automatisk for å sikre optimal drift og drivstofforbruk.

2. Synkronisering
   - Når ein ny generator koplast inn parallelt, sørger systemet for automatisk spenningsmatching, frekvensmatching og fasesamanfall.

3. Lastfordeling/Load sharing.
   - Systemet fordelar lasten jamnt mellom generatorane, enten via:
   - Droop-kontroll (åpen lastdeling)
   - Isochronous parallell drift (lukka lastdeling)

4. Spennings- og frekvensregulering.
   - Systemet regulerer excitasjon og motorturtall via AVR og regulator (Governor), for å halde spenning og frekvens stabil.

5. Vern og alarmar.
   - Overvåkar parameter og utløyser alarm eller fråkopling ved:
     - Overbelasting
     - Jordfeil
     - Over-/underspenning
     - Over-/underfrekvens
     - Tap av synkronisering

6. Naudbrytar og Blackout recovery
   - Automatisk gjenoppretting etter straumbrot: systemet startar naudgeneratoren og gjenopprettar straum.

Systemet styrer disse komponentane:

Komponent	Funksjon
Dieselmotoren sin governor	Regulerer turtalet → styrer frekvens
AVR (Automatic Voltage Regulator)	Regulerer spenning via feltstraum
Synkroniseringsmodul	Koplar generatorar parallelt
Breaker control	Styrer inn- og utkopling av generatorar
Straumtransformatorar (CT) og spenningstransformatorar (VT)	Målar verdiar til bruk i styring og vern

Drift av generatorfelt-seksjonen

- Før ein generator koplast til hovudtavla, må spenning, frekvens og fasevinkel justerast.
- Når verdiane er synkronisert, lukkast generatorbrytaren enten manuelt eller automatisk.
- Under drift overvåkast systemet for å sikre stabil spenning og belastingsdeling mellom generatorane.
- Dersom det oppstår feil (t.d. overbelasting eller kortslutning), vil vernereléa trippe generatorbrytaren for å hindre skade.

Vedlikehald

- Regelmessig testing av generatorbrytar og vernerelé.
- Synkroniseringstestar for å sikre riktig parallellkopling av generatorar.
- Halde feltet reint.

Generatorfelt-seksjonen er altså sjølve "hjartet" i skipet sin elektriske kraftdistribusjon og sikrar at generatorane fungerer trygt og effektivt!

Busbar og busbarbrytar i ei hovudtavle

Busbar

Ein busbar (samleskinne) er ein elektrisk leiar laga av kopar som fungerer som eit hovudsamband mellom ulike komponentar i ei tavle. Busbarer nyttast for å distribuere straum frå generatorane til ulike belastningar på ein effektiv og sikker måte.

- Funksjonane til ein busbar:
  - Straumfordeling: Overfører elektrisk kraft mellom generatorar, forbrukarar og undersentralar.
  - Reduserer kabling: Eliminerer behovet for fleire leidninger, noko som gjer installasjonen meir ryddig.
  - Aukar effektiviteten: Gir lav motstand og minimalt spenningsfall.
  - Modulær oppbyging: Let fleire brytarar og einingar koplast til same straumkilde.
- Plassering av busbarar i ei tavle:
  - Monterast inne i hovudtavla bak verna seksjonar.
  - Kan vere enkle eller doble busbarsystem, avhengig av skipet sitt kraftbehov og redundanskrav.
  - Typisk vertikalt eller horisontalt plassert for enkel tilkopling av brytarar og kablar.

Busbarbrytar

Ein busbarbrytar er ein brytar som nyttast for å kople eller fråkople ulike busbarar i ei hovudtavle. Den nyttast ofte i doble busbarsystem der fleire straumkilder eller belastingar kan koplast om ved behov.

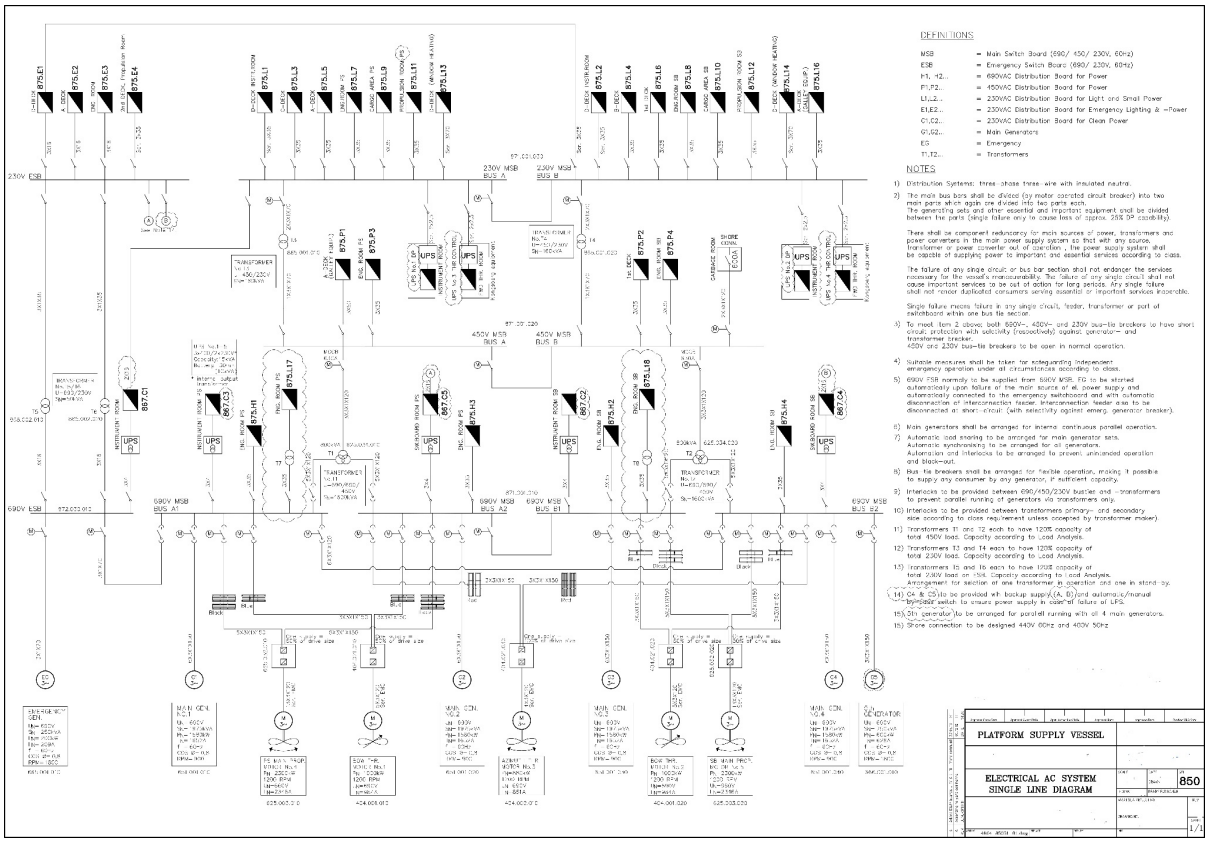
- Funksjonar til ein busbarbrytar:
  - Gir fleksibilitet i straumfordeling: Let operatøren skifte mellom busbarar for vedlikehald eller feilhandtering.
  - Aukar systemet sin pålitelighet: Dersom éin busbar har ein feil, kan lasta flyttast til ein annan.
  - Nyttast i parallellkopling av generatorar: Sørger for riktig fordeling av last mellom generatorane.
- Typar busbarbrytarar:
  - Manuell busbarbrytar – Operatøren koplar om fysisk via ein brytar.
  - Automatisk busbarbrytar – Kan kople om automatisk ved feil eller lastendringar.
  - Isolasjonsbrytar (bus tie breaker – BTB) – Nyttast for å separere eller kople saman busbarar i ulike seksjonar.

Døme på bruk av busbar og busbarbrytar på skip

- Skip med to hovudgeneratorar og to busbarar:
  - Generator 1 leverer straum til busbar A.
  - Generator 2 leverer straum til busbar B.
  - Busbarbrytaren (BTB) er normalt åpen for å halde systema skilde.
  - Dersom éin generator sviktar, kan BTB lukkast for å kople begge systema saman.
- Skip med naudtavle:
  - Naudgenerator er tilkopla ein separat busbar.
  - Ved hovedstraumsvikt koplar ein automatisk busbarbrytar om til naudbusbaren.



Nednfor er det ei teikning over kraftdistribusjonen på eit offshore fartøy.



Kraftdistribusjonen på eit offshore fartøy.

Fordelingssystem for AC

!

STRENGE REGLAR

Ikkje alle nettypar er lovlege om bord på skip. Det er strenge reglar for elektriske installasjonar på skip, som regulerast av Internasjonale konvensjonar (t.d. SOLAS), klasseselskap (DNV, ABS, etc.), nasjonale maritime myndigheiter og NEK 410A-201.

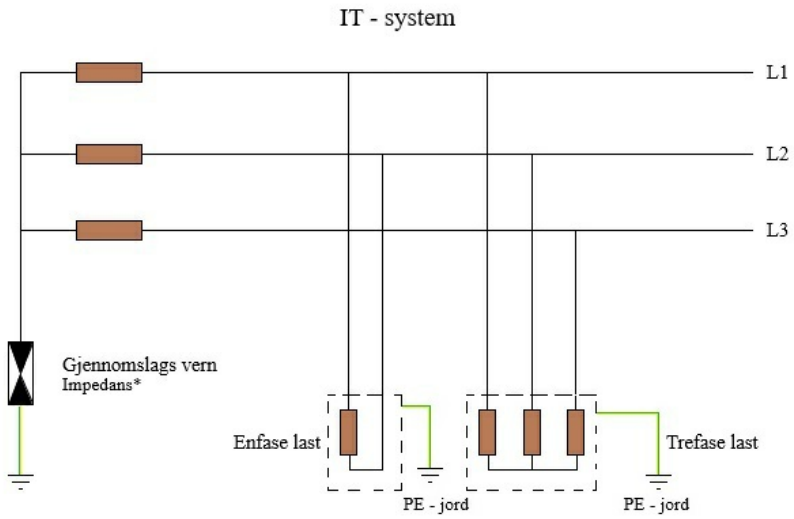
- TT-nett er ikkje lovleg om bord på skip.

Nettypar om bord på skip

IT-nett (mest vanleg nytta på skip).

- I IT-system, som er mest vanleg om bord i skip, er nøytralpunktet isolert frå jord, eller jorda gjennom høg impedans. Dette gir høg driftstryggleik ved første jordfeil, som er svært viktig på skip.
- Tryggleik og kontinuitet i drift: Ved éin jordfeil fortset systemet å fungere utan avbrot, noko som er avgjerande til sjøs.
- Redusert risiko for elektriske støt og brann: IT-system begrensar jordstraumar.

- Krav frå klasseselskap og regelverk: T.d. DNV, ABS, og IEC 60092-serien tilrår eller krev IT-system i mange samanhengar om bord.



TN-S-nett (ikkje vanleg på skip, men kan forekomme lokalt).

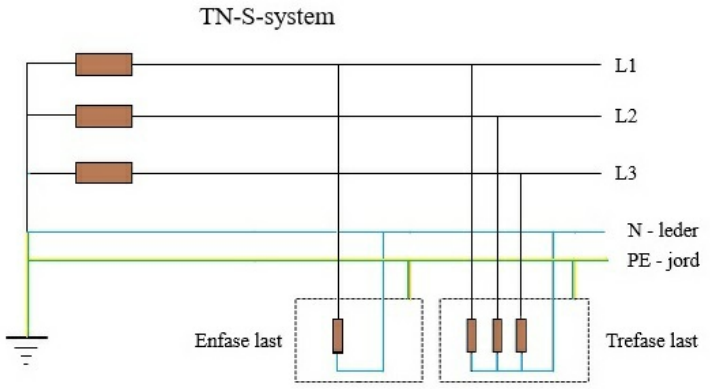
Det er mogleg å nytte TN-S-system om bord i skip, men det er ikkje vanlig praksis. Det må vurderast nøye i høve til gjeldande regelverk og spesifikasjonane for det aktuelle skipet og systemet.
- TN-S-system betyr at nøytralpunktet (N) er jorda, og at verneleiaren (PE) og nøytralleiaren (N) er skilde leiarar gjennom heile installasjonen.

Når kan TN-S vere aktuelt?

1. IT-systemet matar underfordelingar som er TN-S internt: Dette er vanleg i t.d. datasystem og enkelte sensitive elektronikkmiljø.
2. Spesifikke, isolerte IT/kommunikasjonssystem: I nokre høve kan utstyr som er levert med TN-S-intern standard tilkoplast via transformatorar.
3. Hamneanlegg eller fastlandstilkopling (shore power): TN-S er vanleg i landbaserte straumnett, og ved landstraumtilkopling kan det vere nødvendig med TN-S-løysingar med galvanisk isolasjon.

Viktige omsyn:

- TN-S krev tydeleg skille mellom N og PE. Må oppretthaldast over heile anlegget.
- Må vurderast opp mot isolasjonsovervåking, jordfeilvern og klassekrav.
- Det kan vere inkompatibelt med delar av skipet sitt øvrige elektriske system.
- Jording om bord må utførast i samsvar maritime normar, som kan vere svært ulike frå landbasert praksis.



Σ

KONKLUSJON

Det kan nyttast TN-S-system om bord i skip, men IT-system er hovudregelen for kraftdistribusjon, spesielt for hovud- og naudkraftsystem. TN-S kan vurderast i spesielle applikasjonar, typisk for IT/data/kommunikasjon eller i interne fordelingar, men må prosjekterast nøye i samsvar med relevante standarder og krav.

Fordelingssystem for DC

NEK 410A-201 tek føre seg dei nettsystema som kan nyttast om bord i skip.

DC-nett (likestraums nett) vert stadig meir aktuelt om bord i skip, spesielt i moderne og energieffektive fartøy som nyttar batteri, hybride løysingar eller integrerte kraftsystem (IPS). Når det gjeld jordingssystema i DC-nett om bord, gjeld mange av dei same prinsippa som for AC-nett, men med nokre viktige forskjellar.

1. IT-system (isolert nøytral) – mest vanleg

- Vanlegast i DC-anlegg på skip, akkurat som i AC-nett.
- Ingen leiar er direkte jorda; ein kan jordforbinde midtpunktet mellom to seriekopla batteribankar via høg impedans (valgfritt).
- Fordelar:
  - Høg driftstryggleik (fortsatt drift ved éin jordfeil).
  - Lav risiko for galvanisk korrosjon.
  - Viktig for batterisystem og sensitiv kraftelektronikk.

2. TN-S-system i DC (sjeldan)

- Ein polaritet (t.d. minus) er direkte jorda, og PE er skild frå den andre leiaren (typisk +).
- Dette systemet kan teknisk nyttast, men det er lite brukt på skip, fordi:
  - Det gir straksutkopling ved jordfeil (mindre driftstryggleik).
  - Aukar risikoen for galvanisk korrosjon i metallkonstruksjonar.
  - Krav til god jordingskontroll, som er krevande til sjøs.

3. IT-system med overvåking og jordingsmotstand

- Ein kombinasjon som gir isolert DC-nett, men med aktiv jordfeilovervåking (via isolasjonsovervåkingseining – IMD).
- Mest tilrådde løysing for DC-distribusjon med høgt tilgjenge (t.d. batterisystem, hybrid framdrift og DC-ringnett).

Maritime standardar og regelverk.

Standardar som regulerer valg av jordingssystem i DC-nett:

- IEC 60092–101 / 302 / 401 / 502 (elektriske installasjonar i skip).
- DNV, ABS, LR har eigne krav for likestraums installasjonar.
- IEC 61800–5-1, IEC 62109–1 og UL 1741 gjeld for kraftelektronikk og invertere.
- DC-systemer >120 V krev ekstra tiltak for tryggleik og brannfarekontroll.

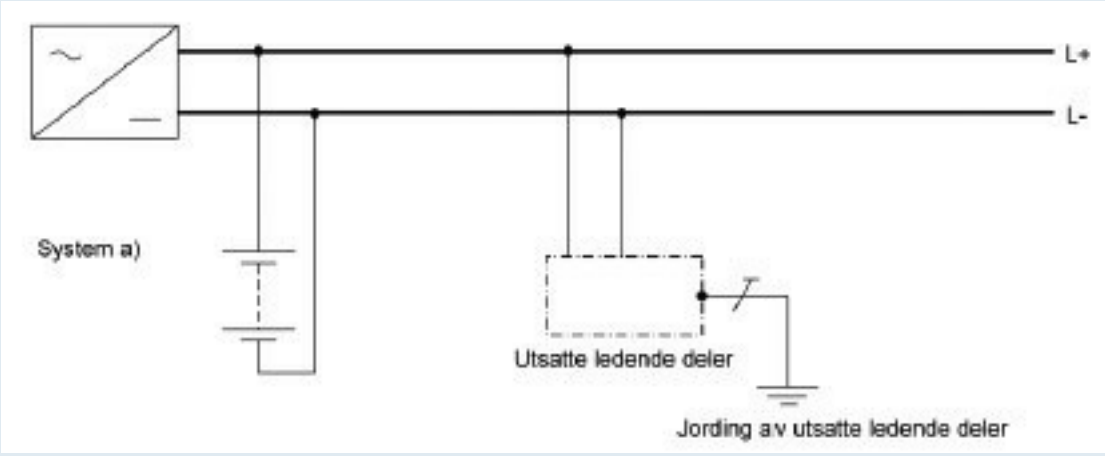
Σ

KONKLUSJON

- IT-system er også standardvalg for DC-nett om bord, både for driftstryggleik og tryggleik.
- TN-S-system kan nyttast, men det er uvanleg og lite tilrådd, med mindre det er for spesifikke undersystem og ein har god grunn (t.d. tilkopling til landbasert DC-system).
- All prosjektering bør følgje klassereglane og IEC 60092-serien, og det må gjennomførast grundig risikovurdering og selektivitet for jordfeil.

I NEK 410A – 201, 2021 finn de teikningar over systema som kan nyttast.

DØME FRÅ NEK410A:



Kap 13 Naudtavle og naudgenerator

Naudtavler og naudgeneratorar på skip

!

NAUDTAVLER OG NAUDGENERATORAR PÅ SKIP

Naudtavler og naudgeneratorar er kritiske system om bord på skip som sørger for straumforsyning til viktige system dersom hovudkraftsystemet sviktar.

Naudgenerator – Skipet sitt reservesystem

NAUDGENERATOR – SKIPET SITT RESERVESYSTEM

Ein naudgenerator er ein uavhengig straumkilde som automatisk startar opp og forsyner essensielle system når hovedkraftforsyninga fell ut.

- **Plassering:**
  - Må vere separert frå hovudtavla for å unngå at ein enkelt feil øydelegg begge systema.
  - Vanlegvis installert i eit eige rom (naudgenerator rom) over vannlinja, ofte i nærleiken av bru eller akterdekk.
- **Drift og funksjon:**
  - Når hovudkraftsystemet sviktar, startar naudgeneratoren automatisk innan 45 sekund (iht. SOLAS-reglar).
  - Har sin eigen drivstofftank, ofte nok for 18+ timars drift.
  - Kopla til naudtavla via ein automatisk overføringsbrytar (ATS – Automatic Transfer Switch).
- **Energikildar:**
  - Dieselgenerator (mest vanleg).
  - Batteribank (nyttast ofte for kortvarig forsyning til naudtavla).
  - UPS (Uavbroten kraftforsyning) for kritiske system som navigasjon og kommunikasjon.

Naudtavle – Fordelar naudkraft til essensielle system

NAUDTAVLE

Naudtavla er ei eigen elektrisk tavle som mottek straum frå naudgeneratoren og fordelar den til viktige system på skipet.

- **Plassering:**
  - Må vere skild frå hovudtavla for å sikre drift under naudsituasjonar.
  - Ofte nær naudgeneratoren, men også lett tilgjengeleg frå bru og kontrollrom.
- **System kopla til naudtavla:**
  - Navigasjonsutstyr: Radar, GPS, ekkolodd, kommunikasjonsradioar.
  - Naudlys: Bru, maskinrom, rømningsvegar og livbåtstasjonar.
  - Brannsløkkingssystem: Brannpumper og naudalarmar.
  - Lensepumper: For å hindre overfløyming.
  - Livbåt-davit-system: For å kunne sjøsette livbåtar.
  - Alarm- og overvåkingssystem: Brualarmar og maskinovervåking.
  - Naudstart for hovudmotorar (på nokre skip).

Overføringssystem (ATS – Automatic Transfer Switch)

OVERFØRINGSSYSTEM (ATS – AUTOMATIC TRANSFER SWITCH)

ATS-einga byter automatisk straumforsyning frå hovudtavla til naudtavla når hovudsystemet sviktar.

- **Driftsrekkefølgje:**
  1. Hovudkraftforsyning fell ut.
  2. ATS koplar frå hovudtavla og startar naudgeneratoren.
  3. Når naudgeneratoren når riktig spenning og frekvens, koplast den til naudtavla.
  4. Når hovudkrafta er tilbake, koplar ATS-en tilbake til hovudtavla og stoppar naudgeneratoren

Regelverk og krav

Naudstraumsystem er regulert av:

- IMO SOLAS (International Convention for the Safety of Life at Sea).
- Forskrift om maritime elektriske anlegg (FOR-2023–12–18–2278)
- Forskrift om sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske anlegg (FSE)
- Klasseselskap som DNV, ABS eller Lloyds Register.

Krav til naudstraumsforsyning – hovudpunkt:

Naudstraums kildar:

- Det skal finnast ein uavhengig naudstraums kilde, skild fra hovudkraftsystemet.
- Naudstraums kilden kan vere batteri, UPS eller ein naudgenerator, eller alle.
- Den skal kunne tre i funksjon automatisk og med ein gang ved svikt i hovudstraumkilden.

Varigheit

- For passasjerskip: naudstraum skal kunne oppretthaldast i minst 36 timar.
- For lasteskip: naudstraum skal kunne oppretthaldast i minst 3 timar, eller 18 timar for visse typar fartøy (avhengig av tonnasje og type).

Plassering

- Naudgenerator og tilhøyrande utstyr skal vere plassert slik at det ikkje påvirkast av brann eller vanninntrenging i hovudmaskinrom.
- Ofte plassert i eit separat "naudgeneratorrom".

Automatisk igangsetting:

- Ved bortfall av hovedstraum, skal naudgenerator automatisk starte og overta lastane innan 45 sekund.

Kritiske funksjonar som skal støttast av naudstraum:

- Naudlys i alle rømningsvegar, bru, maskinrom, etc.
- Navigasjonsutstyr og kommunikasjonsutstyr (VHF, radar, AIS).
- Brannpumper, alarmsystem og visse ventilasjonsvifter.
- Elektrisk utstyr knytta til tryggleik og naud manøvrering.

Testing og vedlikehald:

- Naudstraumanlegg skal testast jamnleg og vere i operativ stand til ei kvar tid.
- Rutinar for testing og vedlikehald skal dokumenterast.

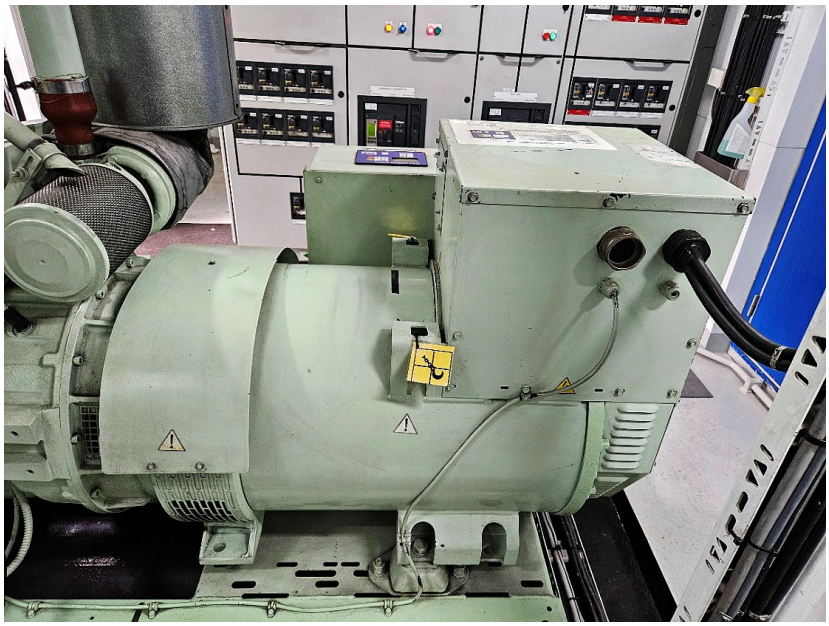
Komponent	Funksjon
Naudgenerator	Reservekraftkilde som startar automatisk ved hovudkraftsvikt.
Naudtavle	Fordelar straum til kritiske system som navigasjon, lys og alarmar.
ATS (Automatic Transfer Switch)	Overfører kraft automatisk mellom hovudtavle og naudtavle.

Disse systema er essensielle for tryggleiken på skip, og systema sin påliteligheit er avgjerande i naudsituasjonar.



Naudtavle om bord i eit supply-skip.

Naudgenerator



SOLAS krav

Her er ei oversikt over typiske system som skal vere tilkopla naudtavler i samsvar med **SOLAS**-krav (International Convention for the Safety of Life at Sea):

1. Navigasjons- og manøvreringsutstyr.

- Navigasjonslys.
- Styremaskin (minst éin motor eller kontrollkrets).
- Hovudkompasset sin belysning.
- Radarsystem (minst éin).
- ECDIS og navigasjonssystem.
- GMDSS-utstyr (kommunikasjon).

2. Brann- og naudutstyr

- Naudbrannpumper.
- Naudlys i alle rømningsvegar, trappetårn og redningsstasjonar.
- Brannalarmsystem.
- Gassdeteksjonssystem (der det er aktuelt).

3. Redningsutsty

- Lanternar på livbåtar og redningsflåter.
- Daviter og utsettingsmekanismer (dersom elektrisk drivne).
- Naudstraum til MOB-båt systemer.

4. Overvåking og kontroll

- Alarm- og overvåkingssystem for maskinrom (UMS-funksjon).
- Automatiske naud avstengingssystem (t.d. for ventilasjon).
- Kontrollsystem for naud kraftverk (naudaggregat).

5. Kommunikasjon og intern varsling

- Intern kommunikasjon (t.d. PA-system).
- Intern naudalarm.
- Naudtelefonar og radiosamband.

6. Lys og belysning

- Naudlys i maskinrom, bru, kontrollrom, rømningsvegar og på dekk.
- Lys i naudtavler og naudaggregatrom.

7. Andre system (avhengig av fartøytype)

- Ballastsystem ved fare for slagside.
- Lensepumper eller lensevatnsystem (dersom ikkje manuelle).
- Eventuelle system som krevast for sikker drift i spesialfartøy (som passasjerskip, tankskip og offshorefartøy).

Krav til straumforsyning frå naudtavle

- Automatisk overføring frå hovudtavle ved spenningsbortfall.
- Forsyning frå naudgenerator (eller batteri og UPS for kortvarige forbrukarar).
- Skal virke ei viss tid (avhengig av skipstype – typisk 18–36 timar for naudgenerator og 30 minutt for batteridrive naudlys).



Bilde av utgåande kursar i naudtavla.

Kap 14. Vekselstraumsgeneratorar

Skipsgeneratorar

SKIPSGENERATORAR

Skipsgeneratorar nyttast til å produsere elektrisk kraft for drift av skipet sine system, inkludert framdrift, navigasjon, belysning og anna elektrisk utstyr. Det finst fleire typar skipsgeneratorar, og dei fungerer på litt ulike måtar avhengig av skipet sitt behov og design.

Hovudtyper av skipsgeneratorar

Dieselgeneratorar (DG).

- Den vanlegaste typen generator på skip.
- Består av ein dieselmotor som driv ein synkron generator.
- Motoren forbrenn diesel for å rotere generatoren sin rotor, som skapar eit magnetfelt og induserer elektrisk spenning i statorviklingane.
- Nyttast både som hovudkraftkilde og naudstraums kilde.
- Fordelar:
  - Driftssikker og lett å starte.
  - Krev lite vedlikehald samanlikna med dampturbingeneratorar.

Turbingeneratorar (damp- eller gassturbingeneratorar).

- Dampdrivne generatorar:
- Finst ofte på store skip som har kjelar som produserer damp.
  - Dampen driv ein dampturbin, som roterar generatoren sin rotor.
  - Nyttast typisk på store tankskip, LNG-skip og hangarskip.
- Gassturbingeneratorar.
  - Fungerer på same prinsipp, men nyttar ein gassturbin driven av flytande drivstoff eller naturgass.
  - Fordelar:
    - Effektiv for skip som krev høg kraftutnytting.
    - Kan vere lettare enn dieselmotorar.

Elektriske framdriftsgeneratorar.

- I moderne dieselelektriske og hybride skip, nyttast generatorar til å produsere elektrisk kraft for elektriske motorar som driv propellane.
- Fordel:
- Fleksibel kraftfordeling.
  - Reduserer drivstofforbruket ved lav belasting.

Naudgeneratorar

- Ein separat generator som sikrar straum til viktige system under straumbrot.
- Ofte ein dieseldriven generator, plassert utanfor hovudmaskinrommet.
- Startast automatisk dersom hovudgeneratorane sviktar.

Permanentmagnet-generatorar (PMG).

- Nyttast i mindre system og som ein del av hybride system.
- Har permanente magnetar i rotoren som skapar det nødvendige magnetfeltet.
- Fordel:
- Høg effektivitet og påliteligheit.
  - Krev lite vedlikehald.

Korleis fungerer ein typisk skipsgenerator

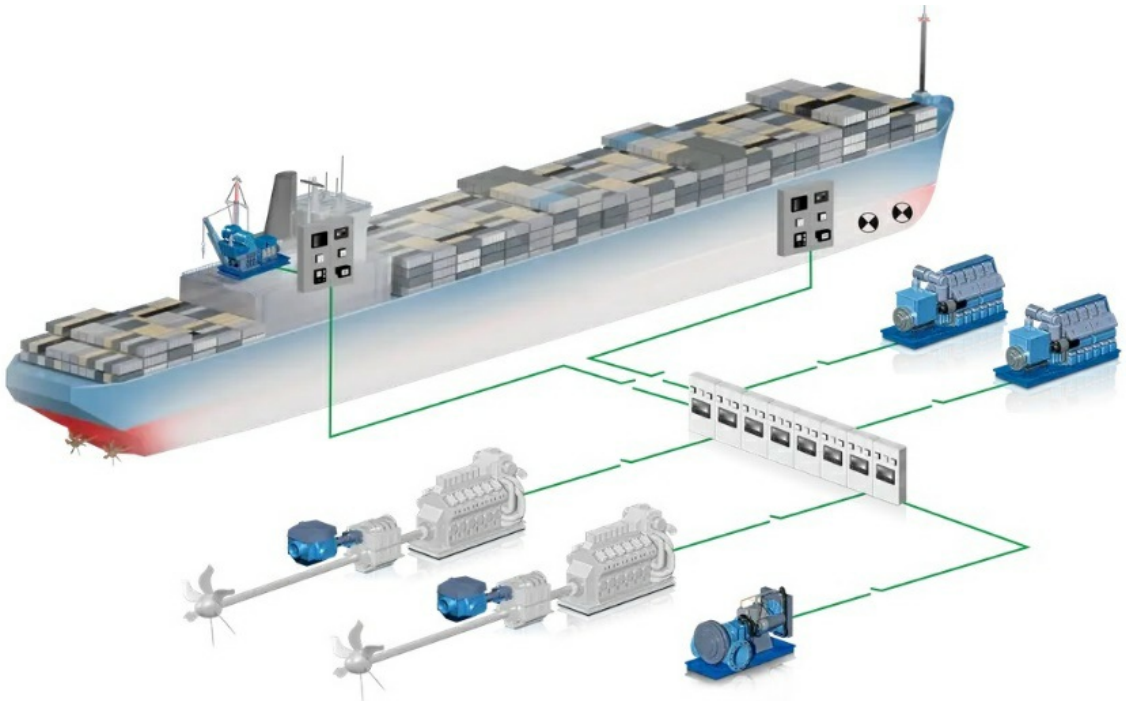
1. Motor eller turbin driv generatoren sin rotor.
2. Rotasjonen skapar eit magnetfelt som induserer ein vekselstraum (AC) i statorviklingane.
3. Spenning regulerast av ein spenningsregulator for å halde konstant utgangsspenning.
4. Straumen fordelast via hovudtavla (Main Switchboard) til ulike system.
5. Synkronisering skjer dersom fleire generatorar må koplast saman i parallell drift.

Det er først og fremst lavspent synkrongenerator som er hovudstoffet i dette kapittelet, og det vil seie ei spenning på 440 V. Stort sett har dei fleste båtar i dag eit anlegg som er på

440 volt og 60 Hz. Men mange har også 400 volts anlegg med ein frekvens på 50 Hz.

Vekselstraums generator kan vi igjen dele inn i to grupper, der den eine er mest aktuell til skipsgeneratorar.

- Asynkrongenerator
- Synkrongenerator



Teikninga er henta frå DEIF.

Synkrongeneratorar om bord på skip.

SYNKRONGENERATORAR OM BORD PÅ SKIP

I moderne skip er det i hovudsak synkrongeneratorar som nyttast for straumproduksjon. Asynkrongeneratorar har tradisjonelt ikkje vore nytta som hovudgeneratorar om bord, men har vorte noko nytta i nyare tid, særleg i samband med akselgeneratorar.

Generatorane som nyttast om bord skal vere konstruert i samsvar med anerkjende internasjonale standardar, som t.d. IEC-normar, eller tilsvarande nasjonale normar som er tilpassa maritimt bruk. Synkrongeneratorar om bord må vere eigenmagnetiserte, det vil seie at dei hentar magnetiseringsenergien frå eiga drift via eit magnetiseringssystem (t.d. børstelaus exciter eller PMG).

Som hovudregel monterast skipsgeneratorar med akselen orientert i skipet si lengderetning. Dreieretninga skal vere med urvisaren (med klokka) sett fra generatoren sin akselutgang mot drivmaskina.

Generatorane skal plasserast i godt ventilerte rom utan risiko for førekomst av brennbare eller eksplosive gassar. Normalt plasserast generatorane ope i maskinrommet saman med øvrig maskineri. På større fartøy, som cruiseskip og offshorefartøy, kan det vere eigne rom dedikert til generatorane – såkalla generatorrom – som ein del av maskininstallasjonen.

For lavspente generatorar (under 1 kV) bør plasseringa vere så nær hovudtavla som mogleg, for å minimere kabellengda. Dette er viktig fordi det i utgangspunktet ikkje krevst overstraumsvern mellom generatoren og hovudtavla. Kablane i denne strekninga må difor vere mekanisk beskytta mot skade, og installerast i samsvar med gjeldande regelverk.

Dersom det oppstår kortslutning i statorviklingane eller tilhøyrande generatorkabel, kan dette føre til totalt havari av både generator og kabelanlegg. For generatorar som er installert utanfor maskinrom eller hjelpemaskinrom – til dømes i akselgeneratorinstallasjonar – skal det alltid installerast kortslutningsvern for tilhøyrande kablar, jf. krava i NEK 410A og relevante klasseselskapsreglar.



Bildet over viser ein lavspentgenerator frå Stamford.

Høgspenningsgeneratorar om bord

HØGSPENNINGSGENERATORAR OM BORD

Høgspenningsgeneratorar om bord i skip er vanlegvis plassert i eigne generatorrom skild frå anna maskineri. Når slike generatorar er installert utanfor rom for kvalifisert personell, skal dei ha ei kapslingsgrad på minimum IP 43. Dersom generatorane er plassert i rom som kun er tilgjengeleg for kvalifisert personell (t.d. maskinistar eller elektropersonell), kan kapslingsgrad IP 23 aksepterast i samsvar med gjeldande normer og klassereglar.

Høgspenningsgeneratorar nyttar normalt indirekte vasskjøling via vatn-luft-varmevekslarar. Disse varmevekslarane skal vere utstyrt med doble røyr for å sikre driftstryggleik. Ved eventuell lekkasje frå det indre røyret (som fører kjølevatn) til det ytre røyret, skal det automatisk utløysast lekkasjealarm, i samsvar med krav om lekkasjeovervåking. Dette er eit viktig tryggleikstiltak for å hindre vassinntrenging i elektriske komponentar.

I tillegg til standard vern nytta på lavspente generatorar (som overspenningsvern og spenningsregulering), skal høgspenningsgeneratorar vere utstyrt med vern som beskyttar mot kortslutning og jordfeil i statorviklingane og i tilknytta kabelforbindelsar mellom generator og hovudtavle. Dette er særleg viktig grunna det høgare spenningsnivået og den potensielle skadeenergien ved feil.

Vasskjølte generatorar har som regel lenger vedlikehaldsintervallar enn luftavkjølte generatorar. Dette betyr at det kan oppnåast lenger samanhengande driftstider før det er behov for inspeksjon, reingjering eller anna planlagt service. Dette gir auka tilgjenge og lavare vedlikehaldskostnadar over tid.

For ytterlegare krav og spesifikasjonar visast det til NEK 410A, samt relevante klassereglar (t.d. frå DNV, ABS eller Lloyd's Register).

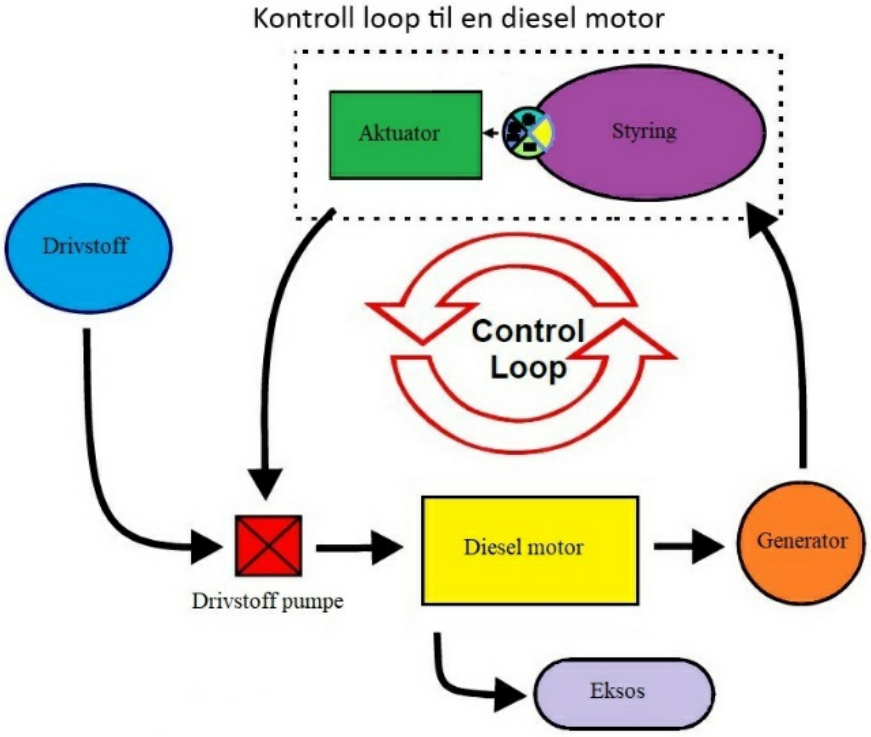
Vekselstraums maskiner og skipsgeneratorar

VEKSELSTRAUMS MASKINER OG SKIPSGENERATORAR

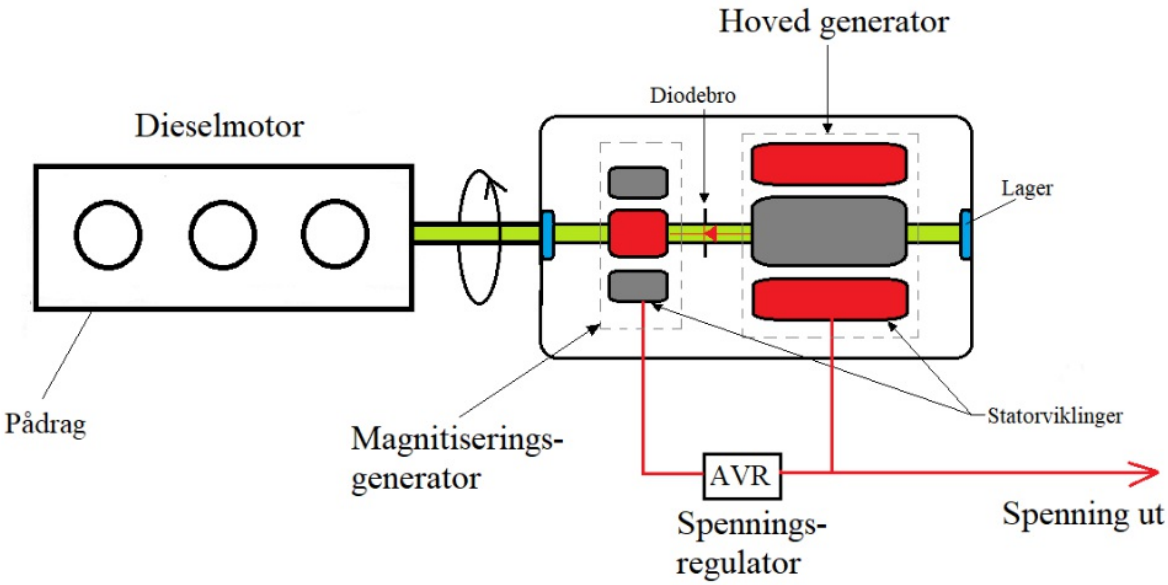
Ei vekselstraums maskin er ei elektrisk maskin som kan operere både som motor og som generator, avhengig av driftsforhold og tilkopling. Skipsgeneratorar er ei type vekselstraums maskin som nyttast til å omforme mekanisk energi til elektrisk energi, og nyttast primært til kraftforsyning om bord.

Den mekaniske energien som driv generatoren, overførast som rotasjonsenergi frå ei drivmaskin. I maritime installasjonar er dette vanlegvis ein dieselmotor eller dampturbin, medan ein i offshoreinstallasjonar ofte nyttar gassturbinar – spesielt der det er behov for høg effekt.

For synkrongeneratorar er utgangsfrekvensen direkte avhengig av rotasjonshastigheita (turtalet). Typiske turtalsområder for slike generatorar ligg mellom 300 og 3600 omdreiningar per minutt (o/min), avhengig av antal polpar og ønska frekvens. I eit 50 Hz-system vil en 4-pola generator eksempelvis ha eit nominelt turtal på 1500 o/min.



Ved lastendringar er det viktig at både frekvens og spenning i nettet haldast stabile. Frekvensen bestemmast av generatoren sitt turtal, som i sin tur styrast av drivmaskina sitt effektpådrag. Pådraget regulerast automatisk av dieselmotoren sin turtalsregulator (governor), som tilpassar drivkrafta til det elektriske forbruket.



Figuren over viser ei prinsippskisse over ein generator.

Tilsvarande gjeld for generatoren sin utgangsspenning, som varierar ved endringar i belasting. Det er spenningsregulatoren si (AVR – Automatic Voltage Regulator) oppgåve å automatisk justere magnetiseringsstraumen slik at spenninga haldast stabil på eit førehandsdefinert nivå, uavhengig av lastvariasjonar.

Magnetiseringsstraumen er ein likestraum som er likeretta over ei diodebru, og ført direkte fram til rotorviklingane i hovudgeneratoren.

Vekselstraums generatorar – Oppbygging og hovudkomponentar

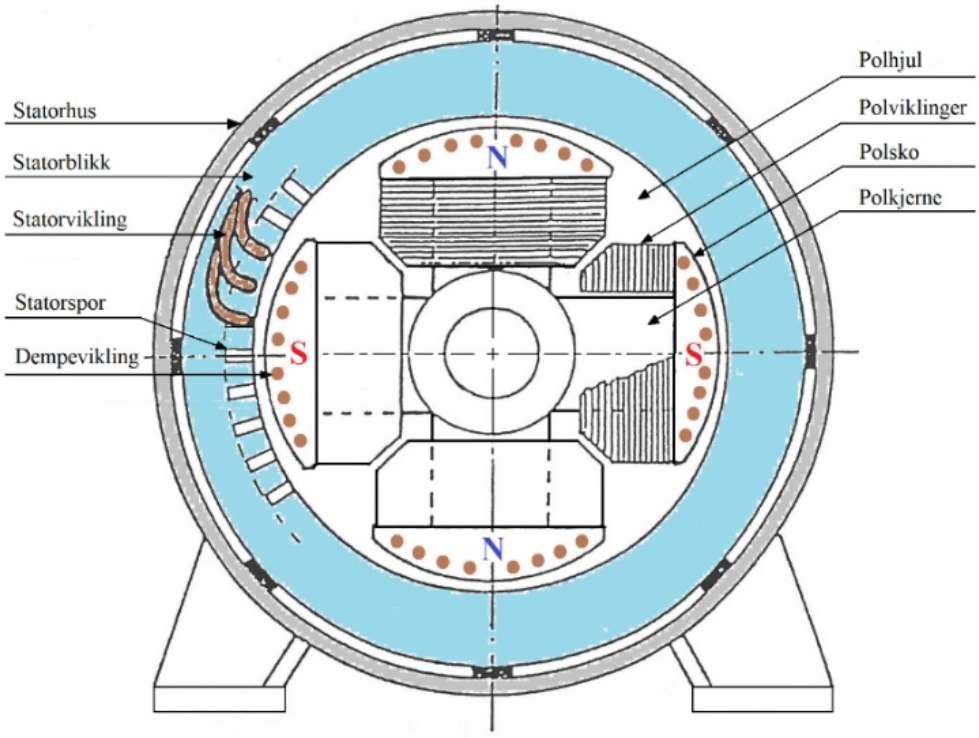
Ein vekselstraumsgenerator består i hovudsak av to hovuddeler: stator og rotor.

Statoren er den faste delen av generatoren, og det er her den elektriske energien induserast og leiast ut til forbrukarane. Den stasjonære plasseringa av statoren gjer det enkelt å kople til eksterne kretsar via faste tilkoplingspunkt i koplingsboksen, noko som gir høg driftstryggleik og enkel tilgang for tilkopling og vedlikehald.

Statorhuset er vanlegvis produsert i støypejern eller valsa stål, noko som gir høg mekanisk styrke og god motstand mot vibrasjonar og ytre påkjenningar. Inni statorhuset er det plassert ei magnetisk kjerne bestående av såkalla statorblikk – tynne, elektrisk isolerte stålplater som er stabla og pressa saman for å minimere virvelstraumstap og forbetre den magnetiske effektiviteten.

I disse blikka er det utstansa spor der statorviklingane leggast. Disse spora lagast med høg presisjon med hjelp av automatiserte stansemaskiner, noko som sikrar god einsartaheit og optimal plassering av viklingane.

Den faste plasseringa av statoren mogleggjer effektiv og stabil overføring av elektrisk energi til forbrukarar utan behov for roterande kontakter eller børster.



4-polet generator.

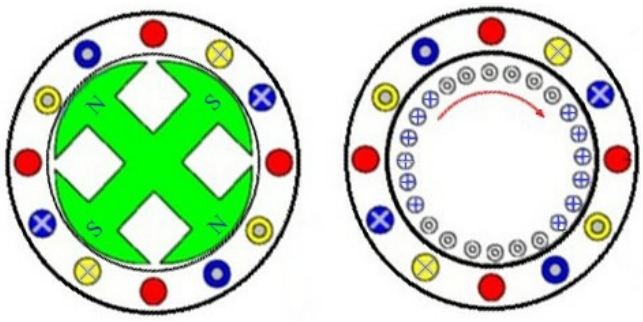
At statoren i ein vekselstraumsgenerator er stillestående, har fleire fordelar – spesielt når det gjeld isolasjon. Ved høgspente generatorar (opptil ca. 15 000 V) gjer det stillestående statoroppsettet det enklare å utføre solid og varig isolasjon av viklingane, noko som er avgjerende for driftstryggleiken.

Statoren er utstyrt med spor der viklingane leggast. Vanlegvis finst det tre viklingssett, eit for kvar fase i eit trefasesystem. Kvart viklingssett består av fleire spolar, og kvar spole har to hovuddelar:

- Spolesider – den delen av spolen som ligg inne i statorspora.
- Spolehovud– den delen av spolen som buar utanfor spora og koplar spolesidene saman.

Ved høge straumar utsettast spolehovuda for sterke elektromagnetiske krefter. For å tåle disse påkjenningane må dei mekanisk forsterkast, ofte ved bruk av glasfiberstavar eller andre forsterkingselement som koplar spolehovuda saman og gir ekstra stivheit.

Avstanden mellom to spolesider i éin og same spole tilsvarar éi poldeling – det vil seie senteravstanden mellom to nærliggande polsko på rotoren. Dette er viktig for at spolane skal ligge riktig i høve til det magnetfeltet som rotoren sine polar skapar under rotasjon.



Ein illustrasjon av ein 1-fasa, 4-pola generator med markert straumretning og poldeling.

O = retninga på spenninga er ut av papirplanet.
X = retninga på spenninga er inn i papirplanet.

Viklingstilkopling og magnetisering i ein synkrongenerator

I ein trefasegenerator koplast fleire spolar saman til tre separate viklingssett – eit for kvar fase. Spolane i kvar fase koplast slik at den totale induserte spenninga i fasen blir summen av spenningane som induserast i kvar enkelt spole. Dei tre viklingssetta er elektrisk uavhengige av kvarandre og kan koplast enten i stjerne **(Y)** eller trekant **(Δ)**, avhengig av ønska spenning og tilkoplingsmåte.

Spenningsregulering og magnetfelt

Størelsen på den induserte spenninga bestemmast av styrken på hovud magnetfeltet, som skapast av polane på rotoren (polhjulet). Dette magnetfeltet regulerast av magnetiseringsstraumen som tilførast rotoren.

- På moderne generatorar skjer dette som regel via ein eigen magnetiseringsgenerator (exciter), som kan vere enten børstelaus eller styrast via eit automatisk reguleringssystem (AVR).

Magnetiseringsstraumen er relativt liten samanlikna med hovedstraumen, så energitapa ved overføring til rotoren er minimale.

Hovudfeltet si retning og luftgap.

Magnetfeltet frå rotoren går fra nordpolen over luftgapet og inn i statorkjernen, der det delar seg og søkjer mot dei to næraste sydpolane. Dette feltet må passere gjennom luftgapet – ein kritisk del av generatoren sin konstruksjon.
- For hurtiggåande generatorar kan luftgapet vere relativt stort, typisk 20–30 mm, for å ta omsyn til mekaniske tilhøve som rotoren sitt kritiske turtal og kast (vibrasjonar).

Rotorutformingar i synkrongeneratorar.

Rotoren (eller polhjulet) i ein synkrongenerator kan delast inn i to hovudtypar:

Rotor med utprega (synlege) polar:

- Også kalla salient pole rotor.
- Har tydeleg skilde polsko (nord- og sydpolar) som er bolta fast på ein sylinderforma rotorkropp.
- Typisk nytta i lavturtalsgeneratorar, vanlegvis opptil ca. 1500 o/min (50 Hz), og særleg ved vasskraftverk og dieselaggregat.
- Eigna for store poltal (lav synkronturtal) og høg polflate.

Turbo-rotor med skjulte polar:

- Også kalla *cylindrical rotor* eller *non-salient pole rotor.*
- Har ei glatt sylinderform utan synlege polsko, med viklingar lagt i spor i rotoren si overflate.
- Nyttast ved høgt turtal, ofte mellom 1500 og 3000 o/min (50 Hz), typisk i dampturbin- eller gassturbin-generatorar.
- Har vanlegvis berre 2 eller 4 polar, då høgt turtal krev lavt poltal.

Ved 50 Hz:

- Rotor med utprega polar: 100–1500 o/min.
- Turbo-rotor (skjulte polar): 1500–3000 o/min.
- 1500 o/min = 4-polt synkronturtal.
- 3000 o/min = 2-polt synkronturtal.

Ved 60 Hz:

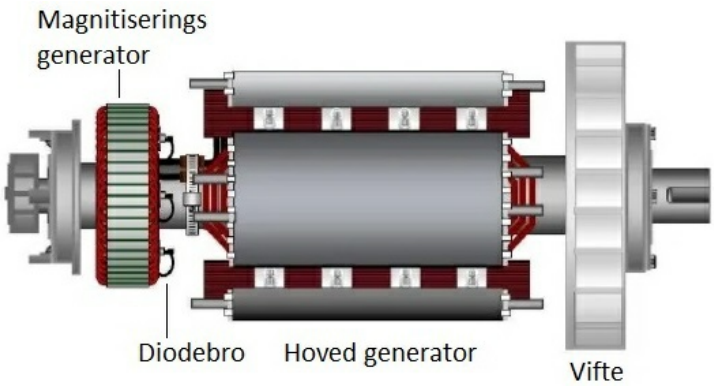
- Rotor med utprega polar: 100–1800 o/min.
- Turbo-rotor (skjulte polar): 1800–3600 o/min.
- 1800 o/min = 4-polt synkronturtal.
- 3600 o/min = 2-polt synkronturtal.

Tabell nedanfor som syner det synkrone turtalet både for 50 Hz og 60 Hz.

> Poltal	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**	**12**	**14**	**16**	**18**	**20**
> 50 **Hz**	3000	1500	1000	750	600	500	429	375	333	300
> 60 Hz	3600	1800	1200	900	720	600	514	450	400	360

Det synkrone turtalet (n_s) er bestemt av følgjande formel:

> $$n_s = \frac{f}{p} * 60 \text{ (o/min.)}$$



Elektriske grader og faseuttak

ELEKTRISKE GRADER OG FASEUTTAK

Nemninga elektriske grader har med antal polar å gjere. Ein topola generator må nemleg gjere ei omdreining for å lage ei sinuskurve. Ved 50 Hz må generatoren lage 50 sinuskurver i løpet av eit sekund. Dette medfører at generatoren må gjere 50 omdreiningar pr. sekund.

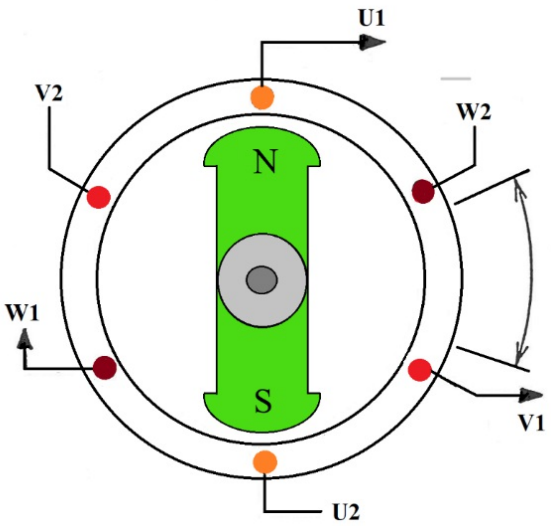
Ser vi på dei mekaniske gradene som fysisk er knytta saman med rotorrørsle og statorviklinga så er ei fysisk omdreining for rotor 360 mekaniske grader.

Topola synkrongenerator

TOPOLA SYNKRONGENERATOR

Har vi ein topola generator som skal ha ein frekvens på 50 Hz så må denne generatoren gjere 50 omdreiningar pr. sekund.

> Omdreiningar pr. min: $50\ o/\text{sek.}\ *\ 60\ \text{sek.}\ =\ 3000\ o/min$.



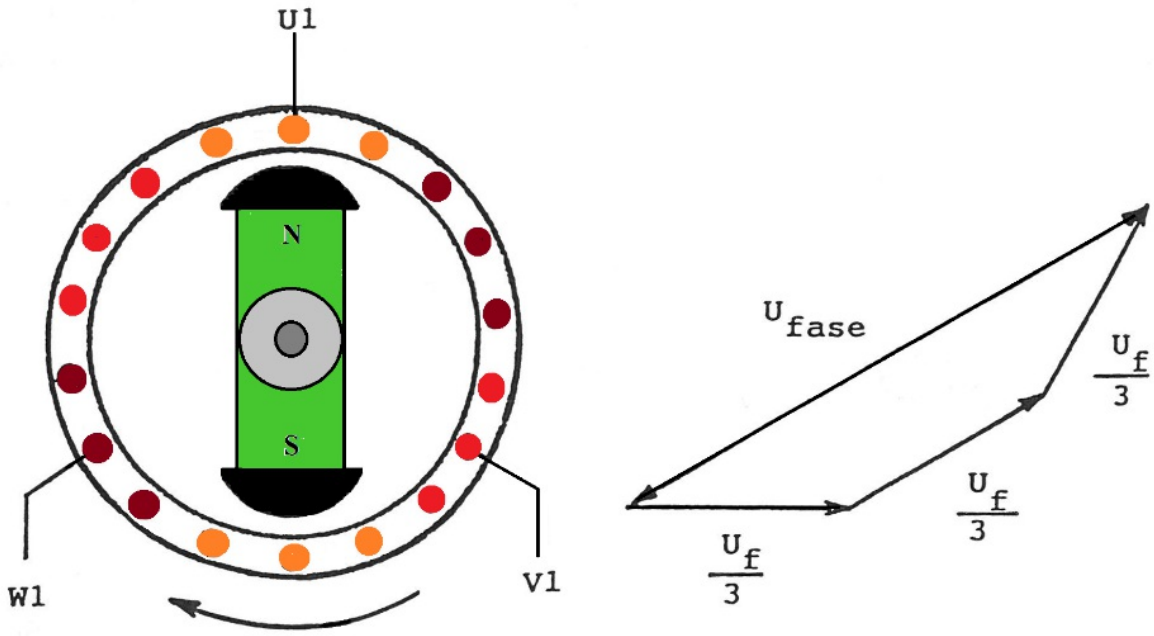
Daudsoner og spoleplassering i statoren.

I ein generator kan det oppstå såkalla "daudsoner" – områder i statoren der det ikkje induserast spenning, fordi magnetfeltet er minimalt eller i nullpunkt. Dersom spolesidene plasserast slik at dei fell inn i disse sonene, vil resultatet bli ujamne og forvrengde sinuskurver, noko som er uønska i kraftproduksjon.

For å utnytte disse daudsonene og oppnå ei jamnare og meir sinusforma spenning, plasserast fleire spolesider frå same fase forskyvd ved sida av kvarandre. Dette kallast ofte for *fordelt vikling* (eller *distributed winding*), og det bidreg til å jamne ut spenningskurva ved å summere fleire mindre delspenningar med ulik fasevinkel.

Figuren på forrige side viser ein topola generator, der det er éi spoleside i kvart statorspor og éi vikling per fase. I dette høvet gjeld følgjande:

- 360 elektriske grader tilsvarer 360 mekaniske grader, sidan det kun er to polar (éin nord og éin sør).
- Faseuttaka kallast **U1, V1 og W1**, og er plassert med 120 elektriske graders forskyving i høve til kvarandre.
- Dette betyr at dei tre sinusforma fasespenningane (U, V og W) kjem forskyvd i tid – med ein tredjedel av ei periode mellom kvar – noko som er typisk for symmetrisk trefasespenning.



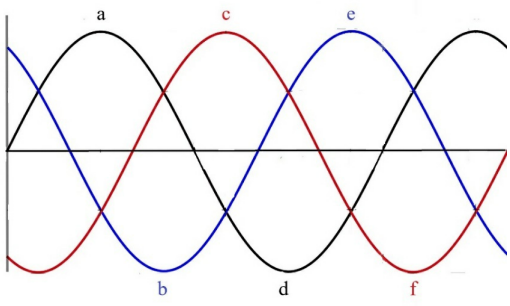
Figuren nedanfor viser no korleis vi har utnytta plassen i stator, ved å legge same fase ved sida av kvarandre i tre forskjellige spor. Ein får no den geometriske summen av dei tre spenningane, og dette blir no fasespenninga.

Vi skal no sjå på korleis spenningskurvene kjem på bakgrunn av rotorbevegelsen i stator.

Nordpolen frambringar den positive spenningskurve som ligg over null linja, medan sydpolen frambringar den negative spenningskurve som ligg under null linja.

Vi må heile tida ta utgangspunkt i uttaka U1 – V1 – W1.

Figuren under viser oss alle dei tre spenningskurvene med 120 gr. elektrisk avstand.



Figuren viser oss alle dei tre spenningskurvene med 120 gr. elektrisk avstand.

Eg har strukturert teksten som ein sekvens i tid, kopla til spenningskurvene (a–e) og rotoren sin posisjon.

Rotoren si dreieretning: Med urvisaren (klokkeretning).

Polar: Rotoren har éin nordpol (N) og éin sørpol (S).

Statorviklingar: Tre fasar med uttak U1, V1 og W1, plassert 120 elektriske grader frå kvarandre.

Spenningskurve og pol posisjon – eitt rotasjonsforløp.

Punkt	Rotorposisjon	Spenningskurve	Forklaring
a	N-polen rett under **U1**	Start av kurve **a** – positiv topp	Maks positiv spenning induserast i U1. Samtidig nærmar S-polen seg W1.
b	S-polen rett under **W1**	Kurve **b** – topp negativ	Maks negativ spenning i W1. Samtidig nærmar N-polen seg V1.
c	N-polen rett under **V1**	Kurve **c** – positiv topp	Maks positiv spenning i V1. Samtidig går S-polen bort frå W1 (spenninga i W1 synk).
d	S-polen rett under **U1**	Kurve **d** – topp negativ	Maks negativ spenning i U1. Samtidig nærmar N-polen seg W1.
e	N-polen rett under **W1**	Kurve **e** – positiv topp	Maks positiv spenning i W1. Samtidig nærmar S-polen seg V1.
Slutt → ny runde	S-polen passerar **V1**, N-polen nærmar seg **U1**	Start på ny periode	Rotoren har gjort éi heil omdreining = 360 mekaniske grader = 360 elektriske grader (topola maskin)

Oppsummering

Σ

OPPSUMMERING

- Kvar gang N-polen passerar ei vikling, får vi positiv topp i den viklinga sin spenningskurve.
- Kvar gang S-polen passerar ei vikling, får vi negativ topp.
- Spenninga varierar sinusforma fordi feltstyrken i luftgapet varierar harmonisk medan rotoren roterer.
- Faseforskyvinga mellom U1, V1 og W1 gjer at spenningskurvene forskyvast 120 elektriske grader.

Firepola synkrongenerator – elektrisk og mekanisk vinkel

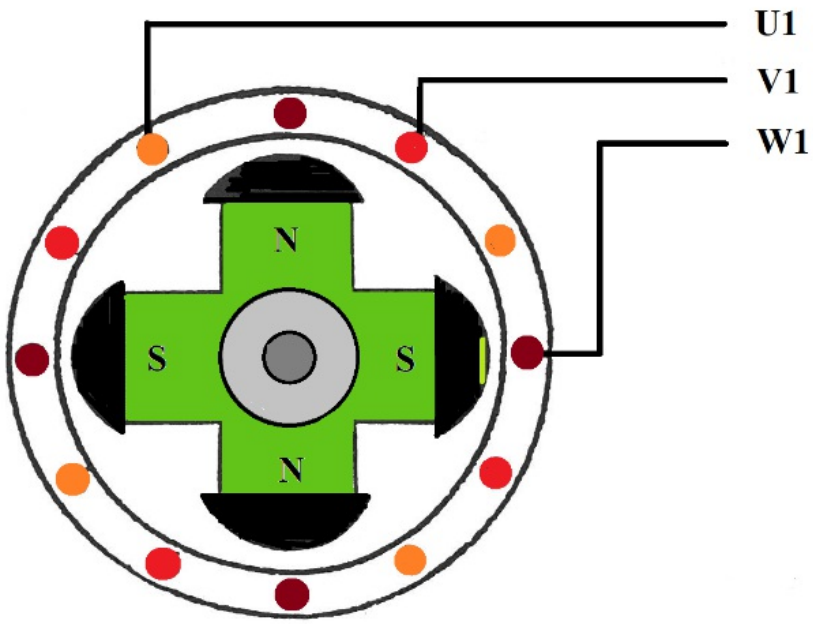
FIREPOLA SYNKRONGENERATOR – ELEKTRISK OG MEKANISK VINKEL

Vi ser no på ein 4-pola generator der statoren sin omkrets er 360 mekaniske grader. Grunna dei fire polane (to nordpolar og to sørpolar) vil generatoren produsere to komplette sinuskurver per fase for kvar rotasjon. Dette er nødvendig for å oppretthalde ein frekvens på 50 Hz, sidan generatoren sitt turtal er halvert samanlikna med ei topola maskin.

Dette gir følgjande samanheng:

> 360 mekaniske grader=720 elektriske grader

Med andre ord: for ei 4-pola maskin vil kvar mekanisk grad tilsvare to elektriske grader.



Sporfordeling i statoren

Vi går ut frå at kvart statorspor inneheld éi spoleside (konsentrert vikling). Då kan vi berekne totalt antal spor slik:

- 4 polar × 3 faser = 12 spolar / spor
- Dermed delast statoromkretsen (360 mekaniske grader) i 12 like delar

$$\frac{360\ mekaniske\ grader}{12\ spor} = 30\ mekaniske\ grader\ mellom\ kvart\ spor$$

Konklusjon

Σ

KONKLUSJON

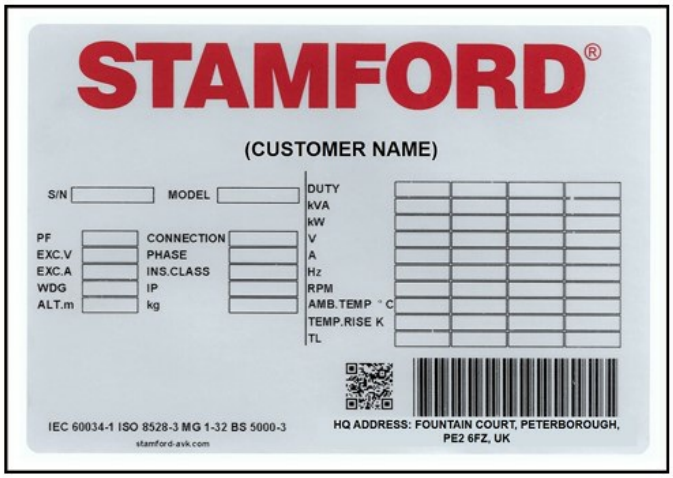
- Generatoren vil ha 12 spor.
- Kvar spoleside forskyvast 30 mekaniske grader.
- Dette tilsvarar 60 elektriske grader (sidan 1 mekanisk grad = 2 elektriske grader i ein 4-polt maskin).
- Det trengs 2 spolar forskyvd med 60 elektriske grader (30 mekaniske) for å oppnå 120 elektriske graders faseforskyving.

Merking av generatorar

MERKING AV GENERATORAR

Alle generatorar skal ha eit merkeskilt som fortel det meste om generatoren.

Under ser vi eit standard merkeskilt frå Stamford.



Synkrongeneratoren sine driftsegenskapar

SYNKRONGENERATOREN SINE DRIFTSEGENSKAPAR

Ombord i skip har vi to hovudtypar driftstilhøve for ein generator:

- **Generator åleine på nettet.**
- **Generator i parallell med andre generatorar** (også kalla parallellkøyring eller drift på svakt nett).

For å sikre eit stabilt og påliteleg straumnett – der både spenning og frekvens held seg innanfor fastsette grenser – er to faktorar spesielt viktige:
Spenningsregulator og pådragsregulator.

Disse må kunne reagere raskt og samarbeide godt med andre regulatorar i systemet.

Spenningsregulator

SPENNINGSREGULATOR

Spenningsregulatoren styrer magnetiseringsstraumen til hovudpolane i generatoren, som igjen bestemmer spenninga. Denne reguleringa kan gjerast manuelt med hjelp av eit potensiometer (potmeter) plassert enten i generatorseksjonen i hovudtavla eller direkte på spenningsregulatoren.

→ Generatoren "føler" spenninga.

Pådragsregulator

PÅDRAGSREGULATOR

Pådragsregulatoren kontrollerer tilføringa av drivstoff til motoren som driv generatoren. Dette påvirkar motoren sitt turtal, og dermed frekvensen i nettet. Reguleringa skjer manuelt via ein brytar, ofte plassert i same tavleseksjon. Brytaren styrer ein liten motor som justerer brennstoffmengda.

→ Drivmaskina "føler" turtalet – som styrer frekvensen.

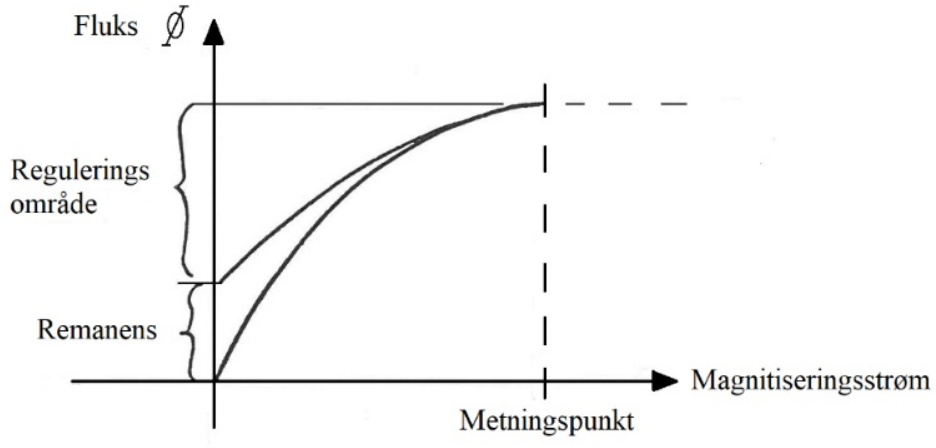
Vidare i teksten omtalar vi disse regulatorane kort som magnetisering (spenning) og pådrag (frekvens).

Generatorstart etter straumbrot – "Blackout".

Generatorar om bord må kunne starte opp fra eit daudt nett, altså etter eit totalt straumbrot ("blackout"). Difor stillast det særskilde krav både til generatoren og heile det elektriske anlegget.

Skipsgeneratorar er såkalla eigenmagnetiserte. Det betyr at dei ikkje treng ekstern spenning for å starte opp. For at dette skal fungere, må det være litt gjenverende magnetisme i polskoa på hovudpolane – dette kallast remanens.

→ Remanens = gjenverande magnetisme som gjer oppstart mogleg.



Magnetisering og lastforhold i skipsgeneratorar

Figuren på forrige side viser magnetiseringskurven til eit stykke blautjern som utsettast for eit aukande magnetfelt. Etter kvart når jernet sitt metningspunkt, det vil seie at det ikkje kan magnetiserast meir, uansett kor mykje straum vi tilfører.

Ved å nytte blautjern i polskoa i generatoren får vi eit stort og effektivt reguleringsområde for magnetiseringsfeltet. Hadde vi derimot brukt stål, kunne polskoa nærast blitt permanente magnetar, og vi ville hatt eit mykje smalare reguleringsområde – noko som ikkje er ønskjeleg i ein generator.

Remanens – grunnlaget for oppstart.

Når generatoren står stille, vil det framleis vere litt gjenverende magnetisme i polskoa. Dette kallast remanens. Ved oppstart – når polhjulet har nådd fullt turtal – vil denne remanensen vere nok til å indusere ei spenning på cirka 10 volt. Dette er tilstrekkeleg som hjelpespenning for at spenningsregulatoren skal kunne byrje å jobbe og byggje opp spenninga vidare til nominell verdi.

Lasttypar i elektriske anlegg.

I ein elektrisk krets opererer vi med tre hovudtypar last:

- **Ohmsk last** – som varmeelement og glødelampar.
- **Induktiv last** – som motorar og transformatorar.
- **Kapasitiv last** – som kondensatorbatteri og enkelte elektroniske einingar

Ombord i skip er lasta normalt ei blanding av ohmsk og induktiv last, men det er vanleg å seie at lasta er induktiv, hovudsakleg grunna alle elektriske motorar i drift om bord.

Effektbegrep:

> $$P = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi$$
> $$Q = \sqrt{3} * U * I * \sin\varphi$$
> $$S = \sqrt{3} * U * I$$

Stabil drift – frekvens og spenning

Når lasta aukar, må pådragsregulatoren (governor) automatisk justere drivstofftilføringa til motoren. Dette for å halde turtalet konstant – og dermed også frekvensen. Dersom dette ikkje skjer, vil frekvensen synke når belastinga aukar.

På same måte må spenningsregulatoren (eige kapittel med spenningsregulator, AVR) sørge for at spenninga haldast stabil, sjølv når lasta varierer. Samspelet mellom disse to regulatorane er avgjerande for å få eit stabilt og driftssikkert skipselektrisk anlegg.

Spenning og belasting i ein generator

Det finst i prinsippet to måtar å auke spenninga i ein elektrisk krets på. Tenk deg ein koparstav tilkopla eit voltmeter, som flyttar seg i eit magnetfelt. Spenninga kan då aukast ved å:

1. **Auke hastigheita** til koparstaven på tvers av magnetfeltet.
2. **Auke styrken** på magnetfeltet, medan hastigheita haldast konstant.

Når vi regulerer spenninga i ein generator, nyttar vi oss av **metode 2**: Vi aukar eller senkar magnetfeltet sin styrke (magnetiseringsstraumen) – medan rotasjonshastigheita (turtalet) haldast konstant.

Reaktiv last og spenningsregulering.

Reaktiv last er ein type energi som pendlar fram og tilbake mellom generatoren og forbrukaren – til dømes i motorar og transformatorar. Det er generatoren som må handtere denne belastinga.
Når fleire generatorar køyrast i parallell, er det spenningsregulatoren som må kompensere for endringar i reaktiv last, slik at spenninga på nettet haldast stabil.

Tilsynelatande, aktiv og reaktiv effekt

TILSYNELATANDE, AKTIV OG REAKTIV EFFEKT

Den tilsynelatande effekten (S) er summen av aktiv effekt (P) og reaktiv effekt (Q), og nemnast vanlegvis i kVA. Den representerer den totale belastinga som generatoren må levere – både den nyttige og den sirkulerande delen.

På dataskiltet til ein generator vil du alltid finne opplyst:

- Tilsynelatande effekt (S, i kVA).
- Effektfaktor (cos φ).

> $$P = S * \cos \varphi$$

Denne verdien viser kor mykje aktiv effekt drivmaskina må levere – og dermed kor mykje pådrag som trengs.

Straum og varme i viklingane.

For sjølve generatoren er det den nominelle straumen (hovedstraumen sin verdi) som er avgjerande. Det er denne verdien som bestemmer kor mykje straum ein trygt kan ta ut utan å overstige grensa for straumtettheit i viklingane.

Dersom generatoren overbelastast og straumen overstig den nominelle verdien over lengre tid, vil det føre til:

- Auka varmeutvikling i viklingane.
- Risiko for isolasjonsskadar.
- Mogleg kortslutning og feil i generatoren.

Difor er det viktig å overvåke straum og temperatur, og ikkje overskride spesifikasjonane som står på dataskiltet.

Isolasjon og temperatur i elektriske maskiner.

Dersom nominell straum overskridast over lengre tid, vil det føre til auka varmeutvikling i viklingane. Dette kan svekke isolasjonen og til slutt føre til feil eller havari på generatoren. Å halde temperaturen innanfor tillatne grenser er difor heilt avgjerende for levetida til ei elektrisk maskin.

Isolasjonsklassar

Elektriske maskiner – som generatorar og motorar – leverast i ulike isolasjonsklassar, som syner kor høg temperatur isolasjonsmaterialane tåler under kontinuerlig drift.

Dei vanlegaste klassane er:

A, B, E, F og H.

Sjå NEK410A - 2021

Isolasjonsklasse	Tillatt overtemperatur (°C)	Maks driftstemperatur (°C) *
A	60	105
B	80	125
E	75	120
F	110	155
H	125	180

* Maksimal driftstemperatur = tillate overtemperatur + standard omgjevnadstemperatur (vanlegvis 45 °C).

Isolasjonsklasse F – standard i moderne generatorar.

Dei fleste synkrongeneratorar i dag leverast med isolasjon i klasse F. Det betyr at viklingane tåler ein overtemperatur på opptil 110 °C, i tillegg til omgjevnadstemperaturen. Dette gir ein maksimal driftstemperatur på 155 °C.

Grunnen til at klasse F er vanleg, er at den gir god utnytting av både plass, vekt og leiarmateriale, samtidig som den gir høg driftstryggleik og lang levetid.

Ankerreaksjon i synkrongeneratorer

Spenningsnivået i ein synkrongenerator bestemmast hovudsakleg av hovudfeltet, som dannast av polhjulet (rotoren). Dette feltet oppstår når det tilførast ein likestraum via magnetiseringssystemet, og det er dette som skapar indusert spenning i statorviklingane (ankeret).

Spenningsnivå ved tomgang (ingen last):

Når generatoren går i tomgang (ingen last tilkopla), trengs det kun ein svak magnetiseringsstraum for å oppretthalde nominell spenning, til dømes 440 V.
Under testing settast spenninga ofte litt høgare (t.d. 450 V) for å kompensere for framtidige spenningsfall, og dette er gjerne spenninga som er opplyst om på dataskiltet.

Kva skjer når generatoren belastast?

Når vi koplar til ei last, byrjar det å gå straum gjennom statorviklingane – dette kallast ankerstraum. Denne straumen er ein vekselstraum, og den set opp sitt eige magnetfelt (kalla ankerfelt), som vekslar i takt med straumen.

Dette ankerfeltet opptrer i samme magnetiske krets som hovudfeltet og påvirkar det på ulike måtar. Dette fenomenet kallast ankerreaksjon.

Effekten av ankerreaksjonen:

Ved induktiv belasting (vanleg på skip, t.d. motorar og transformatorar) vil ankerfeltet:

- Motarbeide hovudfeltet, og dermed svekke den totale magnetiske fluksen.
- Dette fører til at den induserte spenninga fell.

For å motvirke dette, vil spenningsregulatoren (AVR) registrere spenningsfallet og automatisk:

- Auke magnetiseringsstraumen til polhjulet.
- Dette styrkar hovudfeltet igjen, slik at spenninga stabiliserast til riktig verdi i høve til lasta.

Straumen sine komponentar:

Ankerstraumen kan delast i to komponentar:

1. Aktiv straumkomponent (I_a) – i fase med spenninga:
   - Skapar eit magnetfelt som virkar tverrmagnetiserande på hovudfeltet (det forskyv feltet sidevegs, utan nødvendigvis å svekke det direkte).
2. Reaktiv straumkomponent (I_r) – ligg 90° i faseforskyving:
   - Ved induktiv last virkar denne mot magnetiserande – den svekkar hovudfeltet.
   - Ved kapasitiv last virkar den med magnetiserande – den forsterkar hovudfeltet.

Oppsummert

Σ

OPPSUMMERT

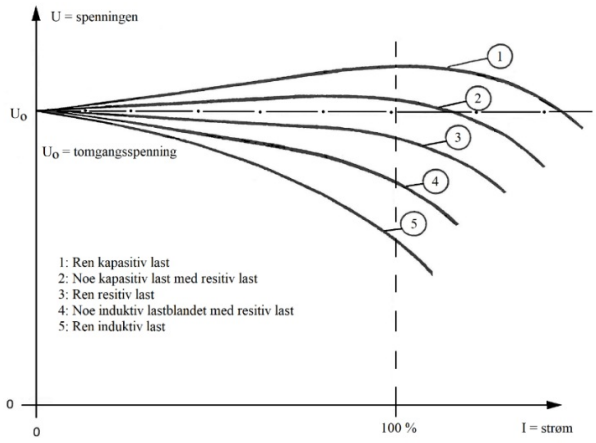
- Ankerreaksjon er den påvirkninga ankerstraumen har på hovudfeltet i ein synkrongenerator.
- Den fører ofte til spenningsfall ved induktiv last, noko som kompenserast med auka magnetisering.
- Kor kraftig denne reaksjonen er, avheng både av lasta sin karakter (induktiv/kapasitiv) og kor stor straumen er.

Ankerreaksjon

For å kunne forstå synkrongeneratoren sine driftseigenskapar skal vi i figuren nedanfor sjå på belastingskarakteristikkane for generatoren, som er forårsaka av ankerreaksjonen.

Spenninga blir innregulert når generator går i tomgang. Spenninga vert her ein funksjon av belastingsstraumen.

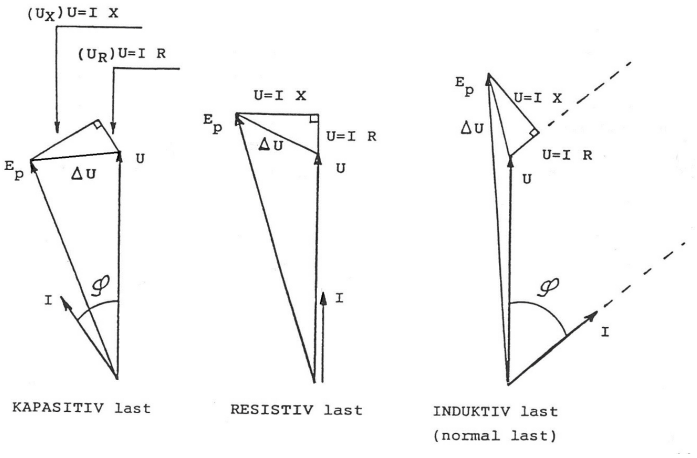
Effektfaktor og magnetiseringsstraumen haldast konstant.



Synkrongenerator åleine

Generatoren arbeidar åleine mot ei belasting, dvs. ikkje saman med andre generatorar.

Vi skal no sjå litt på generatoren sine spenningsverdiar, spenningsfalltrekanten, reaktans og motstand i viklingane, pådrag og magnetisering, ut frå dei ulike belastingar.



R = den ohmske motstand i generator sine viklingar.
X = den induktive reaktans i generatoren sine viklingar.
U_R = det ohmske spenningsfallet UX = det induktive spenningsfallet.
Ep = polhjul spenninga (indusert spenning).
U = klemmespenninga.
I= hovudstraumen.

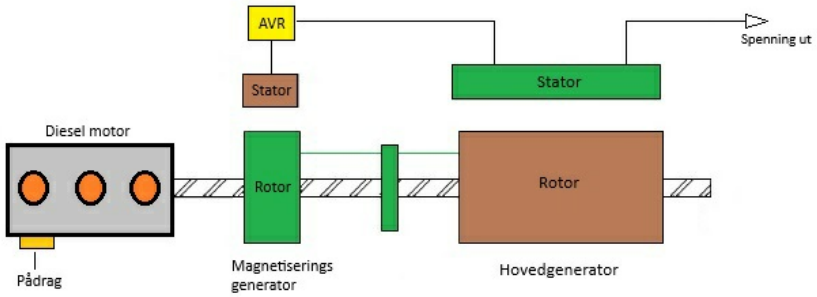
Spenningsfalltrekanten er også kalla den KAPPSKE trekant.

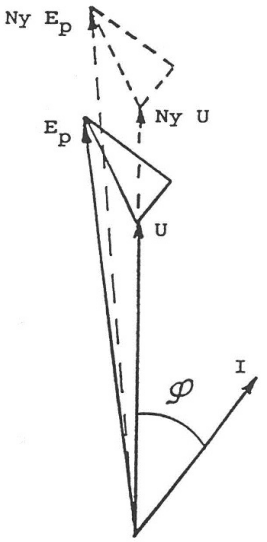
!

HUSK

Hovudstraumen er parallell med UR-sida.

Det er to måtar å auke spenninga på i ein generator som ligg åleine inne på nettet, og det er ved å auke pådraget eller å auke magnetiseringa.





Den heiltrekte spenningsfalltrekanten er ved normal spenning.

Vi aukar magnetiseringa:

- Fluksen i hovudfeltet aukar
- Polhjulsspenninga aukar

Klemmespenninga (U) vil auke.

Vi aukar pådraget:

- Turtalet vil auke
- Frekvensen aukar
- Polhjulsspenninga aukar

Klemmespenninga (U) vil auke.

Både auka magnetisering (eksitasjon) og auka pådrag fører til at spenninga endrar seg, noko som kan illustrerast med ein stipla effekttrekant. Dette viser at effekttrekanten har "forskyvd seg" i det komplekse planet, men sjølve størelsen på trekanten har ikkje endra seg, sidan lasta framleis er den same. Det betyr at verken aktiv eller reaktiv effekt er endra. Ei ulempe med å auke pådraget er at det også fører til auka frekvens. Retninga på trekanten – altså effektfaktoren – er også uendra fordi belastinga ikkje er endra. Dersom lasta derimot aukar, vil straumen auke, og då veks også effekttrekanten, sidan lengda på sidene i trekanten er proporsjonal med straumen.

Asynkrongenerator – virkemåte og bruk

ASYNKRONGENERATOR – VIRKEMÅTE OG BRUK

Ein asynkronmaskin kan fungere som generator dersom den blir driven med eit turtal som er høgare enn det synkrone. I denne tilstanden vert slippen negativ, og straumretninga snur – maskinen byrjar å levere aktiv effekt tilbake til nettet via statorviklingane.

Sjølv om maskina no arbeidar som ein generator, har den framleis ikkje eigen magnetisering, og den nødvendige reaktive straumen for å oppretthalde magnetfeltet må tilførast utanfrå – akkurat som i motordrift.

To driftsformar for asynkrongenerator:

1. Parallell drift med synkrongeneratorar eller eit eksisterande nett:
   - Generatoren koplast til eit nett som allereide har spenning og frekvens.
   - Den nødvendige reaktive effekten for magnetisering trekkjast direkte frå nettet.
   - Effektfaktoren (cos φ) bestemmast av maskina sin indre karakteristikk og lasta – den kan ikkje justerast direkte.
2. Sjølvstendig drift med kondensatorbatteri (kondensatormagnetisert):
   - Generatoren opererer uavhengig av nett, t.d. i øy drift eller isolerte system.
   - Eit kondensatorbatteri koplast til statoren sine terminaler og sørger for å levere nødvendig reaktiv effekt.
   - Eigna for enkle anlegg der ein ikkje har tilgang på eit større nett.

Fordelar ved asynkrongenerator på frekvensstabilt nett:

- Ingen behov for likestraums magnetisering (eksitasjon) som i synkrongeneratorar.
- Ingen spenningsregulator eller kompleks kontrolleining er nødvendig.
- Automatisk synkronisering: generatoren koplast til nettet når den er oppdriven til rett turtal.
- Enkel konstruksjon og lite vedlikehald.

Bruk ombord på skip:

Asynkrongeneratorar har begrensa bruk som hovudgeneratorar, då dei ikkje kan styre spenning og reaktiv effekt sjølvstendig. Derimot er dei særs godt eigna som akselgeneratorar (shaft generators), der dei drivast av framdriftsmotoren og leverer kraft til skipet sitt elektriske system når fartøyet er i rørsle.

Med dagens teknologi, inkludert frekvensomformarar og kraftelektronikk, er asynkrongeneratorar eit aktuelt og effektivt alternativ for elektrisk kraftproduksjon ombord, særleg i hybrid- og dieselelektriske system.

Akselgeneratorer – prinsipp og systemtypar

Eit alternativ til separat drivne hjelpegeneratorar (hjelpeaggregat) er å nytte generatorar som er mekanisk tilkopla framdriftsmotoren, enten direkte eller via gir. Disse kallast akselgeneratorar (*shaft generators*), sidan dei tek ut mekanisk energi frå propellakselen eller motoren sin utgåande aksel.

To hovudtypar akselgeneratorsystem:

1. Framdriftsmaskin med vribar propell (constant speed system):
   - Turtalet på hovudmotoren haldast tilnærma konstant uavhengig av propellast.
   - Dette muliggjer bruk av ein synkrongenerator direkte kopla til akselen (eventuelt via gir).
   - Sidan turtalet er stabilt, kan generatoren produsere straum med konstant frekvens – eigna for direkte parallellkopling til skipet si hovudtavle.

- Det er vanleg å nytte ei utkoplingsmekanisme (clutch) slik at generatoren kan koplast frå ved behov (t.d. under manøvrering eller ved lav last).

2. Framdriftsmaskin med fast propell (variable speed system):
   - Turtalet varierar med skipet sin fart og belasting, noko som gjer direkte bruk av synkrongenerator upraktisk.
   - I slike høve nyttast ofte asynkrongenerator eller synkrongenerator med frekvensomformar (converter), som kan handtere varierande turtal og omforme spenning og frekvens til det skipet treng.
   - Dette kallast gjerne VSG (Variable Speed Generator) eller PTO (Power Take-Off) system med mellomliggande kraftelektronikk.

Fordelar med akselgeneratorer:

- Redusert drivstofforbruk – spesielt ved økonomifart – sidan hovudmotoren sin overskotseffekt nyttast til straumproduksjon.
- Mindre behov for drift av hjelpeaggregat under seglas.
- Lavare vedlikehaldskostnadar.
- Betre total virkningsgrad for framdrift og energiproduksjon.

Synkrongenerator med PMG og magnetiseringsgenerator

Ein moderne synkrongenerator har eit sjølvforsynt og automatisk spenningsreguleringssystem. Dette systemet inkluderer:

1. PMG – Permanent Magnet Generator.
   - Ein liten generator med permanente magnetar montert på same aksel som hovud generatoren.
   - Lagar vekselspenning når akselen roterer.
   - Forsyner AVR (Automatic Voltage Regulator) med straum, uavhengig av last og spenning på hovudgeneratoren.
   - Fordel: Sikrar stabil magnetisering og spenningsregulering sjølv ved raske lastendringar eller kortslutningar.

2. AVR – Automatic Voltage Regulator.
   - Elektronisk regulator som styrer kor mykje magnetiseringsstraum rotoren treng.
   - Mottar straum frå PMG, målar utgangsspenninga frå hovudgeneratoren og samanliknar den med ønska verdi.
   - Justerer deretter spenninga som går vidare til neste steg: magnetiseringsgeneratoren.

3. Magnetiseringsgenerator (Exciter).
   - Ein vekselstraums generator, ofte plassert internt, og også montert på same aksel som hovudgeneratoren.
   - Rotoren til exciteren får spenning frå AVR, og i statoren på exciteren dannast det vekselstraum.
   - Denne vekselstraumen går vidare til roterande likerettarar.

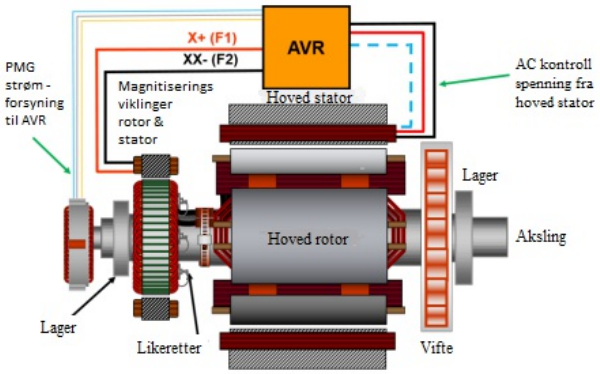
4. Roterende likerettarar (dioder).
   - Montert på rotoren.
   - Likerettar vekselstraumen frå exciteren og gjer den om til likestraum, som går rett inn i hovudrotoren sine feltviklingar.
   - Slik etablerast hovud magnetfeltet som trengs for å generere spenning i statoren.

5. Hovudgenerator.
   - Rotoren med magnetfelt dreiar og induserer vekselspenning i statorviklingane.
   - Dette er den straumen som går til skipet sitt elektriske nett eller tavle.

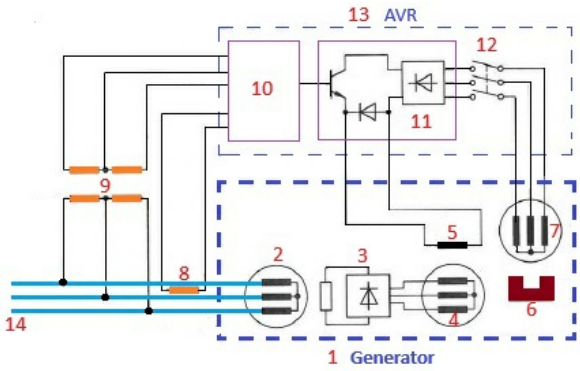
Fordel med dette systemet:

- Heilt sjølvforsynt – treng ikkje ekstern spenning for å starte.

- Robust under kortslutning og høg last, fordi PMG og exciter opprettheld magnetisering uavhengig av statorspenninga.
- Presis og rask spenningsregulering med AVR.
- Ingen børster/sleperingar, fordi magnetiseringskretsen er heil-roterande.



Generator med PMG.



Synkrongenerator uten PMG

SYNKRONGENERATOR UTEN PMG

Ein synkrongenerator som ikkje har PMG (Permanent Magnet Generator) nyttar i staden spenninga frå hovudgeneratoren sin stator for å lage magnetiseringsstraum. Dette skjer gjennom følgjande trinn:

1. Hovudgenerator – Stator og Rotor.
   - Rotoren (polhjulet) dreiast av ein mekanisk kraftkilde, t.d. dieselmotor.
   - Rotoren har eit magnetfelt, som induserer vekselspenning i statorviklingane når den roterer.
   - Ved oppstart er det ofte ei restmagnetisme i rotoren som gir nok spenning til å starte prosessen.

2. AVR – Automatic Voltage Regulator (ha eige kapittel).
   - AVR er ei elektronisk eining som tek straum direkte frå hovudgeneratoren sin stator.
   - Den overvåkar spenninga på generatoren sine utgangar, og regulerer kor mykje spenning som skal gå vidare til magnetiseringsgeneratoren (exciter).
   - AVR reagerer raskt på spenningsfall og justerer feltstyrken tilsvarande.

3. Magnetiseringsgenerator (Exciter)
   - Ein mindre generator (AC-type), fastmontert på same aksel som hovudgeneratoren.
   - Statoren i exciteren får straum frå AVR.
   - Når exciteren går rundt, vil den produsere vekselspenning i sin rotor.
   - Denne vekselstraumen førast vidare til eit roterande likerettartrinn (dioder).

4. Roterande likerettarar (dioder).
   - Montert på rotoren.
   - Gjer vekselstraumen frå exciteren om til likestraum.
   - Denne likestraumen matast rett inn i hovedrotoren sin feltviklingar, og lagar magnetfeltet som trengs for å generere hovudspenninga.

Spenningskontroll

- Dersom belastinga aukar og spenninga fell, vil AVR registrere dette og auke straumen til exciteren.
- Resultatet blir sterkare magnetfelt → høgare indusert spenning i statoren → spenninga stabiliserast.

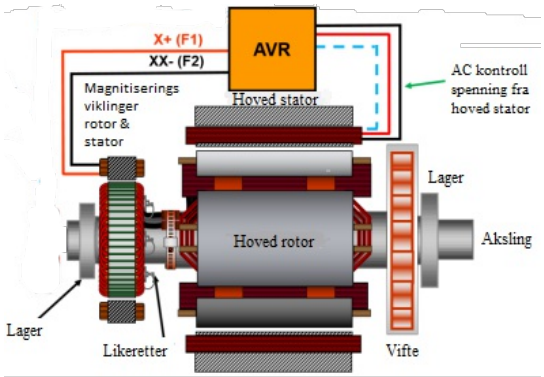
Fordelar og ulemper utan PMG.

Fordelar

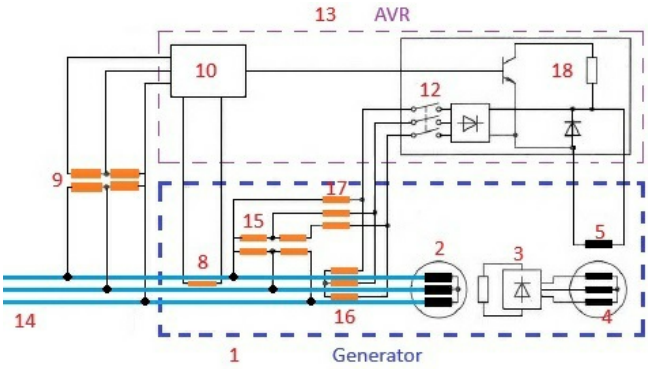
- Enklare konstruksjon (færre komponentar).
- Billigare å produsere.

Ulemper

- Fordi magnetiseringssystemet hentar straum frå hovudgeneratoren sin stator, kan det verte ustabilt ved kortslutningar eller store spenningsfall.
- Treng restmagnetisme i rotoren for å starte opp utan ekstern hjelp.



Generator uten PMG.



Prosedyre: Oppstart av generator fra daudt skip

Forutsetningar:

- Skipet er heilt straumlaust (ingen hjelpestraum, ingen kontrollspenning).
- Hovudgeneratorar har manuell startmoglegheit (mekanisk eller via naudbatteri).
- Naudtavle og naudgenerator er ikkje tilgjengelege eller operative.
- Tryggleiksprosedyrer og SJA (Sikker Jobb Analyse) er gjennomført.

1. Forberedelsar.

1. Informer bru og maskinrom (dersom mogleg).
2. Bekreft at det faktisk er daudt skip (ingen spenning på hovudtavle og naudtavle).
3. Lokaliser kva for generator som skal startast først – primær oppstartseining.
4. Kontroller at:
   - Drivstoff er tilgjengeleg.
   - Smøreolje- og kjølevæskestander er innanfor normalområde.
   - Ingen alarmar eller manuelle stengingar er aktivert.
   - Alle naudstopp er tilbakestilt.
   - Tavle- og generatorbrytarar er åpne (OFF/utkopla).
   - Eventuell luftstart er klar (trykk og ventilar).

2. Manuell klargjering.

1. Kople inn eventuelt naudbatteri eller manuell straumforsyning til kontrollsystemet, dersom det er nødvendig for start.
2. Dersom start skjer via luftstartsystem:
   - Verifiser lufttrykk.
   - Åpne hovudluftventil til motor.

3. Oppstart av dieselmotor.

1. Start generatoren sin dieselmotor manuelt:
   - Trykk på manuell startknapp, eller utfør luftstart.
2. Overvåk oljetrykk og kjølevasstemperatur.
   - Bekreft at oljetrykket stig innan 5–10 sekund.
   - Dersom ikkje, stans motor og feilsøk.

4. Klargjering for innkopling.

1. Når motoren er i gang og stabil:
   - Kontroller frekvens og spenning på generatoren.
   - Juster turtal ved behov for å få frekvens innanfor akseptabelt område (t.d. 50 Hz ± 1 Hz).
   - Bekreft riktig fasefølgje.
   - Bekreft at generatoren er klar til å koplast til tavle.

5. Innkopling av generator til tavle.

1. Sørg for at ingen større forbrukarar er på (unngå stor startstraum).
2. Kople hovudbrytar inn (generator → hovudtavle).
3. Bekreft at tavla er spenningssett.
4. Sjekk tavlespenning, frekvens og tilkopla last.

6. Gjenopprett system.

1. Aktiver hjelpesystem:
   - Kjølevassspumper
   - Smøreoljepumper
   - Kontrollsystem
   - Lading av tavle- og naudstraums batteri
2. Start eventuelle støttesystem etter prioritet.

3. Start fleire generatorar etter behov, og synkroniser dersom det er aktuelt.

7. Etterkontroll og rapportering.

1. Før inn hendinga i maskindagbok.
2. Undersøk og dokumenter årsak til daudt skip.
3. Utfør full systemsjekk før normal drift gjenopptakast.

!

VIKTIG TRYGGLEIKSINFORMASJON

- Aldri forsøk å kople inn ein generator før spenningsnivå og fase er kontrollert.
- Ved feil under oppstart: stans, feilsøk og ikkje forsøk gjentatte start utan korrigering.
- Følg alltid produsenten og rederiet sine prosedyrar og klasseselskapet sine krav.

Døme berekningsoppgåve

DØME BEREKNINGSOPPGÅVE

Nr. 1
Ein trefase generator skal gi 200 A ved 250 V hovudspenning. Generatoren sin virkningsgrad er 90 %. Frekvensen er 50 Hz. Generatoren har 6 polpar.

Effektfaktoren ved full last er 0,8.

a) Berekn generators kVA og tilført effekt på akselen.
b) Berekn generatoren sitt turtal.

Løysingsforslag nr.1

a) Tilsynelatande effekt: $S = \sqrt{3} * U * I = \sqrt{3} * 250 * 200 = \underline{\underline{86,602kVA}}$

Virkningsgrada: $\eta = \frac{P_{\text{av}}}{P_{\text{til}}} \rightarrow P_{\text{til}} = \frac{P_{\text{av}}}{n}$

$P_{\text{til}} = \frac{\sqrt{3} * U * I * \cos\varphi}{\eta} = \frac{\sqrt{3} * 250 * 200 * 0,8}{0,9} = \underline{\underline{76980W = 76,98kW}}$

b) Generatoren sitt turtal: $n = \frac{f}{p} = \frac{50}{6} = 8,33\ s^{-1}\ (per\ sekund)$

Omdreiningstalet per minutt: $\underline{\underline{8,33 * 60 = 500^{o}/min.}}$

DØME BEREKNINGSOPPGÅVE

Nr. 2

Ein trefase 440 volts synkrongenerator ligg åleine inne på hovudtavla og forsyner følgjande forbrukarar:

Symmetrisk varmeanlegg som trekkjer 59 A.

Ein trefasemotor med påstempla verdiar:

P = 40 kW, U = 440 V, cos φ = 0,9, η = 0,92

Diverse småmotorar 3-fase, som til saman trekkjer 52,5 A ved ein opptatt effekt P = 25 kW.

a) Berekn generatoren sin aktive, reaktive og tilsynelatende effekt.
b) Berekn generatoren sin effektfaktor når alle tre nemnde belastingar er innkopla.
c) Teikn effektdiagram i målestokk og kontroller berekningane i dei to føregåande spørsmåla.

Løysingsforslag

a) Reknar først ut belastingsverdiane.

Varmeanlegg trekkjer ingen reaktiv straum komponent ergo så er cos φ = 1.

$$P_1 = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi = \sqrt{3} * 440 * 59 * 1 = \underline{\underline{44,964kW}}$$

$$I_h = \ I_a = \underline{59A}$$

Motorar trekkjer aktive og reaktive komponentar. Motoren sin opplyste effekt er alltid den avgjevne effekten.

$$P_2 = \frac{P_{\text{avgitt}}}{\eta} = \frac{40000}{0,92} = \underline{\underline{43480W = 43,48kW}}$$

$$S = \frac{P_a}{\cos\varphi} = \frac{43480}{0,92} = \underline{\underline{48311VA = 48,311kVA}}$$

$$Q = \ \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{48311^2 - 43480^2} = \underline{\underline{21058VAr = 21,058kVAr}}$$

$$\cos\varphi = 0,9 \quad \rightarrow \quad \sin\varphi = 4539$$

$$S = \sqrt{3} * U * I \quad \rightarrow \text{snu formel}$$

$$I_h = \frac{S}{\sqrt{3} * U} = \frac{48311}{\sqrt{3} * 440} = \underline{63,39A}$$

$$I_a = I_h * \cos\varphi = 63,39 * 0,9 = \underline{57,05A}$$

$$I_r = I_h * \sin\varphi = 63,39 * 0,4539 = \underline{27,63A}$$

a)

$I_h = 52,5\ A \qquad P = 25\ kW \qquad U = 440\ V$

$P_3 = \sqrt{3} * U * I_h\ * \cos\varphi \quad \rightarrow$

$\cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{3}*U*I} = \frac{25000}{\sqrt{3}*440*52,5} = \underline{0,6248} \rightarrow \quad \sin\varphi = 0,7808$

$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{40000^2 - 25000^2} = \underline{31225W = 31,225kW}$

$I_a = I_h\ * \cos\varphi = 52,5 * 0,6248$

$I_r = I_h\ * \sin\varphi = 52,5 * 0,7808$

a)

$P_t = \ P_1 + P_2 + P_3 = 44964 + 48311 + 25 = \underline{\underline{118275W = 118,275kW}}$

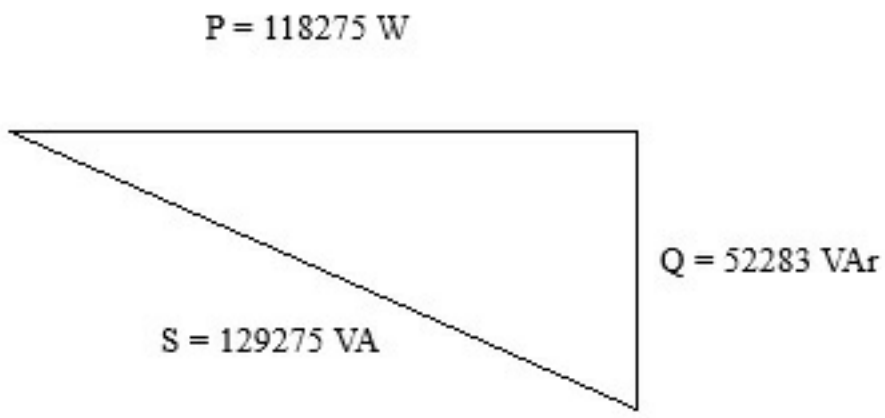
$Q_t = \ Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 + 21058 + 31225 = \underline{\underline{52283VAr = 52,283kVAr}}$

$S_t = \sqrt{{P_t}^2 + {Q_t}^2} = \sqrt{118275^2 + 52283^2} = \underline{\underline{129315VA = 129,315kVA}}$

b)

$\cos\varphi = \frac{P_t}{S_t} = \frac{118275}{129315} = \underline{\underline{0,9146}}$

c)



Kap 15 Parallellkøyring av generatorar

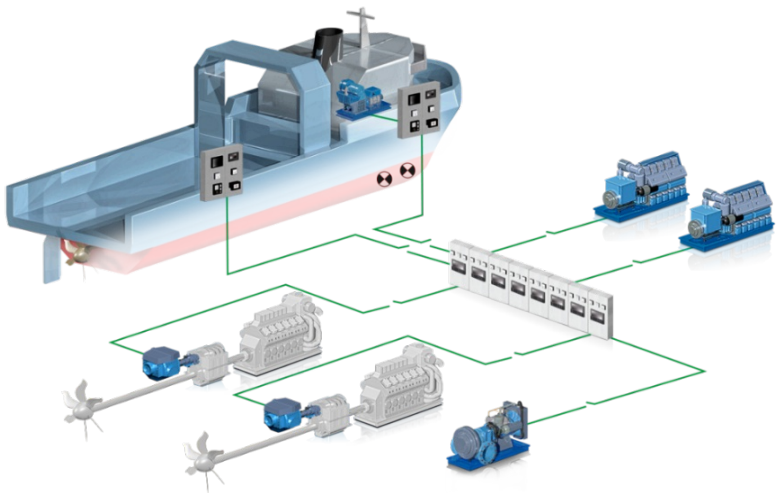
Parallelldrift av generatorar

PARALLELLDRIFT AV GENERATORAR

Parallelldrift betyr at to eller fleire generatorar er kopla saman til same elektriske nett og leverer kraft samtidig. Dette er den vanlegaste driftsforma på moderne skip.

Når generatorane går parallelt, vil dei som regel oppføre seg omtrent som om dei er kopla til eit sterkt nett. Likevel vil ikkje spenning (U), frekvens (f) og turtal (n) vere heilt stabile – dei kan variere litt, avhengig av belastinga og reguleringa.

- **Reaktiv effekt (kVAr)** styrast av **magnetiseringa** (feltstraumen).
- **Aktiv effekt (kW)** styrast av **pådraget** (drivstofftilførselen til motoren).



Teikning: DEIF

I teikninga over tek vi utgangspunkt i at både magnetisering og pådrag justerast manuelt, men i praksis skjer dette automatisk via skipet sitt kraftstyringssystem (PMS – Power Management System).

Krav til god parallellkopling

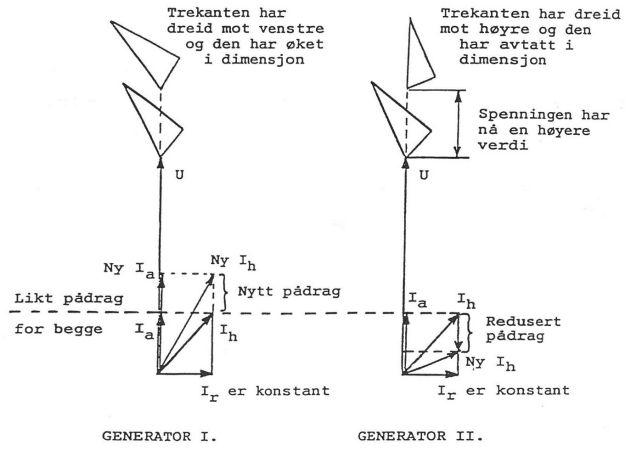
Når generatorar skal parallellkoplast, må dei rotere heilt synkront. For å få ei stabil og jamn lastfordeling mellom to generatorar, må:

- Drivmaskinene ha same turtalsstatikk (respons på endra belasting).
- Generatorane ha same spenningsstatikk (korleis spenninga endrast ved belasting).

Disse tilhøva er viktige for at lastfordelinga skal fungere riktig – meir om dette i delen om parallellkøyring.

Vi skal no sjå på kva som skjer når vi endrar på pådrag og magnetisering på eit svakt nett.

Vi tek utgangspunkt i at begge generatorane har lik lastfordeling. Dette vil igjen seie at dei leverer like stor aktiv og reaktiv effekt til lasta. Straumdiagrammet er då lik for begge generatorane. Sjå for øvrig i figuren under.



Vektordiagramma ovanfor illustrerer korleis straum og spenning påvirkast når vi aukar pådraget på dieselmotor I.

Kva skjer når vi justerer pådrag og magnetisering i eit svakt nett

La oss seie at vi har to generatorar som i utgangspunktet delar lasta likt – altså leverer like mykje aktiv og reaktiv effekt. Straumforløpet er identisk for begge, og vektordiagramma viser straum og spenning.

Aukar vi pådraget på dieselmotor I:

- Generator I prøvar å levere meir aktiv effekt.
- Men fordi generatorane er kopla til same nett, kan den ikkje auke frekvensen eller spenninga åleine.
- I staden aukar den aktive straumkomponenten ut frå generator I, og den reduserast tilsvarande fra generator II.
- Resultat: Generator I overtek meir av den aktive lasta.

Sjølv om totalbelastinga i systemet er den same, endrast fordelinga:

- Diesel I får høgare last enn pådrag, og
- Diesel II får høgare pådrag enn last.

Dette gjer at begge dieselmotorane aukar turtalet noko – sidan dei framleis er kopla til kvar sin generator i same nett.

Dette medfører:

- Større spenningsfall i begge generatorar, og endringar i straumretninga.
- Når turtalet og polhjulshastigheita aukar, stig også den induserte spenninga.
- Det fører til at klemmespenninga **(**U**)** stig noko for begge generatorar.

Oppsummert når vi aukar pådraget:

- Turtal (n) aukar likt for begge.
- Frekvens (f) aukar likt.
- Spenning (U) aukar likt.

Tilsvarande vil ein reduksjon i pådrag føre til redusert turtal, frekvens og spenning. Samtidig vil den aktive effekten flytte seg mellom generatorane.

Kva skjer når vi justerer magnetiseringa?

Aukar vi magnetiseringa på generator I, medan lastfordelinga ellers er nøytral:

- Generator I vil levere meir reaktiv effekt (kVAr) til nettet.
- Generator II leverer då mindre reaktiv effekt.
- Generatorane får då ulik effektfaktor (cos φ).

Det betyr at:

- Vi har no overkompensert reaktivt – altså for høg magnetisering i høve til den reaktive lasta.
- Dette fører til at klemmespenninga stig noko for begge generatorane.

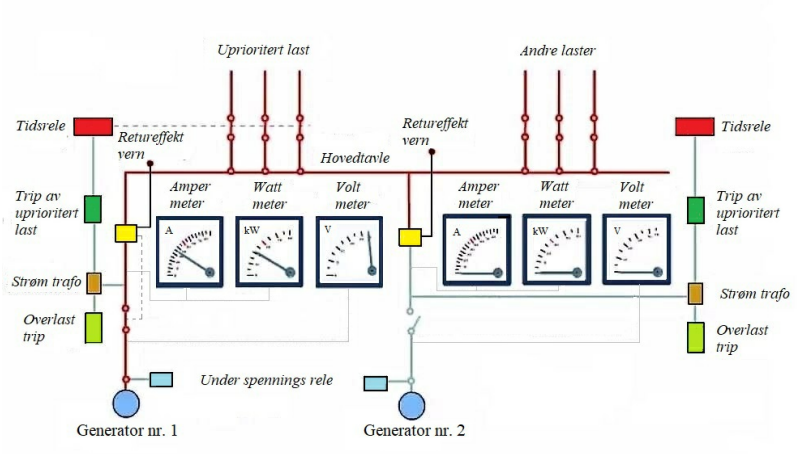
Kva er eit "svakt nett"?

Eit svakt nett er eit elektrisk system med:

- Høg impedans (t.d. lang kabel, liten kortslutningsyting).
- Lav evne til å halde spenning og frekvens stabile når belasting eller produksjon endrast.

Typisk ser ein dette i:

- Isolerte system med få eller små generatorar (som på eit skip).



Parallellkøyring og synkronisering av generatorar

Før ein generator kan koplast parallelt med ein eller fleire andre generatorar via hovudtavla, må den synkroniserast korrekt. Dette er avgjerende for å sikre stabil drift, jamn lastfordeling og for å unngå skadelege straumstøt eller mekaniske påkjenningar.

Krav til parallellkøyring

For at synkronisering og påfølgjande parallellkøyring skal kunne gjennomførast på ein sikker og effektiv måte, må følgjande elektriske og mekaniske vilkår vere tilnærma oppfylt:

1. **Tilnærma spenningslikheit**
2. **Tilnærma frekvenslikheit**
3. **Tilnærma faselikheit (fasevinkel)**

1. Spenningslikheit

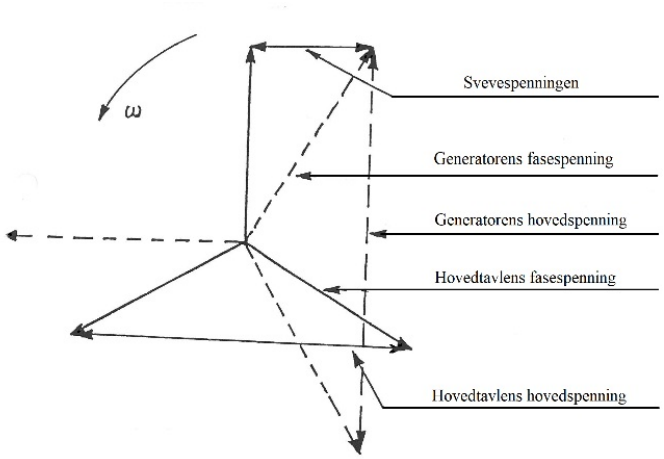
Spenningslikheit betyr at generatoren og hovudtavla sine fasespenningar har same amplitude og svingar i takt. Det normale er at spenningane er like, men ein liten forskjell aksepterast. I dette høvet har generatoren litt høgare fasespenning enn hovudtavla, noko som er tillate så lenge det er innanfor grenseverdiar.

Svevespenning

Begrepet *svevespenning* skildrar den midlertidige spenningsforskjellen mellom hovudtavla og generatoren sine spenningar som følgje av faseforskjellen like før synkronisering. Målet er å kople inn generatoren når svevespenninga er nær null – vanlegvis når synkroskopet sin visar peikar rett opp (kl. 12) og roterer med klokka.

Døme

I eit 440 V-anlegg vil svevespenninga kunne nå 508 V i faseopposisjon.



Spenningslikheit innebær også at spenningane når nullpunkt og toppverdiar samtidig – altså at bølgeformene er i fase.

2. Frekvenslikheit

Frekvenslikheit betyr at generatoren sin frekvens er lik frekvensen i hovudtavla (til dømes 50 Hz). Men i praksis justerast generatoren sitt turtal litt **over** nettet sitt turtal for å oppnå rotasjon i synkroskopet. Ein forskjell på ca. 0,5 Hz gir passande synkronoskoprotasjon og gjer at generatoren leverer aktiv effekt rett etter innfasing.

Går generatoren med lavare turtal enn nettet, vil den trekkje retureffekt etter innkopling. Dette er uønska, og vern (effektbrytar) vil i så fall kunne kople ut generatoren.

3. Faselikheit

Faselikheit innebær at generatoren og nettet sine spenningsvektorar peikar i same retning – altså at dei er i same fasevinkel. Dette sikrar korrekt og støt-fri innkopling.

- Dersom generatoren går for sakte, vil fasen henge etter, og generatoren vil ikkje kunne koplast inn korrekt.
- Går generatoren for fort, vil fasen ligge framfor. Riktig rotasjonshastigheit gir ein langsom, medurs rørsle på synkroskopet.

For meir detaljerte tekniske krav og tilrådingar visast det til NEK 410A.

Instrument for synkronisering

a) Synkroskop

Eit synkroskop nyttast til å vise faseforskjellen og rotasjonshastigheita mellom generator og tavle.

- Medurs rotasjon → Generatoren går for fort
- Moturs rotasjon → Generatoren går for sakte
  Riktig innkopling skjer når visaren står rett opp (kl. 12) og går med klokka.

b) Tre faselampar

Eit alternativ til synkroskop er bruk av tre faselampar kopla mellom tilsvarande fasar. Disse kan koplast:

Mørk innfasing

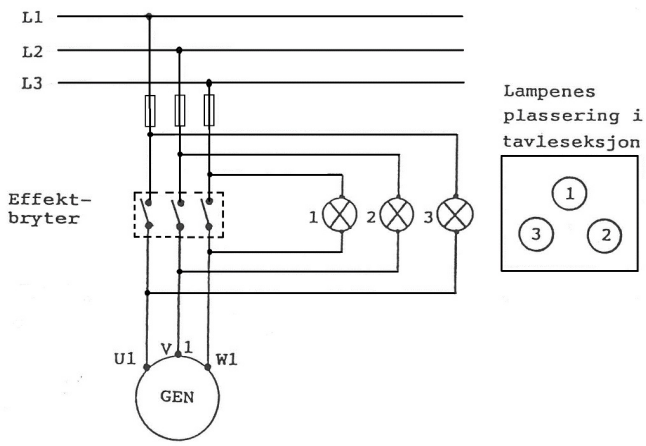
1. Rett over fase mot fase (L1-L1, L2-L2, L3-L3)
> → Alle lampar mørke samtidig = fase likheit.

Lys innfasing

2. Krysskopla (L1-L2, L2-L3, L3-L1)
→ Alle lampar lyser eller sløkkjer samtidig = riktig fase og rekkefølgje.

Mørk innfasing.

Mørk innfasing, figur under.



Mørk innfasing

Kvar lampe er kopla over sine respektive fasar, og når alle tre lampane er heilt mørke er generator i fase med dei andre generatorane. Like fasar skal ha null spenninga mellom seg når effektbrytar lukkar, og kortsluttar mellom dei respektive like fasane. Spenning mellom fasane vil føre til kortslutningsstraumar avhengig av U_f.

Lys innfasing (metode 1).

Krysskopling (fase mot forskyvd fase)

Dette er den metoden du refererer til.

- L1 (generator) → L2 (tavle)
- L2 (generator) → L3 (tavle)
- L3 (generator) → L1 (tavle)

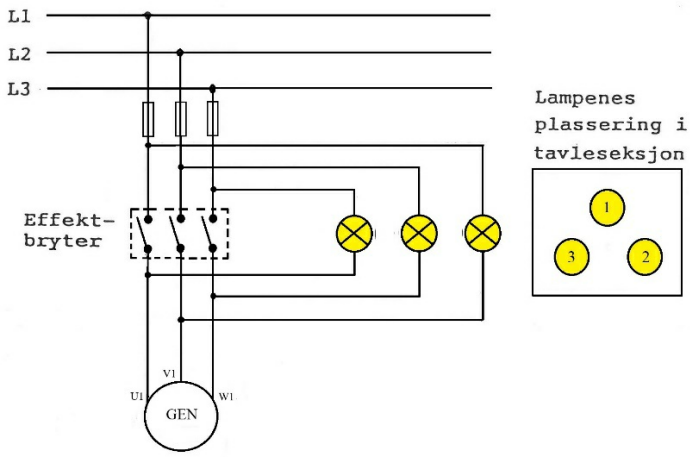
Kva skjer her?

- Når to lampar lyser og éin er mørk, betyr det at det er eit lite faseavvik mellom generator og tavle.
- Den lampen som er mørk, viser at spenninga mellom dei to krysskopla fasane er tilnærma null → disse to fasane er i fase.
- Når lampane roterer i eit bestemt mønster, indikerar det om generatoren går for fort eller for sakte, og om faseføLgjen er korrekt.

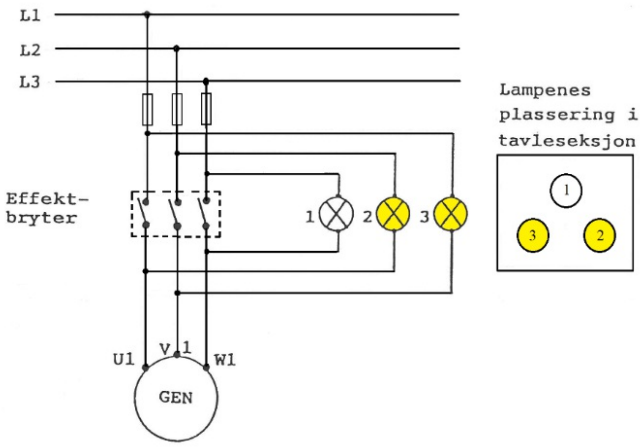
Innfasing skjer når den mørke lampen "roterer med klokka", og du koplar inn når den er i posisjon 12 (øverst).

Slik tolkar du mønsteret:

Lysmønster	Betydning
2 lampar lyser, 1 mørk	Faseavvik nær null mellom éit fasepar
Mørk lampe roterer med klokka	Generator har litt høgare frekvens → klar til innfasing
Mørk lampe roterer mot klokka	Generator går for sakte
3 lampar blinkar jamnt og samtidig	Enten i fase (alle mørke) eller i faseopposisjon (alle lyse)
Ujamn blink eller tilfeldig mønster	Feil faseføLgje eller for stor frekvensforskjell



Lys innfasing (metode 2)



Lysinnfasing med kopling:

- L1 (generator) → L2 (tavle)
- L2 (generator) → L1 (tavle)
- L3 (generator) → L3 (tavle)

Analyse av koplinga.

Fasepar som koplast:

- Lampe 1 (L1–L2): mellom to ulike fasar → vil vise svingande lys (avhengig av fasevinkel og frekvensforskjell)
- Lampe 2 (L2–L1): også mellom to ulike fasar → same forhold, men speilvendt
- Lampe 3 (L3–L3): mellom same fase → vil vere mørk når fasane er i fase, og lyse når dei er i opposisjon

?

KVA KAN DU LESE

Kva kan du lese ut av denne koplinga?

Lampe 3 (L3–L3):

- Dette er direktekopling, og gir tydeleg indikasjon på faselikheit for L3:
  - Mørk lampe → L3 (generator og tavle) er i fase → godt tidspunkt for innfasing
  - Lys lampe → L3 i faseopposisjon → ikkje kople inn

Lampe 1 og 2 (L1–L2 og L2–L1):

- Disse er krysskopla mellom ulike fasar, og vil lyse periodisk, avhengig av:
  - Faseforskjell
  - Frekvensforskjell
- Du vil ofte sjå ein roterande effekt mellom disse to lampane (enten med eller mot urvisaren), akkurat som ved vanleg 3-fase krysskopling.

Praktisk bruk

Denne koplinga kan:

- Gi dobbel informasjon:
  - Lampe 3 gir deg klar beskjed om faselikheit i éi fase (L3)

- Lampar 1 og 2 gir deg rotasjonsretning og faseføljge
- Vere nyttig om du ønskjer ein kombinasjon av direkte faseindikasjon og rotasjonssjekk utan synkroskop.

!

MERK:

- Det krevst god tolkingsevne og erfaring å nytte denne varianten, då lysmønsteret ikkje er like intuitivt som ved tradisjonell 3-lampe krysskopling.
- For enklast og tryggast innfasing, tilrådast normalt:
  - Enten rein krysskopling (L1–L2, L2–L3, L3–L1)
  - Eller direktekopling (L1–L1, L2–L2, L3–L3)

DEIF LSQ (Lamp Synchronising Device) er eit lampebasert synkronoskop som nyttast for å manuelt synkronisere ein generator med ei eksisterende straumforsyning (t.d. hovudtavle eller landstraum), med hjelp av faselampar**.** Dette er ein robust og enkel metode for å vurdere faseforhold utan bruk av analog viserinstrument eller digital synkroskop.

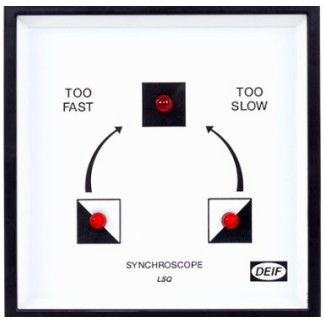


Foto: DEIF

LSQ fra DEIF nyttar **tre lampar**, kopla mellom generatoren og tavla sine respektive fasar. Dette gir ein visuell indikasjon på:

- Faseforskjell
- Frekvensforskjell
- Faseføljge

Koplingsprinsipp.

Vanlegvis koplast LSQ-lampane i krysskopling:

- L1 (GEN) – L2 (BUS)
- L2 (GEN) – L3 (BUS)
- L3 (GEN) – L1 (BUS)

Dette gir ein roterande lyssekvens dersom faseføljgen er riktig og frekvensen på generatoren er høgare enn nettet.

Kva lampane viser:

Roterande lysmønster.
- Når generatoren sin frekvens er litt **h**øgare enn tavla sin frekvens, vil lysa rotere med urvisaren.
- Dette betyr at generatoren "jagar" fasane i nettet → riktig for innfasing.

Mørkt punkt.
- Når alle tre lampar er mørke samtidig, er fasane i fase (0°) → riktig øyeblikk for innkopling.
- Dersom alle lampar er lyse → faseopposisjon → ikkje kople inn.

Rotasjonsretning

- Med urvisaren: riktig faseføljge, og generatoren går litt for fort → OK for innfasing
- Mot urvisaren: feil faseføljge eller generator går for sakte → må justerast.

Fordelar med LSQ:

- Enkel og robust teknologi.
- Krev ikkje straumforsyning – kun tilkopling til spenningskildar.
- Tåler røffe maritime miljø (nyttast mykje i skip og offshore).
- Svært nyttig som backup eller primært synkroniseringsverktøy på små og mellomstore tavler.

Praktisk bruk.

1. Start generator, juster turtal for å få langsom rotasjon på lampane.
2. Observer lysrotasjonen.
   - Riktig rotasjon → klar for innfasing
   - Feil rotasjon → endre faserekkefølgje eller juster hastigheit
3. Vent til alle lampar er mørke samtidig.
4. Kople inn generatoren manuelt med effektbrytar i den augneblinken.

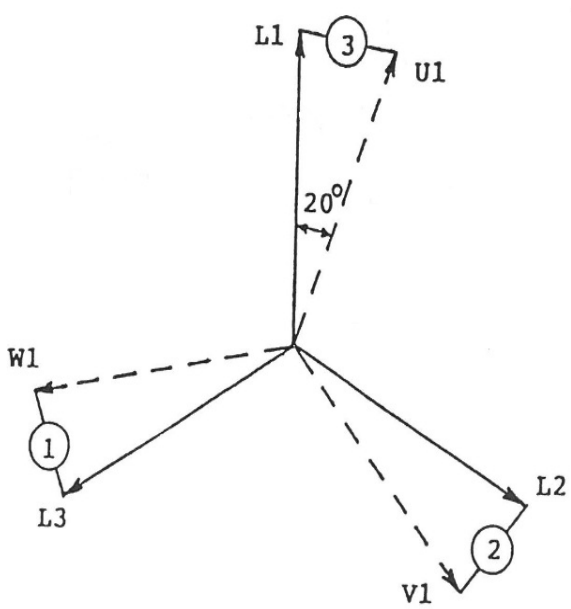
Berekning av svevespenninga

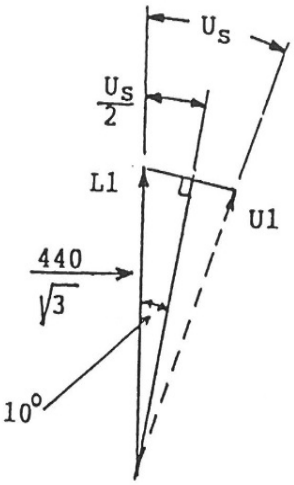
Når vi skal berekne svevespenninga kan vi nytte den trigonometriske funksjon av sinus eller cosinussetninga.

DØME NR. 1

Vi tek utgangspunkt i at generatoren si spenning er lik tavlespenninga 440 volt, og at det er ei faseforskjell på 20 grader. Berekn svevespenninga når lampane er kopla for mørk innfasing. Her nyttar vi den trigonometriske funksjon av sinus.

Vi tek utgangspunkt i fig.1 på føregåande side.





$$\sin 10^\circ = \frac{\frac{U_S}{2}}{\frac{440}{\sqrt{3}}} \quad \Big| \cdot 2 \cdot \sqrt{3}$$

$$\sin 10^\circ = \frac{U_S \cdot \sqrt{3}}{440 * 2} \quad \Big| \cdot 440 * 2$$

$$\sin 10^\circ * 440 * 2 = U_S \cdot \sqrt{3} \quad \Big| : \sqrt{3}$$

$$U_S = \frac{2}{\sqrt{3}} * 440 * \sin 10^\circ$$

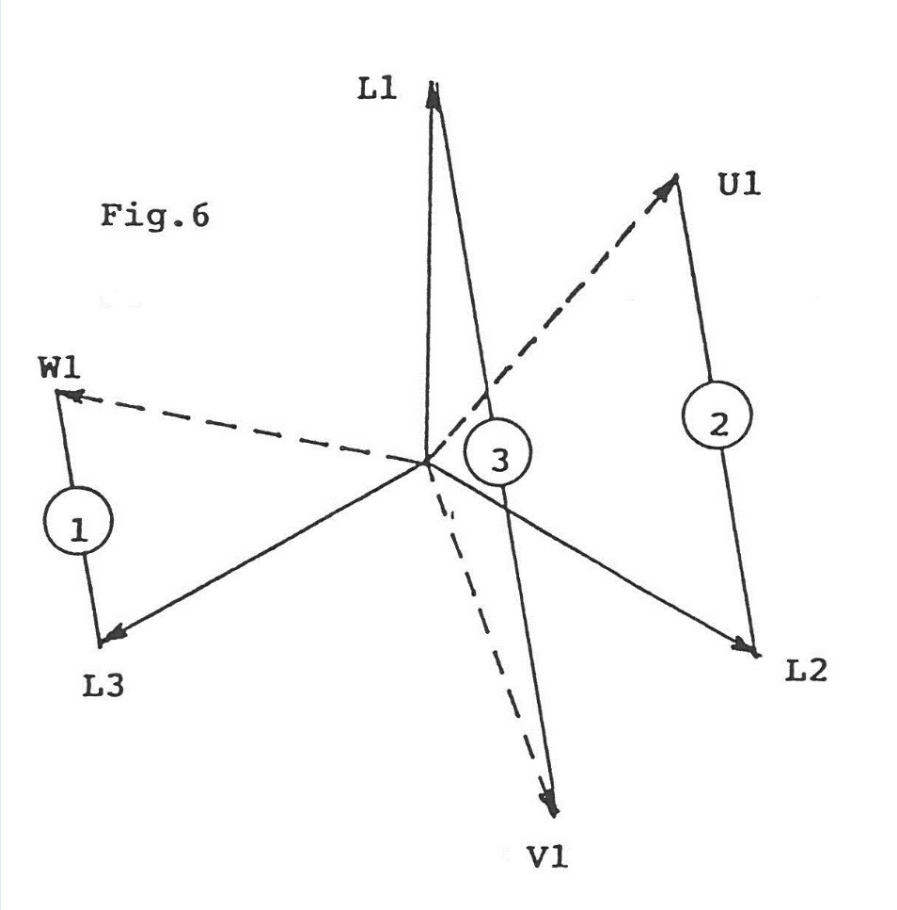
$$U_S = \underline{\underline{88{,}2 \text{ volt}}}$$

Ved mørk innfasing vil alle tre lampane få like stor spenning til ei kvar tid, så difor bereknar vi spenninga berre for ein av lampane.

DØME NR.2.

Berekn svevespenninga som ligg over kvar lampe ved lys inn fasing når faseforskjellen er 40 grader.

Tavlespenninga og generatorspenninga er begge på 440 volt.



Ved lys innfasing alle tre lampane ha ulike svevespenningar til ei kvar tid.

Unntak er når generator og tavle har faselikheit.

Lampe 1.

Vinkelen mellom vektorane til lampe 1 er lik 40^0.

$$U_{s1} = \frac{2}{\sqrt{3}} * 440 * \sin 20deg = 173,5\ V$$

Lampe 2.

Vinkelen mellom vektorane til lampe 2 er lik 80^0.

$$U_{s1} = \frac{2}{\sqrt{3}} * 440 * \sin 40deg = 326,54\ V$$

Lampe 3.

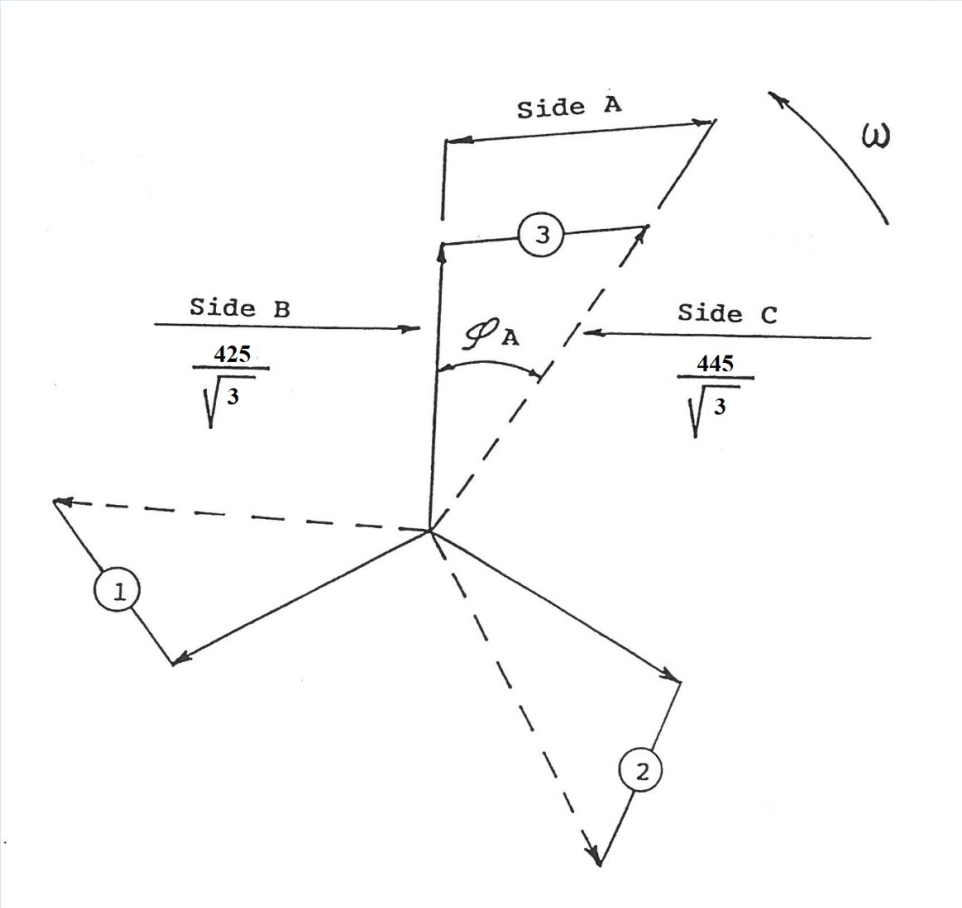
Vinkelen mellom vektorane til lampe 3 er lik 80^0.

$$U_{s1} = \frac{2}{\sqrt{3}} * 440 * \sin 80deg = 500,28\ V$$

DØME NR.3

Berekn svevespenninga som ligg over kvar lampe ved mørk innfasing når faseforskjellen er 32 grader.

Tavlespenninga er på 425 V, og generatorspenninga er på 445 V. Her må vi nytte cosinussetninga for å finne svevespenninga.



f(x)

COSINUSSETNINGA

$$A^2 = B^2 + C^2 - 2BC * \cos A$$

$$A = \sqrt{B^2 * C^2 - 2BC * \cos A}$$

$$A = \left(\frac{425}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{445}{\sqrt{3}}\right)^2 - 2 * \frac{425}{\sqrt{3}} * \frac{445}{\sqrt{3}} * \cos 32deg = 139\ V$$

Synkronisering

SYNKRONISERING

Å synkronisere to generatorar betyr å kople dei saman på same elektriske nett utan at det fører til støtstraumar eller ustabil drift. Dette er ein kritisk prosess i parallellkopling og må gjerast riktig.

Kva betyr synkronisering av generatorar?

Synkronisering er prosessen med å matche elektriske og mekaniske størelsar for to generatorar slik at dei kan koplast saman trygt:

Dei fire hovudkrava:

1. **Spenning (U)** – må være lik i begge generatorar (± 5 %)
2. **Frekvens (f)** – må vere lik (± 0,1 Hz)
3. **Fasevinkel** – spenningskurvene må vere i fase
4. **Rotasjonsretning / faseføLgjen** – må vere den same (L1–L2–L3)

Korleis gjerast synkronisering i praksis?

1. Måle og justere før innkopling:
   - Eit synkronoskop eller synkroniseringsinstrument (f.eks. DEIF RSQ-3) viser faseforskjellen og frekvensforskjellen.
   - Lysmetoden (3 lampar) kan også nyttast:
     - Alle lampar mørke = perfekt fase
     - Alle lyser samtidig = feil fase
     - Roterande lysmønster = ulik frekvens

2. Juster generatoren som skal koplast inn:
   - Bruk turtal (pådrag) for å matche frekvensen.
   - Bruk magnetisering (feltstraum**)** for å matche spenninga.

3. Innkopling:
   - Når alle vilkår er oppfylt, koplast generatoren inn manuelt (eller automatisk via PMS/AVR).
   - Kople inn «5 på 12».
   - Ved perfekt synkronisering skjer det ingen støtstraumar eller spenningssprang.

Innkopling ved «5 på 12» metoden.

Når du koplar inn **"5 på 12"** på synkronoscopet (dvs. litt før 12), gjer du det på eit punkt der:

- Fasevinkelen mellom generator 2 og nett er nesten lik (nær null).
- Frekvensen til generator 2 er litt høgare enn nettet sin frekvens.
- Pila si rørsle går med klokka, altså positiv frekvensforskjell – som betyr at generator 2 vil "ta igjen" nettet og synkronisere naturleg.

Kvifor er dette riktig?

- Når pil går med klokka, betyr det at frekvensen til generator 2 er litt **høgare** enn nettet. Det er det du vil ha for ei mjuk innkopling – fordi etter innkopling vil den synkroniserte generatoren bremse litt ned og "falle på plass".
- Ved å kople inn **"5 på 12"**, gir du litt rom for denne justeringa. Dersom du ventar heilt til klokka 12:00 (perfekt fase), kan du treffe akkurat for seint, og fasefeilen blir for stor – det kan gi eit lite spenningsstøt.
- Dersom pila går mot klokka (frekvensen er for lav), kan du få ei brå innkopling som gir mekaniske rykk og straumstøt.

TIPS

- Du bør **aldri** kople inn dersom synkronoskopet står stille og ikkje er i riktig posisjon, eller dersom det går mot klokka.
- Mange automatiske synkroniseringssystem koplar også inn "5 på 12", nettopp av denne årsaka.

Σ

KORT OPPSUMMERT

Kople inn generator 2 når synkronoskopet går **med klokka** og står på **"5 på 12"** er korrekt praksis.
Det gir ei mjuk og trygg innkopling med minimal fase- og spenningsforskjell.

Kva skjer ved feil synkronisering?

Dersom generatoren koplast inn med feil fase, frekvens eller spenning:

- Kraftige støtstraumar kan oppstå.
- Mekanisk påkjenning på aksling og motor.
- Skade på generatorviklingar.
- Ustabil drift eller automatisk utkopling.

Automatisk synkronisering (PMS/AVR).

Moderne system om bord nyttar automatiserte synkroniseringsfunksjonar:

- Kontrollsystemet justerer turtal og spenning automatisk
- Koplar inn generatoren nøyaktig på riktig tidspunkt
- Reduserer risiko og gir raskare innkopling

Etter innkopling, sjekk at:

- Lasta fordelast jamnt.
- Spenninga held seg stabil.
- Ingen varslar eller alarmar utløysast.

Enkle og praktiske "Do's (Do this) and Don'ts" (Do not do this) -skjema for manuell synkronisering**:**

Do's – Dette bør du gjere:

Sjekkpunkt	**Forklaring**
Spenning lik	Juster magnetisering slik at spenninga til generator 2 ≈ nettspenning
Frekvens litt høgare	Auk turtalet slik at generator 2 har litt høgare frekvens enn nettet
Riktig fasefølgje	Bekreft at L1-L2-L3 stemmer med nett (kan sjekkast med fasefølgjeinstrument)
Synkronoskop går med klokka	Indikerar at frekvensen til generator 2 er litt høgare enn nettet
Kople inn "5 på 12"	Litt før perfekt fase = mjuk innkopling
Overvåk straum og spenning etter innkopling	Sikrar at lasta fordelast riktig og ingen ubalanse oppstår

!

DON'TS – DETTE MÅ DU UNNGÅ:

Feil	Hvorfor det er farlig
Pila går mot klokka.	Frekvensen er for lav → gir støtstraum og mekanisk belasting.
Kople inn ved feil spenning.	For høg/lav spenning → spenningssprang i tavla.
Feil fasefølgje.	Feil rotasjonsretning og risiko for kortslutning.
Kople inn ved "kl. 6" eller "kl. 3".	Stor fasevinkel → kraftige støtstraumar og spenningssprang.
For rask pil (stor frekvensforskjell).	Umogleg å treffe riktig fase → farlig innkopling
Innkopling utan overvåking.	Risiko for ubalanse eller overlast straks etter tilkopling.

Retureffekt

RETUREFFEKT

Retureffekt (også kalla **"reverse power"**) oppstår når ein generator som køyrer parallelt med andre sluttar å levere effekt til nettet og i staden byrjar å trekkje effekt frå det. Dette betyr at generatoren fungerer som ein motor i staden for ein kraftkilde.

Korleis oppstår retureffekt

Retureffekt skjer når drivmaskina (dieselmotor eller turbin) mistar pådraget sitt og ikkje lenger kan oppretthalde momentet som trengs for å generere straum. Dette kan skuldast:

- Drivstoffmangel eller svikt i drivsystemet – t.d. dersom dieseltilførselen stoppar eller turbinen får redusert damp- eller trykklufttilførsel.
- Feil på regulatoren – ein dårleg justert regulator kan føre til at dieselmotoren ikkje reagerer raskt nok på lastendringar.
- Plutseleg lastreduksjon – dersom den totale belastinga på systemet fell brått, kan enkelte generatorar miste så mykje effekt at dei byrjar å trekkje straum i staden for å levere.
- Feil ved synkronisering – dersom ein generator koplast feil inn i parallell, kan den straks byrje å trekkje effekt.

Kva skjer når retureffekt oppstår

Når ein generator trekkjer effekt frå nettet, kan det føre til alvorlege problem:

1. Belasting på dei andre generatorane
   - Dei andre generatorane må kompensere for den tapte effekten, noko som kan føre til overbelasting og ustabilitet i systemet.
2. Mekanisk skade på drivmaskina
   - Dersom ein dieselmotor fortset å rotere utan å få drivstoff, kan den oppleve mekanisk ubalanse og skade på veivakselen eller turboladaren.
   - For ein dampturbin kan dette føre til termiske spenningar og skade på lagra.

3. Elektriske skadar på generatoren
   - Generatoren er ikkje designa for å fungere som ein motor over lengre tid. Dette kan føre til overoppheting, viklingsskadar og kortslutning.
4. Fare for blackout
   - Dersom fleire generatorar mistar effekt samtidig, kan heile systemet kollapse og føre til total straumstans (blackout) på skipet eller anlegget.

Korleis beskytte seg mot retureffekt

For å unngå skadar og driftsstans må systemet ha vern mot retureffekt. Dette gjerast ved å nytte eit retureffektvern som:

- Overvåkar straumretninga i generatoren.
- Samanliknar aktiv effekt som generatoren leverer med ein førehandsinnstilt terskel (vanlegvis 5–10 % av nominell effekt).
- Løyser ut og koplar frå generatoren automatisk dersom retureffekt oppstår i meir enn nokre sekund.

I tillegg bør ein:

- Regelmessig teste og justere regulatorane på dieselmotorane for å sikre at dei reagerer riktig på belastingsendringar.
- Sørgje for korrekt synkronisering ved parallellkopling av generatorar.
- Ha overvåking av drivstoffsystemet for å unngå uventa stopp i drivmaskina.

Oppsummering

Σ

OPPSUMMERING

- Retureffekt oppstår når ein generator byrjar å trekkje effekt frå nettet i staden for å levere.
- Dette kan skje grunna drivstoffmangel, feil på regulatoren, lastendringar eller feil synkronisering.
- Konsekvensane kan vere overbelasting av andre generatorar, mekaniske skadar, elektriske feil og blackout.
- Retureffektvern beskyttar systemet ved å kople ut generatoren automatisk dersom den trekkjer effekt for lenge.
- Forebygging: Jamnleg testing av regulatorar, riktig synkronisering og overvåking av drivstofftilførsel.

Vilkår for parallellkøyring av synkrongeneratorar

VILKÅR FOR PARALLELLKØYRING AV SYNKRONGENERATORAR

For å kunne kople saman og drifte synkrongeneratorar i parallell over tid, må ei rekkje tekniske krav vere oppfylt. Vilkåra for innkopling er allereide gjennomgått – her skal vi sjå nærare på krava som gjeld under sjølve parallellkøyringa.

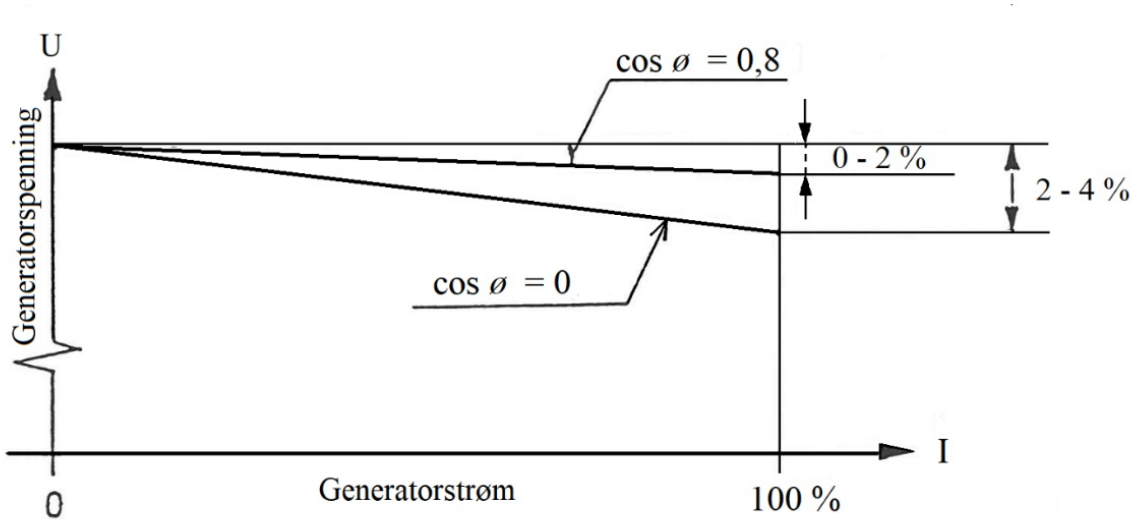
Det er ein fordel at generatorane som skal køyrast parallelt er tilnærma like i størelse og yting, men dette er ikkje eit absolutt krav for å oppnå stabil drift.

Målet med parallellkøyring er at generatorane fordelar både aktiv og reaktiv effekt jamnt mellom seg. Dersom generatorane er like store, bør lasta fordelast likt. Har dei ulik størelse, bør fordelinga skje proporsjonalt etter kapasitet (i prosent av merkeverdi).

Reaktiv effekt og spenningsregulering
Vi byrjar med den reaktive straumen, som er grunnlaget for den reaktive effekten. For å oppnå jamn fordeling av reaktiv last mellom generatorane, må spenningsregulatorane vere innstilt slik at spenninga fell når den reaktive belastinga aukar (sjå illustrasjon nedanfor).

På skip er synkrongeneratorar ofte utstyrt med dempeviklingar i rotoren. Disse bidreg til å redusere effektpendlingar mellom generatorane under drift, noko som aukar stabiliteten i systemet (jf. NEK 410A-2021).

Krav til spenningsregulering og effektfordeling
Ved parallell drift må spenningsregulatorane vere innstilt slik at både aktiv og reaktiv effekt fordelast stabilt under alle belastingsforhold. Mindre pendlingar i effekt er tillate – det aksepterast opptil 20 % variasjon i både aktiv og reaktiv effekt, målt i høve til kvar generator sine merkedata.



SPENNINGA SIN LASTKARAKTERISTIKK.

Figuren viser generatoren si fallande spenning ved aukande reaktiv belasting.

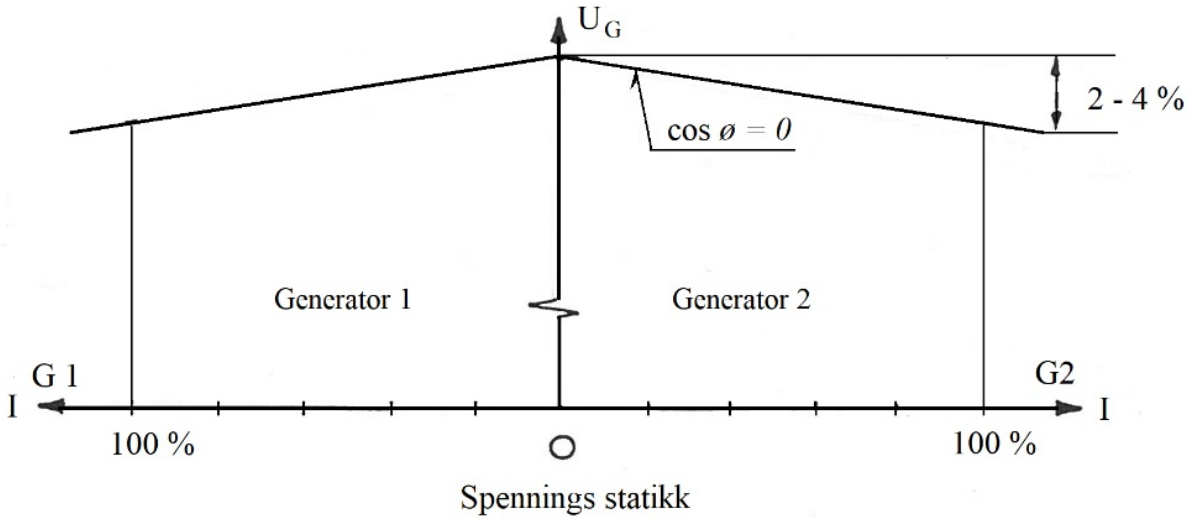
Statikk og stabilitet ved parallell drift

STATIKK OG STABILITET VED PARALLELL DRIFT

Medan dieselmotoren sin statikk primært bestemmast av motoren sin turtalsregulator, styrast generatoren sin statikk av spenningsregulatoren (AVR).

Dersom spenningsstatikken settast for lav, kan det føre til ustabil regulering. Resultatet kan bli pendlingar i nettspenninga, og i verste fall kan systemet bli ustabilt og føre til full straumstans – såkalla *blackout*.

For å sikre stabil drift er det vanleg å sette spenningsstatikken til mellom 2–4 %. Dette tilrådast også i **NEK 410A:2021**.



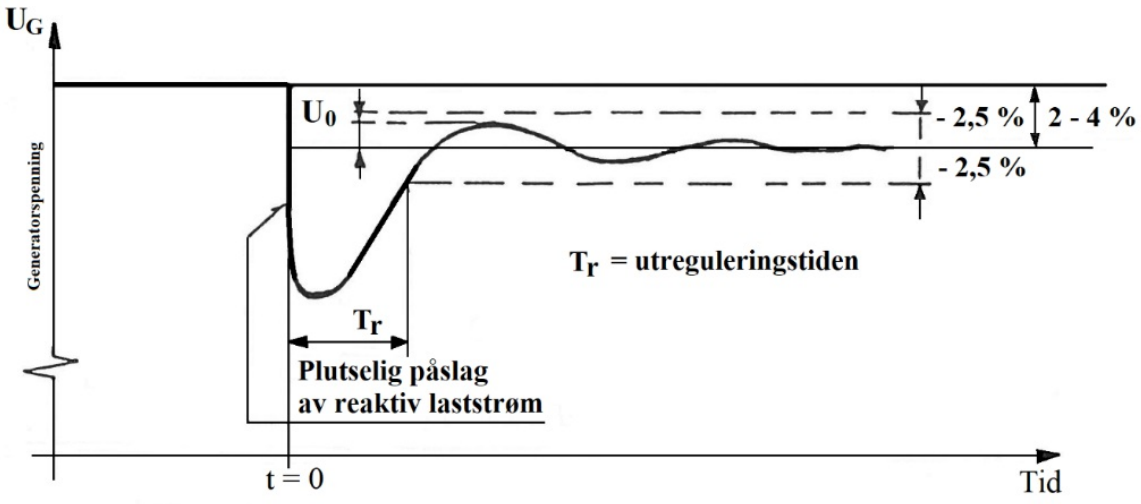
Krav til spenningsregulering i samsvar med NEK 410A.

NEK 410A stiller klare krav til spenningsreguleringa for vekselstraums generatorar om bord i skip. Generatorane skal vere utstyrt med automatiske spenningsregulatorar (AVR) som sikrar at spenninga haldast innanfor ± 2,5 % av merkespenninga under alle stasjonære belastingsforhold**.**

Ved plutselege lastendringar gjeld følgjande krav til momentan spenningsvariasjon**:**

- Når generatoren går i tomgang og det tilkoplast ein fullast eller maksimal normal last plutseleg, skal det momentane spenningsfallet ikkje overstige 15 % av merkespenninga.
- Når ei slik belasting plutseleg koplast ut, skal momentan spenningsauke ikkje overstige 20 % av merkespenninga.

Disse krava skal sikre god spenningskvalitet, stabil parallell drift og redusere risikoen for skade på utstyr og automatiske system ved raske lastendringar.



Figuren viser T_r målt fra t = 0 og til generatorspenninga igjen er komen innanfor ± 2,5 % av stasjonær verdi ved momentant påslag av reaktiv straum ved cos φ = 0 - 0, 4.

Drivmaskina til generator – regulering av aktiv effekt

DRIVMASKINA TIL GENERATOR – REGULERING AV AKTIV EFFEKT

I maritime anlegg er det vanleg at synkrongeneratorar drivast av enten dieselmotorar eller turbinar. Det er drivmaskina – og spesielt denne sin regulator – som bestemmer kor mykje aktiv effekt (kW) generatoren leverer til systemet. Ved parallellkøyring stillast det difor spesifikke krav til både drivmaskina og regulatoren, jf. **NEK 410A**.

Regulering av aktiv effekt og frekvens

Dieselmotoren sin regulator, ofte omtala som pådragsregulator eller governor, styrer motoren sitt drivmoment. Denne reguleringa bestemmer kor mykje aktiv effekt generatoren produserer, og påvirkar også systemet sin frekvens.

Når eit aggregat (generator + dieselmotor) er kopla inn på samleskinnene, er det elektrisk låst til dei andre generatorane. Det innebær at alle aggregat på nettet har same turtal, frekvens og spenning. Dette er ei grunnleggande forutsetning for stabil parallell drift.

Effektfordeling mellom aggregat

Etter synkronisering:

- Ei auke i pådraget til éin dieselmotor vil ikkje føre til høgare turtal for den aktuelle generatoren.
- I staden vil det føre til at denne generatoren overtek ein større andel av den totale aktive effekten i anlegget.
- Dette kan medføre ei lita auke i frekvensen på samleskinnene, men sidan alle aggregat er elektrisk kopla saman, vil frekvensen justerast felles.

Etter at generatorane er parallellkopla, fordelast belastinga manuelt eller automatisk med hjelp av pådragsvendarar på hovudtavlefeltet til kvart aggregat.

Automatisk lastfordeling.

Etter at aktiv effekt er jamnt fordelt mellom aggregata, skal eventuelle endringar i last (auke eller reduksjon) automatisk fordelast proporsjonalt mellom aggregata, forutsett at dieselregulatorane er riktig justert og kalibrert. Dette er avgjerende for å unngå ubalansert belasting og ustabil drift.

Lastkurve for dieselmotor – yteevne og knekkpunkt

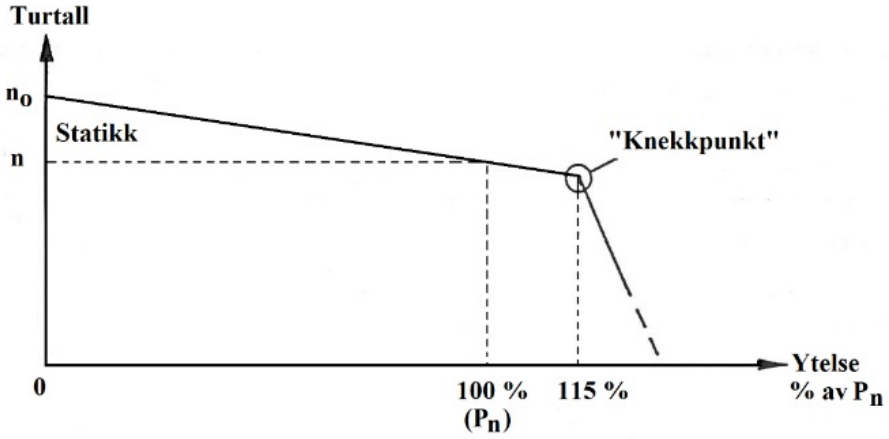
Figuren under viser ei typisk lastkurve for ein dieselmotor med regulator. Kurven illustrerer samanhengen mellom motoren sin aktive effekt (P) og regulatoren sitt pådrag.

Ved testing av dieselmotoren sin yteevne skal kvar motor prøvast individuelt**,** utan at andre aggregat er i parallell. Under testen aukast generatoren sin aktive belasting gradvis – gjerne i trinn – for å kartlegge motoren sin evne til å levere effekt.

Etter kvart som belastinga auka, vil også motoren sin effektproduksjon auke, fram til eit punkt der pådragsregulatoren gir fullt pådrag**,** men effekten ikkje aukar vesentleg vidare. Dette punktet nemnast som knekkpunktet, og markerer grensa for kva motoren er i stand til å levere under stabile tilhøve.

Knekkpunktet er viktig å kjenne til:

- Det gir eit mål på motoren sin maksimale kontinuerlege yteevne**.**
- Det dannar grunnlag for riktig innstilling av lastfordeling ved parallell drift.
- Det nyttast som referanse ved feilsøking, ytingsanalyse og i forebyggande vedlikehald.



I figuren under er det vist ei typisk lastkurve for ein dieselmotor.

Speed droop og statikk for dieselmotorar

SPEED DROOP OG STATIKK FOR DIESELMOTORAR

Speed droop er nemninga for forskjellen i dieselmotoren sitt turtal mellom tomgang og full belasting, og utgjer det vi kallar statikken. Dette er eit avgjerende parameter for stabil lastfordeling og drift ved parallellkøyring av generatorar.

Innstillingsområde ved testing

Ved individuell testing av kvar dieselmotor skal det kontrollerast at motoren sin regulator (governor) kan justerast innanfor eit tilstrekkeleg frekvensområde:

- For anlegg med merkefrekvens 60 Hz: Turtalet i tomgang bør kunne stillast mellom 57–64 Hz.
- For anlegg med merkefrekvens 50 Hz: Turtalet bør kunne justerast mellom 47–54 Hz.

Dersom dette området ikkje kan oppnåast, kan det tyde på at regulatoren ikkje vil fungere tilfredsstillande i parallell drift.

Krav til statikk i samsvar med NEK 410A

NEK 410A stillar krav om at varig endring i dieselmotoren sitt turtal frå tomgang til full aktiv belasting (og motsett) ikkje skal overstige 5 % av motoren sitt nominelle turtal.

Tilrådd innstilling:

For å sikre stabil og balansert effektfordeling ved parallellkøyring, bør statikken justerast til mellom 4–5 %. Alle dieselmotorar i eit anlegg bør ha så lik statikk som mogleg for å unngå ubalanse i aktiv effekt.



Bilde av eit generatorfelt

Dieselmotorar i parallell drift

DIESELMOTORAR I PARALLELL DRIFT

Ved parallellkøyring av generatoraggregat er det viktig å forstå samspelet mellom generatoren sin spenningsregulator og dieselmotoren sin pådragsregulator.

- Generatoren sin statikk bestemmast av spenningsregulatoren (AVR) og påvirkar fordelinga av reaktiv effekt (kVAr).
- Dieselmotoren sin statikk bestemmast av motoren sin regulator (governor) og styrer fordelinga av aktiv effekt (kW).

Automatisk lastfordeling og turtalsynking.

For at automatisk lastfordeling skal fungere riktig ved parallell drift, må dieselmotorane sine regulatorar vere korrekt justert.
- Statikken for kvar motor må vere tilnærma lik, slik at alle motorane får same turtalsynking (speed droop) frå tomgang til full belasting.
- Tilrådd turtalsynking er minimum 4 %, noko som gir tilstrekkeleg følsomheit og stabilitet i lastfordelinga.

Dersom alle dieselmotorane har lik statikk, vil dei:

- Fordele aktiv effekt jamnt mellom seg under drift
- Oppretthalde stabil systemfrekvens
- Svare riktig og koordinert ved lastendringar

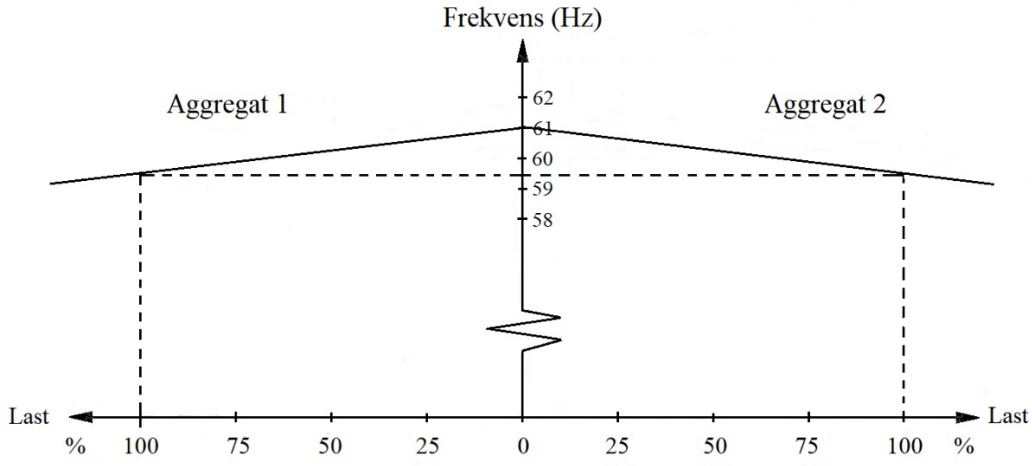
Ulik statikk gir skeiv lastfordeling.

Dersom statikken avvik mellom motorane, vil det føre til:

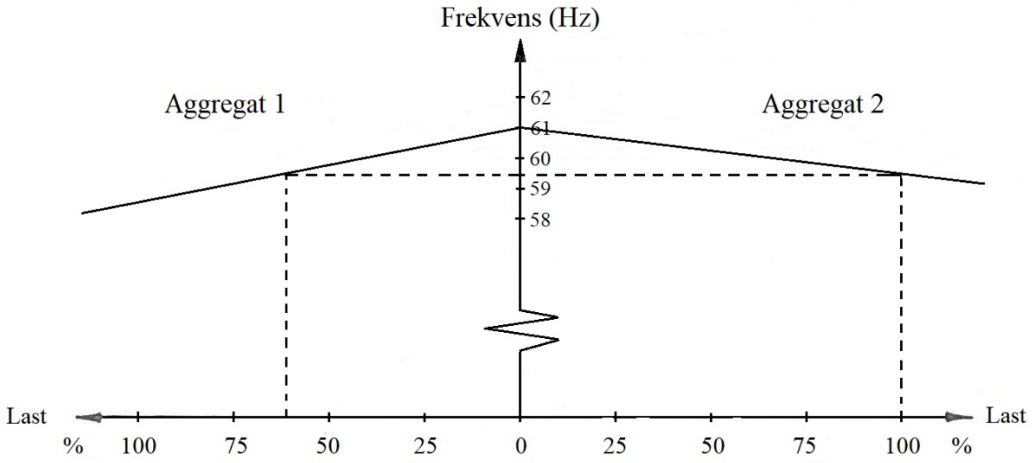
- Skeiv fordeling av aktiv last
- Risiko for overbelasting av enkelte aggregat
- Ustabil eller ineffektiv parallell drift

Illustrasjon (sjå figurar)

- **Figur A:** Viser korrekt lastfordeling når statikken er lik for alle dieselmotorane
- **Figur B:** Viser skeiv lastfordeling når statikken er ulik



Dieselmotorene har lik statikk



Dieselmotorene har ulik statikk

Samandrag av statikken og «Speed Droop» i skipsdieselmotorar

Σ

SAMANDRAG AV STATIKKEN OG «SPEED DROOP» I SKIPSDIESELMOTORAR

I skipsdieselgeneratorar refererer statikken til forskjellen i turtal mellom tomgang (eller ubelasta tilstand) og når generatoren har full belasting. Dette kallast også «Speed Droop», og det er ein viktig eigenskap i reguleringssystemet for dieselmotorar.

Kva er «Speed Droop»?

«Speed Droop» uttrykkast ofte i prosent og viser kor mykje turtalet fell når lasta aukar frå null til full belasting.

I ein standard dieselgenerator ligg denne verdien typisk mellom 2–5 %.

Kvifor er «Speed Droop» viktig?

- Parallell drift av generatorar: På skip der fleire dieselgeneratorar jobbar saman, må dei ha ein viss droop for å kunne dele lasta stabilt.
- Stabil drift: Dersom regulatoren var 100 % statisk (ingen droop), ville den forsøke å oppretthalde eit konstant turtal uansett belasting. Dette kunne føre til ustabil drift, særleg når fleire generatorar er kopla saman.
- Unngår overstyring: Ein viss reduksjon i turtal med aukande belasting gir ei naturleg stabilisering og hindrar at regulatoren overkorrigerer.

Korleis bereknast «Speed Droop»?

$$Speed\ Droop\,(\%) = \frac{[n\ (\text{ubelasta}) - n\ (\text{full-belasting})] * 100\ \%}{n(ubelasta)}$$

- n (ubelasta) = nominelt turtal utan last
- n (full belasting) = turtal ved full last

til dømes, dersom ein dieselgenerator har eit turtal på 1500 RPM utan last og 1470 RPM ved full last, blir Speed Droop:

$$Speed\ Droop\,(\%) = \frac{(1500 - 1470) * 100\ \%}{1500} = 2\ \%$$

Praktisk tyding i skipsdrift.

- I parallell drift må generatorane ha lik eller justerbar «Speed Droop» for jamn lastdeling.
- For propulsjonsmotorar kan justering av «Speed Droop» påvirke responsen på lastendringar.
- Moderne generatorstyringar kan nytte elektroniske regulatorar for meir presis kontroll av droop.

«Speed Droop» i generatorar – frekvensendring (Hz).

I skipsdieselgeneratorar påvirkar Speed Droop ikkje berre turtalet til motoren, men også frekvensen (Hz) i det elektriske systemet. Fordi generatoren sin utgangsfrekvens er direkte knytta til motoren sitt turtal, vil ei endring i belasting føre til ein liten reduksjon i frekvens.

Samanhengen mellom turtal og frekvens.

Frekvensen (f) i ein generator er gitt av formelen:

f(x)

SAMANHENGEN MELLOM TURTAL OG FREKVENS

$$f = \frac{p*n}{60} = \frac{polpar*turtal\ i\ minutt}{\text{sekund}} = polpar * turtal\ i\ sekund$$

Der

- **f** = frekvens (Hz)
- **p** = antal polpar i generatoren
- **n** = turtal på dieselmotoren (RPM)

For ein standard 4-pola generator:

- Ved 1500 RPM gir den 50 Hz (nyttast i Europa og dei fleste skip med 50 Hz-system).
- Ved 1800 RPM gir den 60 Hz (nyttast i USA og enkelte skip).

Korleis påvirkar «Speed Droop» frekvensen?

Speed Droop fører til at turtalet synk ved aukande belasting, noko som direkte reduserer frekvensen. Dersom ein dieselmotor har ein «Speed Droop» på 3 %, tyder det at frekvensen synk med 3 % av nominell frekvens når belastinga går frå null til full last.

DØME

Døme for ein 50 Hz generator med 3 % «Speed Droop»:

- Ubelasta: 50.0 Hz
- Full belasting: 50 - (50 × 0.03) = 48.5 Hz

Døme for ein 60 Hz generator med 3 % «Speed Droop»:

- Ubelasta: 60.0 Hz
- Full belasting: 60 - (60 × 0.03) = 58.2 Hz.

Tyding for drifta

1. Parallell drift: Generatorane må ha lik «Speed Droop» for å fordele lasta jamnt.
2. Kritiske system: Visse system om bord krev stabil frekvens, så «droopen» må justerast for å unngå store svingingar.
3. Elektroniske regulatorar Moderne generatorstyringar kan redusere «Speed Droop»-effekten for å halde frekvensen meir stabil.

Korleis justere eller kompensere for «Speed Droop» i skipsgeneratorar

For å sikre stabil drift og jamnn lastfordeling mellom generatorane om bord, kan «Speed Droop» justerast eller kompenserast på fleire måtar:

1. Justering av «Speed Droop» på regulatoren.

Speed Droop styrast av dieselmotoren sin regulator (guvernører), som regulerer drivstofftilførselen for å oppretthalde turtalet.

Manuell justering på mekanisk regulator

- Mange eldre motorar har mekaniske regulatorar med ein justeringsskrue for Speed Droop.
- Ved å redusere «droopen» (t.d. frå 4 % til 2 %), vert motoren meir stabil og reagerer raskare på lastendringar.
- Ulempe: For lav droop kan gjere parallell drift vanskeleg fordi generatorane kan byrje å «slåss» om lasta.

Elektronisk regulator

- Moderne generatorar har elektroniske regulatorar (guvernørar) (t.d. Woodward eller DEGO-system).
- Disse kan programmerast til å automatisk justere «droopen» basert på lastkrav og parallell drift.
- Nokre system har isochronous control, som tyder at frekvensen haldast nesten konstant (0 % droop), men dette krev aktiv lastdeling via eit styringssystem.

2. Bruk av Load Sharing-moduler.

For generatorar i parallell drift nyttast ofte ein load sharing-modul, som justerer droop dynamisk for å sikre jamn lastfordeling.

- Døme: Woodward EGCP-3 eller DEIF AGC-system.
- Disse einingane kommuniserer med guvernørane og sørger for at generatorane delar lasta proporsjonalt.
- Dersom éin generator har for høg droop, vil den ta for lite last, medan ein generator med for lav droop kan ta for mykje last og overbelastast.

3. Kompensasjon via frekvensregulatorar.

Dersom frekvenssvingningar blir eit problem, kan eit automatisk frekvensreguleringssystem installerast:

- Disse systema overvåkar frekvensen i kraftnettet og justerer motoren sin drivstofftilførsel.
- Typisk nyttast AVR (Automatic Voltage Regulator) saman med regulatoren for å halde spenning og frekvens stabil.

4. Bruk av Isochronous Load Sharing (ILS) i moderne system.

- I moderne skip er det vanleg med isochronous load sharing, der frekvensen haldast 100 % konstant (ingen droop).
- Dette krev at alle generatorane er kopla saman via eit load-sharing-nettverk, slik at systemet justerer drivstofftilførselen basert på samla last.

Fordelar med ILS:

- Betre frekvensstabilitet (f.eks. 50 Hz ± 0,1 Hz)
- Raskare respons på lastendringar
- Mindre manuell justering nødvendig

Ulemper

- Krev avansert styringssystem
- Dersom éin generator mistar kommunikasjon med systemet, kan det føre til ustabil drift.

Σ

OPPSUMMERING

- Manuell justering av mekanisk regulator kan nyttast, men krev erfaring.
- Elektronisk regulator gir meir presis kontroll og automatisk justering.
- Load-sharing-modular sikrar jamn lastfordeling i parallell drift.
- Frekvensregulatorar og AVR kan kompensere for droop og stabilisere systemet.
- Isochronous load sharing (ILS) gir best stabilitet, men krev eit avansert system.

Isochronous load sharing

ISOCHRONOUS LOAD SHARING

Isochronous load sharing (på norsk: *isokron lastdeling*) er ein metode for å dele aktiv last (kW) jamnt mellom to eller fleire generatorar utan at frekvensen endrast, altså med konstant frekvens – sjølv når lasta varierer.

Kva betyr "Isochronous"?

"Isochronous" tyder konstant turtal (og dermed konstant frekvens), uavhengig av last.
Ein isokron regulator justerer pådraget straks slik at frekvensen haldast helt stabil – sjølv om lasta endrar seg.

Isochronous Load Sharing i praksis:

Når to eller fleire generatorar skal jobbe parallelt og begge køyrer i isokron modus, må dei ha:

- Eit kommunikasjonssystem mellom regulatorane (t.d. droop-korreksjon eller lastdelingsmodul).
- Eit kontrollsystem (typisk ein del av PMS) som styrer aktiv lastfordeling automatisk.

Dette systemet sørger for at:

- Begge generatorane held same frekvens.
- Begge generatorane delar lasta jamnt (50/50) eller etter innstilt prosent.
- Det unngåast ustabilitet, som ellers kan oppstå når to isokrone regulatorar "slåss" om å kontrollere frekvensen.

Fordelar med isokron lastdeling:

- Stabil frekvens – viktig for sensitive forbrukarar.
- Jamn lastfordeling – reduserer slitasje.
- Høg nøyaktigheit – betre kontroll enn ved droop-drift åleine.

Forskjell fra droop-drift:

Funksjon	Isochronous	Droop
Frekvenskontroll	Held frekvensen heilt konstant.	Let frekvensen falle litt med auka last
Lastfordeling	Krev aktiv delingslogikk.	Delar automatisk pga. turtalsfall
Bruk	For nøyaktig kontroll (PMS).	Nyttast ofte på større, uavhengige nett
Stabilitet	Kan bli ustabil utan kommunikasjon	Naturleg stabil

Typisk bruk på skip:

På moderne skip:

- Hovudgeneratorane går ofte i droop-modus når dei er parallellkopla, fordi det gir innebygd lastdeling utan kommunikasjon.
- Isochronous load sharing nyttast ofte der:
  - Berre éin generator er i drift (då er isokron best).
  - Fleire generatorar køyrast saman med eit lastdelingssystem (PMS).
  - Det er behov for høg frekvensnøyaktigheit (t.d. spesialutstyr, landstraum).

Σ

KORT OPPSUMMERT:

Isochronous load sharing tyder at fleire generatorar delar aktiv last jamnt, samtidig som frekvensen haldast konstant. Det krev kommunikasjon mellom regulatorane for å unngå at begge prøvar å kontrollere frekvensen åleine.

DEIF – Isochronous Load Sharing

DEIF – ISOCHRONOUS LOAD SHARING

DEIF har klare løysingar for isokron drift og lastdeling:

Produkt som støttar dette:

- DEIF PPM-3 / PPM-300 (Power Management Controller).
- DEIF AGC-4 / AGC-150 (Automatic Genset Controller).

Funksjonar

- Full støtte for Isochronous load sharing.
- Kommunikasjon mellom generatorstyringar via CAN, Modbus eller Ethernet.
- Automatisk lastdeling med høg nøyaktigheit.
- Kan køyre både droop, Isochronous, og kombi-modus.

DEIF nyttast ofte i marine applikasjonar og er kjend for sin pålitelege last- og synkroniseringslogikk. PPM-3 er spesielt godt eigna for fartøy med krav om fleksibel og presis kraftstyring.



Foto: DEIF

Prosedyre for manuell innfasing av generator 2 til hovudtavla

PROSEDYRE FOR MANUELL INNFASING AV GENERATOR 2 TIL HOVUDTAVLA

Krav for parallellkopling.

For at to generatorar skal kunne køyre parallelt, må dei ha:

- **Same spenning** – Begge må ha same utgangsspenning.
- **Same frekvens** – Frekvensane må være like før tilkopling.
- **Same fasevinkel** – Spenningane sin fasevinkel må vere synkronisert.
- **Same faserekkefølgje** – Rekkefølgja på faseforbindelsane må vere den same.

Forutsetningar:

- Generator 1 (G1) er inne og forsyner hovudtavla.
- Generator 2 G2) er klar til innfasing (oppvarma, olje- og kjølevæske er innanfor driftsparameter).
- Relevant verneutstyr er nytta.
- Ingen pågåande alarmar eller feilindikasjonar på generatorane eller hovudtavla.

Trinnvis prosedyre for manuell innfasing:

1. Førebuingar:

a) Kontroller generatorparameter:

- Spenning (V), frekvens (Hz), og fase på G2 skal vere justerbare.
- Sikre at spenningsregulator og turtal/kraftregulator fungerer.

b) Start G2 i samsvar med normal oppstartsprosedyre.

c) La generatoren stabilisere seg før vidare justering (oljetrykk, temperaturer, og kjølevatn skal vere innanfor akseptable verdiar).

2. Synkronisering av G2 mot G1 (hovudtavle).

a) Aktiver synkroniseringsutstyret:

- Bruk eit synkronoskop eller synkroniseringslampar for å overvåke faseforskjell og frekvens.

b) Juster spenninga på G2:

- Juster spenningsregulatoren slik at G2 har same spenning som hovudtavla (innanfor ± 2 % av hovudtavla si spenning).

c) Juster frekvensen:

- Auk eller senk turtalet på G2 for å matche frekvensen til G1 (50 Hz eller 60 Hz, avhengig av system).

d) Overvåk synkronoskopet eller synkroniseringslampane:

- Dersom synkronoskop nyttast, vent til diodelyset eller nåla rørar seg sakte mot klokka 12-posisjon.
- Dersom synkroniseringslampar nyttast, skal dei blinke saktare etter kvart som faseforskjellen minkar.
- Målet er at synkronoskopet sitt diodelys eller nål er så nær 12 som mulig, eller at lampane lyser samtidig med jamn styrke.

e) Utfør innfasing:

- Når nåla nærmar seg kl. 12 (eller lampane lyser jamnt), legg inn G2 brytaren på riktig augneblink (vanlegvis rett før kl. 12-posisjon).

3. Lastfordeling etter innfasing:

a) Kontroller at G2 er stabilt tilkopla hovudtavla.

b) Juster lastdelinga mellom generatorane ved å:

- Auke pådraget (drivstofftilførselen) på G2 for at den skal byrje å ta på seg last. Dersom G2 ikkje byrjar å ta på seg last med ein gang kan vi risikere at den går i returlast (også kalla «motorgang» eller «negativ kW».
- Sikre at begge generatorane delar lasta proporsjonalt og innanfor deira kapasitet (prosentvis fordeling etter størelse).

c) Overvåk systemparameter nøye:

- Spenning, frekvens, kW, kVAr, og straumfordeling mellom generatorane.

4. Fordeling av reaktiv last (kVAr) etter innfasing:

Etter at G2 er fasa inn og aktiv last (kW) er jamnt fordelt, må vi balansere den reaktive lasta (kVAr). Dette gjerast ved å justere spenningsregulatorane (AVR - Automatic Voltage Regulator) på kvar generator.

Trinnvis prosedyre for reaktiv lastfordeling:

a) Overvåk effektfaktor (cos φ) og kVAr på kvar generator:

- Bruk hovudtavla sin effektmålar for å sjekke korleis den reaktive lasta er fordelt.
- Dersom éin generator tek for mykje eller for lite reaktiv last, må justering gjerast.

b) Juster spenningsregulatoren (AVR) på G2:

- Aukar du spenninga på ein generator → den tek meir reaktiv last (kVAr).
- Senkar du spenninga → den gir frå seg reaktiv last til den andre generatoren.
- Målet er at begge generatorane delar den reaktive lasta jamnt, og at effektfaktoren er nær 1 (optimalt rundt 0,8–0,95 avhengig av systemet).

c) Sikre stabilitet etter justering:

- Kontroller at reaktiv effekt er jamnt fordelt, og at det ikkje oppstår spenningsubalansar.
- For høg reaktiv last på éin generator kan føre til overbelasting eller spenningsvariasjonar.

d) Overvåk systemet vidare:

- Spenning, frekvens og lastfordeling må overvåkast kontinuerlig for å sikre stabil drift.

Kvifor er dette viktig?

Hindrar ubalanse i kraftsystemet (som kan føre til spenningsvariasjonar).
Sikrar at begge generatorane jobbar effektivt og ikkje overbelastast.
Forbetrar kraftfaktor, noko som reduserer energitap i systemet.

!

HUSK

Reaktiv last (kVAr) justerast via spenningsregulering, medan aktiv last (kW) justerast via drivstofftilførsel/turtal.

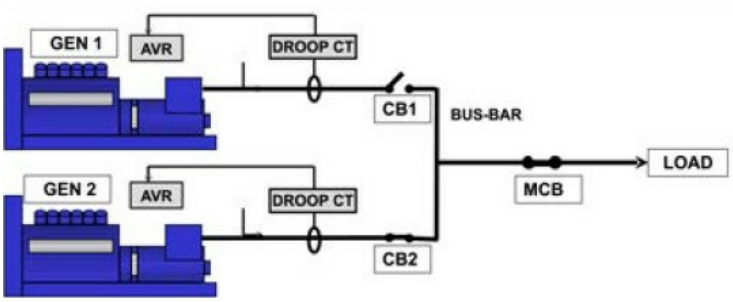
Optimal effektfaktor og jamn lastfordeling gir tryggare og meir effektiv drift av generatorsystemet om bord.

5. Avslutning og overvåking

a) Sikre at generatorane forblir stabile i samkøyring.

b) Overvåk kontinuerleg for unormale tilstandar som ubalanse, overbelasting eller spenningsvariasjonar.

c) Loggfør operasjonen i skipet sin maskinjournal.



Teikninga er henta frå Stamford

Døme på berekningsoppgåve

Døme 1

DØME 1

To generatorar, GEN 1 på 1000 kVA ved cos φ = 0,8 og GEN 2 på 750 kVA ved

$\cos \varphi = 0,8$, køyrast parallelt.

Begge generatorar har eit turtal som fell 4 % frå tomgang til full last.

I tomgang har begge generatorane ein frekvens på 62,5 Hz.

a) Teikn generatoren sine statikkar.

b) Den totale belastinga er 875 kW.

Korleis vil denne lasta fordele seg prosentvis på kvar generator og kor stor er tavlefrekvensen ved denne lasta?

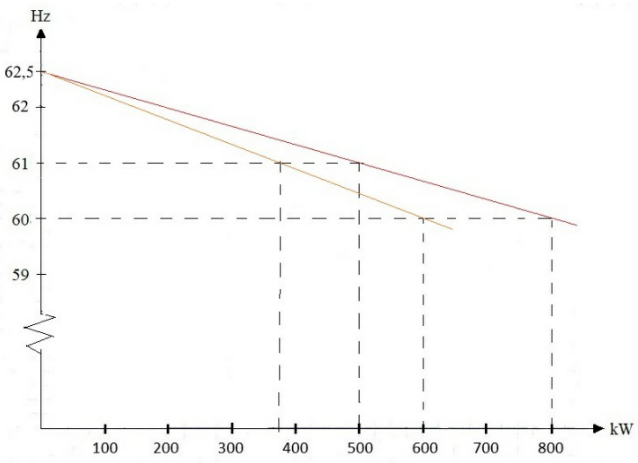
Løysingsforslag døme 1:

a)

$$P_1 = S_1 * \cos \varphi = 1000 * 0,8 = 800\ kW$$
$$P_2 = S_2 * \cos \varphi = 750 * 0,8 = 600\ kW$$
$$Maks\ total\ aktiv\ last \qquad 1400\ kW$$

4% fall i turtalet gir eit fall i frekvensen på: 62,5 * 0,04 = 2,5 Hz

Frekvensen ved full last blir: 62,5 - 2,5 = 60 Hz



b) Ved ei belasting på 875 kW vil belastinga fordele seg prosentvis på følgjande måte.

$$P_1 = 875 * \frac{800}{1400} = 500\ Kw \qquad P_2 = 875 * \frac{600}{1400} = 375$$

Ved å gå inn i diagrammet kan vi lese av frekvensen grafisk.

Frekvensen ved berekning:

$$62,5 - 62,5 * \frac{4}{100} * \frac{500}{800} = 60,9375\ Hz \approx 61\ Hz$$

Døme 2

DØME 2

To trefasa stjernekopla synkrongeneratorar som skal arbeide i parallell, har disse merkedata:

S = 1000 kVA, U = 440 V, f = 60 Hz og $\cos\varphi = 0,8$

I eit belastingshøve yt generatorane A og B den same aktive effekten $P_A = P_B$ = 300 kW. Frekvensen er då 60 Hz.

Generatorane lastast slik at generator A yt 600 kW og generator B yt 700 kW. Frekvensen har då gått ned til 59 Hz.

a) Teikn statistikkdiagram for generatorane A og B i same koordinatsystem, og berekn generatorane sine «speed droop» i prosent.

b) Berekn kor mykje generatorane til saman kan lastast med, ved automatisk lastfordeling.

Løysingsforslag døme 2.

a)

$$P = S * \cos\varphi = 1000 * 0,8 = 800\ \text{kW}$$

«Speed droop» generator A:
Frekvensen fell 1 Hz på 300 kW

$$\text{Frekvensen fell } \frac{1\ Hz}{300000\ W} = 0,00000333\ Hz/W$$

Ved 0 kW vil frekvensen vere:

$$60\ Hz\ +\ \ (300000\ W * 0,00000333) = 60Hz + 1\ Hz = 61\ Hz$$

Ved 800 kW vil frekvensen vere:

$$59\ Hz - (200000\ W * 0,000003333) = 59\ Hz - 0,667\ Hz = 58,33\ Hz$$

Total fall i frekvens generator

A = 61 Hz – 58,33 Hz = $\underline{2,67Hz}$

«Speed droop» i % = $\frac{100\ \% * (61 - 58,33)\text{Hz}}{61\ Hz} = \underline{\underline{4,37\ \%}}$

«Speed droop» generator B:

Frekvensen fell 1 Hz på 400 kW

$$\text{Frekvensen fell } \frac{1\ Hz}{400000\ W} = 0,0000025\ Hz/W$$

Ved 0 kW vil frekvensen vere:

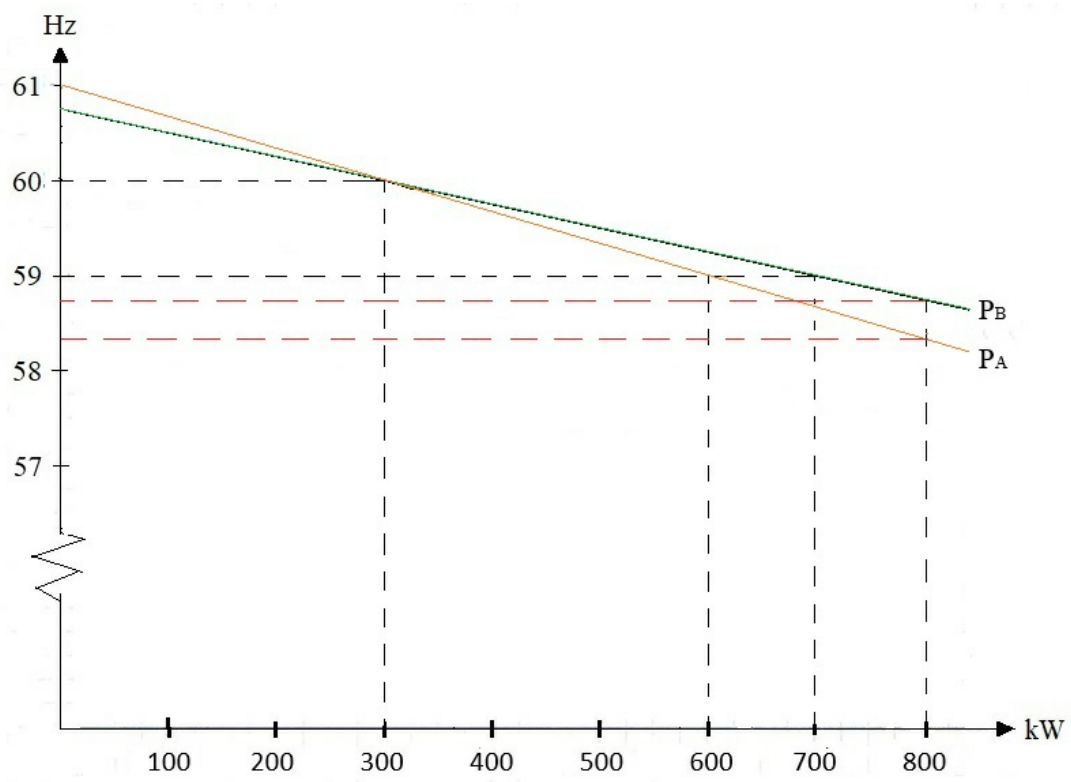
$$60\ Hz\ +\ \ (300000\ W * 0,0000025) = 60Hz + 0,75\ Hz = 60,75\ Hz$$

Ved 800 kW vil frekvensen vere:

$$59\ Hz - (100000\ W * 0,0000025) = 59\ Hz - 0,25\ Hz = 58,75\ Hz$$

Total fall i frekvens generator B = 60,75 Hz – 58,75 Hz = <u>2 Hz</u>

«Speed droop» i % = $\frac{100\ \% * (60,75 - 58,75)\text{Hz}}{60,75\ Hz} = \underline{\underline{3,29\ \%}}$



Statikkdiagram over generator A og B.

b) Fra statistikk diagrammet i a kan vi som tilleggsopplysing få fram kor mykje generatorane totalt kan lastast med.

Maksimal last for generatorane A og B ved automatisk lastfordeling:

Ved 58,75 Hz er generator B ved full last 800 kW.

Ved 58,75 Hz har generator A eit fall i frekvens på 61 Hz – 58,75 Hz = 2,25 Hz

> $Generator\ A\ har\ ei\ belasting\ p\text{å}\ \frac{2{,}25\ Hz}{0{,}00000333\ Hz/W} = 675000\ W = 675\ kW$
>
> P =P_A+ P_B = 675 k W + 800 kW = $\underline{\underline{1475kW}}$

Grunna ulik «Speed droop» får vi ikkje lasta generator A fult ut (800 kW).

Kap 16 Spenningsregulator

Spenningsregulator

SPENNINGSREGULATOR

Ein spenningsregulator er ei eining som automatisk justerer og opprettheld ei stabil utgangsspenning i eit elektrisk system, uansett endringar i belastning eller inngangsspenning.

I generatorar, særskilt i maritime anlegg, nyttast ein spenningsregulator for å sikre at utgangsspenninga frå generatoren held seg stabil, sjølv om lasta eller turtalet på drivmaskina endrast.

AVR (Automatic Voltage Regulator)

AVR (AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR)

Ein AVR er ei elektronisk eining som automatisk regulerer utgangsspenninga frå ein generator. Den sørgjer for at spenninga held seg stabil, uavhengig av belastningsendringar, temperaturvariasjonar eller svingingar i turtalet på drivmaskina (dieselmotor/turbin).

Korleis fungerer ein AVR

AVR-en jobbar kontinuerleg for å halde spenninga innanfor ønska nivå ved å kontrollere magnetfeltet i generatoren. Dette skjer i følgjande steg:

Måling av utgangsspenning.

- AVR-en overvåkar utgangsspenninga frå generatoren og samanliknar den med ein førehandsinnstilt referanseverdi.

Samanlikning og feildeteksjon.

- Dersom spenninga er for lav, aukar AVR-en straumen til feltviklinga i generatoren, noko som forsterkar magnetfeltet og aukar spenninga.
- dersom spenninga er for høg, vert feltstraumen redusert, slik at magnetfeltet svekkast og spenninga vert senka.

Regulering og stabilisering.

- AVR-en justerer kontinuerleg feltstraumen for å halde spenninga frå generatoren stabil, sjølv når belastninga på systemet endrar seg.

Fordelar med AVR i generatorar

- Stabil spenning – Hindrar svingingar som kan skade elektrisk utstyr.
- Automatisk tilpassing – Regulerer spenninga utan behov for manuelle justeringar.
- Forbetra spenningskvalitet – Reduserer overspenning, underspenning og spenningsforstyrringar
- Optimal reaktiv effektkontroll – Viktig ved parallellkopling av generatorar.

AVR i parallellkopling av generatorar

Når fleire generatorar køyrer parallelt, må AVR-ane:

- Sikre lik spenning på alle generatorane for å unngå ubalansar.
- Fordele reaktiv effekt mellom generatorane, slik at éin generator ikkje overbelastast medan ein annan jobbar for lite.

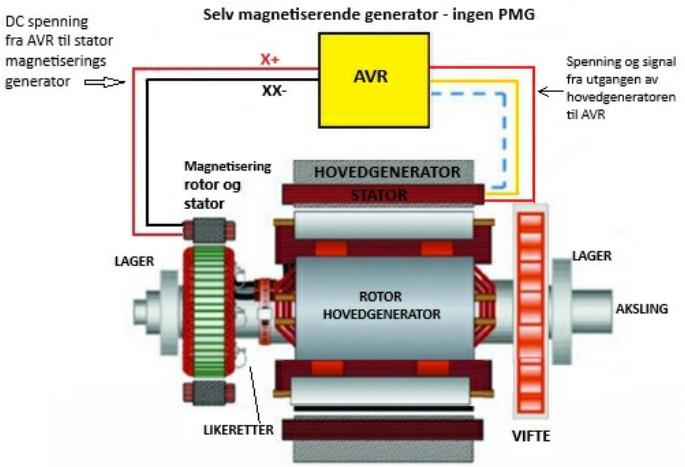
Vanlege typar AVR-ar

1. Analog AVR – Enkle regulatorar som nyttar elektriske kretsar til å justere spenninga.
2. Digital AVR – Meir presise og programmerbare einingar som gjev betre regulering og kan fjernstyrast.
3. Hybrid AVR – Kombinerer analoge og digitale komponentar for auka stabilitet og fleksibilitet.

Σ

OPPSUMMERING

- AVR regulerer automatisk spenninga frå generatoren ved å kontrollere magnetfeltet i rotorviklinga.
- Den tilpassar seg endringar i belastning for å halde ei jamn spenning.
- Viktig i parallellkopling for å sikre jamn fordeling av reaktiv effekt.
- Fins i analoge, digitale og hybride versjonar, avhengig av behov.



Vanlege innstillingar på ein AVR

1. Output Voltage (Spenningsnivå)

- Kva det gjer: Fastset den nominelle utgangsspenninga frå generatoren (t.d. 400 V).
- Justerast for: Å kalibrere eller korrigere utgangsspenninga til ønska verdi.

2. Stability / Gain.

- Kva det gjer: Regulerer kor raskt og kraftig AVR-en reagerer på spenningsendringar.
- Justerast for:
  - For lav verdi → treig regulering
  - For høg verdi → risiko for oscillasjonar eller ustabilitet.

3. Droop / Parallel Operation.

- Kva det gjer: Aktiverer og justerer «droop»-funksjonen til spenninga ved belastning, viktig ved parallellkøyring av generatorar.
- Justerast for: Å sørgje for riktig reaktiv lastdeling mellom generatorar i parallell.

4. Underfrequency Compensation (U/F eller U/F foldback).

- Kva det gjer: Reduserer spenninga automatisk ved lav frekvens for å verne generator og tilkopla einingar.
- Justerast for: Å stille inn startpunkt (t.d. 47 Hz) og sensitivitet på senking av spenning ved frekvensfall.

5. Voltage Trim / Remote Voltage Adjustment.

- Kva det gjer: Tillet ekstern finjustering av spenninga via PLS, potmeter eller kontrollsystem (ofte 0–5 V eller 4–20 mA signal).
- Justerast for: Fjernstyring av spenningsnivå under drift.

6. Overexcitation / Overvoltage Protection.

- Kva det gjer: Vernar generatoren ved for høg magnetisering eller utgangsspenning.
- Justerast for: Å sette terskelverdi der vernet skal aktiverast (dersom det er justerbart på aktuell AVR-type).

7. Sensing Configuration (3-fase / 1-fase sensing).

- Kva det gjer: Vel om AVR skal lese alle tre fasar eller berre éin.
- Justerast for**:** Riktig deteksjon av nettilhøve, avhengig av tavlekonfigurasjon og belastningstype.

På meir avanserte AVR-ar (digital/regulerbare typar, som DEIF, Stamford m.fl.):

- Parameter stillast inn via:
  - Display og knappar.
  - PC-programvare (via USB/RS485).
  - DIP-switchar.
- Ein kan også ofte stille:
  - Reaktiv effektregulering (VAr sharing).
  - Spenningsrampar ved innfasing (soft voltage ramp-up).
  - PID-verdiar.
  - Vernegrenser for UV, OV og OC.

f(x)

UV = UNDER VOLTAGE:

→ Vern mot for lav spenning**.** AVR-en kan kople ut eller redusere eksitasjon dersom spenninga fell under ei førehandsdefinert grense.

f(x)

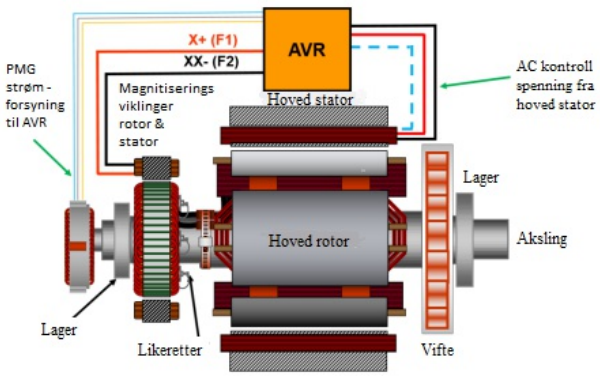
OV = OVER VOLTAGE:

→ Vern mot for høg spenning**.** Dersom spenninga frå generatoren overstig ein sikker verdi, vil AVR-en redusere eksitasjon eller i nokon høve kople ut.

f(x)

OC = OVER CURRENT:

→ Vern mot overstraum. Dette kan t.d. beskytte eksitasjonssystemet eller viklingar mot skade ved for høg belastning eller kortslutning.



Generator med PMG.
Tegning: Stamford

Stamford AVR MX341 – Automatic Voltage Regulator

STAMFORD AVR MX341 – AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR

Stamford AVR MX341 er ein analog, 2-fase kontrollert Automatic Voltage Regulator berekna for børstelaus generatorar, driven av ein permanentmagnetgenerator (PMG) eller shunt system (vanleg magnetisering via stator). Den gjev isolasjon mot ikkje-lineære belastningar og lav elektromagnetisk støy.



Standard på Stamford P6, P7 og S7 alternativ

Tekniske spesifikasjonar for Stamford AVR MX34

- Sensing Input: 190 – 264 VAC, 1-fase, 50 – 60 Hz
- PMG Inngang: 140 – 220 VAC, 3-fase, 3 A/fase, 100 – 120 Hz
- Utgang: inntil 120 VDC, kontinuerleg 2.7 A, kortvarig 6 A (10 s), minimum 15 Ω
- Regulering: ± 1 % RMS nøyaktighet
- Termisk drift: ca. 0.03 % per °C
- Responsvurdering:
  - AVR respons ca. 10 ms,
  - Feltstraum når 90 % på 80 ms,
  - Generatorvolum når 97 % på 300 ms
- Under-frekvens vern: trer inn ved \~95 % av nominell frekvens, reduserer spenning frå generatoren 170 % ned til 30 Hz.
- Ekstern volt justering: ± 10 % ved 1 kΩ, 1 W potmeter.
- Overeksitasjon: utløyser ved 75 V DC etter 10 sek.
- Quadrature droop input (Inngang for regulering av spenningsfall [droop] basert på reaktiv effekt): for parallell drift, sensitivitet 0.07 A gir 5 % droop

Kontrollpanel og justering.

MX341 kjem med fleire potensiometer og brytarar:

- VOLTS: justerer den nominelle spenninga frå generatoren.
- STAB: dempeinstilling for å hindre "voltage hunting".
- UFRO: set knekkpunkt og nivå for under-frequency roll-off.

- DIP: justerer kor kraftig spenningsfallet er ved frekvensfall (t.d. turbo-lastar).
- DROOP: innstilling for reaktiv delingskarakteristikk ved parallell drift.
- TRIM: justering av ekstern analog signalinnvirkning (±5 V DC).
- EXC: overeksitasjonsvern med fabrikkinnstilling og sikring.

Vern- og driftsfunksjonar.

- Soft-start: gjev kontrollert oppstart av generatorspenning
- Under-frequency Protection (UFRO): reduserer spenninga under lav frekvens for å beskytte motoren.
- Over-excitation Protection: inhiberer spenning ved for høg eksitasjon, skal tilbakestillast ved stopp.
- PMG-basert system: oppnår høg kortslutningsyting og lav RF-støy.
- Droop-støtte: mogleggjer synkronisering og belastningsdeling ved parallell drift.

Tilhøyrande utstyr og tilkoplingar.

- Ekstern trimmar for fjernjustering.
- CT-kopling for parallell drift via droop.
- Analog inngang (t.d. frå PFC3) for styring av spenning eller effektfaktor.
- Ekstra modular som APM, DFD og ELM kan leggast til for breiare vern.

Σ

KONKLUSJON

Stamford MX341 er ein solid og funksjonsrik analog spenningsregulator med:

- Nøyaktig spenningsregulering (±1 %),
- Rask respons og soft-start,
- Vern mot under- og overeksitasjon,
- Parallelldriftsstøtte med droop,
- Fjernjusteringsmoglegheiter.

Særskilt eigna for Stamford generatorar (P6, P7, S7) der PMG-basert AVR og parallell drift krevast.

Hovudprinsipp – korleis MX341 virkar.

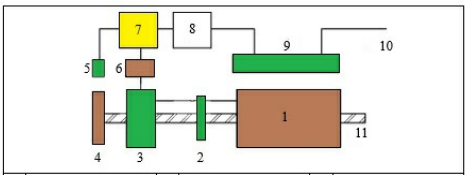
1. **Straumkilde (PMG):**
   AVR-en forsynast av ein permanentmagnetgenerator (PMG). Dette gjev stabil og isolert straumforsyning, uavhengig av last og spenning frå hovudgeneratoren.
2. **Spenningsovervåking:**
   MX341 måler kontinuerleg generatoren sin utgangsspenning via måleleidningar (typisk 190–264 VAC, 1-fase).
3. **Samanlikning med referanse:**
   Den samanliknar den målte spenninga med ein innstilt referanseverdi (justerbar med potensiometeret "VOLT").
4. **Regulering av eksitasjon:**
   Dersom utgangsspenninga er lavare enn ønska, aukar MX341 straumen til feltviklinga. Auka magnetfelt gjev høgare spenning. Dersom spenninga er for høg, reduserer den straumen.
5. **Soft-start:**
   Ved oppstart regulerast spenninga gradvis opp (typisk på 3 sekund), for å beskytte utstyr og redusere påkjenningar.

6. **Under-frekvensvern (UFRO):**
   Dersom frekvensen fell (motoren jobbar for tungt eller går for sakte), reduserer AVR spenninga i takt – for å beskytte generatoren og unngå overbelastning.

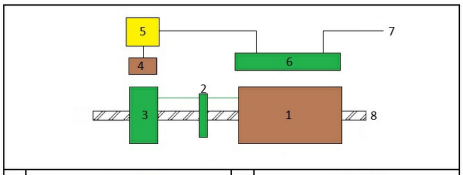
7. **Droop-funksjon (parallell drift):**
   Dersom fleire generatorar går parallelt, nyttar MX341 ein CT-basert droop-inngang for å sørgje for at reaktiv effekt (kVAr) delast riktig. Auka reaktiv belastning gjev kontrollert spenningsfall.

8. **Overeksitasjonsvern:**
   Dersom eksitasjonsstraumen blir for høg for lenge (t.d. over 75 VDC i meir enn 10 sek), koplast eksitasjonen ut for å beskytte systemet.

TABLE 2. PMG EXCITED AVR



No.	Description	No.	Description	No.	Description
1	Main field (rotor)	5	PMG armature (stator)	9	Main armature (stator)
2	Rotating diodes	6	Exciter field (stator)	10	Output
3	Exciter armature (rotor)	7	AVR	11	Rotor shaft
4	PMG field (rotor)	8	Isolating transformer (if fitted)		

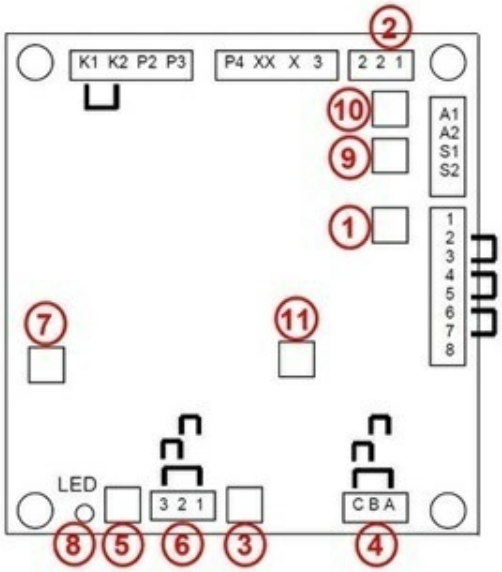


Nr.	Navn	Nr.	Navn
1	Hoved generator (rotor)	5	AVR
2	Roterende dioder	6	Hoved generator (stator)
3	Magnetiserings generator (rotor)	7	Spenning ut
4	Magnetiserings generator (stator)	8	Aksling

Generator utan permanent generator (utan PMG)

Teikning over AVR MX34

MX341 AVR CONTROLS



Ref.	Control	Function	Turn potentiometer CLOCKWISE to
1	AVR [VOLTS]	Adjust alternator output voltage	increase voltage
2	**Link : Hand trimmer** 1-2 : Not fitted None : Fitted	Adjust alternator output voltage	increase voltage
3	AVR [STAB]	Adjust stability to prevent voltage hunting	increase damping effect
4	**Link : Power** A-B : > 550 kW B-C : 90-550 kW A-C : < 90 kW	Select stability response for alternator size	N/A
5	AVR [UFRO]	Adjust the under-frequency roll-off knee point	reduce UFRO frequency
6	**Link : Frequency** None : 6 pole 50 Hz 1-2 : 6 pole 60 Hz 2-3 : 4 pole 50 Hz 1-3 : 4 pole 60 Hz	Select alternator frequency for UFRO	N/A
7	AVR [DIP]	Adjust under-frequency voltage dip rate	increase rate
8	Light Emitting Diode	LED lights in UFRO or EXC condition	N/A
9	AVR [DROOP]	Adjust alternator droop to 5% at zero Power factor	increase droop
10	AVR [TRIM]	Adjust analog input sensitivity	increase sensitivity
11	AVR [EXC]	Adjust over-excitation protection	increase trip excitation voltage

Tilkoplingar til Stamford MX341 AVR

MX341 har fleire inngangar og utgangar som er nødvendige for at den skal fungere korrekt:

1. Spenningstilføring.
   - Terminalar: 3 & 4.
   - Tilkopling: Frå hjelpevikling eller PMG (ved bruk).
   - Type: 170–220 VAC, 50/60 Hz (vanlegvis 2-fase, ofte frå ei separat vikling i statoren).
   - Funksjon: Gjev straum til AVR slik at den kan regulere feltet.

2. Spenningsovervåking (Sensing).
   - Terminalar 1 & 2.
   - Tilkopling: Generatoren sin 3-fase utgang (to fasar).
   - Type: 0–300 VAC, 50/60 Hz.
   - Funksjon: AVR overvåkar utgangsspenninga frå generatoren og justerer magnetisering etter ønska verdi.

3. Feltutgang (DC-feltspenning).
   - Terminalar: F1 & F2.
   - Tilkopling: Til statorviklinga til exciteren.
   - Type: DC, opptil ca. 90 VDC / 4 A.
   - Funksjon: AVR leverer straumen som magnetiserer generatoren sin rotor via exciter.

4. Straumtransformator for kompensasjon.
   - Terminalar: 6 & 7.
   - Tilkopling: Sekundærsida av ein straumtransformator (CT), gjerne på ein fase.
   - Type: 1 A eller 5 A CT sekundær.
   - Funksjon: Nyttast for load compensation (kompoundering). Aukar feltstraumen ved høg last.

5. Parallell drift / Droop signal.
   - Terminalar: 6 & 7 også nytta for droop CT.
   - Når to generatorar går parallelt, kan MX341 nytte droop CT-signalet til å redusere feltet litt ved auka last → gjev lastdeling.

6. Ekstern spenningsjustering (VOLT).
   - Terminalar: P2 & P3.
   - Tilkopling: Ekstern potensiometer (1 kΩ, 1 W tilrådd).
   - Funksjon: Manuell justering av utgangsspenning (±10–15 % typisk).
   - Dersom ikkje nytta: Terminalar P2 og P3 koplast saman med jumper.

7. Droop justering (ekstern).
   - Terminalar: P5 & P6.
   - Tilkopling: Ekstern pot for droop-justering (om ønskjeleg).
   - Dersom ikkje nytta: Terminalane kan stå åpne.

Oppsummeringstabell

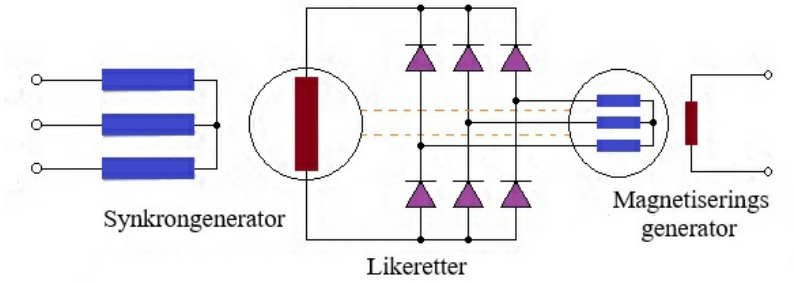
Terminalar	Funksjon	Tilkoplast
1 & 2	Spenningssensing	Generatoren sin utgangsspenning
3 & 4	Forsyning til AVR	Hjelpevikling eller PMG
F1 & F2	DC utgang til exciter	Exciter stator (felt)
6 & 7	CT-inngang for kompensasjon / droop	Straumtrafo
P2 & P3	Ekstern spenningsjustering	Potensiometer (valgfritt)
P5 & P6	Ekstern droopjustering	Potensiometer (valgfritt)

Spesialtips

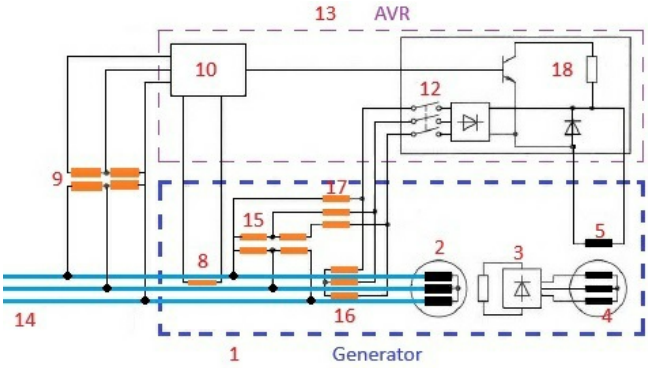
SPESIALTIPS

- Utan PMG**:** MX341 kan framleis nyttast. Då må den få forsyning frå hjelpevikling i statoren.
- Med PMG: Då koplast PMG direkte til 3 & 4 – gir betre yting ved kortslutning.
- Droop**:** Viktig ved parallell drift. Bruk riktig innstilling for lastdeling.

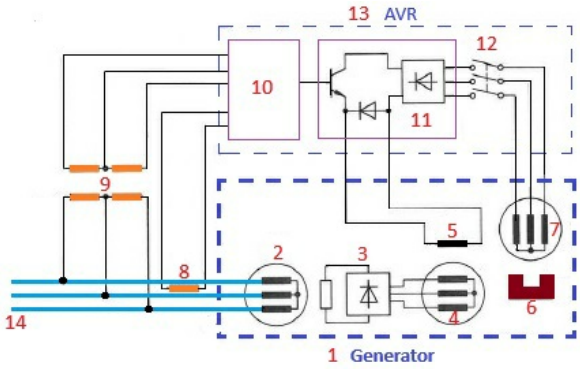
Hovudprinsipp for børstelaus magnetisering



Generator utan PMG

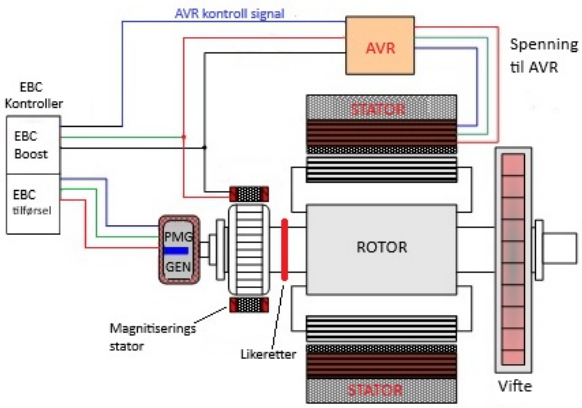


Generator med PMG (Permanent magnet generator



Hovudkomponentane er nummerert (over / forrige side):

1. Stator hovud generator.
2. Rotor hovud generator.
3. Likerettingsdel på aksling mellom hovud gen. og magnetiserings gen.
4. Rotor til magnetiserings generator.
5. Stator til magnetiserings generator.
6. Permanent magnet (rotor), roterer med aksling.
7. Stator til PMG (Permanent magnet generator).
8. Straumtransformator (CT) for parallelldrift
9. Spenningsmåling (måletrafo).
10. Kontrolleining.
11. Kontrolleining (EBC kontroller).
12. Kretsbrytar
13. AVR (Automatic Voltage Regulator).
14. Kablar til generatorbrytar (hovudtavla).
15. CT for spenning/lastkompensasjon.
16. Kompounderande straumtransformatorar.
17. Straumtransformator for vern etter måling.
18. Effekteining.
19. Generator.



Kap 17 Generatorbrytarar og vern

Brytar og vern til generatorar

!

BRYTAR OG VERN TIL GENERATORAR

Generatorar skal vere beskytta mot kortslutningar og overstraum av fleirpola effektbrytarar. (NEK410A-2021)

Generelt kan ein seie at generatorar skal ha:

- Overstraumsvern
- Kortslutningsvern

Dersom der er fleire generatorar og ein kan parallellkøyre disse skal det vere fleire vern:

- Overstraumsvern.
- Kortslutningsvern.
- Retureffektvern.
- Underspenningsvern.
- Overspenningsvern
- Vern mot under- og overfrekvens

NEK 410 A 202 pkt.10.2 omhandlar generatorvern.

Generatorar skal vere beskytta mot kortslutningar og overstraum av fleirpola effektbrytarar.

Generatorbrytar

GENERATORBRYTAR

Ein generatorbrytar er ein høgytings effektbrytar som nyttast til å kople ein generator til eller frå skipet si elektriske hovudtavle. Den beskyttar både generatoren og kraftsystemet ved å bryte straumen ved overbelasting, feil eller når generatoren skal takast ut av drift.

Oppbygging av ein generatorbrytar

Generatorbrytarar er bygd for å handtere store straumar og høge spenningar utan å ta skade. Dei består av følgjande hovuddelar:

1. Kontaktar – Leiar straumen og åpnast/lukkast for å kople til eller frå generatoren.
2. Lukkemekanisme – Ei fjørbelasta eller elektromagnetisk eining som sørger for rask inn- og utkopling.
3. Bogeslukkingskammeret – Hindrar lysboge (elektrisk gnist) ved åpning av brytaren, ofte fylt med luft, olje, vakuum eller SF6-gass.
4. Verne- og styringssystem – Elektroniske sensorar og relé overvåkar straum, spenning og feil for å beskytte generatoren.
5. Hus og isolasjon – Brytaren er ofte montert i eit metallskap for tryggleik og vern mot ytre påvirkningar.

Virkemåte til ein generatorbrytar

1. Normal drift:

- Når generatoren er klar til å levere straum, lukkast brytaren for å kople den til hovudtavla.
- Brytaren leiar straumen utan problem under normal belasting.

2. Ved feil (t.d. kortslutning, overbelasting og spenningsfall):

- Vernsystemet oppdagar feilen og sender eit signal til brytaren om å åpne.
- Brytaren åpnar raskt, og bogeslukkingskammeret hindrar lysbogar som kan skade brytaren.
- Generatoren koplast frå hovudtavla for å hindre skade på systemet.

3. Ved synkronisering:

- Når ein ny generator skal koplast inn, må spenning, frekvens og fase vere synkronisert.
- Når tilhøva er rette, lukkast brytaren, og generatoren koplast til nettet.

Typar generatorbrytara

- Luftisolerte (ACB – Air Circuit Breaker) – Nyttar luft til å slukke lysbogar.
- Vakuumbrytarar (VCB – Vacuum Circuit Breaker) – Nyttar vakuum for lysboge slukking, ofte nytta i lav- og mellomspenningssystem.
- SF6-brytarar (GCB – Gas Circuit Breaker) – Nyttar SF6-gass for effektiv lysbogestyring, vanleg i høgspenningssystem. Grunna miljøgiftig gass er den på veg ut.
- Schneider SM AirSeT - Erstattar GCB brytarar som SF_6-brytarar.
  SF_6-fritt modulæranlegg opp til 24 kV. Er ikkje godkjend for skip.
- Oljebrytarar – Tidlegere nytta, men mindre vanleg i dag.

Kvar er generatorbrytaren plassert

- I hovudtavla – Koplar generatoren til skipet sitt kraftsystem.
- I generatoren sitt kontrollskap – På nokre skip er generatorbrytaren ein del av generatoren si verneeining.

Kvifor er generatorbrytaren viktig

- Beskyttar generatoren mot skadar frå feil eller kortslutningar.
- Hindrar store straumstøt når generatorar koplast inn.
- Sikrar stabil drift av skipet sitt elektriske system.
- Gir trygg manuell eller automatisk utkopling ved vedlikehald eller naudtilfelle.

Vern i ein generatorbrytar

Generatorbrytaren har vanlegvis innebygd kortslutningsvern og overstraumsvern, medan meir avanserte vern må handterast av eksterne vernerelè (døme: Schneider Sepam eller DEIF relè). Nokre generatorbrytarar kan og ha avanserte innebygde vern.

Her er ei oversikt over verna som er mest vanlege:

1. Kortslutningsvern (Short-Circuit Protection, 50G).

- Beskyttar generatoren og anlegget mot alvorlege feilstraumar grunna kortslutning (fase – fase, fase – jord, etc.).
- Virkar ved svært høg straum, ofte mange gangar generatoren sin merkestraum.
- Utan eller med svært kort tidsforsinking for å kople ut feilen raskt og redusere risiko for varig skade og varmeutvikling.

2. Overstraumsvern (Overcurrent Protection, 51G).

- Hindrar at generatoren skadast av for høg straum.
- Koplar ut brytaren dersom straumen overstig ei fastsatt grense.
- Vanlegvis tidsforsinka for å skille mellom kortvarige og farlege overstraumar.

3. Differensialvern (Differential Protection, 87G).

- Samanliknar straumen inn og ut av generatoren.
- Dersom det oppstår ein intern feil (til dømes viklingsfeil), koplast brytaren ut med ein gang..
- Svært viktig for å beskytte generatoren mot alvorlege skadar.

4. Retureffektvern (Reverse Power Protection, 32G).

- Hindrar at generatoren byrjar å trekkje straum i staden for å levere.
- Dersom ein synkrongenerator mistar eksitasjon eller last, kan den byrje å oppføre seg som ein motor.
- Vernet koplar ut generatoren for å unngå unødig drivstofforbruk og skade.

5. Underspenningsvern (Undervoltage Protection, 27G).

- Overvåkar spenninga på generatoren.
- Dersom spenninga fell under ein kritisk verdi, koplast brytaren ut for å beskytte utstyr.

6. Overspenningsvern (Overvoltage Protection, 59G).

- Hindrar at for høg spenning skadar elektriske system og forbrukarar ombord.
- Dersom spenninga overstig ei sikker grense, koplast generatoren ut.

7. Frekvensvern (Over/Under Frequency Protection, 81O/U).

- Overvåkar generatoren sin frekvens (normalt 50 eller 60 Hz).
- Koplar ut brytaren dersom frekvensen vert for høg eller lav, noko som kan skade maskineri.

8. Jordfeilvern (Earth Fault Protection, 50N/51N).

- Oppdagar isolasjonsfeil eller lekkasjestraum til jord.
- Kan enten gi alarm eller kople ut generatoren for å hindre brann eller skade.

Forklaring på tala og bokstavane som står i parentes:

T.d. talet 32G refererer til ei spesifikk funksjonskode i samsvar med IEEE-standard (ANSI-standard) for vernerelé**.**

- **32** er funksjonskoda for retureffektvern (Reverse Power Protection)**.** Dette vernet beskyttar generatoren mot å byrje å trekkje effekt i staden for å levere den, noko som kan skje dersom drivmaskina (dieselmotor, turbin) sviktar eller mistar kraft.
- **G** står for Generator**,** og indikerer at dette spesifikke vernet er nytta på ein generator. G kan og stå for ground.

Σ

OPPSUMMERING

Generatorbrytaren er ein effektbrytar med avanserte beskyttingsvern som sikrar trygg drift av generatoren. Dei viktigaste vernetypane inkluderer:

- Overstraumsvern – Beskyttar mot for høg straum.
- Differensialvern – Oppdagar interne feil i generatoren.
- Retureffektvern – Hindrar at generatoren trekkjer straum.
- Under-/overspenningsvern – Sikrar stabil spenning.
- Frekvensvern – Hindrar feil ved for høg eller lav frekvens.
- Jordfeilvern – Oppdagar lekkasjestraumar for å hindre skade.



ABB sin Vmax-sec vakumbrytar.

Overstraumsvern. NEK 410A-202 pkt.10.2.

Spesielt skal overstrømsbeskyttelsen være tilpasset generatorens termiske kapasitet og innenfor følgende krav:

a) *For overstrømmer mindre enn 10 % bør det vurderes å inkludere et hørbart alarmsignal som styres av et tidsforsinket rele innstilt på 1,1 ganger generatorens merkestrøm og med en tidsforsinkelse på 15 min eller mindre.*

En tidsforsinkelse på over 15 min. kan benyttes dersom dette er nødvendig på grunn av driftsforholdene og generatorens konstruksjon tillater det.

b) *For overstrømmer mellom 10 % og 50 % skal effektbryteren løse ut med en tidsforsinkelse på maksimalt 30 s ved ikke mer enn 1,5 ganger generatorens merkestrøm. Likevel kan verdien på 50 % og tidsforsinkelsen på 30 s overskrides dersom dette er nødvendig på grunn av driftsforholdene og generatorens konstruksjon tillater det.*

c) *For overstrømmer over 50 % skal momentanutløsing koordineres med selektivitetsbeskyttelse av systemet. Korte tidsforsinkelser kan benyttes når det gjelder selektivitets krav ved «momentan» utløsningsvern som er konstruert for kortslutningsbeskyttelse. For store generatorer og for alle høyspenningsgeneratorer bør det anordnes beskyttelse mot feil på generatorsiden av effektbryteren.*

d) *Nødgeneratorer skal være beskyttet mot kortslutning. Overstrømmer skal ikke koble ut generatoren, men kun gi alarm.*

Det bør vurderes om beskyttelsesarrangementer for generatorer opprettholdes effektivt selv ved betydelig reduksjon av hastigheten.

Det bør vurderes å velge vern for overstrømsbeskyttelse av generatorer som tillater at effekten gjenopprettes øyeblikkelig etter at overstrømsbeskyttelsen har virket.

Innstilling og justering av automatiske spenningsregulatorer (AVR) skal ikke påvirke eller erstatte generatorvernet.

Kortslutningsvern. NEK 410A-202 pkt.10.2.

Hvor det er forutsatt at generatorene skal drives i parallell, er det nødvendig å ta hensyn til feilstrømmene som oppstår ved en kortslutning mellom generatoren og generatorens effektbryter.

For generatorer på 1500 kVA eller mer skal det være anordnet passende vern eller system, som vil avmagnetisere generatoren og åpne effektbryteren i tilfelle kortslutning i generatoren eller i tilførselskabelen mellom generatoren og generatorens effektbryter. Dette gjelder ikke for nødgeneratorer.

Spesielle omstendigheter kan kreve lignende beskyttelse for generatorer med lavere ytelse, for eksempel for beskyttelse av personell og meget lange tilførselskabler.

Ein effektbrytar er ei verneeining som nyttast i elektriske kretsar for å beskytte mot overstraum, kortslutningar og feilstraumar. Den fungerer som ein automatisk brytar som koplar ut straumen når den oppdagar unormale tilhøve i kretsen. Effektbrytarar er viktige for å beskytte utstyr og menneske mot potensielle farar som kan oppstå ved straumfeil. Her er nokre hovudpunkt om effektbrytarar:

- Vern mot overstraum: Effektbrytaren koplar ut straumen når den overstig ein førehandsdefinert verdi, for å hindre overoppheting og skader på utstyr.
- Kortslutningsvern: Den reagerer raskt på kortslutningar, og bryt straumen for å hindre alvorlige skader og farer.
- Automatisk drift: Effektbrytarar er designa for automatisk å kople ut straumen ved feil, og kan ofte tilbakestillast manuelt etter at feilen er retta.
- Variert kapasitet: Dei finst i ulike størelsar og kapasitet for å beskytte små kretsløp i heimen eller store industrielle anlegg.
- Typar: Det finst ulike typar effektbrytarar, inkludert termiske, magnetiske og elektroniske effektbrytarar, kvar med sine spesifikke eigenskapar og bruksområder.

Retureffektvern. NEK 410A-202-pkt 1

Retureffekt og tilbakestrømsvern for AC-generatorer

AC-generatorer for parallelldrift skal ha tidsforsinket vern mot aktiv retureffekt.

*Det anbefales å innstille vernet i området 2 % til 6 % av merkeeffekten til turbiner og området 8 % til 15 % av merkeeffekten til dieselmotorer. *

Et fall i spenning på 50 % skal ikke medføre at retureffektvernet svikter, selv om spenningsreduksjonen kan forandre den mengde retureffekt som er nødvendig for å åpne bryteren.

Retureffektvernet er vanlegvis ein del av skipet si hovudtavle (Main Switchboard), der alle generatorane er kopla til.

Fysisk plassering:

- Inne i hovudtavla: Vernet er ofte innebygd i generatorbrytaren som er montert i hovudtavla. Det overvåkar straum og spenning til/frå generatoren.
- I generatoren sitt kontrollpanel: På nokre skip er vernet plassert i eit separat kontrollskap nær generatoren, særleg dersom det er ein eldre eller spesialbygd installasjon.
- I eit elektronisk vernsystem: På moderne skip kan retureffektvernet vere ein del av eit digitalt generatorstyringssystem, som overvåkar og styrer fleire vernefunksjonar samtidig.

Vernet fungerer automatisk og vil utløyse ein brytar for å kople ut generatoren dersom den byrjar å trekkje effekt.

Eit retureffektvern er ei vernemekanisme for generatorar som hindrar at dei byrjar å fungere som motorar.

Kvifor treng vi retureffektvern?

Generatorar på skip er designa for å produsere elektrisk energi, men dersom noko går gale – til dømes eit spenningsfall eller feil synkronisering – kan generatoren byrje å ta opp straum i staden for å levere den. Då fungerer den som ein motor og trekkjer effekt frå nettet, noko som kan føre til:

- Unødig belasting på drivmaskina (t.d. dieselmotor eller turbin).
- Overoppheting og mogleg skade på generatoren.
- Driftsforstyrringar i kraftsystemet ombord.

Korleis fungerer retureffektvernet?

- Målar retning og størelse på effekten (kW) til generatoren.
- Dersom effekten vert negativ (dvs. straum går tilbake til generatoren i staden for ut), koplar vernet ut generatoren.
- Dette skjer vanlegvis automatisk og raskt for å unngå skade.

Retureffektvern er altså viktig for å sikre stabil drift og beskytte både generatoren og resten av skipet sitt kraftsystem.

Underspenningsvern. NEK 410A-202- pkt. 12.1.

AC og DC -generatorer

For generatorer som arrangeres i parallelldrift med hverandre eller med effekttilførsel fra land, skal det tas forholdsregler for å hindre at generatorbryteren lukker hvis generatoren ikke leverer strøm, og for å hindre at generatoren forblir tilkoplet samleskinnene hvis spenningen bryter sammen.

Hvis det er installert underspenningsutkopling for dette formål, skal denne være momentan når det skal forhindres at bryteren lukkes, men være forsinket av selektivitetshensyn tilsvarende tiden kortslutningsvernet trenger for å klarere feilen (reservevernet).

Underspenningsvern er ei vernemekanisme som overvåkar spenninga i eit elektrisk system og koplar ut ein generator eller forbrukarar dersom spenninga vert for lav. Dette hindrar skader på utstyr og sikrar stabil drift av skipet sitt elektriske system.

Kvifor treng vi underspenningsvern?

- Beskyttar generatoren – Hindrar drift med for lav spenning, noko som kan skade elektriske komponentar.
- Hindrar ustabil drift – Lav spenning kan føre til overoppheting av motorar og anna elektrisk utstyr.
- Hindrar spenningskollaps – Dersom ein generator mistar eksitasjon eller lastfordelinga ikkje fungerer riktig, kan systemet miste spenning og føre til fullstendig straumbrot.

Kvar er underspenningsvernet plassert?

- I hovudtavla – Innebygd i vernrelé som overvåkar spenninga fra generatorane.
- I generatoren sitt kontrollpanel – På nokre skip er det ein del av generatoren sin eigen verneeining.
- I automatiserte energistyringssystem – På moderne skip handterast dette ofte digitalt i eit avansert kontrollsystem.

Korleis fungerer det?

1. Målar spenninga kontinuerleg.
2. Dersom spenninga fell under ei førehandsinnstilt grense (til dømes 85–90 % av nominell spenning), aktiverast vernet.
3. Vernet kan enten:
   - Gi ein alarm, slik at mannskapet kan reagere.
   - Automatisk kople ut belastingar for å beskytte systemet.
   - Stoppe generatoren dersom lav spenning skuldast ein feil.

Overspenningsvern. NEK 410A-202- pkt. 13.1.

Generelt

Kretser fra utstyr som generatorer og eksterne strømkilder skal utstyres med overspenningsbeskyttelse for å unngå skade på tilkoplet utstyr.

Overspenningsvern

Ein skipsgenerator må ha vern mot overspenning, for å sikre trygg og stabil drift av det elektriske systemet om bord.

- Virkemåte:
  - Overspenningsvern beskyttar generatoren og det elektriske systemet mot skadelege spenningstoppar (transientar) som kan oppstå ved lynnedslag, brytaroperasjonar eller feil i systemet.
  - Det fungerer ved å avleie overspenning til jord eller ved å aktivere ein brytar for å kople ut belastinga.
  - Kan også involvere spenningsregulatoren (AVR – Automatic Voltage Regulator), som justerer generatoren sin feltstraum for å halde spenninga innanfor tillatne grenser.
- Plassering:
  - Overspenningsvern er ofte installert i generatoren si kontrolltavle eller hovudtavle.
  - Kan også vere plassert ved kritiske lastpunkt, som i fordelingstavler eller på spesifikke elektriske komponentar som må beskyttast.

Vern mot under- og overfrekvens. NEK 410A-202- pkt. 14

Enhver generator skal være beskyttet mot over- og underfrekvens. Innstillinger av vern mot over- og underfrekvens skal koordineres med systemutførelsen (f.eks. strømstyringssystem (PMS) og/eller nettverkskonfigurasjon)

Vern mot underfrekvens.

- Virkemåte:

- Underfrekvens kan oppstå dersom lasta er for høg i høve til generatoren sin kapasitet, eller dersom det er problem med drivmotoren.
- Vernet overvåkar frekvensen og kan enten gi alarm eller automatisk kople ut generatoren for å unngå skade.
- I nokre høve vil lastavkopling (load shedding) aktiverast for å redusere belastinga og stabilisere systemet.

- Plassering:
  - Underfrekvensvern er typisk integrert i generatoren sitt vernerelé i hovudtavla eller i generatoren sitt styringssystem.

Vern mot overfrekvens.

- Virkemåte:
  - Overfrekvens oppstår vanlegvis dersom drivmaskina (dieselmotoren eller turbinen) går for fort, til dømes grunna feil i drivstoffreguleringa.
  - Vernet overvåkar frekvensen og kan enten gi alarm, redusere drivstofftilførselen, eller kople ut generatoren for å beskytte systemet.
- Plassering:
  - Overfrekvensvern er også plassert i hovudtavla eller i generatoren sitt kontrollsystem.
  - I høve ein dieseldriven generator, kan det også være kopla til motoren sin regulator (governor) for å justere turtalet.

Σ

OPPSUMMERING

Disse verna er avgjerende for sikker drift av ein skipsgenerator. Dei er vanlegvis plassert i hovudtavla og generatoren sitt kontrollsystem, der dei kontinuerleg overvåkar og beskyttar systemet mot farlege forhold.



Ein Schneider MasterPact ACB brytar.

Schneider MasterPact MTZ, ACB (Air Circuit Breaker)

Det er mogleg å nytte ein Schneider ACB (Air Circuit Breaker) som ein del av eit generatorvern på eit skip, men med nokon viktige føresetnadar og avgrensingar.

Schneider ACB kan nyttast som generatorbrytar, men ikkje som *det einaste* vern. Den må inngå som ein del av eit heilskapleg vern- og kontrollsystem. Den er best eigna til:

- Overstraumsvern
- Kortslutningsvern
- Mekanisk fråkopling (selektiv utkopling)
- Kommunikasjon med vernerelè eller kontrollsystem (t.d. generatorstyringssystem)

Korleis fungerer ein Schneider ACB som generatorbrytar?

Ein ACB er i prinsippet ein høgytings effektbrytar som beskyttar straumførande system. Den er gjerne plassert mellom generatoren sin utgang og fordelingstavla (MSB). Den fungerer slik:

1. Vern:

Den innebygde elektronikken (t.d. Micrologic enhet) overvåkar straumen:

- Langtidsvern (overlast)
- Korttidsvern (termisk eller termisk-magnetisk)
- Momentanvern (kortslutning)
- Jordfeilvern (valgfritt)

2. Selektiv utkopling:

Ved feil i systemet (overlast, kortslutning osv.), koplar ACB ut berre den berørte kretsen utan å slå ut heile anlegget. Det gir betre selektivitet, som er viktig på skip.

3. Kommunikasjon og integrasjon:

Moderne Schneider ACB-er som MasterPact MTZ eller MasterPact NW har kommunikasjonsmodular (Modbus, Ethernet) som kan koplast til eit generatorsystem.

Ein ACB gir ikkje komplett generatorvern åleine. Generatorar treng fleire spesialiserte vernefunksjonar:

- Over-/underspenning.
- Over-/underfrekvens.
- Ubalanse.
- Retureffekt.
- Differensialvern (ved parallell drift).
- Overspenning ved lastbortfall.

Disse funksjonane må handterast av eit generatorvern relé, t.d. Schneider MiCOM P3G, Woodward, DEIF, eller ComAp.

På eit skip er det ofte aktuelt med:

1. MasterPact NW-serien

- Robust
- Påliteleg
- Kompatibel med maritime sertifikat (DNV, ABS etc.)

2. MasterPact MTZ-serien

- Ny generasjon med digitale vern, kommunikasjon, og måling
- Kan integrerast med EcoStruxure eller anna energistyringssystem

Oppsummering

Spørsmål	Svar
Kan ACB nyttast som generatorvern på skip?	Ja, som del av vern- og brytarsystem
Type ACB som kan nyttast?	MasterPact NW eller MTZ med maritim godkjenning
Gir ACB komplett generatorvern?	Nei, den må supplerast med eit generatorvern relé.
Korleis virkar den?	Detekterer overstraum/kortslutning og koplar ut, kommuniserer med overordna system

ABB Vakuum Circuit Breaker VD4-MG

ABB VAKUUM CIRCUIT BREAKER VD4-MG

ABB VD4 er ein av verdas mest nytta og anerkjende mellomspennings vakumbrytarar, og den finst i mange variantar for industri, energi og marine installasjonar. Den er spesielt godt eigna til krevande miljø der påliteligheit og tryggleik er avgjerande – som på skip og offshore.

Hovudeigenskapar for VD4.

Eigenskap	Detaljar
Type	Innandørs mellomspennings vakuumbrytar (VCB)
Spenning	7,2 – 12 – 17,5 – 24 – 36 kV (opp til 46 kV for spesialmodellar)
Merkestraum	630 A – 4000 A (med kjøling)
Kortslutningsyting	Opptil 50 kA bryteevne
Driftstype	Elektrisk, manuell eller fjernstyrt
Montering	Fast eller uttrekkbar, i skap eller tavle (AIS)
Levetid	30 000 mekaniske operasjonar (IEC-standard), >10 000 elektriske
Vernegrad	IP4X typisk i skap, sjølve brytaren har lavare IP
Miljø	Designa for krevande drift – inkl. marine og offshore

Marine og offshore-applikasjonar.

VD4 er tilgjengeleg i variantar og pakkar som er DNV- og ABS-godkjende for bruk på:

- Skip.
- Offshore plattformar.
- Marine tavleanlegg (både hovud- og naudtavler).
- Høgspent tilkopling av generatorar eller landstraum.

ABB tilbyr marinegodkjend switchgear, som t.d. UniGear ZS1, der VD4 er standard vakumbrytar.

Fordelar

- Vakumteknologi: Ingen gass (t.d. SF_6), miljøvennleg og minimalt vedlikehald
- Lang levetid: Høg mekanisk og elektrisk sykluskapasitet
- Modulær: Enkel integrasjon i eksisterande tavler og AIS
- Elektroniske vernerelè (t.d. med Ekip eller REF542plus)
- Digitalisering: Kan leverast med sensorikk, kommunikasjon og tilstandsovervåking (IEC 61850, Modbus etc.)

Typiske bruksområder.

- Høgspent generatorvern.
- Tilkopling til landstraum på skip.
- Nettkopling på offshore-installasjonar.
- Industrinett med høge krav til selektivitet og bryteevne.
- Naudtavler i marineanlegg (når mellomspenning krevst).



ABB vakuum generatorbrytar VD4.
Foto: ABB

ABB generatorbrytar HD4 (med SF6 gass)

ABB GENERATORBRYTAR HD4 (MED SF6 GASS)

ABB HD4 er ein innandørs effektbrytar for mellomspenning (opptil 36 kV), som nyttar SF_6-gass (svovelheksafluorid) som isolasjons- og lysbogeslukkingsmedium. Den kan leverast som fastmontert eller uttrekkbar eining, og installerast ofte i kapsla brytaranlegg.

HD4 består hovedsakleg av følgjande delar:

Komponent	Skildring
1. Brytarpolar	Tre separate polar (éin per fase), fylt med SF_6-gass.
2. Lysbogeslukkingskammer	Inne i kvar pol, der lysbogen dannast og slukkast ved åpning av kontaktane.
3. Hovudkontaktar	Sølvbelagde koparkontaktar for straumføring.
4. Rørslemekanisme	Mekanisk fjørutløysar som åpnar/lukkar brytaren. Kan vere manuell eller motorisert.
5. Styringsmekanisme	Inkluderer åpnings- og lukkefjør, motor for opplading, åpningsspole og lukkespole.
6. Mekaniske indikatorar	Visar brytarstilling: PÅ, AV, UTKOPLA.
7. Tilkoplingspunkt	For høgspenningstilkopling og styresignal.
8. Gasskammer og trykkmålar	Viser SF_6-trykk og gasslekkasjetilstand.

Virkemåte:

Lukking av brytaren.

1. Lukkefjøra ladast (manuelt eller elektrisk).
2. Når ein lukkeimpuls gis, utløysast fjøra og lukkar hovudkontaktane.
3. Straumen leiast gjennom dei lukka kontaktane i dei tre SF_6-fylte polane.

Åpning av brytaren (feil eller kontrollert utkopling).

1. Ein åpningsimpuls (frå vern eller kontrollsystem) utløyser åpningsfjøra.
2. Kontaktane åpnast raskt, og lysboge dannast mellom dei.

3. SF_6-gass slukkar lysbogen:
   - Når kontaktane separerast, utvidar lysbogen seg i gasskammeret.
   - SF_6-ionane absorberer energien og kjølar lysbogen ned raskt.
   - Lysbogen slukkast før neste straumnull (i løpet av nokre millisekund).
   4. Brytaren står no i åpen posisjon.

Eigenskapar og fordelar:

Eigenskap	Forklaring
Isolasjon og slukking	SF_6 har høg dielektrisk styrke og utmerka lysbogeslukkingsevne.
Lang levetid	Typisk over 10 000 mekaniske operasjonar, høg elektrisk levetid.
Lav vedlikehalds frekvens	Takka vere lukka SF_6-system og robust mekanikk.
Høg yting	Kortslutningsbryteevne opp til 31,5 kA eller meir.
Modulær design	Kan integrerast i mange tavletypar og kopblingsanlegg.

Ulemper og hensyn:

- **Miljøskadeleg SF_6-gass** – Krev lekkasjekontroll og spesialhandtering ved vedlikehald.
- Ikkje eigna for alle installasjonar pga. framtidige reguleringar mot SF_6.
- Ikkje like vedlikehaldsfri som moderne vakuumbrytarar (som VD4).

SF_6-brytarar (begrensa bruk)

Nyttast **kun unntaksvis** i marine anlegg i dag grunna:

- Høgt globalt oppvarmingspotensial (GWP).
- Strengare miljøreguleringar (EU forbyr SF_6 i mange samanhengar framover).
- Krev lekkasjedeteksjon og gjenfyllingssystem.



ABB generatorbrytar HD4

Generatorvern Schneider Sepam 80 serie

GENERATORVERN SCHNEIDER SEPAM 80 SERIE

Schneider Sepam 80 er ein serie av digitale vern- og kontroll relé som nyttast for vern, måling og styring av elektriske lav- og mellomspenningssystem.

Sepam står for:

"Système Électronique de Protection et d'Automatisme Modulaire"

Det er Schneider Electrics modulære, mikroprosessorbaserte vernsystem, utvikla for å beskytte og overvåke:

- Krafttransformatorar
- Motorar
- Generatorar
- Kablar og linjer
- Fordelingstavler (ACB/MCCB)
- Synkronisering og lastdeling (i nokre versjonar)

Typiske funksjoner i Sepam-relé:

Funksjon	Forklaring
Overstraumsvern (50/51)	Beskyttar ved høg straum og kortslutning
Jordfeilvern (51N/67N)	Beskyttar mot jordfeil
Motorspesifikt vern (M-serie)	For termisk og mekanisk vern av motorar
Transformatorvern (T-serie)	Inkluderer overbelasting, differensialvern osv.
Generatorvern (G-serie)	T.d. spenning, frekvens, effektretning, synkronisering
Måling og logging	Visar straum, spenning, effekt, frekvens osv.
Alarm og hendingslogg	Tidsstempla hendingar, inkludert forutgåande måleverdiar
Kommunikasjon	Støtte for Modbus, Ethernet, IEC 61850 (avhengig av modell)

Sepam G87, spesielt som **generatorvern.**

DØME PÅ BRUK:

I eit høgspenningsanlegg om bord på skip kan Sepam nyttast saman med effektbrytarar for å:

- Detektere overstraum og jordfeil.
- Automatisk kople ut ved feil.
- Gi informasjon til operatør via skjerm eller SCADA.
- Logge forløp og verdiar ved feil.
- Beskytte motorar (kjøling, thrustarar, ballastpumper).

Fordelar med Sepam:

- Påliteleg og robust.
- Enkel handtering via frontpanel eller PC (SFT2841-programvare).

- Utvida kommunikasjon med automasjonssystem.
- Stor fleksibilitet – éin modell kan nyttast til mange formål.
- Maritime godkjenningar tilgjengeleg (DNV, ABS, BV m.fl.).

Her er eit døme på ein typisk konfigurasjon av Schneider Sepam G87 som generatorvern i eit mellomspenningsanlegg på eit skip:

Sepam G87 – Generatorvern konfigurasjon:

Systemoversikt

- Generator: 6,6 kV, 1500 kVA.
- Tilkopla til tavle via effektbrytar.
- Sepam G87 installert som vern og måling.
- Straum- og spenningstransformatorar tilkopla Sepam.

Vernefunksjoner (ANSI-koder):

Funksjon	ANSI-kode	Skildring
Overstraum	50/51	Beskyttar mot fasefeil og kortslutning
Jordfeil	50N/51N	Detekterer jordfeilstraum
Overspenning / underspenning	59 / 27	Beskyttar mot spenningsavvik
Overfrekvens / underfrekvens	81O / 81U	Beskyttar mot frekvensavvik i nettet
Retureffektvern	32R	Hindrar at generator byrjar å ta inn kraft
Overspenning mellom fase og jord (59N)	59N	Isolasjonsovervåking mot jord
Spenningsdifferanse før innkopling	25	Synkroniseringskontroll før parallellkopling
Differensialvern *(dersom støtta)*	87G	Beskyttar mot indre feil i generatoren
Overtemperatur / statusinngangar	49	Termisk vern via PT100 (ekstern inngang)

Tilkoplingar:

Signaltype	Tilkopla til Sepam
CT-ar (straumtransformatorar)	Fase A, B, C (sekundærstraum 1 A eller 5 A)
VT-ar (spenningstransformatorar)	Fase A-B-C og eventuelt N
Digital inngang	For status frå brytar, naudstopp, temperaturfølar
Utgangar (relé)	Koplar ut brytaren ved feil, sender alarm
Kommunikasjon	Modbus, Ethernet eller IEC 61850 (dersom konfigurert)

Programvarekonfigurasjon (SFT2841):

Når du konfigurerer Sepam via PC og programmet SFT2841, gjer du typisk:

1. Velg applikasjonstype: Generatorvern (Sepam G87 har førehandsvalgt applikasjon)
2. Konfigurer inngangar og utgangar
3. Set terskelverdiar og tid for kvart vern
   - T.d.:
     - 51 (Overstraum): 120% In, T = 0,5 s
     - 32R (Retureffekt): -5% Sn, T = 2 s
4. Velg logikk for relèutgangar (t.d. kople ut ved 51 eller 32R)
5. Test konfigurasjonen og last opp til Sepam via USB eller RS485

Display og overvåking.

Sepam-panelet viser:

- Sanntidsstraum og spenning (A, V)
- Aktiv og reaktiv effekt (kW/kVAR)
- Frekvens (Hz)
- Varslar og alarmar
- Hendingslogg og feilkoder

Ekstra funksjonar som kan aktiverast:

- Automatisk tilbakekopling (auto-reclosing)
- Synkroniseringsmodul (med ekstern eining, t.d. Sepam T25)
- Lastdeling (ved kommunikasjon med DEIF, Woodward eller parallellregulator)

Σ

OPPSUMMERT:

Sepam G87 er svært godt eigna som generatorvern i mellomspenningssystem, med eit bredt spekter av funksjonar og fleksibel konfigurering. Den koplast til effektbrytar, straum-/spenningstransformatorar og gir både vern og overvåking i éi eining.



DEIF MVR-G215 generatorvern-relé

DEIF MVR-G215 GENERATORVERN-RELÉ

DEIF MVR-G215 generatorvern-relé, spesielt eigna for små til mellomstore generatorar, med fokus på funksjonar, tilkoplingar, godkjenningar og bruksområder:

Nøkkelfunksjonar

- 5 strauminngangar (0,2–10 A), 4 spennings inngangar (1–480 V RMS)
- 3 digitale inngangar + 5 reléutgangar (4 NO, 1 CO) + 1 IRF utgang

- Kommunikasjon: Ethernet & RS-485, protokollar som Modbus TCP/RTU, IEC 61850 v1, IEC 60870-5/104/103/101, DNP3, SPA
- Event- og feillogg: 15 000 hendingar, 100 forstyrringsopptak
- 3 utvidingsspor for ekstra I/O, kommunikasjons kort, RTD-temperatur, lysbogevern m.m.
- Raske responstider – typisk utkopling under 50 ms – ideelt for generatorvern.

Vernefunksjonar (ANSI/IEC)

Frå produktarket og data ark:

- Straumvern: 50/51 (fase), 50N/51N (jord)
- Spenningsvern: 27, 59, 59N
- Frekvensvern: 81U/O
- Generator-spesifikt: retureffekt 32, straumubalanse 46, over/underspenning, overeksitasjon 24, differensialvern 87G, temperatur 49M etc.

Tilkoplingsmoglegheiter

Installasjonsinstruksjonar viser typisk oppsett:

- 3 eller 4 VT'er (fase–nøytral + nullsekvens)
- 3 fasestraums-CT-er + residual CT
- Digital inngang: brytarposisjon eller tripp-kommando
- Reléutgangar: tripping kommandoar til brytar
- Utvidingar for RTD-temp eller straum-utganger

Marine nødvendigheiter.

- Klassa godkjenning frå DNV, GL, LR, ABS, CCS, RINA, UKCA med fleire.
- Designa for drift i marine og offshore miljø, høg driftstryggleik og toleranse for vibrasjonar, temperatur og fukt.

Samanfatning.

DEIF MVR-G215 er eit fleksibelt og kraftig generatorrelé som kombinerer:

- Omfattande vernefunksjonar.
- Rask responstid.
- Modulær utbygging (I/O, RTD, lysbogeslukking, redundant kommunikasjon).
- Marine godkjenningar.
- Rikelege kommunikasjonsmoglegheiter (IEC 61850, Modbus, DNP, etc.).

Passar svært godt i tavlesekundære system til generatorar i skip.

Skildring av viktige tilkoplingar:

1. Spenningstransformatorar (VT)
   - L1–L3 eller L–N for kvar fase til spennings inngang V1–V3 på reléet.
   - Null-sekvens VT (valgfritt) til V0, for jordfeilovervåking

2. Straumtransformatorar (CT)
   - Fase-CT-er koplast til I1–I3 for faseoverstraum og ubalanse.
   - Residual CT (4. CT) til I0 for jordfeil- og differensialberekningar.

3. Digitale inngangar (DI)
   - Til dømes status frå effektbrytar (lukka/åpen). Kan også koplast til alarm eller modustastar.

4. Reléutgangar (DO)
   - 4× NO (normalt åpne) og 1× CO (vekselkontakt) kan programmerast til å sende trippsignal til brytar, eller til å gi alarm, synkronisert signal og meir.

5. Kommunikasjon
   - RS-485 (Modbus RTU), Ethernet (Modbus TCP, IEC-61850), eller andre protokollar med tilleggskort

6. Straumforsyning og jord
   - Reléet kan drivast med DC 24-48 V eller DC 100-125 V, og jordingspunkt for skjerm/vugge.


DEIF
Q0
Q1
Q9
OK

Kap 18 PMS (Power Management System)

PMS-styring (Power Management System)

PMS-STYRING (POWER MANAGEMENT SYSTEM)

PMS (Power Management System) er eit automatisk kontrollsystem som nyttast på skip for å overvåke og styre straumproduksjon og fordeling. Systemet sikrar at:

- Generatorane fordelar lasta jamnt.
- Riktig antal generatorar er i drift basert på straumbehovet.
- Effektfaktoren (cos φ) haldast innanfor optimale verdiar.
- Spenninga og frekvensen forblir stabil.
- Generatorar startast og stoppast automatisk for å optimalisere drivstofforbruk.

PMS bidreg altså med effektiv drift og energisparing om bord.

Korleis virkar PMS

PMS fungerer ved å overvåke og styre følgjande parameter på hovudtavla:

1. Straumforbruk og lastfordeling (kW).
   - PMS fordelar lasta likt mellom generatorane for å unngå overbelasting av éin enkelt generator.
2. Reaktiv effekt (VAr) og effektfaktor (cos φ).
   - PMS overvåkar reaktiv effekt og justerer eksitasjonen (magnetiseringa) på kvar generator for å halde effektfaktoren innanfor 0,8 – 0,95.
   - Dersom éin generator produserer for mykje eller for lite reaktiv effekt, vil PMS automatisk justere eksitasjonen for å balansere systemet.
3. Automatisk inn- og utkopling av generatorar.
   - Dersom lasta aukar over ei viss grense (t.d. 80 % av kapasiteten på ein generator), startar PMS automatisk ein ekstra generator.
   - Dersom lasta synk (t.d. under 30 % kapasitet), vil PMS stoppe éin generator for å spare drivstoff.
4. Overvåking av spenning og frekvens.
   - PMS regulerer spenninga (t.d. 440V eller 690V) og frekvensen (50Hz eller 60Hz) ved å kontrollere AVR (Automatic Voltage Regulator) og motorhastigheita.

Korleis nyttar ein PMS i praksis

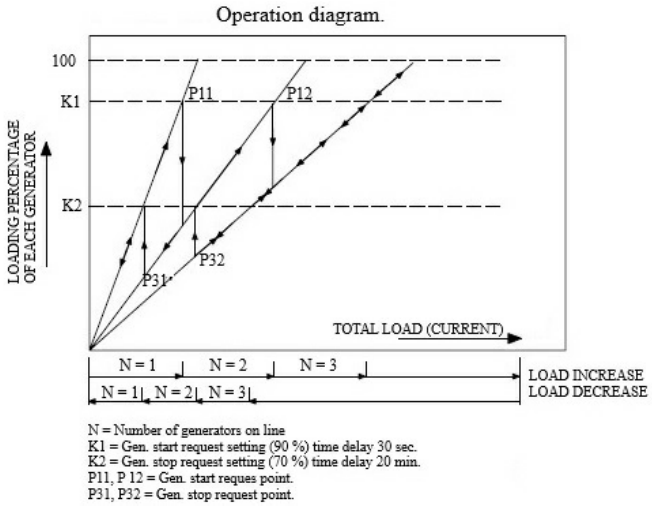
Scenario 1: Auka straumforbruk → PMS startar ny generator

- Skipet nyttar éin generator, men lasta aukar frå 60 % til 85 %.
- PMS registrerer auken og startar automatisk ein ekstra generator for å fordele lasta.
- Begge generatorane vil no køyre på rundt 42–45 % belasting, noko som er meir effektivt.

Scenario 2: Lav last → PMS stoppar ein generator

- To generatorar er i drift, men lasta synk til 20 % per generator.
- PMS registrerer dette og stansar éin generator for å spare drivstoff.

Her er eit døme med tre generatorar, dette er henta frå ressursheftet «Sidus».



Scenario 3: Reaktiv effekt ubalanse → PMS justerer eksitasjon.

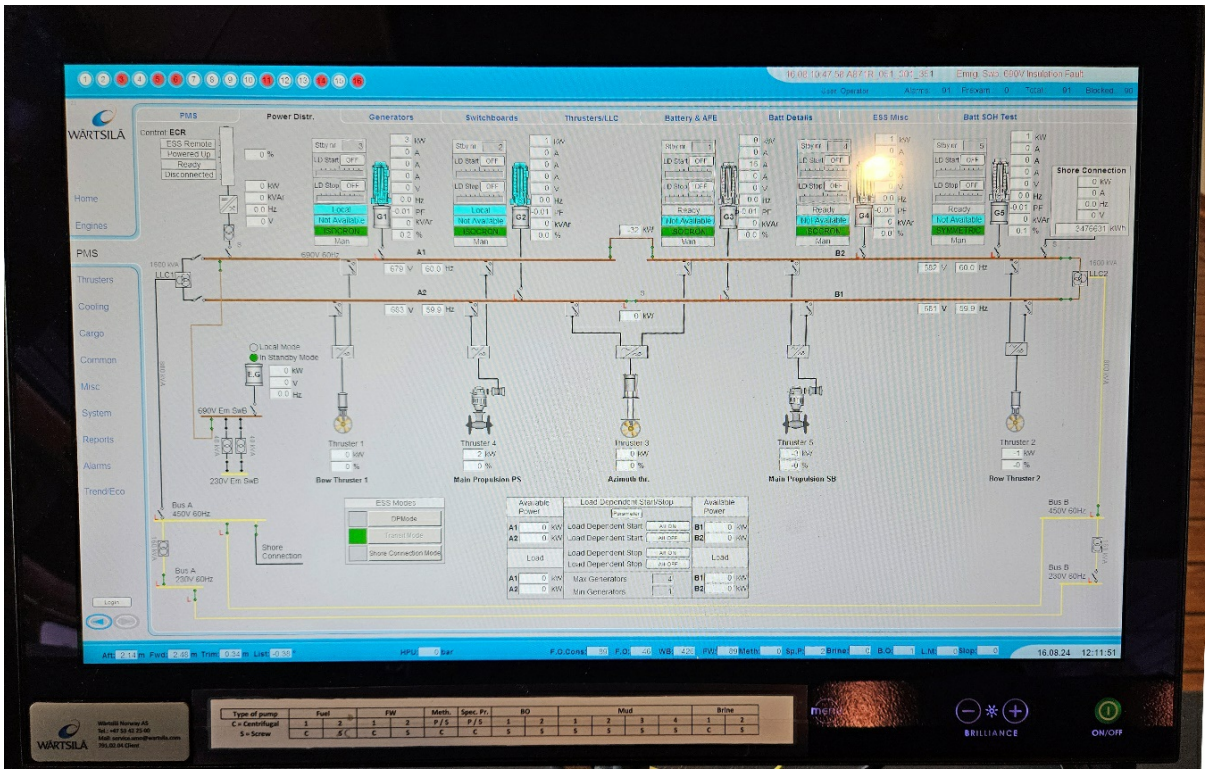
- Generator 1 produserer for mykje reaktiv effekt (VAr-meteret er høgt).
- Generator 2 trekkjer reaktiv effekt frå nettet (VAr-meteret er negativt).
- PMS oppdagar ubalansen og justerer eksitasjonsstraumen slik at begge generatorane produserer lik reaktiv effekt.

Fordelar med PMS-styring
- Balansert lastfordeling → Hindrar overbelasting av éin generator.
- Lavare drivstofforbruk → Stenger ned unødige generatorar.
- Optimal effektfaktor → Justerer reaktiv effekt automatisk.
- Stabil spenning og frekvens → Unngår spenningsfall og frekvensvariasjonar.
- Redusert slitasje → Generatorane slitast jamnare fordi PMS fordelar drifta over tid.

Σ

KONKLUSJON

- PMS er eit automatisk system som styrer generatorane for å oppnå ei effektiv og stabil kraftforsyning.
- Det handterar lastfordeling, eksitasjonsjustering, spenningskontroll og automatisk generatorstyring.
- PMS reduserer drivstofforbruk, generatorbelasting og risiko for feil i det elektriske systemet.



Generell skildring

Vi går litt djupare i stoffet og prøvar å forklare det meir.

Power Management System (PMS) overvåkar elektriske måleverdiar, status på effektbrytarar og dieselmotorar for å muliggjere sikker og effektiv drift av kraftanlegget.

Systemet har funksjon for lastavhengig start/stopp, som automatisk regulerer antal dieselgeneratorar (DG) i drift basert på aktivt effektuttak.

For å unngå overbelasting ved oppstart av store lastar, nyttast funksjon for tunglastkontroll. Dersom tilgjengeleg effekt er utilstrekkeleg, blokkerast oppstart av tunge forbrukarar. Ved førespurnad om oppstart utan tilstrekkeleg tilgjengeleg effekt, vil PMS initiere standby-start av neste tilgjengelege DG.

Laststyring anvendast på hovudforbrukarar for å beskytte mot overbelasting ved raske lastendringar eller bortfall av generator.

DG-lastfordeling (load sharing) styrer last og frekvens i samsvar med vald driftsmodus (t.d. droop eller isokron modus).

Ved total eller delvis blackout vil PMS automatisk starte og tilkople dieselgeneratorar, samt gjeninnkople effektbrytarar med underspenningsutløysing. Automatisk gjenoppretting (blackout recovery) av elektriske motorar aktiverast i denne prosessen.

Utvalde brytarlåsingar (interlocks) kan vere implementert i ICMS (Integrated Control and Monitoring System) for å hindre uautoriserte koplingar mellom hovudtavler.

PMS støttar alle variantar av bus-tie-konfigurasjonar. Ved åpne bus-ties opererer systemet som to uavhengige PMS-einingar. Ved samankopla tavler fungerer PMS som eit samla system.

Kraftstyringsfilosofi

Ei påliteleg kraftforsyning er avgjerende under kritiske operasjonar om bord. Hovudfunksjonen til Power Management System (PMS) er å styre kraftproduksjonssystema på ein sikker, påliteleg og kostnadseffektiv måte, tilpassa fartøytypar. Systemet nyttar seg av feilsikre kraftstyringsstrategiar som sikrar høgt tilgjenge av elektrisk kraft under alle driftstilhøve.

PMS utfører følgjande funksjonar

1. Overvåking og handtering av dieselmotorar/generatorsett:
   PMS overvåkar kontinuerleg tilstanden til kvar enkelt dieselmotor og generatorsett, og startar eller stoppar einingar basert på alarmtilstandar og målte systemparameter.
2. Lastfordeling:
   PMS styrer lastfordeling mellom generatorsetta i samsvar med vald lastdelingsmodus (t.d. droop, isokron).
3. Automatisk start/stopp basert på belasting:
   Systemet overvåkar belastinga på nettet og startar eller stoppar generatoren etter behov for å oppretthalde tilstrekkeleg tilgjengeleg effekt. Dette gjerast samtidig som unødig høg tilkopla kapasitet vert unngått.
4. Sikring av kraft til tunge forbrukarar:
   PMS sørger for at det til ei kvar tid er tilstrekkeleg kraft tilgjengeleg for drift av tunge forbrukarar (heavy consumers).
5. Rask lastreduksjon (Load shedding):
   Ved overbelasting av generatorar aktiverer PMS rask reduksjon av last, spesielt på boretransformatorar og andre store forbrukarar.

Ein av kjernefunksjonane til PMS er å hindre straumbrot ved å unngå overbelasting av det elektriske kraftsystemet. Systemet er også i stand til å reagere raskt på plutselege overlastsituasjonar som følgje av uventa bortfall eller stopp av generatorar.

Driftsmodusar

Følgjande driftsmodusar er tilgjengelege:

- Fjernstyrt, automatisk:
  Basert på automatiske signal utan manuell inngripen.
  - Dieselgeneratorstyring i STANDBY
  - Tunge forbrukarar (heavy consumers) kontroll: PÅ
  - Lastavhengig start: PÅ
  - Lastavhengig stopp: PÅ

- Fjernstyrt, manuelt initiert:
  - Dieselgeneratorstyring i STANDBY eller IKKJE STANDBY
  - Tunge forbrukarar kontroll: PÅ eller AV
  - Lastavhengig start: PÅ eller AV
  - Lastavhengig stopp: PÅ eller AV.

- Lokal kontroll:
  Manuell handtering lokalt på generatorpanel eller styresystem.

!

MERK

«Fjernstyrt, automatisk» er definert som normal driftsmodus.

Dieselmotor – styring og overvåking

Hovudfunksjonar for kontroll og overvåking av dieselmotor:

- Fjernstart og -stopp.
- Berekning av driftstimar.
- Standby/primærval.
- Lastavhengig start og stopp basert på effekt (kW) og/eller straum.
- Start ved blackout.
- Standby-start ved alarm på aktiv generator.
- Kontroll av hjelpesystem (diesel auxiliary control).
- Alarmsperre (alarm suppression).
- Avvik i eksosgass (exhaust gas deviation).
- Motortryggleiksvern.
- Alarmhandtering og motorovervåking.

Tavlekontroll

Hovudfunksjonar for tavlestyring:

- Effektbrytarstyring
- Lastavhengig start/stopp
- Førebygging av blackout
- Gjenoppretting etter blackout
- Lastfordeling
- Signalvalidering og feilhandtering
- Alarm og overvåking av tavleanlegg

Lastfordeling (Load-sharing)

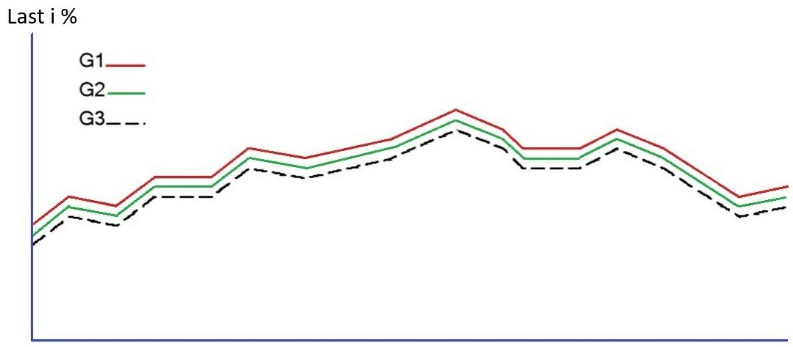
Dieselgeneratorane sine hastigheitsregulatorar støttar to lastfordelingsmetodar:

- Isokron lastfordeling:
  Frekvensen haldast konstant med hjelp av generatoren sin innebygde hastigheitsregulator. Systemet opererer i symmetrisk lastfordelingsmodus, der last fordelast jamnt mellom aktive generatorar.

- Kompensert droop-lastfordeling:
  Frekvens og last (kW) styrast av PMS via signal til kvar enkelt hastigheitsregulator.
  I droop-modus kan operatør velge mellom følgjande fire driftsmodusar:
  1. Symmetrisk modus – jamn lastfordeling
  2. Asymmetrisk modus – ulik last etter prioritet
  3. Fast modus – fordeling etter førehandsdefinert lasteprofil
  4. Manuell modus – operatørstyrt fordeling

Symmetrisk lastfordeling

Ved parallell drift fordelast lasta likt mellom aktive generatorar.
Ei lita daudsone (dead band) på ca. 2 % av nominell effekt er implementert for å hindre kontinuerleg regulering og ustabilitet.



Symmetrisk lastdeling

Asymmetrisk lastfordeling

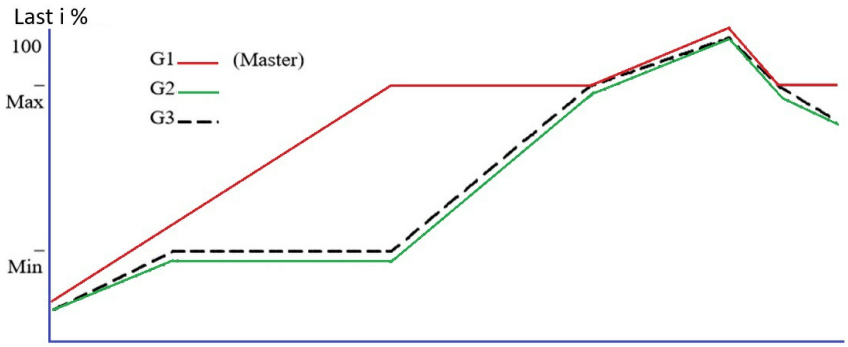
Hensikta med funksjonen for asymmetrisk lastfordeling er å forbrenne opp karbonavleiringar som oppstår ved drift med lav belasting på dieselmotorane.

I asymmetrisk modus vil éin generator (master) belastast i samsvar med verdien opplyst i innstillinga "*Asymmetric main load*", medan dei øvrige generatorane (slavar) delar den resterande lasta seg imellom.

Generatorane roterast som master etter eit førehandsdefinert tidsintervall, slik at kvar generator periodisk vert hovudgenerator med høgare belasting.

Dersom lasta på ein slavegenerator fell under minimumsverdien definert i "*Asymmetric top-up minimum*" (denne verdien kan justerast av autoriserte brukarar), vil lasta på mastergeneratoren reduserast.

Dersom total last på slavegeneratorane overstig verdien opplyst i "*Asymmetric main load*", vil systemet automatisk gå over til symmetrisk lastfordeling mellom alle generatorar.



Asymmetrisk lastfordeling

Fast last (Fixed Load)

Vedlikehaldskrav kan gjere det nødvendig å køyre ein generator med jamn og konstant belasting. Dette vert oppnådd ved å sette generatoren i fast lastfordelingsmodus (Fixed Load).

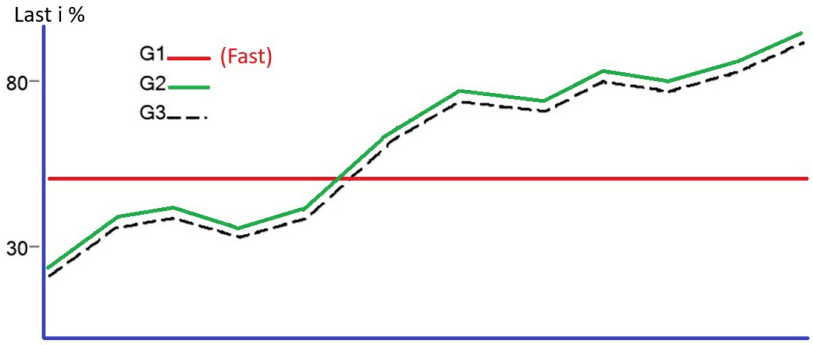
I denne modusen settast ønska lastverdi manuelt av operatøren, og PMS opprettheld denne verdien kontinuerleg.

!

MERK

Fast lastmodus kan ikke aktiveres dersom den totale anleggslasten er lavere enn den definerte minimumsverdien for oppstart av ny generator. (Top-up minimum*).

Ved valg av fast lastmodus vil ein generator som er i standby automatisk skifte status til ikkje standby (Not Standby) og aktiverast i samsvar med vald fast lastverdi.



Fast last deling

Kva betyr «Top-up minimum»?

Den minimale mengda ekstra kraft (last eller generatorkapasitet) som må vere tilgjengeleg for å oppretthalde stabil drift når ei auke i forbruk skjer.

Forklart enkelt:

Tenk deg at systemet køyrer på 70 % av kapasiteten. Dersom ei ny last (t.d. ei kran, thrustarar eller baugpropell) skal koplast inn, må PMS sørge for at det er nok "headroom" eller margin til å handtere dette utan at generatorane blir overbelasta.

- Top-up minimum er då terskelen for kor mykje kapasitet som må ligge i reserve (eller tilgjengeleg backup) før nye belastingar kan tillatast.
- Dersom kapasiteten ikkje er over Top-up minimum, kan PMS nekte å kople til meir last eller automatisk starte opp ein ekstra generator.

DØME

- Skipet opererer med éin generator.
- Fast last = 500 kW.
- Top-up minimum = 100 kW.
- Dersom ny last på 150 kW skal koplast til, må det vere minst 100 kW ledig.
- Dersom tilgjengeleg kapasitet er lavare, vil PMS kanskje starte ein ekstra generator **før** ny last tillatast.

Manuell lastfordeling (Manual Load-Sharing)

Når manuell lastfordeling er aktivert for ein dieselgenerator, kan operatøren gi direkte kommandoar for auke eller reduksjon av hastigheit (speed up/down) til generatoren sin hastigheitsregulator (governor) via operatørstasjonen.

I denne modusen utfører ikkje PMS nokon aktiv lastfordeling for den aktuelle generatoren.

!

MERK

Ved val av manuell lastfordeling endrast generatoren sin status automatisk frå standby til ikkje standby.

Reaktiv lastfordeling (Reactive Load-Sharing)

For både dieselelektriske og konvensjonelle fartøy køyrast automatisk spenningsregulator (AVR) normalt i droop-modus, noko som gir stabil og balansert deling av reaktiv effekt mellom samankopla generatorar.

PMS overvåkar både spenning og reaktiv lastfordeling som utførast av AVR, og vil varsle operatøren ved feil, avvik eller funksjonssvikt i systemet.

Lastavhengig start/stopp, inkludert standbyprioritet

PMS styrer antal dieselgeneratorar tilkopla hovudtavla. Målet er å sikre at faktisk belasting dekkast av eit hensiktsmessig antal generatorar. Dette for å:

- oppretthalde ei sikker margin av tilgjengelig effekt ved rask lastauke eller bortfall av éin generator,
- samt oppnå optimal energiutnytting og drivstofføkonomi.

For å aktivere funksjonen for lastavhengig start/stopp, må funksjonane aktiverast i prosessbildet for kraftstyring, og ønska antal dieselgeneratorar må settast i standby-modus. Enkelte parameterverdiar kan vere låst for brukarar utan autorisasjon.

Styringa baserer seg på belastingsprosent (kW) på hovudtavla. Det er definert to sett med terskelverdiar for start, kvar med ulik tidsforsinking (delay).

Lastavhengig start kan også utløysast dersom straumforbruket overstig ei førehandsdefinert grense i ei gitt tidsperiode – dette gjeld individuelt per dieselgenerator.

Lastavhengig stopp initierast dersom forventa last (kW) på gjenverende aktive generatorar etter stopp, er lavare enn terskelverdien for stopp (stop limit).

Ved drift med separert hovudsamleskinne (split bus-bar) vil lastavhengig start/stopp-funksjonen operere uavhengig for kvar seksjon, og styre antal generatorar separat per buss.

Effektbegrensing / Lastreduksjon

Funksjonen for effektbegrensing og lastreduksjon er implementert for å hindre overbelasting og utkopling (trip) av generatorar. PMS bereknar ein maksimal tillaten last for ulike forbrukarar basert på tilgjengeleg kapasitet.

Følgjande del-funksjonar er inkludert:

- Begrensing av lastauke hos forbrukarar, basert på tilgjengeleg kapasitet på samleskinne (bus).
- Lastreduksjon basert på gjennomsnittleg belasting på samleskinna.
- Lastreduksjon basert på individuell generatorbelasting (kW).
- Lastreduksjon basert på individuell generatorstraum (A).
- Lastreduksjon ved lav frekvens på samleskinna.
- Lastreduksjon ved utkopling (trip) av generatorbrytarar eller samleskinnebrytarar (bus tie breaker).

Effektbegrensing og lastreduksjon realiserast ved at PMS sender signal med maks tillaten effekt (kW) til dei relevante forbrukarane.

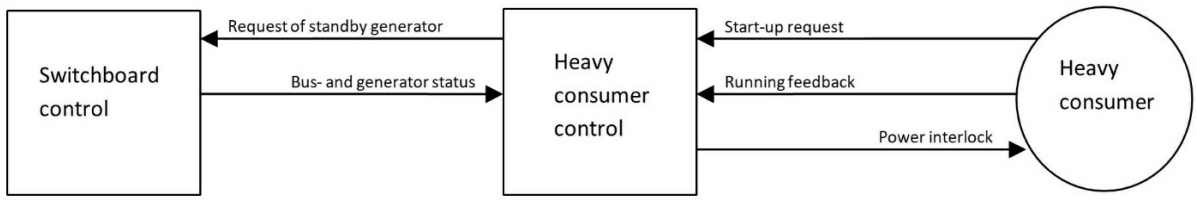
Forbrukarkontroll:

Startblokkeringsfunksjon for tunge forbrukarar.

Funksjonen for tunge forbrukarar (Heavy Consumers) handterer sikker og effektiv tilkopling av forbrukarar med høg effektlast, og utfører følgjande operasjonar:

- Overvåkar status for samleskinne (bus) og tilkopla generatorar.
- Overvåkar parameter som definerer oppstarts begrensingar for kvar enkelt tung forbrukar.
- Sender førespurnad om oppstart av standby-generatorar ved behov, basert på belastingstilhøve.
- Styrer tilstandslogikk (interlock status) for å hindre tilkopling av tunge forbrukarar dersom tilgjengeleg effekt er utilstrekkeleg.

Styring av tunge forbrukarar handterast internt i PMS.



Styring av tunge forbrukarar handterast internt i PMS.

Funksjonen for startblokkering av tunge forbrukarar kan slås av og på. Dersom den er "av", vil dei tunge forbrukarane ikkje ha nokon oppstarts restriksjonar.
Kvar definerte tunge forbrukar vil ha eigne parameterinnstillingar som opplyser om kva for oppstarts begrensingar som gjeld.

Disse begrensingane er basert på:

- ledig kapasitet på bus baren (spare capacity), og/eller
- antal generatorar som er kopla til bus baren.

Tunge forbrukarar er normalt i ei straumlåst tilstand (power interlocked), styrt frå PMS.
I tillegg må nett-frekvensen vere over ein førehandsdefinert verdi (t.d. 58 Hz) før ein tung forbrukar tillatast starta.

Denne funksjonen er avgjerende for å hindre overbelasting av kraftsystemet ved plutseleg påslag av store lastar, og er tett integrert med PMS' lastfordelings- og blackout-førebyggingsfunksjonar.

"Heavy consumers" refererer typisk til store elektriske belastingar om bord, som:

- Thruster-system
- Kranar
- Ballastpumper
- Baugpropellar

Disse må ofte styrast nøye for å unngå overbelasting – og det er altså PMS som sørger for å koordinere dei.

Blackout-gjenoppretting (Blackout recovery)

Blackout registrerast normalt med hjelp av eit digitalt signal kombinert med spenningsmåling frå hovudtavla (switchboard). Ein blackout bekreftast i PMS når begge indikasjonar viser at bus-baren er spenningslaus – det vil seie at det digitale signalet er aktivt og spenninga er under ein førehandsdefinert grenseverdi.

Gjenoppretting av hovudtavle (Main switchboard recovery)

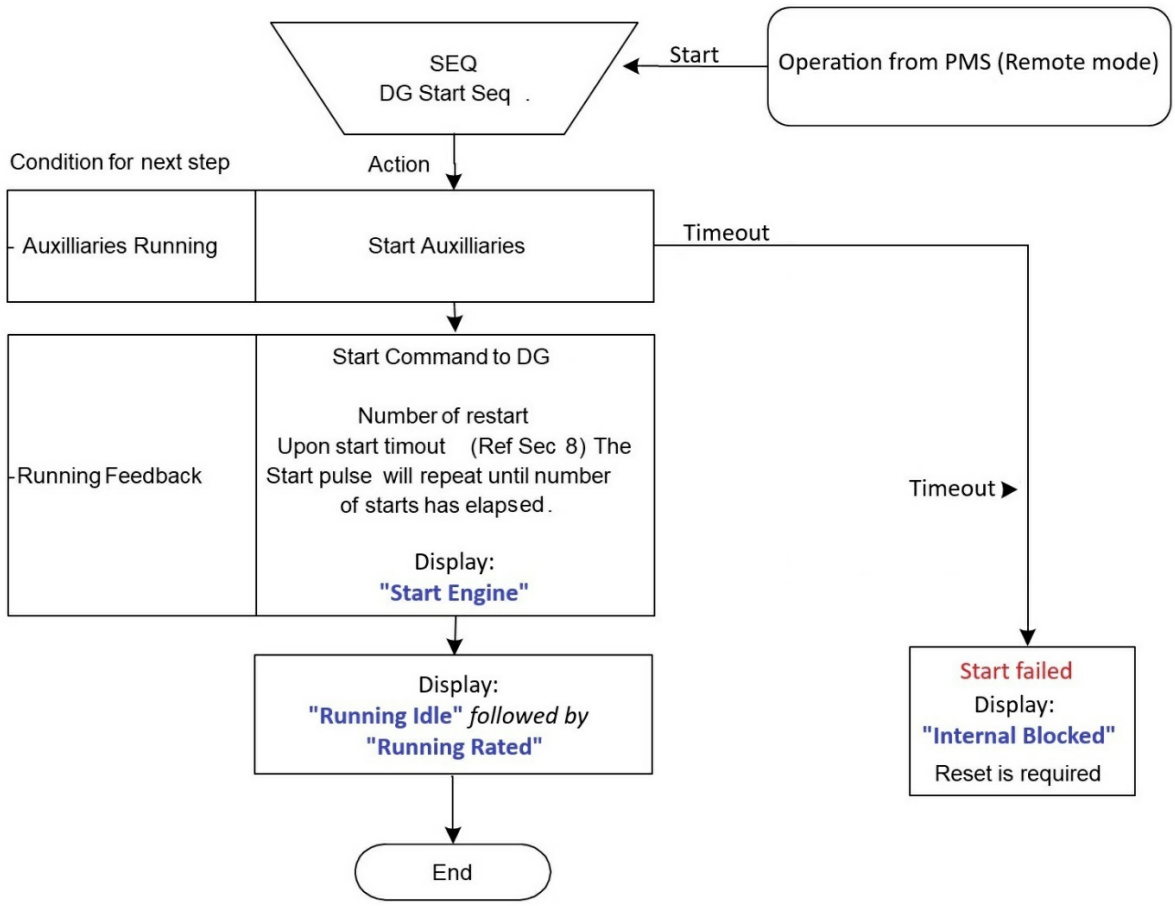
Dersom blackout oppdagast på hovudtavlene, vil PMS straks sette alle tilgjengelege dieselgeneratorar i standby-modus (DG1 blir standby 1), og starte dei sekvensielt i samsvar med standby-prioritet, med ei førehandsdefinert forsinking (t.d. 5 sekund). Den første generatoren sin brytar vil koplast direkte til den spenningslause bus-baren.

PMS-sekvensdiagram

Sekvensdiagrammet nedanfor viser korleis kontrollsystemet styrer oppstarts sekvensen for ein dieselmotor. Prosessen involverer fleire komponentar som samhandlar i ei bestemt rekkefølgje for å sikre trygg og korrekt oppstart.

Manuell start førespurnad

Start førespurnad frå operatør stasjon.



Manuell start, sekvens diagram

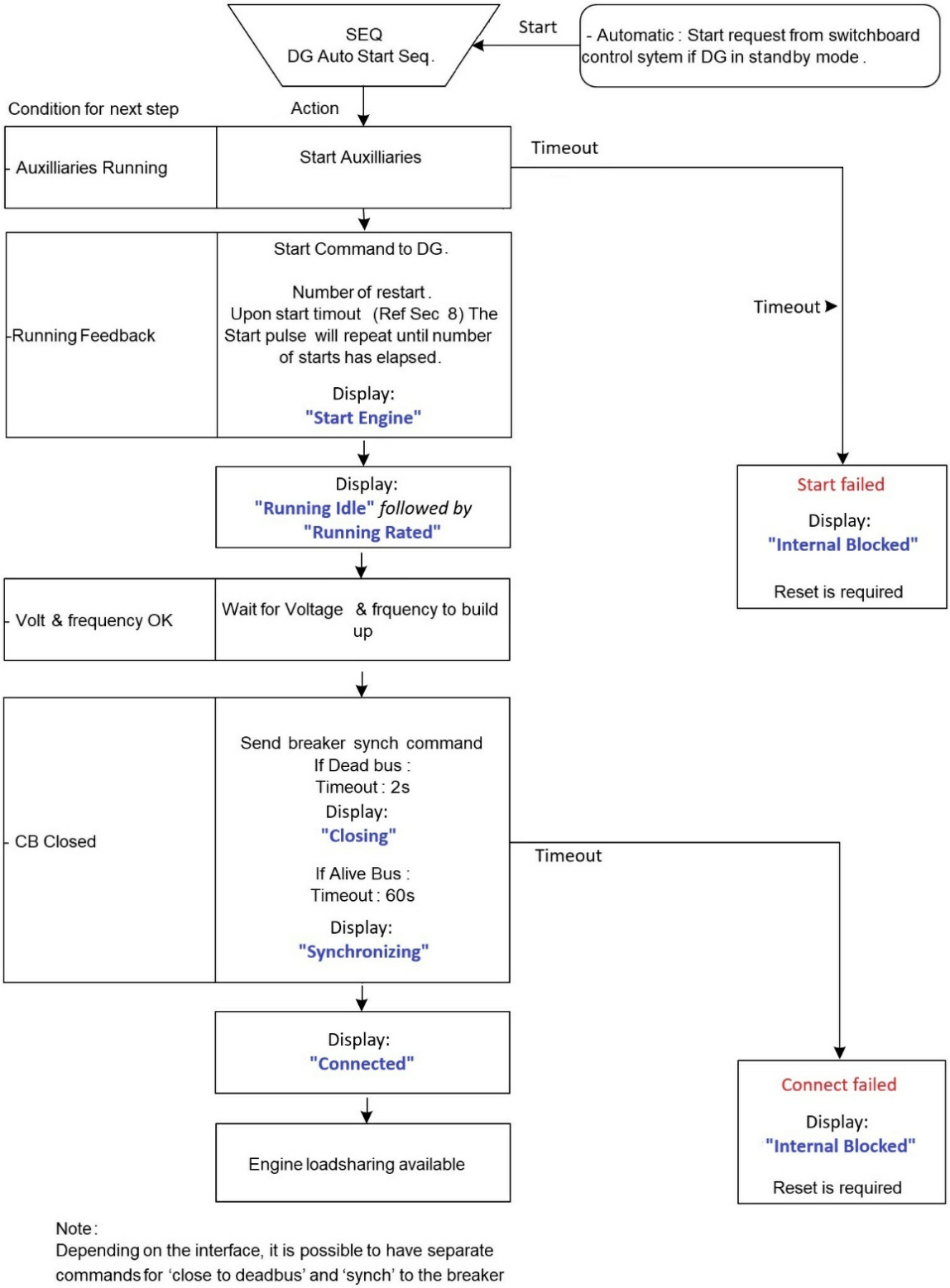
NOTE

- Start sequence can be activated when engine is stopped & remote.
- Start sequence can in addition be activated during stop sequence and return to running state.
- Start sequence can not be activated in case of "start inhibit".

Automatisk start førespurnad

Ved automatisk startførespurnad frå PMS-sentralbordstyringa vil dieselgeneratoren med lavast standbynummer startast. Standby-start startast på følgjande hendingar:

- Samleskinne blackout.
- Belastingsavhengig start.
- Start førespurnad frå storforbrukarar
- Førespurnad om alarmstart

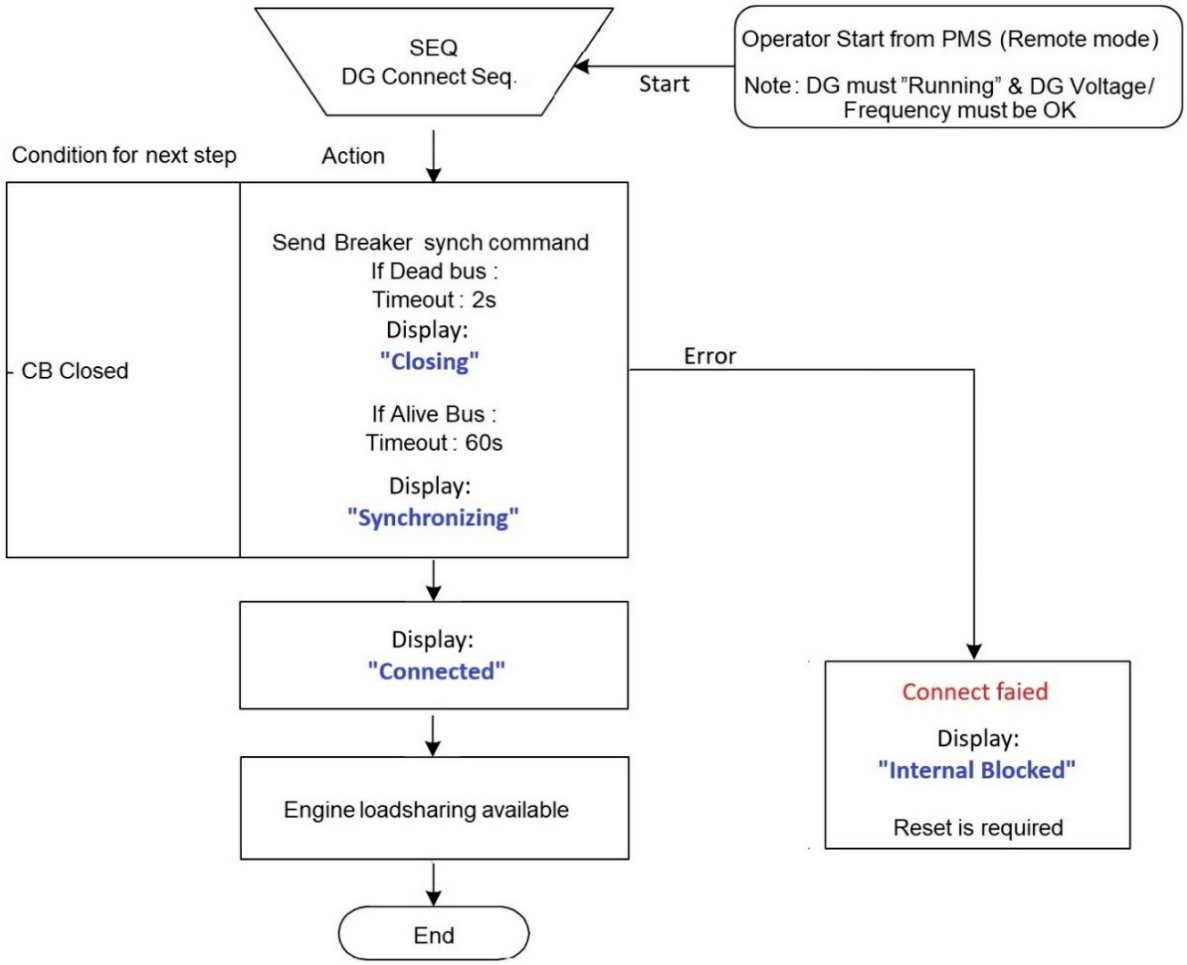


Automatisk start førespurnad, sekvens diagram

Automatisk innkopling av generator brytar

Dersom DG er i standby-modus og startast automatisk som beskrive i avsnittet for motorstart, lukkast generatorbrytaren automatisk.

Generatorbrytar innkopling, sekvens diagram:



Kople frå generatorbrytaren.

Dieselgeneratoren kan koplast frå ved følgjande hendingar:

Manuell generatorbrytar fråkopling:

- Kople frå etter førespurnad frå operatørstasjon.

Automatisk brytar fråkopling:

- Lastavhengig stopp.
- Tryggleiksstopp.

Feilsøking av PMS (Power Management System) om bord

Når PMS ikkje fungerer som det skal, kan det føre til straumbrot, ubalansert last, høgt drivstoffbruk eller generatorfeil. Her er ein steg-for-steg-guide for feilsøking av dei vanlegaste problema.

1. Problem: PMS startar ikkje ein ekstra generator ved høg belasting

Symptom

- Berre éin generator køyrer, men lasta er over 80 %.
- PMS reagerer ikkje og startar ikkje ein ny generator.

Moglege årsaker & løysingar:

- Feil i lastgrenseinnstillingar:
  - Sjekk at PMS er konfigurert til å starte ein ny generator ved riktig lastnivå (t.d. 80 %).
  - Juster innstillingane i PMS-panelet eller skipsdatamaskina.
- Kommunikasjonsfeil mellom PMS og generatorar:
  - Sjekk at PMS har kontakt med alle generatorane (kan sjekkast på skjermen til PMS eller PLS-systemet).
  - Sjå etter feilmeldingar på displayet.
- Defekt startkommando:
  - Prøv å starte generatoren manuelt fra hovudtavla.
  - Dersom den startar manuelt, er det truleg ein PMS-feil.
- Lav drivstofftilførsel eller motorfeil:
  - Sjekk at generatoren har drivstoff, og at ingen alarmar er aktive på motoren.

2. Problem: PMS stoppar ikkje ein generator ved lav belasting

Symptom

- To generatorar køyrer sjølv om lasta er under 30 %.
- PMS skal stoppe éin generator, men gjer det ikkje.

Moglege årsaker og løysingar:

- Lastgrensa for generatorstopp er sett for lavt:
  - Sjekk at systemet er konfigurert til å stoppe ein generator når lasta er under t.d. 30 %.
- Ein generator er låst i "Manuell" modus:
  - PMS kan ikkje stoppe ein generator som er sett til Manuell drift.
  - Endre innstillinga til Automatisk (Auto) i PMS.
- Kommunikasjonsfeil mellom PMS og generatorstyringa:
  - Sjekk om generatoren mottek kommandoar frå PMS.
  - Prøv ein manuell stopp for å sjå om generatoren reagerer.

3. Problem: Ubalansert last mellom generatorane.

Symptom

- Éin generator har 70 % last, medan den andre berre har 30 %.
- PMS skal fordele lasta jamnt, men gjer det ikkje.

Moglege årsaker & løysingar:

- Load sharing (lastdeling) er ikkje aktivert:
  - Sjekk innstillingane i PMS for å sikre at lastdelinga er aktivert.
- Feil i lastdelingskabel (droop CT-signal):
  - På eldre system nyttast ein load-sharing kabel for å balansere generatorane.
  - Sjekk at denne kabelen ikkje er laus eller skada.
- Ein generator har feil justert droop-regulering:
  - Generatorar skal ha lik "droop" (frekvensrespons på lastendringar).
  - Juster droop-innstillingane for å matche dei andre generatorane.

4. Problem: PMS justerer ikkje eksitasjonen riktig (reaktiv effekt ubalanse).

Symptom

- Éin generator produserer for mykje reaktiv effekt (VAr), medan ein annan trekkjer reaktiv effekt.
- Effektfaktoren (cos φ) er lav eller ustabil.

Moglege årsaker & løysingar:

- AVR (Automatic Voltage Regulator) er ikkje synkronisert mellom generatorane:
  - Sjekk at begge generatorane har same spenningsreferanse (t.d. 400V).
- Feil innstillingar for reaktiv lastdeling:
  - På PMS, kontroller at reactive power sharing er aktivert.
- Defekt eksitasjonsregulator på éin generator:
  - Prøv å justere eksitasjonen manuelt.
  - Dersom éin generator ikkje reagerer, kan eksitasjonssystemet vere defekt.

5. Problem: PMS viser feilmelding eller ingen respons.

Symptom

- PMS-skjermen er svart eller viser ei feilmelding.
- Ingen kommandoar går gjennom til generatorane.

Moglege årsaker & løysingar:

- Feil i straumforsyning til PMS:
  - Sjekk at PMS har straum (24V DC eller 230V AC, avhengig av systemet).
- Kommunikasjonsfeil i systemet (PLS-feil):
  - Prøv å resette PMS-einings eller sjekke om det er feilmeldingar på PLS (Programmerbar Logisk Styring).
- Software-krasj:
  - Nokre system kan trenge ein omstart.
  - Dersom PMS er ein del av skipsdatamaskina, prøv å restarte systemet.

Sjekkliste for feilsøking av PMS:

- Er lastgrenseinnstillingane riktige? (T.d. startar PMS ny generator ved 80 %?).
- Er PMS i "Auto"-modus? (Dersom den står i "Manuell", vil den ikkje justere noko automatisk.)
- Mottek generatorane kommandoar fra PMS? (Hvis ikkje, sjekk kommunikasjonskablar.)
- Er eksitasjonsinnstillingane riktig justert? (Kan forklare reaktiv effektubalanse.)
- Er det straum til PMS? (Dersom PMS er svart eller ikkje reagerer, sjekk sikringar og straumtilførsel.)

Σ

KONKLUSJON

- PMS er eit avansert system som styrer generatorar, lastfordeling og eksitasjon.
- Når PMS ikkje fungerer riktig, kan det føre til ustabil spenning, ubalansert last og høgare drivstofforbruk.
- Dei vanlegaste problema skuldast feil innstillingar, kommunikasjonsfeil eller defekte sensorar.
- Grundig feilsøking er viktig for å sikre stabil straumforsyning om bord.

DEIF PPU 300

DEIF PPU 300

DEIF PPU 300 er ein Paralleling and Protection Unit – altså ein parallell- og vern-eining – utvikla for bruk i marine og offshore-installasjonar.

[deif.com+13deif.com+13deif.com+13] https://www.deif.com/marine-offshore/multi-line-300/ppu-300/?utm_source=chatgpt.com

Her er hovudeigenskapane:

Kva PPU 300 gjer:

- Koplar saman og beskyttar generatorsystem: kan synkronisere og dele last mellom fleire straumkildar som dieselgeneratorar, aksel-generatorar, invertarar (batteri), landstraumtilkopling og bus-brytarar.
- Modulær og tilpass bar: består av eit basiskontrollersett som kan byggjast ut med 4 eller 7 I/O-modular og opptil 9 ekstra rack med modular (totalt opptil 59 modular).
- Vernefunksjonar: tilbyr omfattande generatorvern (m.a. ANSI 87G differensialvern med ACM-modular), inngår i lasteiningsregulering, spenning/frekvensstyring og sikker seksjonskontroll.
- Styring og brukargrensesnitt: har ein 5″ farge-LCD med push-knappar, tydelege menyar og statusvarsel; kan konfigurerast med DEIFs PICUS-programvare; kommuniserer via Modbus eller nettverk; eller kan køyrast med innebygd CODESYS PLC.
- Skalering og nettverk: opptil 32 einingar kan knyttast i nettverk, og opptil 12–32 kontrollar kan dele belasting og styre ulike busseksjonar.

Hovedfordeler

Funksjon	Skildring
Lastdeling & synkronisering	Effektiv styring av fleire generatorar/batteri eller landstraum, optimal stabilitet og drivstofføkonomi.
Tryggleiksvern	Innebygde vern mot overstraum, under volt, fasesvikt, jordfeil og differensialvern
Fleksibel tilpassing	Modulær I/O-arkitektur, fleirspråkleg display og tilgangskontroll
Integrasjon	Nyttast saman med PICUS, Modbus, CODESYS eller ekstern PLC

Typiske brukarar er:
Skip og offshore-anlegg med krav til påliteleg generatorstyring
Fabrikkar og maritime installasjonar med behov for fleksibel straumstyring og vern

Σ

KORT OPPSUMMERT

PPU 300 er ein avansert kontroll- og vern-eining som mogleggjer synkronisering, lastdeling og sikkert vern av generator- og straumforsyningssystem på skip og offshore-installasjonar.

Offisiell teknisk dokumentasjon

DEIF har samla alt av datablad, manualar og sertifikat for PPU 300 på sine supportsider.

Her frå kan du laste ned:

- Data Sheet (utskrift med tekniske spesifikasjonar)
- Operator's Manual (130 sider; driftsinstruksjonar, display, I/O etc.)
- Commissioning Manual (75 sider; igangkøyring, test og vern-parameter)
- I tillegg finst applikasjonsanvisingar, koplingsskjema, godkjenningar m.m.

Gå inn på "Documentation for PPU 300" på DEIFs side for å laste ned ønska dokument.

Innhald og nytte i dei viktigaste dokumenta:

1. Data Sheet.

Gir tekniske hovudspesifikasjonar:

- Antal I/O-modular støtta, kommunikasjon (Modbus, Ethernet, CODESYS)
- Temperatur- og miljøkrav, fysisk dimensjon og sertifiseringar
- Vernefunksjonar: synkronisering, lastdeling, differensialvern, frekvens/spenningsregulering

2. Operator's Manual

Detaljar rundt:

- Brukargrensesnitt (DU 300 display), navigasjon, alarmar og logging.
- Driftshandlingar: starte/stoppe, åpne/lukke brytarar, endre parameter.
- Feilsøke og I/O-konfigurasjon (analog, digital, kurver etc.)

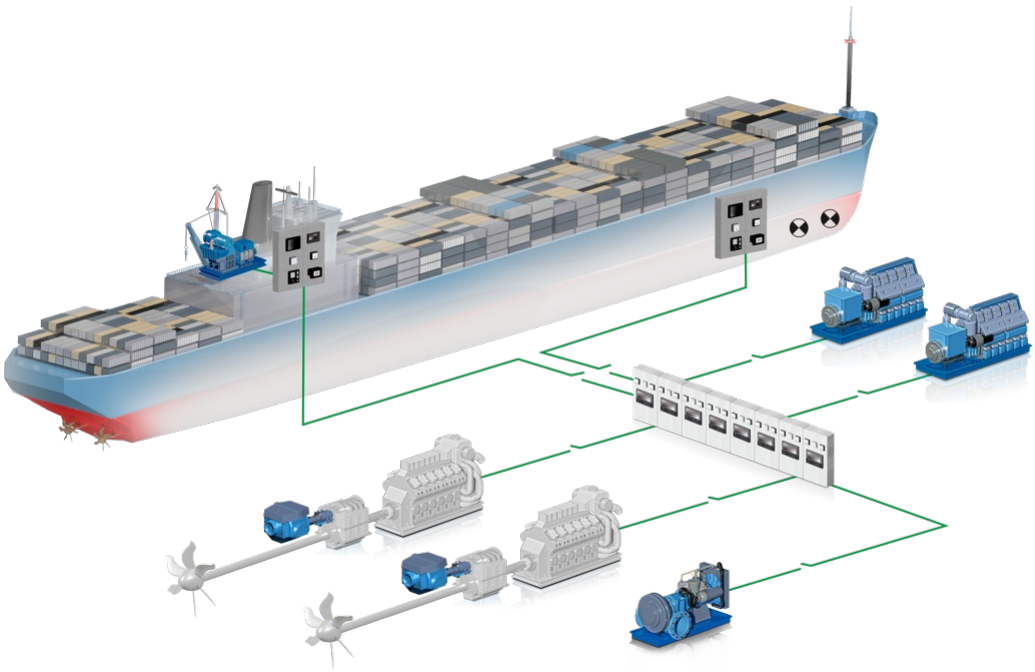
3. Commissioning Manual

Steg-for-steg-guide for oppstart og testing:

- Sjekkpunkt før oppstart og under igangkøyring
- Verifisering av vern, AVR, governor, synkronisering, lastdeling
- Inkluderer detaljerte testar som "Checking de-loading", fasedreining, målingar.

Hvordan bruke dokumentene.

Fase	Dokument	Kva du finn
Innkjøp / prosjektering	Data Sheet	Passar det i miljøet ditt? I/O, kommunikasjonskrav
Drift	Operator's Manual	Steg-for-steg operasjoner, I/O-oppsett, alarmhandtering
Installasjon / oppstart	Commissioning Manual	Detaljert testprotokoll, funksjonssjekk, parametrisering



Skissa er henta frå DEIF

Kap 19 Landstraum

Landstraum

LANDSTRAUM

Landstrøm på eit skip er organisert for å levere elektrisk kraft frå landbaserte anlegg til skipet når det ligg til kai. Dette reduserer behovet for å nytte skipet sine eigne generatorar, noko som senkar drivstofforbruket og reduserer utslepp av CO_2, NO_x og støy.

1. Tilkoplingspunkt.

- Skipet har eit dedikert landstraumstilkoplingspunkt, ofte på dekk eller i nærleiken av maskinrommet.
- Kabeltilkoplinga kan vere manuell eller automatisert via eit kabelhandteringssystem.

2. Straumkabinett og transformatorar.

- Straum frå land går gjennom eit straumkabinett der spenning og frekvens tilpassast skipet sitt system.
- Landstraum er ofte 50 Hz i Europa og 60 Hz i USA, medan skip kan operere på ei anna spenning og ein annan frekvens, t.d. 440V/60Hz. Ein transformator omformar spenninga om nødvendig.

3. Synkronisering og tryggleik.

- Før skipet koplast til landstraum, må det synkroniserast med skipet sitt elektriske system for å unngå spenningsforskjellar og feil.
- Eit kontrollpanel ombord overvåkar og styrer overgangen frå skipskraft til landstraum.

4. Automatisk eller manuell overføring.

- Overgangen kan vere automatisk eller manuell, avhengig av skipet sine system.
- Når landstraum er aktiv, kan skipet sine eigne generatorar stengast ned.

5. Tilbakekopling til skipet sitt system

- Når skipet skal forlate kaia, koplast landstraumen frå, og skipet sine eigne generatorar startast opp igjen.

Internasjonale standardar

- Landstraum følgjer ofte ISO/IEC/IEEE 80005-1-standarden for \"Cold Ironing\" (bruk av landstraum).
- Hamnar med landstraumanlegg tilbyr ofte 6,6 kV eller 11 kV høgspenningsforbindelsar.

Fordelar med Landstraum

- Reduserer drivstofforbruk og utslepp
- Senkar støy- og vibrasjonsnivå i hamnar
- Gir økonomiske fordelar ved lavare drivstoffkostnadar

Kabeltypar til landstraum

KABELTYPAR TIL LANDSTRAUM

Den typen kabel som oftast nyttast til landstraum på skip avheng av spenning og straumstyrke, men dei vanlegaste typane er høgspenningskablar (HV) og lavspenningskabler (LV).

Vanlege kablar for landstraum

1. Høgspenningskablar (HV – High Voltage)

- Nyttast til store skip som cruiseskip, containerskip og tankskip.
- Typisk 6,6 kV eller 11 kV, som følgjer ISO/IEC/IEEE 80005-1-standarden.
- Kabeltypar:
  - EPR (Ethylene Propylene Rubber) isolerte kablar – Fleksible og motstandsdyktige mot saltvatn.
  - Silikonisolerte kablar – Nyttast nokre gangar for høg varmebestandigheit.

2. Lavspenningskablar (LV – Low Voltage)

- Nyttast på mindre fartøy som ferger, supplyskip og fiskebåtar.
- Typisk 400V – 690V, ofte i samsvar med ISO/IEC/IEEE 80005-3-standarden.
- Kabeltypar:
- H07RN-F – Ein vanleg fleksibel gummikabel for maritim bruk.
- NEK 606-godkjende kablar – Spesielt utvikla for norske maritime tilhøve.

Andre viktige faktorar

- Kabeldiameter: Avheng av straumstyrken (t.d. 150 mm² eller større for høgspenning).
- Skjerming: Mange kablar er skjerma for å redusere elektromagnetisk interferens (EMI).
- Tilkoplingssystem: Pluggar og kontaktar er ofte i samsvar med IEC 60309 (for lavspenning) eller spesifikke landstraumspesifikasjonar for høgspenning.

Kontrollpanel for landstraum

KONTROLLPANEL FOR LANDSTRAUM

Kontrollpanel for landstraum om bord i skip – nytta til å trygt kople skipet til landstraumforsyning**,** enten det er 400 V, 690 V eller høgspenning (t.d. 11 kV). Panelet handterar kopling, overvåking, sikring og synkronisering (ved behov).

Døme: Landstraum Kontrollpanel (400/690 V) – lavspenning.

Typisk oppbygging:

Komponent	Skildring
Inntakskontakt eller koplingspunkt	IEC 80005-plugg (landstraumstandard) eller terminalskap
Effektbrytar (ACB)	T.d. Schneider Masterpact MTZ – med jordfeilvern og fjernstyring
Kontaktor eller mellomrelè	For kontrollert innkopling av landstraum etter sikker sjekk
Måleinstrument	Spenning, straum, frekvens, effekt – ofte DEIF, Schneider PM-serie eller C-Tek
Synkroniseringsmodul (valfritt)	Dersom parallell drift med generator – T.d. DEIF RSQ-3 eller PPU 300
Brytarlås/systeminterlock	Hindrar parallellkopling mellom landstraum og generator (mekanisk/elektrisk)
Varslingslys og HMI	Indikasjon for straum inn, jordfeil, fasefeil, osv.
Vern og overvåking	Jordfeilbrytar (RCCB), overspenningsvern, evt. fasedetektor
PLS/reléstyring	Automatiserer sekvens: sjekk, kopling, avbrot

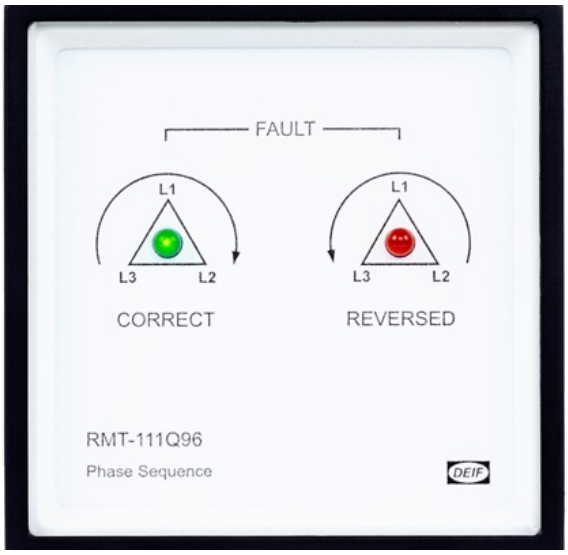
Ved høgspenning (t.d. 11 kV) krevst spesialisert transformator, SF_6 eller vakuumbrytar, isolasjonsovervåking, og jordingskontroll i samsvar med IEC 80005-2.

Kontrollsekvens ved tilkopling (automatisk eller manuell)

1. Landstraum koplast fysisk til skipet.
2. Kontrollpanel sjekkar:
   - Riktig spenning, faserekkefølgje og frekvens.
   - Ingen jordfeil.
   - Ingen parallell drift aktiv.
3. Automatisk eller manuell godkjenning.
4. Effektbrytar lukkast.
5. Overvåking aktivert: alarmar, måling og loggar.

Døme på leverandørar av komplette panel:

Leverandør	Merknad
Schneider Electric	Panel med MasterPact, PM-serien, kommunikasjonsmodular.
DEIF Marine	PPU 300 og kontrollsystem for landstraum m/synk.
Glamox / Tranberg	Tavler og kontrollpanel til offshore og ferger.
PSW Power & Automation	Norsk leverandør med skreddersydde løysingar.
Kongsberg Maritime	Integrert i automasjonssystem (K-Chief).



Når spenning og frekvens ikkje stemmer overens

Å kople 400 V / 50 Hz landstraum til eit skip som er bygd for 440 V / 60 Hz vil ha alvorlege konsekvensar dersom det gjerast **utan** frekvensomforming.

Konsekvensar av feil tilkopling (400 V / 50 Hz land til 440 V / 60 Hz skip)

Område	Konsekvens	Forklaring
Spenning	Redusert spenning (400 V vs. 440 V)	Utstyr får 9--10 % lavare spenning – mange lastar vil fungere dårleg eller ikkje
Frekvens	Alvorleg feil (50 Hz vs. 60 Hz)	Motorar, UPS-ar, og kontrollsystem er laga for 60 Hz – kan bli overbelasta, varme opp, feile
Asynkrone motorar	Saktare hastigheit og høgt straumforbruk	Hastigheita fell med \~17 % og moment reduserast – aukar risiko for overbelasting og varme
Elektronikk og UPS	Mogleg skade eller feil	Frekvensavvik gir ustabil drift eller øydelegg komponentar laga for 60 Hz
Tidtakarar og synkrone klokker	Feil vising av tid	Dei nyttar nettet sin frekvens for timing – går treigt på 50 Hz
Overoppheting	Fare for brann eller havari	Særleg i motorar og transformatorar, som ikkje er dimensjonert for 50 Hz
Lys og vifter	Flakkar, støy og feil hastigheit	Lysstoffrøyr og vifter laga for 60 Hz oppfører seg annleis eller uønska

Σ

OPPSUMMERING:

Det må ikkje koplast direkte 400 V / 50 Hz til eit skip som er laga for 440 V / 60 Hz utan tilpassing.

Korleis kan ein løyse problemet?

Alternativ 1: Frekvensomformar (Shore Power Converter).

- Konverterer 400 V 50 Hz → 440 V 60 Hz
- Krev transformator og omformar
- Finst som:
  - Containerbasert eining på kai.
  - Fast installert på skipet.

Alternativ 2: Landstraum frå 60 Hz kilde.

- I spesialhamnar i USA, Japan eller offshore installasjonar.
- Unngår konvertering, men er sjeldant i Europa.

Konsekvensar av motsette scenariet (440 V / 60 Hz land til 400 V / 50 Hz skip)

Kva skjer dersom ein koplar 440 V / 60 Hz landstraum til eit skip som er bygd for 400 V / 50 Hz?

Dette skjer typisk dersom eit europeisk skip (designa for 400 V / 50 Hz) går til hamn i t.d. USA eller Asia, og bydast 440 V / 60 Hz landstraum.

Konsekvenser og vurdering:

Område	Konsekvens	Forklaring
Spenning	Auka spenning (+10%)	440 V i staden for 400 V – mange einingar tåler det, men det kan redusere levetid
Frekvens	Kritisk endring (+20%)	60 Hz gir høgare motorhastigheit og for rask drift av frekvensavhengige system
Asynkrone motorar	Køyrer raskare og kan overbelastast	Hastigheit aukar med 20 %, momentet kan bli for lavt – fare for varmgang og havari
Transformatorar	Kan støye og bli varme	Lavare magnetisering enn ved 50 Hz, men spenning kan overstige nominelt nivå
Tidtakarar og kontrollsystem	Feil tid og syklusar	T.d. vaskemaskinar, omnar og PLC-ar kan nytte frekvensen til tidtaking
Lys, vifter, pumper	Endra hastigheit eller støy	Vifter går raskare og kan støye meir eller feile tidlegare

Oppsummering:

Faktor	Risiko
Spenning (440 V i 400 V system)	Moderat (kan føre til overlast, men mange einingar tåler ±10%)
Frekvens (60 Hz i 50 Hz system)	Kritisk – fører til motorproblem, overhastigheit og feil i elektronikk

Ikkje anbefalt utan transformasjon og frekvensjustering.

Korrekt løysing kan vere:

Løysing	Skildring
Frekvensomformar	Konverterer 60 Hz → 50 Hz
Spenningstransformator	Reduserer 440 V → 400 V (eller kombinerast med frekvensomformar)
Avansert kraftomformar (Shore Converter)	Mange produsentar tilbyr éi eining som gjer begge delar (spenning + frekvens) automatisk

DØME: SHORE POWER CONVERTER (FOR EUROPEISK SKIP I USA)

- Inngang: 480 V / 60 Hz frå kaianlegg.
- Utgang: 400 V / 50 Hz til skipet si tavle.
- Leverandørar: ABB, Cavotec, Danfoss, Wärtsilä.

Konklusjon:

Spørsmål	Svar
Kan ein kople 440 V / 60 Hz landstraum til eit 400 V / 50 Hz skip direkte?	Nei, det kan føre til skade
Hovudproblemet?	Frekvens (60 Hz) – gir overhastigheit i motorar og feil i utstyr
Løysing?	Frekvensomformar og spenningstilpassing

Kap 20 UPS

UPS (Uninterruptible Power Supply)

Oppbygging og virkemåte til ein UPS

Ein UPS (avbrotsfri straumforsyning) nyttast for å sikre at elektriske system får kontinuerleg straum sjølv ved straumbrot. Den beskyttar også mot spenningssvingingar og andre elektriske forstyrringar.

1. Oppbygging av ein UPS

Ein UPS består av fleire hovudkomponentar:

- Ladar/likerettar (Rectifier/Charger) – Konverterer vekselstraum (AC) frå straumnettet til likestraum (DC) for å lade batteria.
- Batteripakke – Gir straum ved straumbrot. Vanlegvis blybatteri eller litium-ion.
- Invertar – Konverterer DC frå batteria tilbake til AC for å forsyne lasta.
- Bypass-brytar – Omkoplar direkte til nettstraum ved UPS-feil eller overbelasting.
- Styringseining (kontrollar) – Overvåkar UPS-en og administrerer vekslinga mellom driftstilstandar.

2. Virkemåte til ein UPS

UPS-en kan operere i ulike modusar avhengig av straumtilførselen og behovet:

a) Normal drift (Straumnettet er aktivt).

- Straum frå nettet går til lasta (PC-ar, servarar, maskiner osv.).
- Ladaren/likerettaren konverterer AC til DC for å halde batteria oppdata.
- Bypass er inaktiv, og systemet fungerer med normal nettstraum.

b) Straumbrot (Nettstraumen forsvinn).

- UPS-en detekterer straumbrotet straks.
- Batteria forsyner invertaren med DC-straum.
- Invertaren konverterer DC til AC og opprettheld straumforsyninga til lasta.
- Bypass forblir inaktiv, og lasta drivast av batteria.

c) Gjenoppretting (Nettstraumen kjem tilbake).

- UPS-en koplar tilbake til nettstraum når den er stabil.
- Ladaren byrjar å lade batteria igjen.
- Bypass kan aktiverast ved feil i UPS-en.

3. Typar UPS-system

- Offline / Standby UPS – Koplar inn batteridrift kun ved straumbrot (rimelegare, eigna for PC-ar).
- Line-interactive UPS – Justerer spenninga ved svingingar, byter til batteri ved behov (nyttast ofte i serverrom).
- Online / Dobbelkonvertering UPS – Konverterer alltid straumen gjennom likerettar og invertar (gir best vern, nytta i kritiske system).

UPS-ar er viktige for å beskytte elektronisk utstyr mot straumbrot og spenningsvariasjonar i IT, industri, helsevesen og skipsfart!



UPS'ar på ein supplybåt.

OFF-Line UPS

OFF-LINE UPS

Ein OFF-Line UPS (også kalla standby-UPS) er ein type avbrotsfri straumforsyning (UPS) som gir straumreserveløysing ved straumbrot. Den fungerer ved å halde batteriet inaktivt i normal drift og koplar seg til batteriet først når det oppdagar eit straumbrot eller spenningsfall.

Korleis fungerer ein OFF-Line UPS?

1. Normal drift (straumtilførsel frå nettet)
   - Straumen går direkte frå straumnettet til utstyret utan å gå gjennom UPS-en.
   - UPS-en overvåkar straumen og ladar batteriet medan det er nødvendig.

2. Straumbrot eller spenningsfall
   - UPS-en oppdagar avvik (som straumbrot eller spenningsvariasjonar).
   - Den koplar om til batteridrift via ein invertar som omformar likestraum (DC) frå batteriet til vekselstraum (AC).
   - Denne koplinga tek vanlegvis 2–10 millisekund, som kan vere merkbart for sensitivt utstyr.

3. Batteridrift
   - Einingane får straum frå batteriet via invertaren.
   - Driftstida avheng av batterikapasiteten og belastinga.

4. Tilbake til normal drift
   - Når straumen kjem tilbake, koplar UPS-en tilbake til nettstraum.
   - Batteriet ladast opp igjen for framtidige straumbrot.

Fordelar og ulemper med OFF-Line UPS

Fordelar

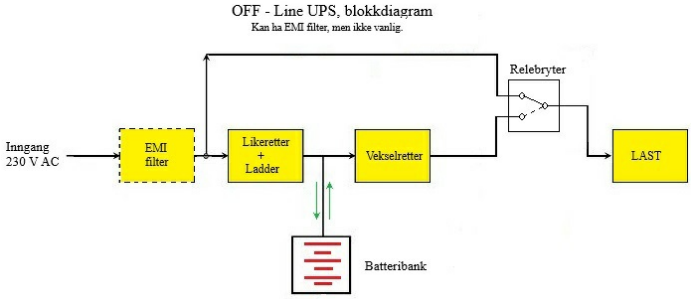
- Rimelegere enn andre UPS-typar.
- Lavare straumforbruk i normal drift.
- Enkel og påliteleg for grunnleggande vern.

Ulemper

- Kort forsinking ved straumbrot kan påvirke følsomt utstyr.
- Gir ikkje vern mot små straumforstyrringar som overspenning eller elektrisk støy.
- Batteridriftstida er ofte begrensa.

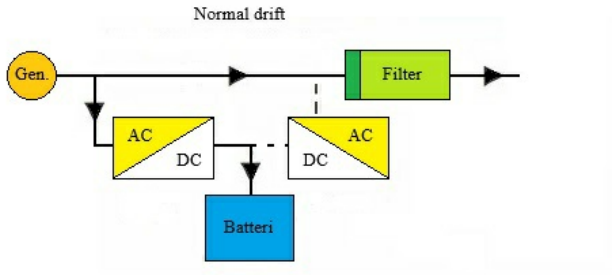
Passar best for:

- PC-ar, kontorutstyr og heimebrukarar med lavt straumbehov.
- Ikkje-kritiske system der ei kort forsinking ikkje er eit problem.



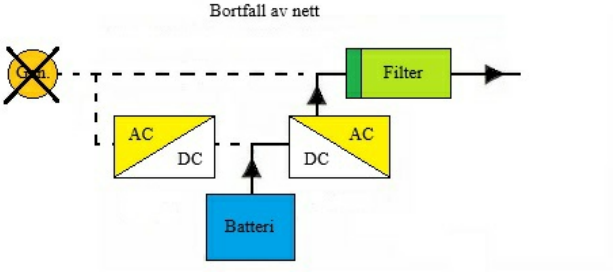
Døme 1 (OFF-Line UPS):





Døme 2 (OFF-Line UPS):





Line-interactive UPS

LINE-INTERACTIVE UPS

Ein Line-Interactive UPS er ein mellomting mellom ein enkel OFF-Line UPS og ein avansert Online (Double-Conversion) UPS. Den gir betre vern enn OFF-Line ved å regulere spenninga aktivt utan å måtte gå til batteridrift kvar gang straumen svingar.

Korleis virkar ein Line-Interactive UPS?

1. Normal drift – nettstraum med spenningsregulering

- Straumen går frå nettet til lasta (utstyret) gjennom ein automatisk spenningsregulator (AVR – Automatic Voltage Regulator).
- Dersom nettspenninga svingar for høgt eller lavt, justerer AVR-en spenninga opp eller ned (via transformator med tappingar) utan å bruke batteriet.

2. Straumbrot eller alvorlege spenningsavvik

- Dersom straumen fell utanfor justeringsområdet, koplar UPS-en raskt om til batteridrift via ein invertar.
- Invertaren konverterer likestraum (DC) frå batteriet til vekselstraum (AC) for å halde utstyret i gang.

3. Tilbake til nettstraum

- Når straumen stabiliserer seg, bytar UPS-en tilbake til nettstraum og ladar opp batteriet igjen.

Nøkkelkomponentar i ein Line-Interactive UPS

- Batteri
- Invertar
- Bytebrytar / relé
- AVR (spenningsregulator), (booster og fader)
- Ladeelektronikk

Fordelar

- Betre vern enn OFF-Line UPS – tåler spenningssvingingar utan å tømme batteriet.
- Lenger batterilevetid – fordi den berre går over på batteri når det virkeleg trengs.
- Meir stabil straum – AVR gir jamnare spenning til utstyret.
- Rimelegere enn Online UPS – god balanse mellom pris og yting.

Ulemper

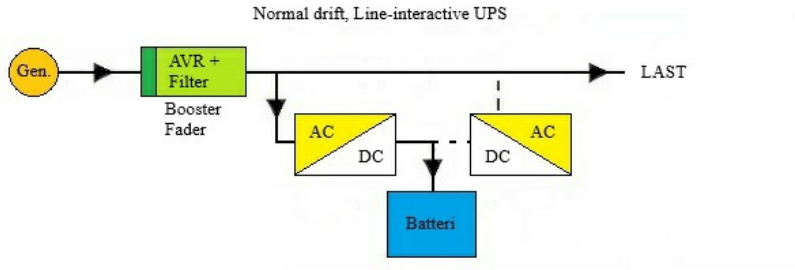
- Liten omkoplingstid ved straumbrot (typisk 2–5 ms), som kan vere kritisk for svært følsomt utstyr.
- Ikkje full isolasjon frå straumnettet – den "rensar" ikkje straumen like godt som ein Online UPS.

Passar best for:

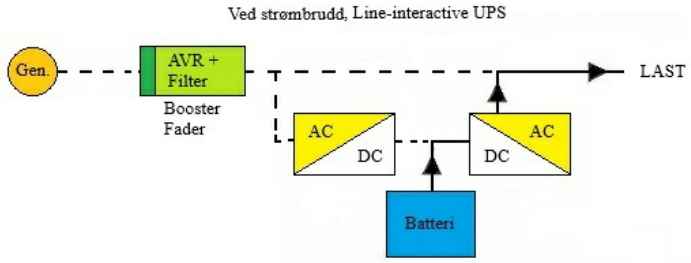
- Servarar og nettverksutstyr i små og mellomstore bedrifter.
- Avanserte arbeidsstasjonar, NAS, PC-ar og heimekontor.
- Miljø med mykje spenningssvingingar, men sjeldne totale straumbrot.

Dersom du vil ha noko som beskyttar meir enn ein enkel UPS utan å gå heilt "all-in", så er Line-Interactive eit svært solid val.

Døme 1, normal drift:



Døme 2, ved straumbrot:



Booster og Fader

I ein line-interactive UPS (Uninterruptible Power Supply) refererer begrepa "booster" og "fader" (eller ofte kalla "buck") til funksjonar i den innebygde automatiske spenningsreguleringskretsen (AVR – Automatic Voltage Regulation). Disse nyttast for å handtere mindre svingingar i nettspenninga utan å byte til batteridrift.

Booster (Boost Mode):

- Når inngangsspenninga er for lav, aukar UPS-en spenninga til eit normalt nivå.
- Dette skjer ved at UPS-en aktiverer ei transformatorvikling som "booster" spenninga opp.
- Fordel: Du slepp å nytte batteri ved små spenningsfall (t.d. ved *«brownout» eller lav nettkvalitet).

Fader / Buck (Buck Mode)

- Når inngangsspenninga er for høg, senkar UPS-en spenninga til eit tryggare nivå.
- Dette beskyttar utstyret mot overspenning.
- UPS-en gjer dette ved å "fade" spenninga ned ved hjelp av ei anna transformatorvikling.

Kvifor er dette nyttig?

I staden for å stadig nytte batteria ved små variasjonar i straumnettet, nyttar ein line-interactive UPS booster og fader-funksjonane til å handtere dei fleste normale svingingar. Dette:

- forlengar batteriet si levetid,
- reduserer slitasje,
- og gir meir stabil drift.

*Brun-ut (eller "brownout" på engelsk) tyder:

En midlertidig reduksjon i nettspenningen – altså at strømmen fortsatt er der, men spenningen er lavere enn normalt.

- Nettspenningen faller under det normale nivået (f.eks. ned til 180V i stedet for 230V).
- Lyset i rommet kan dimmes (derav navnet "brownout" – lyset blir «brunt» i stedet for klart).
- Elektronikk kan oppføre seg rart, fryse, krasje eller bli skadet over tid.
- Oppstår ofte under høy belastning på strømnettet – for eksempel på varme sommerdager når mange bruker air condition samtidig.

ON - Line UPS

ON - LINE UPS

Ein Online UPS (også kalt Double-Conversion UPS) er den mest avanserte og pålitelege typen UPS – designa for å levere kontinuerleg, rein og stabil straum til kritisk utstyr, heilt uavhengig av kva som skjer på straumnettet.

Korleis virkar ein Online UPS (Double-Conversion)?

1. Konstant dobbel konvertering.

- Straumen frå nettet går først gjennom ein likerettar som konverterer vekselstraum (AC) → likestraum (DC).
- Deretter går den gjennom ein invertar som omformar DC tilbake til AC.
- Med andre ord: Utstyret får aldri straum direkte frå nettet – kun frå invertaren.

Dette gir null omkoplingstid, fordi straumen *alltid* leverast via invertaren.

2. Batteridrift ved straumbrot

- Når straumnettet fell ut, fortset batteriet å levere DC til invertaren utan avbrot.
- Utstyret merkar ingen overgang – alt går saumlaust vidare.

3. Tilbake til normal drift

- Når straumen kjem tilbake, startar likerettaren igjen og ladar batteriet, samtidig som den fortset å forsyne invertaren.

Fordelar med Online UPS

- Null omkoplingstid – passar for ekstremt følsomt utstyr (sjukehus, datasenter, etc.)
- Perfekt spenningskvalitet – fjernar overspenning, underspenning, støy, frekvensavvik og transientar
- Full isolasjon frå straumnettet
- Ideell i miljø med dårleg straumkvalitet eller hyppige forstyrringar.

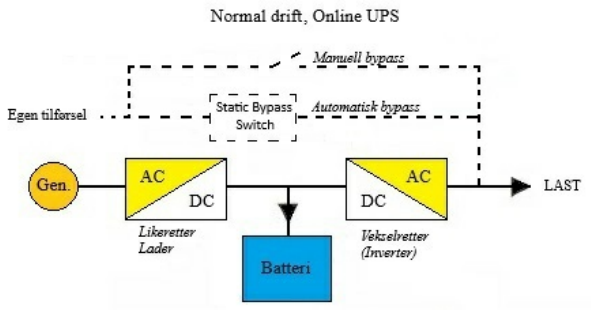
Ulemper

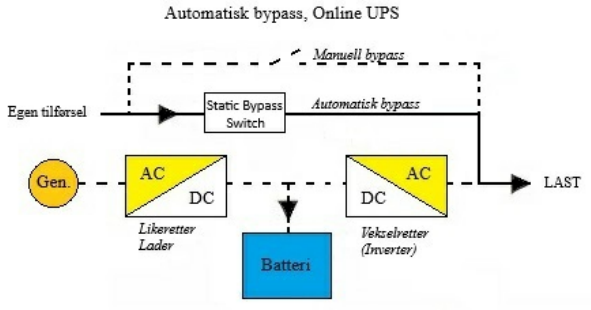
- Kostbar – dyrare enn Line-Interactive og Off-Line UPS
- Varmar meir opp og nyttar meir straum (grunna konstant konvertering)
- Meir kompleks – krev betre vedlikehald.

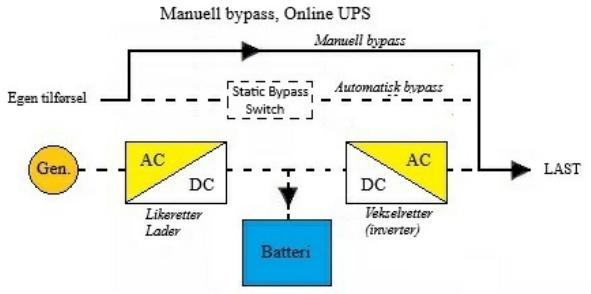
Typiske bruksområder

- Datasenter og serverrom
- Sjukehusutstyr (t.d. livsopprettholdande system)
- Industriell automatisering
- Kritisk kommunikasjon og finansielle system

Ein Online UPS er med andre ord "Rolls-Royce'n" av straumforsyningar – du betalar meir, men du får fullt vern og null nedetid.







Ein Online UPS (Double-Conversion UPS) er teknisk meir kompleks enn andre UPS-typar, og den har fleire viktige komponentar som saman sørger for konstant, rein og avbrotssfri straumforsyning.

Nøkkelkomponentar i ein Online UPS:

1. Likerettar (Rectifier)

- Konverterer AC (vekselstraum) fra straumnettet til DC (likestraum).
- Nyttast til å:
  - Lade batteriet.
  - Gi straum til invertaren.
- Ofte utstyrt med PFC (Power Factor Correction) for å forbetre effektiviteten.

2. Batteribank

- Lagrar energi i form av likestraum (DC).
- Aktiverast straks dersom nettstraumen forsvinn.
- Gir DC til invertaren utan omkopling ved straumbrot.

3. Invertar

- Gjer om DC fra likerettar/batteri tilbake til rein AC-spenning som leverast til lasta.
- Kilden til straumen er *alltid* invertaren – enten den får DC fra straumnettet (via likerettar) eller batteri.

4. Bypass-krets (Static Bypass Switch)

- Ein hurtigbrytar (ofte ein static switch) som omgår invertaren og koplar lasta direkte til straumnettet dersom:
  - Invertaren feilar.
  - Overbelasting oppstår.
  - Ved vedlikehald (manuell bypass).
- Sørger for at lasta fortsatt får straum, sjølv om UPS-en har ein intern feil.

5. Ladeelektronikk (Charger/Controller)

- Kontrollerer lading og overvåking av batteria.
- Sørger for optimal levetid og yting ved å overvåke temperatur, spenning og straum.

6. Kjøling (vifter eller kjøleprofilar)

- Grunna den kontinuerlege konverteringa genererast varme, så kjøling er viktig for stabil drift og levetid.

7. Kontrolleining / Mikroprosessor

- Hjerne i UPS-en.
- Overvåkar og styrer heile systemet: straumkildar, batteristatus, temperatur, overgangar osv.
- Ofte med LCD-panel eller webgrensesnitt for status og konfigurering.

8. Inngangs- og utgangsfilter (inkl. EMI/RFI-filter)

- Filtrerer bort elektrisk støy og overspenningar.
- Sikrar at utstyret får rein og stabil straum.

Ekstrautstyr (valfritt i mange system)

- SNMP/nettverkskort – for overvåking og varsling.
- Batteriekspansjonsmodular – for lengre backup-tid.
- Manuell vedlikehalds bypass – for trygg service.

EMI - filter

EMI - FILTER

Eit EMI-filter (Electromagnetic Interference filter) er ein elektronisk krets som reduserer eller fjernar elektromagnetisk støy (EMI) fra straumnettet før den når UPS-en eller tilkopla utstyr.

EMI-filter er ikkje alltid standard i ein OFF-Line UPS, men nokre modellar har det, spesielt dersom dei er designa for meir følsomt utstyr.

Kvifor nyttast EMI-filter i ein UPS?

Straumnettet kan innehalde forstyrringar som kan skade eller påvirke følsomt elektronisk utstyr. EMI-filteret beskyttar mot:

- Radiofrekvent interferens (RFI) – Høgfrekvente signal frå radiosendarar, trådlause einingar osv.
- Linjestøy frå straumnettet – Støy frå elektriske motorar, lysrøyr, kraftnett osv.
- Høgfrekvente transientar – Plutselege spenningsspikar frå lynnedslag eller industrielle maskiner.

Korleis fungerer et EMI-filter?

Eit EMI-filter består vanlegvis av:

- Induktansar (spolar) – Stoppar høgfrekvent støy ved å motstå raske endringar i straum.
- Kondensatorar – Leiar høgfrekvent støy bort frå straumforsyninga.
- Motstandar (valfritt) – For å dempe resterande forstyrringar.

Filteret plasserast på inngangen til UPS-en for å sikre at kun rein straum går vidare til elektronikken.

Fordelar med EMI-filter i ein UPS:

- Forbetra straumforsyning – Fjernar forstyrringar og beskyttar utstyr.
- Lenger levetid på elektronikk – Reduserer slitasje frå elektrisk støy.
- Betre yting på følsomt utstyr – Viktig for datasenter, sjukehus og laboratorieutstyr.

Når er EMI-filter viktig?

- I miljø med mykje elektrisk støy (industri, sjukehus, kontor med mykje elektronikk).
- For sensitive system som krev stabil straumforsyning (servarar, medisinsk utstyr).
- Når UPS-en er kopla til eit straumnett med kjend høg interferens.

Kort sagt, EMI-filteret sikrar at UPS-en leverer rein og stabil straum til utstyret ditt.

Kvifor er EMI-filter mindre vanleg i OFF-Line UPS?

- Ein OFF-Line UPS koplar lasta direkte til straumnettet under normal drift. Dersom det er EMI-støy i straumnettet, vil den gå rett til utstyret, med mindre UPS-en har eit innebygd EMI-filter.
- Mange rimelege OFF-Line UPS-ar har ikkje EMI-filter fordi dei primært er designa for enkel straumbackup, ikkje for straumrensing.
- EMI-filtrering er meir vanleg i Line-Interactive og Online UPS, fordi disse systema kontinuerleg behandlar straumen før den når lasta.

Det finst nokre høgare kvalitets OFF-Line UPS-ar kan ha eit grunnleggande EMI-filter for å dempe elektromagnetisk støy. Dette er spesielt nyttig i områder med mykje elektrisk interferens.

Dersom ein OFF-Line UPS ikkje har EMI-filter, kva kan du gjere?

- Nytte eit eksternt EMI-filter eller ein overspenningsbeskyttar med EMI-filtrering mellom straumuttaket og UPS-en.
- Oppgradere til ein Line-Interactive UPS, som ofte inkluderer både EMI-filtrering og spenningsregulering.

Static Switch

STATIC SWITCH

Ein static switch i ein UPS er ein elektronisk brytar basert på tyristorar (SCRs) eller andre halvleiarkomponentar som gjer det mogleg å raskt byte mellom ulike straumkildar utan mekaniske bevegelege delar.

Den nyttast i Online UPS og Line-Interactive UPS for å sikre ein rask og saumlaus overgang mellom:

1. UPS-invertaren (når den leverer straum til lasta).
2. Bypass-linja (direkte nettstraum eller ein alternativ kraftkilde).

Korleis fungerer ein static switch?

- Under normal drift let static switchen lasta få straum frå UPS-invertaren.
- Dersom det oppstår ein feil i UPS-en (t.d. overbelasting eller inverterfeil), vil static switchen straks kople lasta over til bypass-linja.
- Når feilen er løyst, koplast lasta tilbake til UPS-invertaren utan merkbart avbrot.
- Dette skjer ekstremt raskt, ofte på mikrosekundnivå, noko som sikrar at utstyr ikkje vert påvirka.

Fordelar med ein static switch i UPS

- Rask overgangstid – Sikrar uavbroten straumforsyning.

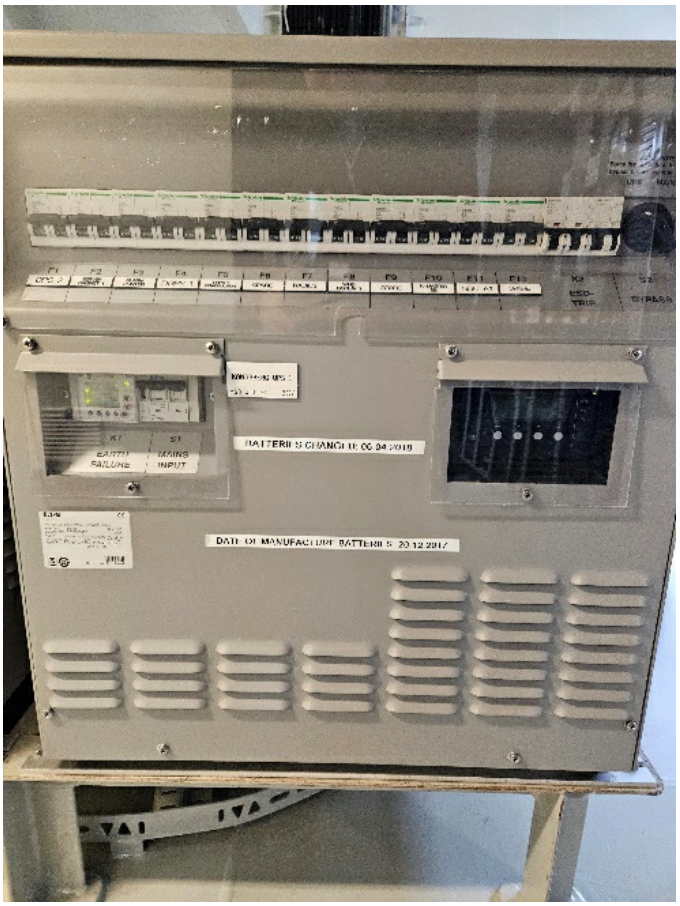
- Ingen mekaniske delar – Aukar pålitelegheita og levetida.
- Saumlaust vern – Nyttast i Online UPS for å garantere kontinuerleg straumforsyning.

Kvar nyttast static switcher?

- Online (Double-Conversion) UPS – For å byte til bypass-straum dersom invertaren feilar.
- Redundante UPS-system – For å kople om mellom to UPS-einingar eller mellom UPS og nettstraum.
- Kritiske system – Serverrom, datasenter, sjukehus og industri der null nedetid er avgjerande.

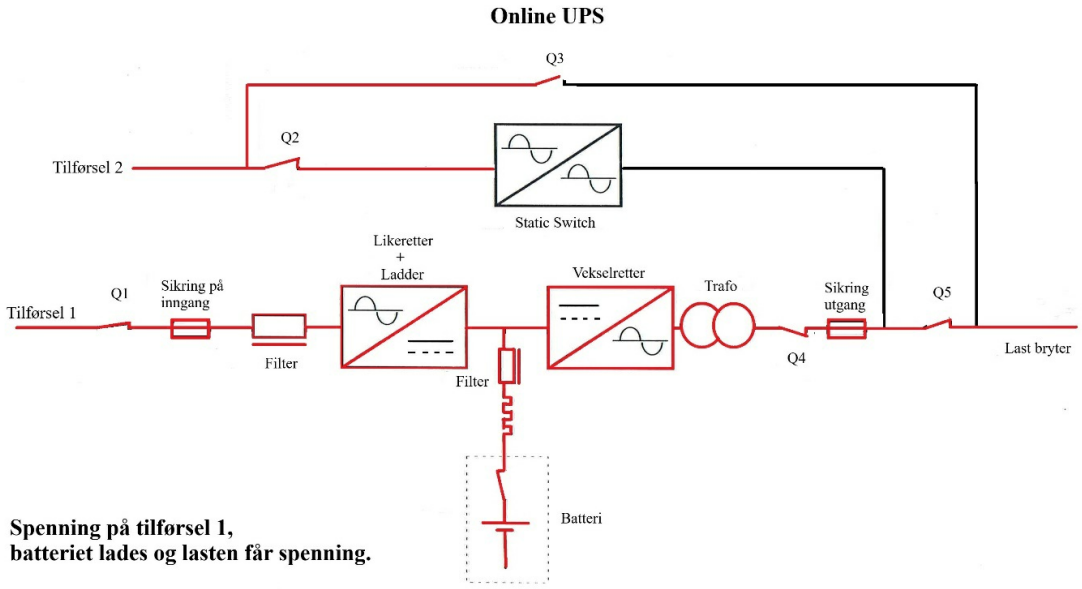
Ein static switch er altså ein sentral komponent i avanserte UPS-system, som sikrar at straumforsyninga forblir stabil sjølv ved feil eller høg belasting.

Schneider Electric
Galaxy-serien (Galaxy VS, VM), APC-serien.
Enkelte modellar med DNV – sertifisering nyttast i automasjon og kritiske system.

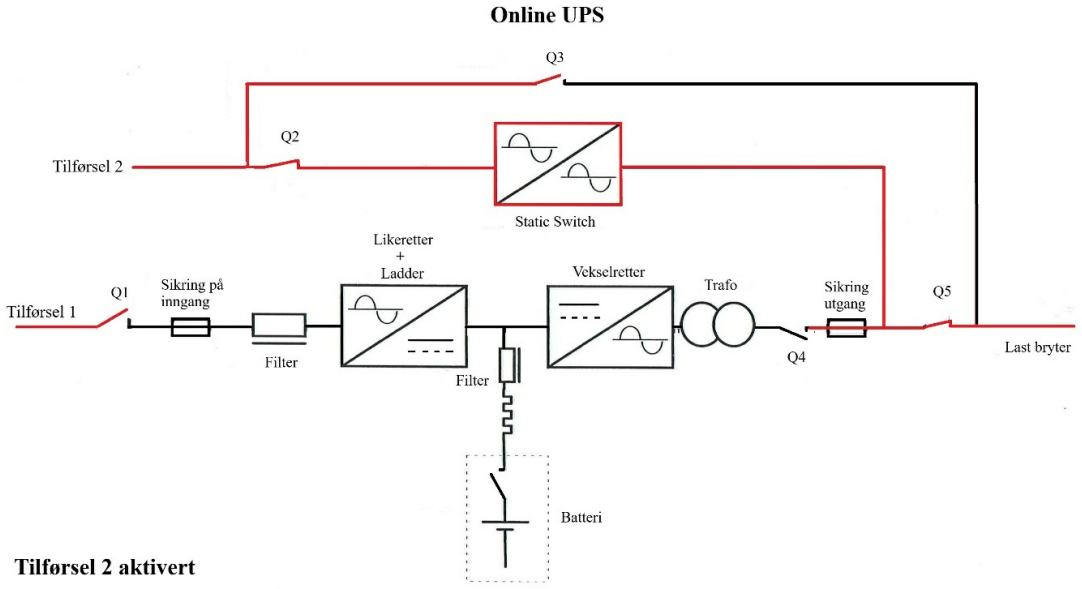


Ulike driftstilstandar (flower) på ein Online UPS

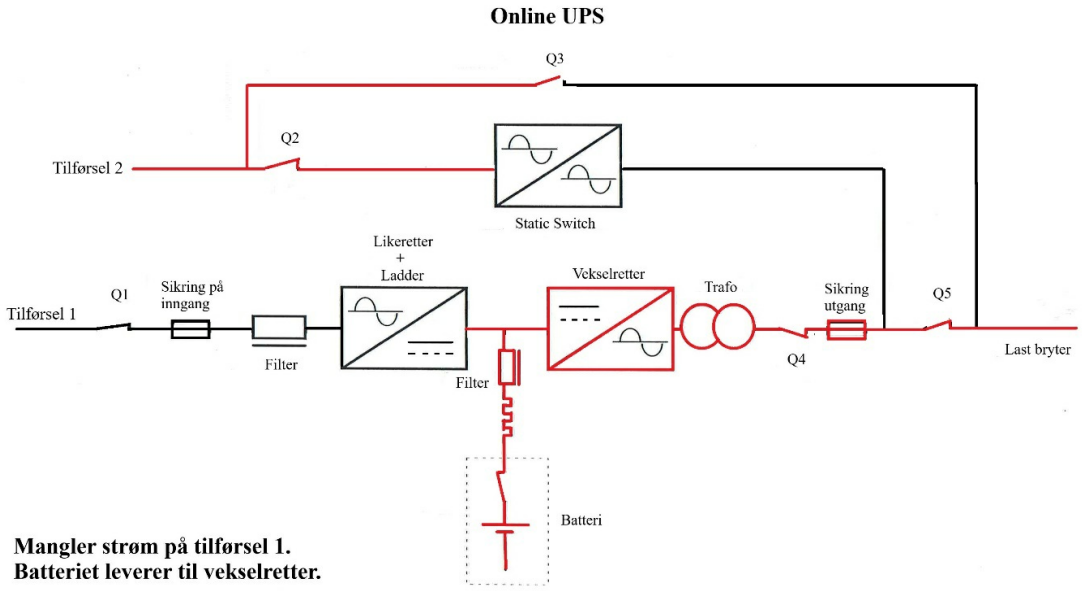
Døme 1, normal drift.



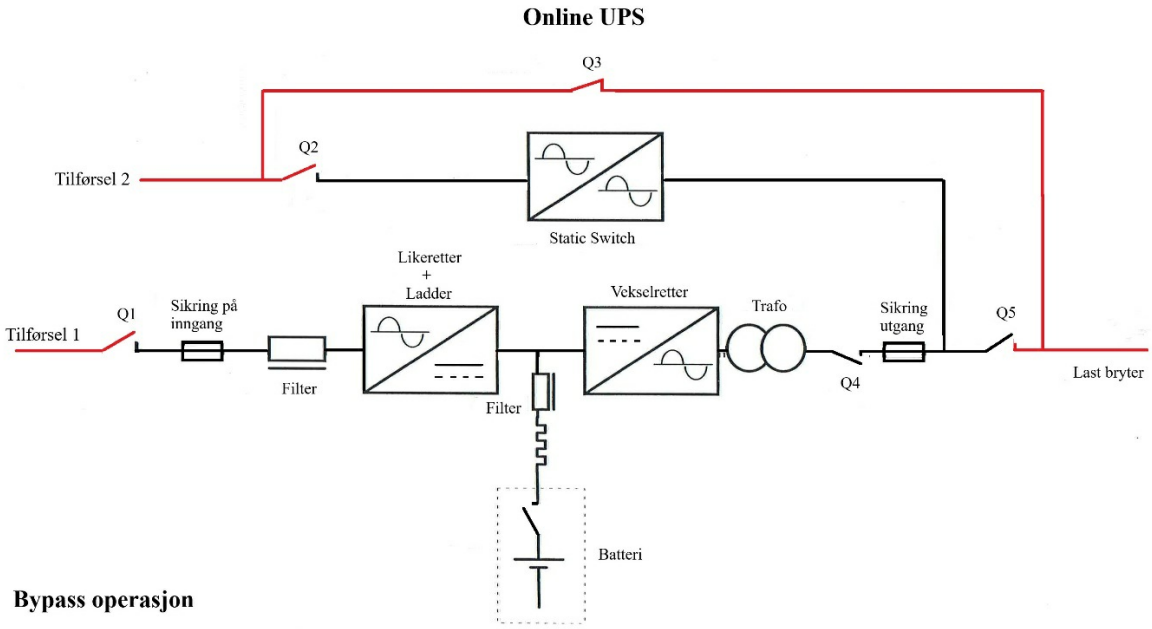
Døme 2, automatisk bypass, ved feil i UPS'en.



Døme 3, hovudtilførsel ute, batteri leverer straum.



Døme 4, manuell bypass.



Kap 21 PLS

PLS (programmerbar logisk styring)

PLS (PROGRAMMERBAR LOGISK STYRING)

PLS står for «programmerbar logisk styring» og er namnet på ei type eining ein kan styre elektriske og automatiske system med. Denne eininga kan nyttast i staden for reléstyringar, og har fleire avanserte moglegheiter når det gjeld styring og overvåking.

Hovuddelar PLS

Ein PLS består typisk av disse hovuddelane:

1. Straumforsyning
   - Gir straum til systemet. Vanlegvis 24V DC eller 230V AC.
2. CPU (Central Processing Unit)
   - "Hjerna" i PLS-en. Køyrer programmet og styrer resten av eininga. Lesing av inngangar, køyring av logikk og styring av utgangar.
3. Inngangsmodular (Inputs)
   - Mottek signal frå sensorar, brytarar, trykknappar osv.
   - Kan vere digitale (av/på) eller analoge (varierande verdiar som temperatur, trykk osv.).
4. Utgangsmodular (Outputs)
   - Sender signal til aktuatorar som motorar, ventilar, lampar, relè osv.
   - Også disse kan vere digitale eller analoge.
5. Kommunikasjonsportar / Nettverk
   - For å kommunisere med andre PLS-ar, datamaskiner, HMI (skjerm) eller SCADA-system.
6. Minne (RAM/ROM/Flash)
   - Programmet lagrast her, samt midlertidige data under køyring.





Virkemåten til ein PLS, enkelt forklart

PLS-en følgjer ein syklus som gjentakast kontinuerleg, ofte fleire gangar per sekund:

1. Les inngangar – Les status på alle inngangar (brytarar, sensorar).
2. Køyrer programmet – Køyrer logikken (programmet du har skrive i ladardiagram, funksjonsblokker, osv.).
3. Oppdaterer utgangar – Skrur på/av utgangar basert på programmet.
4. Intern sjekk/diagnose – Sjekkar systemhelse og eventuelle feilmeldingar.

Denne prosessen går så raskt at alt virkar "live", sjølv om det skjer i syklusar.

PLS

> **PLS**
>
> Ei **programmerbar logisk styring** (**PLS**) (på engelsk https://no.wikipedia.org/wiki/Engelsk *programmable logic controller*, **PLC**)
> er ei datamaskin https://no.wikipedia.org/wiki/Datamaskin
> som nyttast for å automatisere https://no.wikipedia.org/wiki/Automatikk
> oppgåver som produksjon og kontroll https://no.wikipedia.org/wiki/Kontroll
> av til dømes nivå. PLS'en har tatt over oppgåvene som hundrevis av relè gjorde før, og kan programmerast til å gjere det same. Det finst i dag eit stort utvalg av PLS'ar, fra dei små enkle med integrerte inngangar, utgangar og med innebygd relé https://no.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9
> til kraftige modulbaserte modellar. Dei nyttast i alt frå enkel lys og varmestyring i hus og hytter, til store avanserte automasjons- og prosessanlegg, oljeinstallasjonar og på skip.

Hovudforskjellen frå andre datamaskiner er inn- og utgangane til PLS'en. Disse vert kopla til pådragsorgan og sensorar https://no.wikipedia.org/wiki/Sensor_(instrument)
Inngangen til PLS'en er enten digital https://no.wikipedia.org/wiki/Digital
eller analog https://no.wikipedia.org/wiki/Analog_informasjon
Dei digitale inngangane kan lese to tilstandar, 0 og 1 (av, på) og vert til dømes kopla saman med straumbrytarar https://no.wikipedia.org/wiki/Str%C3%B8mbryter
endebrytarar, tilbakemeldingar frå relè, gassalarmar, brannalarmar og andre tilstandsverdiar som er digitale. Dei analoge inngangane kan bli kopla saman med transmittarar som temperatur-transmittarar, nivå-transmittarar, trykk-transmittarar og andre tilstandsverdiar som er analoge. Det finst mange ulike analoge signal, 4–20mA og 0–10V er mykje nytta. Utgangane kan bli kopla til ventilar, elektriske motorar osv.

CPU – Hjerna i PLS-en

CPU-en (Central Processing Unit) er den viktigaste komponenten i ein PLS. Den styrer heile systemet, tolkar programmet og styrer kva som skal skje basert på inngangar og utgangar.

Kva gjer CPU-en konkret?

CPU-en utfører disse hovudoppgåvene – i ein kontinuerlig syklus:

1. Les inngangsdata
   - CPU-en hentar inn status frå alle inngangsmodular (t.d. om ein brytar er trykt inn, eller kva temperatur ein sensor målar).
   - Disse statusane vert lagra i eit internt minneområde kalla inngangsimage (input image table).
2. Køyr programmet
   - Programmet du har laga (typisk i ladar-logikk, strukturert tekst eller funksjonsblokker) vert no køyrd steg for steg.

- Programmet nyttar verdiane frå inngangsbildet og reknar ut kva utgangar som skal vere på/av.

3. Oppdater utgangar
   - CPU-en sender signal til utgangsmodulane for å aktivere eller deaktivere t.d. motorar, lampar eller ventilar.
   - Verdiane vert lagra i eit utgangsbilde (output image table) som så overførast til dei fysiske utgangane.
4. Utfør internkontroll og kommunikasjon
   - CPU-en kan sjekke etter feil, overvake tilstandar og snakke med andre system (t.d. SCADA eller andre PLS-ar).

Innhald i CPU-en.

- Prosessor (mikroprosessor):
  Utfører sjølve rekningane og logikken.
- Minne:

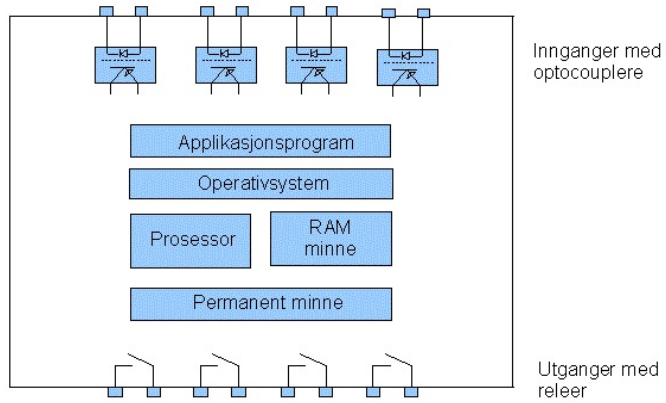
- RAM: nyttast til midlertidig lagring under drift.
  - ROM/Flash: Her ligg programmet du har lasta opp.
  - EEPROM/Backup: For varig lagring av data (t.d. telleverdiar, konfigurasjonar).
  - Kommunikasjonsportar: Tilkoplingar for nett (Ethernet, Profibus, Modbus, CAN.fl.)
  - Sanntidsklokke (RTC): Nyttast for tidsstyrte operasjonar (t.d. start maskin kl. 07:00 kvar dag).

DØME: CPU I PRAKSIS

Tenk deg at du har eit program som skal starte ein motor når ein knapp vert trykt inn, og stoppe han når ein sensor seier at ei luke er åpen:

1. CPU-en les: "Knapp = trykt inn, luke = att".
2. Programmet tolkar: "OK, det er trygt å starte motoren."
3. CPU-en sender signal til utgangen som startar motoren.
4. Motoren startar.

Typisk oppbygging av PLS



Logiske funksjonar

LOGISKE FUNKSJONAR

Ein PLS kan programmerast til å utføre dei instruksjonane vi gir den. Grunnlaget for programmeringa er logiske funksjonar som «OG» og «ELLER». Styringa vert utført i tråd med programmeringa.

I dagleglivet er vi vande med å trekkje logiske slutningar og gjere val ut frå føresetnadar, informasjon og impulsar. Same tankegang ligg eigentleg til grunn for den logiske digitale teknologien. Vi kan ta føre oss eit døme:

Kari og Ola har planlagt ein fisketur, men dersom fisketuren skal bli realisert, må følgjande to føresetnader vere til stades: Det må vere bra vær, og båten må vere i orden. Dersom begge disse vilkåra er oppfylt, vert det fisketur. Dersom vi no kallar bra vær for A, ok båt for B og fisketur F, kan vi uttrykkje dette som

> F = A og B

Vi har uttrykt ein logisk funksjon, i dette høvet ein OG-funksjon. På same måte uttrykkjast logiske funksjonar digital teknisk, men i staden for å skrive *og,* bruker vi ein prikk og uttrykkjer dette som

> F = A · B eller berre F = A B

Sjølvagt kunne vi lagt inn fleire vilkår, som til dømes at fiskeutstyret må vere i orden, og kalla denne for C.

Då vil vi få

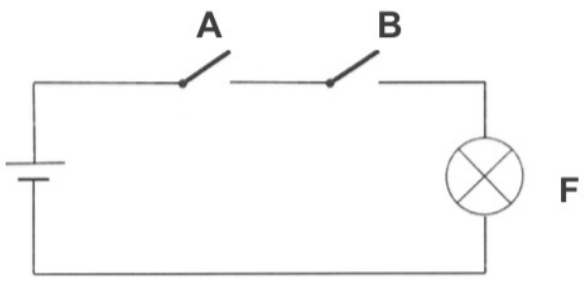
> F = ABC

OG-funksjon

Lukkekontaktar i serie dannar ein OG-funksjon.

> F = A og B F = A·B

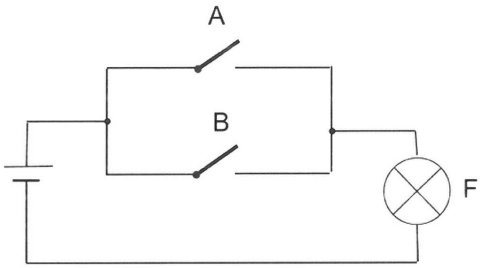
Dersom både kontakt A og kontakt B lukkast, vil lampa F lyse, altså ein OG-funksjon.



Eller-funksjon.

> Lukkekontaktar i parallell dannar ein ELLER-funksjon.
>
> F = A + B
>
> F = A eller B

Dersom kontakt A eller kontakt B lukkast, vil lampa F lyse, altså ein ELLER-funksjon. Symbolet + nyttast for å utrykkje ein ELLER-funksjon.



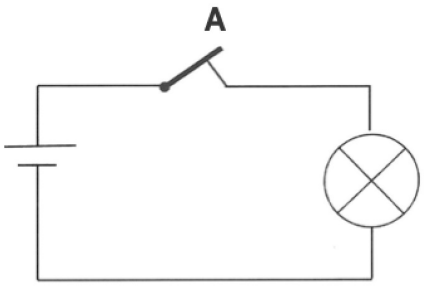
Ikkje-funksjon.

Ei brytekontakt utgjer ein IKKJE-funksjon.

> F er lik A invertert.

Dette uttrykkjast som:

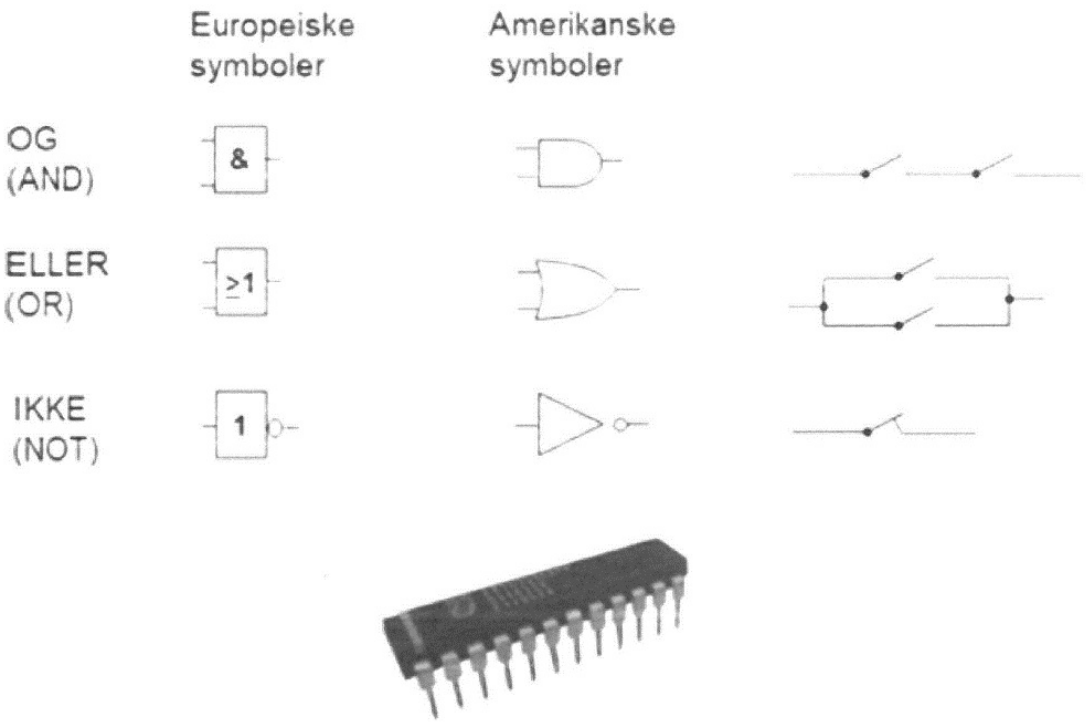
> F = A (med strek over)



Logiske portar

Logiske portar kan sjåast på som byggjeklossar i all digital elektronikk, frå enklare digitale styrekretsar til mikroprosessorar og datamaskiner, og kallast difor **logiske grunnelement.**

Dei tre grunnelementa teikna som logiske element (europeiske og amerikanske teikningssymbol) og lukke og brytekontaktar samt engelske symbolnamn som vi vanlegvis finn i datablad:



Europeiske og amerikanske symboler for logiske porter

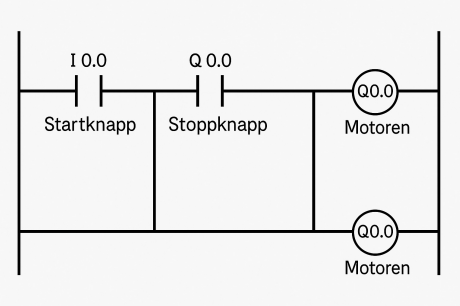
Ladardiagram

LADARDIAGRAM

Ladarlogikk (også kalla kontaktplan) er ei form for programmering av PLS (Programmerbar Logisk Styring) som etterliknar gammaldags reléteknikk. Det består av "rungene" (steg), som går frå venstre "straumførande skinne" til høgre "nøytral".

Døme på ladardiagram.

La oss seie du vil lage eit enkelt PLS-program der ein motor skal starte når ein start-knapp vert trykt inn, og stoppe når det vert trykt på ein stopp-knapp (KI animert).



Døme: Start/stopp av motor med minne (sjølvlås/haldekontakt).

Funksjon

- I0.0 = Startknapp (normalt åpen)
- I0.1 = Stoppknapp (normalt lukka)
- Q0.0 = Motor (utgang)
- Motoren skal starte når du trykkjer "Start", og stoppe når du trykkjer "Stopp"

Forklaring

Symbol	Tyding	Kommentar
I0.0	Startknapp (NO)	Brukaren trykkjer denne for å starte
Q0.0	Sjølvlåsing (NO)	Held motoren i gang etter at du slepp startknappen
/I0.1	Stoppknapp (NC)	Normalt lukka – åpnar ved trykk og bryt kretsen
Q0.0 (til høgre)	Utgang – motoren	Denne aktiverast når logikken til venstre er sann

Korleis det fungerer:

1. Ved start:
   - Du trykkjer I0.0 (Start).
   - Stoppknappen I0.1 er lukka (fordi den er normalt lukka, /I0.1 = 1).
   - Motoren (Q0.0) får signal og går.
2. Sjølvlåsing:
   - Sjølv om du slepp startknappen, vil Q0.0 halde seg aktiv via sin eigen kontakt i rungen.

3. Ved stopp:
   - Du trykkjer I0.1 (Stopp), som bryt straumen til rungen (fordi /I0.1 blir 0).
   - Motoren (Q0.0) slår seg av.

Bruksområder

- Startarar for motorar (t.d. vifter, pumper).
- Lysstyring (lys på til ein trykkjer stopp).
- Ventilstyring i maskiner.

Motoren er ikkje eigentleg kopla to gangar – det berre ser slik ut på teikninga. Her er kvifor det visast slik:

Sjølvlåsing (self-hold / latch)

I ladardiagrammet er utgangen Q0.0 (motoren) teikna både som ei kontakt og som ein coil:

Første gang (til venstre, midten):

Q0.0 som kontakt
- Dette er ei virtuell kontakt som representerer at motoren er aktiv.
- Den nyttast til å lage ei "tilbake mating" (self-hold), slik at motoren held seg på etter at du slepp startknappen.

Andre gang (til høgre):

Q0.0 som coil (utgang).
- Dette er det faktiske signalet til motoren, altså "aktiver utgang Q0.0".

Korleis det fungerer saman:

1. Du trykkjer startknappen (I0.0) ⇒ straum går til coil Q0.0.
2. Når Q0.0 er aktivert, blir den virtuelle Q0.0-kontakta "lukka".
3. Sjølv om du slepp startknappen, held Q0.0 seg aktiv fordi kontakta Q0.0 fortsatt gir straum til coilen.

Dette er det som kallast "sjølvlås" eller "latching".

Kort sagt:

- Venstre Q0.0 = kontakt (nyttast i logikken, viser om utgangen er aktiv).
- Høgre Q0.0 = coil (aktiverer sjølve utgangen/motoren).
- Dette er heilt normalt i PLS-programmering, sjølv om det kan sjå ut som du nyttar utgangen to gangar.

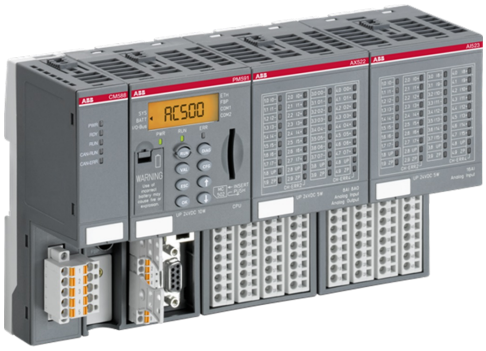


Foto: ABB

PLS feilsøkingsmetodar

Feilsøking på PLS (Programmerbar Logisk Styring) kan utførast på fleire ulike måtar. Her ser vi på fem ulike metodar.

Det er lurt å ha eit lager med reservedelar. Dette reduserer nedetid ved komponentfeil. I ein feilsituasjon kan tilgjengelegheita av riktige reservedelar bety forskjellen mellom nokre minutt nedetid og fleire timar eller dagar.

Som ein tommelfingerregel bør mengda reservedelar som lagerførast vere ca. 10 % av det som er i bruk. Dersom ein komponent nyttast sjeldan, kan det vere tilstrekkeleg å ha færre enn 10 % på lager.

Hovudkomponentar bør ha éin reservedel kvar, uavhengig av kor mange CPU-ar som nyttast. Kvar straumforsyning bør også vere tilgjengeleg som reservedel. Enkelte system kan til og med kreve at ein har eit komplett CPU-rack som backup.

Når eit system er nede og må takast i bruk straks, er det ofte ikkje tid til å identifisere nøyaktig kva for CPU-modul som har feila.

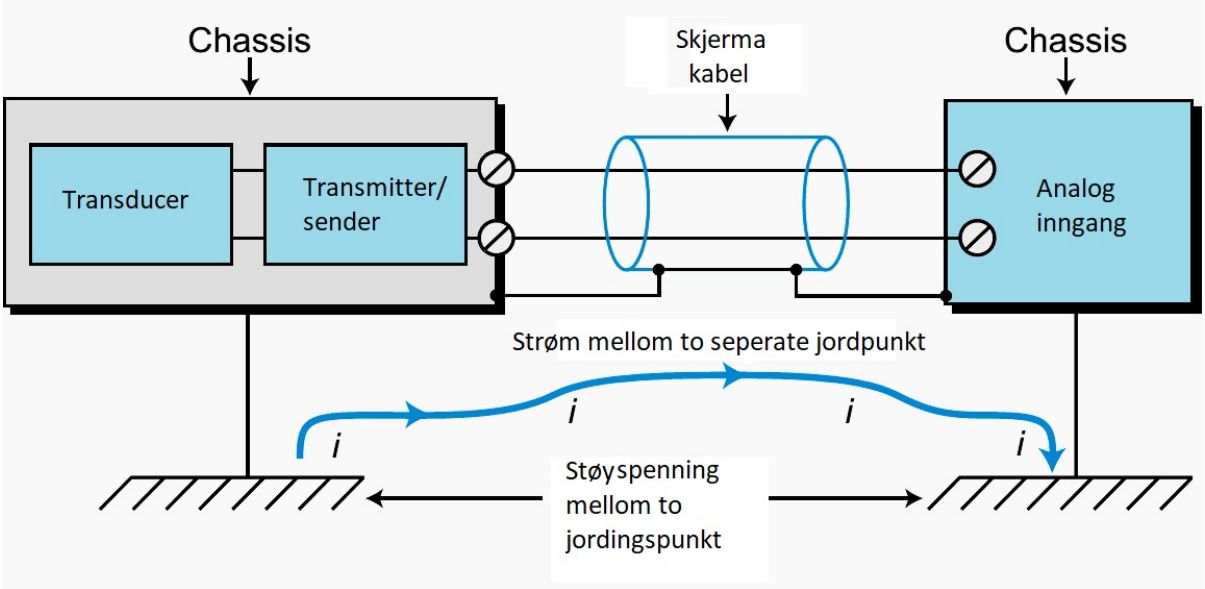
Dersom ein modul må bytast ut, må ein forsikre seg om at erstatningsmodulen er av riktig type. Nokon I/O-system tillet modular å bytast medan straumen er på, medan andre krev at straumen slås av. Dersom ein byter ein modul og problemet ser ut til å vere løyst, men feilen gjentek seg etter kort tid, bør ein undersøke dei induktive belastingane i systemet.

Induktive belastingar kan generere spennings- og straumtoppar. I slike høve kan ekstern fråkopling vere nødvendig. Dersom modulen sin sikring går igjen etter utskifting, kan årsaka vere at utgangsstraumen overstig modulen si grense, eller at det er ei kortslutning i utgangskretsen.



Foto: Schneider Electric.

Feilsøking på jordfeil- jordsløyfer ved skjerma kabel



Figur 1.

Ei jordsløyfe kan oppstå når ein nyttar skjerma kablar som er jorda i begge endar. Dette skapar ein uønska kretsveg gjennom jordingssystemet.

Som nemnd tidlegare, oppstår ei jordsløyfe når to eller fleire jordingspunkt har ulik elektrisk potensial, og ein straum kan flyte mellom dei.

DØME – FIGUR 1

Transdusarar og signalgivarar er kopla til jord via chassiset (eininga si kapsling), og til eit analogt inngangskort via ein skjerma kabel. Dersom skjermen er kopla til jord i begge endar, dannast det ein leiande veg mellom dei to chassisane.
Fordi jordpotensiala mellom dei to punkta kan vere ulike, vil det oppstå ein straum gjennom kabelskjermen. Denne straumen kan vere betydeleg – opptil fleire ampere – og skape magnetiske felt som forstyrrar signaloverføringa. Dette kan føre til feilmålingar eller ustabilitet i analoge signal.

Løysing: For å unngå jordsløyfer bør skjermen kun koplast til jord i éin ende, helst på PLS-sida (eller ved det analoge inngangskortet).

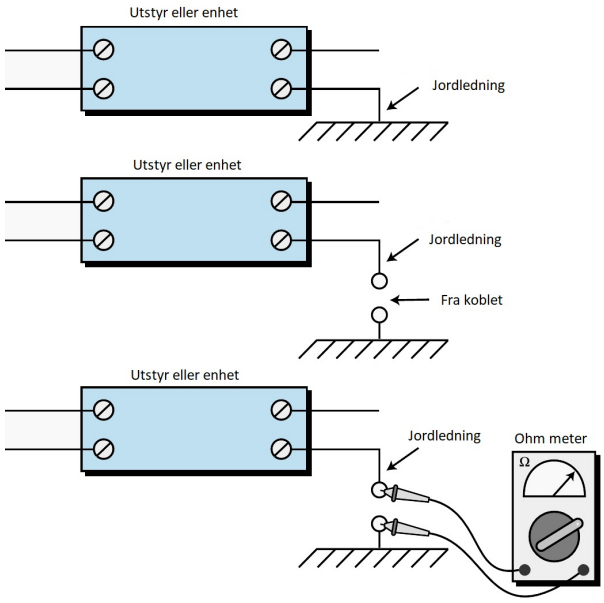
Måling og feilsøking av jordsløyfe.

For å kontrollere om ei jordsløyfe finst:

1. Kople frå jordleidninga (t.d. skjermen).
2. Mål motstanden mellom den fråkopla leidninga og jordpunktet den normalt er kopla til (sjå Figur 2).
3. Instrumentet skal vise høg motstand (ideelt sett åpen krets).
4. Dersom du målar lav motstand, indikerer dette kontinuitet, og dermed at det finst ei jordsløyfe i systemet.

Oppsummert:

Feil	Årsak	Løysing
Forstyrra analog signaloverføring	Straum gjennom kabelskjerm grunna jordsløyfe	Jord skjerm kun i éin ende (helst PLS-sida)
Lav motstand mellom jordpunkt	Uønska kretsveg eksisterer	Identifiser og fjern doble jordingar



Figur 2: Fremgangsmåte for å identifisere jordsløyfer.

Diagnostiske PLS-indikatorar

PLS-modular har ofte LED-statusindikatorar som gir viktig informasjon om tilstanden til felteiningar, leidningar og I/O-modular. Dei fleste inngangs- og utgangsmodular har minst éin indikator.
- Inngangsmodular har vanlegvis ein straumindikator, som viser at det er spenning til stades på inngangen.
- Utgangsmodular har ofte ein logisk indikator, som viser at PLS-en har sendt eit signal for å aktivere utgangen.

Inngangsmodular.

Ein tent straum-LED på ein inngangsmodul betyr at det tilførast spenning frå felteininga, og at inngangssignalet fysisk er til stades på modulen.

Mange produsentar inkluderer også ein logisk LED, som indikerer at signalet er korrekt handtert av logikkdelen av modulen og registrert av PLS-prosessoren.

Dersom straumindikatoren er på, men logikkindikatoren er av (eller omvendt), kan det tyde på ein feil i inngangskretsen eller i modulen.

Utgangsmodular.

Ein logisk indikator på ein utgangsmodul viser at PLS-prosessoren har sendt ein kommando om å aktivere utgangen.

I tillegg kan utgangsmodular ha:

- Ein sikringsindikator, som viser statusen til vernesikringen i utgangskretsen.
- Ein straumindikator, som stadfestar at spenning faktisk når belastinga (lasta).

Dersom logikk-LED-en lyser, men straumindikatoren ikkje gjer det, kan sikringen vere gått eller det kan vere ein feil i sjølve utgangen eller lasta.

Oppsummering:

Indikator	Modultype	Tyding
Straum-LED	Inngang	Signal til stades frå felteining
Logikk-LED	Inngang	Signal registrert av PLS-prosessor
Logikk-LED	Utgang	PLS har sendt aktiveringssignal
Straum-LED	Utgang	Lasta mottek straum
Sikringsindikator	Utgang	Viser om utgangssikringen er gått

Diagnostisk verdi

LED-indikatorar er eit nyttig verktøy i feilsøkingsprosessen. Dei gir rask visuell tilbakemelding og er med på å isolere feil på modular eller tilkoplingar.

Men

LED-indikatorar kan ikkje identifisere alle feil, og bør difor sjåast på som første steg i ei systematisk feilsøking, ikkje som ei fullverdig diagnose.

Feilsøking av PLS-inngangar – Full prosedyre

Steg 1: Set PLS i testmodus (om mogleg).

Føremål: Sørg for at det er trygt å feilsøke utan at PLS påvirkar prosessen eller utstyret.

- Set PLS i test- eller overvåkingsmodus (Dersom systemet støttar det).
- I denne modusen:
  - Inngangar blir lest.
  - Programmet køyrast.
  - Utgangar vert ikkje aktivert – gir trygg feilsøking.
- Alternativ: Kople frå utgangsmodulane fysisk eller deaktivér dei midlertidig i programmet.

Steg 2: Aktiver felteininga manuelt og sjå etter LED på inngangsmodulen.

Føremål: Sjekk at signalet fysisk når fram til PLS-modulen.

- Trykk på knapp, aktiver brytar eller simuler signal frå sensor.
- Sjå på status-LED på inngangsmodulen:
  - LED lyser: Signal når fram.
  - LED er mørk: Signal kjem ikkje fram. Gå vidare til neste steg.

Steg 3: Sjekk PLCs lesing av inngang.

I testmodus vil PLS:

- Lese inngangane.
- Utføre programmet.
- Ikkje aktivere utgangar.

Bruk PLC-programmeringsverktøyet for å:

- Observere at kontakta sin instruksjon vert aktiv (utheva) i programmet, eller
- At ein verdi på 1 visast på den aktuelle inngangen i input-tabellen.

Dersom PLS registrerer signalet riktig: Modulen fungerer som den skal.
Dersom ikkje: Feilen kan ligge i inngangsmodulen (logisk krets, optokoplar eller defekt kanal).

Steg 4: Mål spenning på inngangen.

Dersom modulen ikkje registrerer signalet:

1. Aktiver felteininga manuelt.
2. Mål spenninga mellom signalleidning og jord (eller referanse) ved inngangsmodulen.
   - Til dømes: 120 V AC eller 24 V DC, avhengig av systemet.

Måling	Tolking
Riktig spenning	Modulen er truleg defekt
10–15 % under riktig nivå	Problem med spenningskilde
Ingen spenning	Sannsynleg feil i leidning eller felteining

Test felteining og kabel

Dersom det ikkje er riktig spenning på inngangen:

- Sjekk at felteininga faktisk gir ut spenning ved aktivering
- Mål spenning på tvers av felteininga.
  - Ingen spenning ut: Felteininga er defekt.
  - Spenning ut, men ikkje inn på modul: Feil i kabel eller kopling.

Kontroller at kabelen er riktig tilkopla, og at det er god kontakt i klemma. Byt kabel om nødvendig.

Oppsummert – Feilsøkingsflyt:

Steg	Handling	Kva det viser
1	Set PLC i testmodus	Trygg feilsøking
2	Aktiver felteining og sjekk LED	Signal fram til modul
3	Les signal i PLS-program	Logisk funksjon verifisert
4	Mål spenning til modul	Sjekkar signalnivå
5	Sjekk felteining og leidning	Lokalisér fysisk feil

Feilsøking av PLS-utgangar

Steg 1: Identifiser problemet:

Start med å isolere feilen til éin av følgjande:

- Utgangsmodulen.
- Felteininga (til dømes motor, magnetventil og lampe).
- Leidningsnettet (inkludert sikringar og klemmer).

Steg 2: Sjekk utgangsmodulen sin statusindikator:

- Dei fleste PLS-utgangsmodular har status-LED for kvar kanal.
  - Lyser: PLS har sendt signal om å aktivere utgangen.
  - Lyser ikkje: Enten ingen kommando frå PLS, eller modulen virkar ikkje.

VIKTIG! Kontroller spenningsnivå.

!

KONTROLLER SPENNINGSNIVÅ

- I eit 120 V AC-system bør spenninga ligge mellom 108 og 132 V AC.
- For 24 V DC-system, bør spenninga vere minst 21,6 V (10 % toleranse).
- Kontroller også sikringar på modulen – ein sprengt sikring kan gjere éin eller fleire utgangar ubrukelege.

Steg 3: Sjekk om modulen mottek kommando:

- Dersom PLS-programmet viser at utgangen bør vere aktiv, men status-LED ikkje lyser:
- Feil i utgangsmodulen sin logikk eller krets. Byt modul.
- Dersom LED lyser, men felteininga ikkje reagerer:
- Feilen er enten i modulen sin utgangskrets, kabling eller felteining.

Steg 4: Mål spenning på utgangsterminalen:

Medan utgangen er aktivert:

- Mål mellom utgangsterminal og returlinje (jord eller N)

Måling	Tolking
Ingen spenning	Feil i utgangsmodulen – byt modul
Riktig spenning	Feilen er i leidning eller felteining

Steg 5: Sjekk felteininga:

- Mål spenning på felteininga, medan utgangen er på.
- Sørg for at returforbindelsen (nøytral, jord eller returleidning) er tilkopla.
- Dersom det er spenning og einiga ikkje reagerer → Felteininga er defekt.

Steg 6: Omgå modulen – test felteininga direkte:

- Kople frå utgangsleidningane.
- Kople felteininga direkte til ein kjend, korrekt straumkilde.
  - Dersom den fungerer: Feilen er i leidning eller PLS-modul.
  - Dersom den ikkje fungerer: Felteininga er defekt.

Steg 7: Sjekk kablar og tilkoplingar:

- Sjekk for:
- Lause eller dårlege koplingar i klemmer.
  - Knekte eller avbrotne leiarar langs kabelbaner.
  - Korrosjon eller lause kontaktar.

Oppsummert – Feilsøkingsflyt for utgangar:

Steg	Handling	Kva det viser
1	Sjekk LED/statusindikator på utgang	PLS forsøker å aktivere
2	Sjekk riktig spenning til modulen	Stadfest forsyning og sikring
3	Stadfest kommando fra PLS	Verifiser signal frå CPU
4	Mål spenning på utgangsterminal	Modulen sin funksjon
5	Mål spenning på felteining	Signal fram til last
6	Test felteining direkte	Lasta sin funksjon
7	Sjekk leidningar	Fysisk integritet

Feilsøking av PLS-CPU – Stegvis prosedyr

Steg 1: Sjekk straumforsyninga:

- Kontroller at CPU og PLS generelt får riktig forsyningsspenning.
  - Døme: 24 V DC (vanleg), 120 V AC eller 230 V AC – avhengig av modell.
  - Bruk multimeter for å måle spenning inn på CPU-ens straumtilførsel.
- Kontroller også:
  - Sikringar (interne og eksterne)
  - Straum til eventuelle utvidelsesmodular

Måling	Tolking
Riktig spenning	Fortsett feilsøking
Lav eller ingen spenning	Feil i straumforsyning eller sikring

Steg 2: Observer CPU-statusindikatorar (LED):

Dei fleste CPU-er har lysdiodar som viser:

- RUN – systemet køyrer normalt
- ERR – feil (minne, program og hardware)
- PWR OK – straumtilstand
- COMM – kommunikasjonsstatus med I/O eller HMI

Kva indikatorane viser:

LED-status	Tolking
RUN lyser grønt	CPU køyrer normalt
ERR lyser raudt	Feil i CPU, minne eller kommunikasjon
PWR OK er av	Ingen eller lav spenning
COMM blinkar raskt	Aktiv kommunikasjon
COMM av	Ingen nettverkstilkopling eller feil på buss

Steg 3: Sjekk systemdiagnose via programmeringsverktøy.

- Kople til med PLS-programmet (døme: ABB AC500, Rockwell RSLogix, Schneider EcoStruxure, osv.)
- Hent ut systemmeldingar, som ofte gir meir spesifikk feilinfo:
  - Minnefeil.
  - Fastvare-korrupsjon.
  - Feilmodul.
  - I/O-feil (tap av kommunikasjon til modular).
- Nokre system gir feilkodar – bruk produsenten sin manual for tolking.

Steg 4: Dersom CPU fortsatt ikkje startar.

- Last opp backup-program om det er tilgjengeleg.
- Restart CPU etter å ha kopla frå eventuelle feilmodular.
- Prøv resett-knapp (dersom det finst).
- Dersom CPU fortsatt ikkje responderer:
  - Prøv fastvareoppdatering eller
  - Byt CPU-eining.

Vanlege årsakar til CPU-feil.

Feiltype	Forklaring
Overspenning	Straumforstyrringar eller feil jordingssystem
Minnefeil	Korrupt program eller maskinvarefeil
Tap av kommunikasjon	Dårleg nettverkskabel eller defekt IO-modul
Varmeproblem	Dårleg ventilasjon, høg temperatur i skapet

Oppsummert – Feilsøkingsflyt for CPU.

Steg	Handling	Kva det viser
1	Sjekk straumforsyning og sikringar	Sikrar driftsspenning
2	Sjå på LED-indikatorar	Rask statusvising
3	Bruk programmeringsverktøy	Feilkodar og systemdiagnose
4	Prøv omstart, last program eller byt CPU	Gjenopprett funksjon eller lokaliser permanent feil

Oppsummering av PLC feilsøkingsmetodar

Bruk diagnoseverktøy i PLS-programvara.

1. Dei fleste PLS-system (som ABB AC500, Schneider EcoStruxure, Allen-Bradley RSLogix osv.) har innebygde verktøy for å sjå:

- Status på inngangar og utgangar (live).
- Programflyt i ladar / blokker.
- Feilkodar eller alarmloggar.
- Kommunikasjonsstatus (nettverk, modular, etc.)

Dette er ofte det mest effektive verktøyet!

2. Sjekk inngangar og sensorar fysisk og i programmet.

- Trykk på knappar og sjå om inngangen endrar status i programmet.
- Sjekk kablar, tilkoplingar og sensorar for skade, feil polaritet, brot osv.
- Bruk multimeter om nødvendig.

3. Sjekk utgangar og aktuatorar

- Er relèet aktivt? Går motoren faktisk rundt?
- Sjekk Q-utgangen i programmet. Er den aktiv?
- Om PLS seier utgangen er på, men motoren ikkje går → sjekk sikringar, kontaktorar og overlastvern.

4. Bruk LED-indikatorar på PLS-modulane

- Mange modular har lysdiodar som viser status:
  - Grønt → OK.
  - Blinkande → signal endrar seg.
  - Raudt → feil.
- Dette gir rask info utan PC-tilkopling.

5. Følg signalvegen logisk.

Start frå der feilen synest – og følg signalgangen både i program og fysisk:

DØME

- Motor går ikkje → Er Q-utgangen aktiv? → Er startvilkår oppfylt i programmet? → Kjem signal frå startknapp? → Er sensorar i riktig posisjon?

6. Bruk alarmlister og logging.

- PLS-anlegg har ofte alarmfunksjonar og historikk.
- Sjå på tidsstempel og kva som skjedde like før feilen.
- Dette er spesielt føremålstenleg ved intermitterande feil (feil som kjem og går).

7. Tvungen styring / manuell test.

- Mange PLS-program tillet "force" eller tvungen aktivering av signal for test.
- OBS! Dette må gjerast varsamt, og helst i vedlikehaldsmodus / med alt sikra.

8. Ha dokumentasjon lett tilgjengeleg.

- Elektriske skjema.
- I/O-liste (oversikt over kva som er kopla til kvar).
- PLS-program med forklaringar.
- Feilkodeliste frå produsent.

Dokumentasjon sparar deg for mykje tid!

TIPS TIL GOD FEILSØKING.

- Start med det enkle først (sikringar, kablar og straum).
- Vær systematisk – ikkje gjett.
- Ta notat undervegs (feil kan komme tilbake).
- Ikkje vær redd for å stoppe anlegget trygt om nødvendig.

PLS frå Schneider

Døme på ein PLS (Programmerbar Logisk Styring) frå Schneider Electric som nyttast både på land og om bord i skip (i maritime tavler og automasjonssystem):

Døme: Schneider Modicon M580 Safety (PAC).

Parameter	Detaljar
Modell	Modicon M580 Safety (referanse: BMXSPUxxx)
Type	ePAC (Ethernet Programmable Automation Controller)
Bruksområde	Marine automasjon, kraftstyring, generatorstyring, ballast, HVAC
Kommunikasjon	Innebygd Ethernet, Modbus TCP/IP, IEC 61850, CANopen, Profibus
Sertifisering	IEC 61131–3, tilgjengeleg med DNV/GL og Bureau Veritas typegodkjenning (avheng av modul)
Tryggleik	Tilgjengeleg i SIL 2/3-versjon for tryggleikskritiske system
I/O-modular	Digital / Analog / HART / Pulse / RTD osv. – fleksibelt oppsett
Programmering	EcoStruxure Control Expert (tidlegare Unity Pro)

Bruksområder om bord i skip:

System	Funksjon
Kraft og energistyring	Laststyring, lastavhengig generatorstart, bus-tie kontroll
Motor- og generatorstyring	Sekvenskontroll, synkronisering, naudstart
HVAC og kjøling	Automatisert styring av vifter, kompressorar, klimaanlegg
Ballast og pumpekontroll	Tankovervåking og ventilstyring
Alarm- og overvåkingssystem	IAS / AMS-system med tilknytta HMI eller SCADA
Fjernovervåking	Via Ethernet og integrasjon mot skipsnettverk

Andre PLS-modellar frå Schneider:

Modell	Skildring
Modicon M340	Kompakt PLS, godt eigna for mindre marine installasjonar
Modicon M241 / M251	Maskinkontroll og små system – ikkje alltid marinegodkjend
Modicon X80 I/O	Modulære I/O-er kompatible med M580 og M340
Modicon Momentum / Premium	Eldre seriar, nytta i mange skipskontrollsystem tidlegare



Foto: Schneider Electric