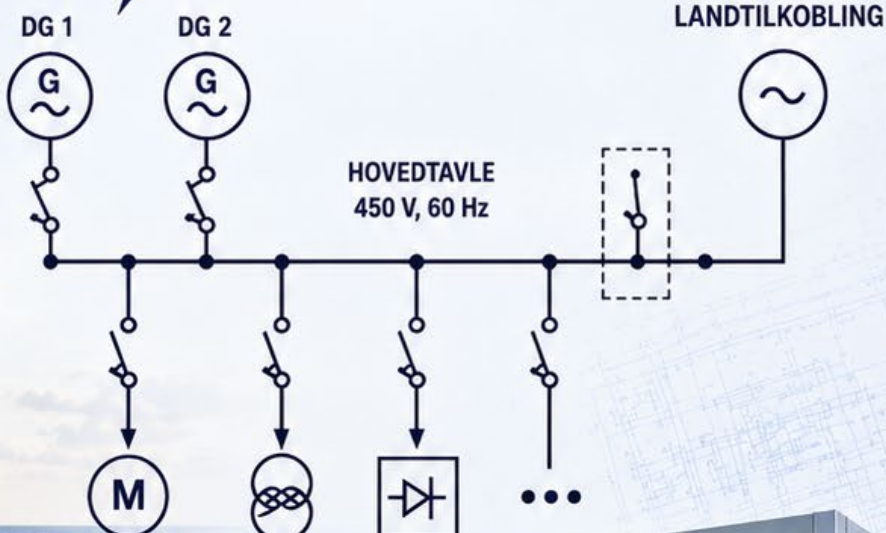




OPPGAVER I ELEKTROTEKNIKK

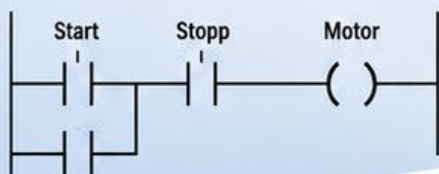
FOR MASKINOFFISERER



DIGITALE INNGANGER



DIGITALE UTGANGER



KRAFTFORSYNING



MOTORSTYRING



AUTOMASJON



BESKYTTELSE



MÅLING



FORFATTER: Lars Sigurd Berle

DATO: 05.06.2026

Innhold

Kapittel 1. Grunnleggende elektro likestrøm.	2
1.1. Ohms lov:	2
1.2. Parallellkopling av motstander.	4
1.3. Seriekopling av motstander.	6
Kapittel 2. Batteri.	14
Kapittel 3. Vekselstrøm.	17
Seriekobling av vekselstrøms kretser.	17
Parallellkobling av vekselstrøms kretser.	21
Fasekompensering.	23
Kapittel 4. Trefasesystemet.	24
Motstander koblet i stjerne eller trekant.	24
Spoler koblet i stjerne eller trekant.	25
Kapittel 5. Elektronikk.	28
Kapittel 6. Måleinstrumenter.	30
Håndholdte instrument.	30
Tavleinstrumenter.	30
Kapittel 7. Sikringer og effektbrytere.	32
Kapittel 8. Skipskabler.	34
Kapittel 9. Asynkrone kortslutningsmotorer.	37
Kapittel 10. Transformatorer.	44
Beregningsoppgaver 1-fase trafoer:	44
Beregningsoppgaver 3-fase trafoer:	45
Kapittel 11. Start og stopp for elektromotorer.	48
Kapittel 12. Hovedfordeling og underfordelinger.	51
Kapittel 13. Nødtavler og nødgeneratorer.	52
Kapittel 14. Vekselstrøms synkrongeneratorer.	56
Kapittel 15. Parallellkøyring av generatorer.	60
Kapittel 16. Spenningsregulator.	68
Kapittel 17. Generatorbrytere og vern.	69
Kapittel 18. PMS.	71
Kapittel 19. Landstrøm.	73
Kapittel 20. UPS.	75
Kapittel 21. PLS.	77
Kapittel 22. Høyspent.	80

Kapittel 1. Grunnleggende elektro likestrøm.

1.1. Ohms lov:

1.1.1

En varmeovn har en motstand på $40,35 \Omega$. Den er tilkopla ei spenning på 230 V.

Regn ut strømmen.

1.1.2

En motstand på 575Ω kobles til en spenning på 230V.

Regn ut strømmen.

1.1.3

Regn ut spenningen som kreves for å sende en strøm på 0,2 A gjennom en motstand på 2500Ω .

1.1.4

Et varmeelement har en resistans på 46Ω . Det skal kobles til en spenning på 230 V.

- a) Regn ut strømmen.
- b) Hva blir strømforbruket dersom vi kobler det til 253 V?

1.1.5

Det går en strøm på 1,32 mA gjennom en motstand på $4,7 \text{ k}\Omega$.

Hvor stor er spenninga over motstanden?

1.1.6

Gjennom en glødelampe går der en strøm på 0,46 A, den er tilslutta ei spenning på 230 V.

Hvor stor er lampens resistans?

1.1.7

Strømmen gjennom en leder er 600 mA, når spenninga er 12V.

Regn ut lederen sin resistans.

1.1.8

En leder fører en strøm på 12 A, spenningsfallet mellom endepunkta er 3,6 V.

Hva er motstanden i lederen?

1.1.9

En 3,5 m lang motstandstråd med tverrsnitt $A = 0,4 \text{ mm}^2$ har en resistans på $4,27 \Omega$.

Regn ut den spesifikke motstanden i tråden.

1.1.10

Regn ut lengda på en 4 mm^2 Al-leder med resistansen $850 \text{ m}\Omega$. $\rho_{Al} = 0,028 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

1.1.11

En kobberleder med et areal på $1,5 \text{ mm}^2$, har en resistans på $5,0166 \Omega$.

$\rho_{Cu} = 0,0175 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$. Hvor lang er lederen?

1.1.12

En leder med diameter på $0,50 \text{ mm}$ har ei lengde på 560 cm . Ved en strøm på $0,20 \text{ A}$ har lederen et spenningsfall på 100 mV .

Hva er lederen sin spesifikke resistans?

1.1.13

En motstandstråd har i kald tilstand resistansen $2,23 \Omega$. Trådens diameter er $1,2 \text{ mm}$ og lengda er $1,8 \text{ m}$.

Hva er trådens resistivitet i $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

1.1.14

En kabel av kobber har ei lengde på 280 m og areal på 90 mm^2 . ($\rho = 0,0175$)

- Hva er resistansen i kabelen?
- Regn ut tverrsnittet av kabelen dersom den var av aluminium og resistansen og lengda var den samme.

Resistans i motstander og ledninger ved temperatur endring.

1.1.15

En kobberleder har ei lengde på 250 m og et tverrsnitt på $2,5 \text{ mm}^2$.

- Hva blir resistansen i kopperlederen?
- Temperaturen stiger fra 20°C til 70°C i lederen. Finn resistansen ved 70°C .

1.1.16 En kobberleder blir tilkopleet en likestrømkrets med spenning 48 V og den trekker en strøm på 24 A ved 20°C .

- Finn resistansen ved 20°C .
- Hva blir resistansen når temperaturen i kopperlederen har steget til 100°C ?

- c) Hvilken temperatur har kopplerlederen når resistansen har steget til $2,4 \Omega$.

1.1.17

En resistans på 90Ω ved 20°C har en temperaturkoeffisient på $0,004 \text{ K}^{-1}$. Hva blir resistansen når temperaturen øker til 80°C ?

1.1.18

En resistans har vært tilkopledd en spenning på 230 V i 10 minutter da trekker den en strøm på 2 A . Temperaturen i resistansen er da 110°C . Finn resistansen ved 20°C når temperaturkoeffisienten er $0,0009 \text{ K}^{-1}$?

1.1.19

En resistans med temperaturkoeffisient $0,0046 \text{ K}^{-1}$ har verdiene 110Ω ved 75°C . Hva er temperaturen i resistansen ved 140Ω .

1.1.20

To like ledere av Cu fører en strøm på 20 A . Arealet på lederne er $2,5 \text{ mm}^2$. Lengden på hver leder er 45 m og $\rho_{\text{Cu}} = 0,0175 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$. Spenningen i tilkoblingspunktet er 230 V .

- a) Hva er spenningen ute ved lampen?
- b) Temperaturkoeffisienten er $\alpha = 3,9 \cdot 10^{-3}$. Ledertemperaturen ventes å øke fra 20°C til 60°C ved denne strømmen. $\rho_{\text{Cu}} = 0,0175 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$. Hva er nå resistansen i kabelen?

1.2. Parallellkopling av motstander.

1.2.1

To motstander parallell kobles. $R_1 = 400 \Omega$ og $R_2 = 650 \Omega$ blir tilkobla en spenning på 230 V .

Regn ut:

- a) Grenstrømmene.
- b) Hovedstrømmen.
- c) Totale resistansen i kretsen.

1.2.2

Tre motstander parallell kobles. $R_1 = 4 \Omega$, $R_2 = 6 \Omega$ og $R_3 = 8 \Omega$. De blir tilkopledd en spenning på 12 V .

- a) Hvor stor er grenstrømmene?

- b) Hvor stor er hovedstrømmen?
- c) Beregn den totale resistansen i kretsen.

1.2.3

Fire like motstander kobles i parallell, den samla resistansen er på $30\ \Omega$.

Beregn resistansen i hver motstand.

1.2.4

En motstand $R_1 = 60\ \Omega$ parallellkoplas med R_2 , den samla resistansen er $40\ \Omega$.

Hvor stor er R_2 ?

1.2.5

En 80 m lang mangetrådet enleder kabel består av 135 parallelle kobber tråder, Hver tråd har et tverrsnitt på $0,58\ \text{mm}^2$.

Beregn kabelens resistans.

1.2.6

En varmeovn har to motstander $R_1 = 106\ \Omega$ og $R_2 = 52,9\ \Omega$ som er kobla over en reguleringsbryter. Spenninga er 230 V. Når bryteren er i stilling 4 så er motstandene i parallell.

- a) Regn ut total motstanden.
- b) Hva blir hovedstrømmen?
- c) Hvor stor strøm går det gjennom hver motstand?
- d) Hvor stor blir hovedstrøm dersom det blir brudd i R_1 ?

1.2.7

To motstander er kobla i parallell R_1 og R_2 . Total resistansen i koplinga er $19,2\ \text{k}\Omega$.

$I_1 = 3,1\ \text{A}$ og $R_2 = 46,2\ \text{k}\Omega$.

Regn ut hovedstrømmen.

1.2.8

Tre motstander kobles i parallell, $R_1 = 5\ \Omega$, $R_2 = 10\ \Omega$ og $R_3 = 15\ \Omega$. De blir koblet til en spenning på 150 V. Tegn skjema over koblingen. Regn ut den samla resistansen, greinstrømmene og hovedstrømmen.

1.3. Seriekopling av motstander.

1.3.1

Tre motstander kobles i serie. Spenningsfallene $U_{R1} = 45 \text{ V}$, $U_{R2} = 80 \text{ V}$ og $U_{R3} = 105 \text{ V}$

Strømmen i seriekoplinga er $0,5 \text{ A}$.

- Tegn koblingen og marker spenningsfallene.
- Regn ut den samla spenningsfallene.
- Regn ut resistansen i hver motstand.
- Regn ut den totale resistansen i kretsen.

1.3.2

Den samla resistansen av tre motstander i ei seriekopling er 1200 ohm .

Den ene motstanden er 450 ohm , og dei to andre er like store.

Hvor store er disse to motstandene?

1.3.3

På en likestrøms spole for en magnetventil er der påstemt 48 V , $0,8 \text{ A}$.

Spolen skal bli tilkoppa ei spenning på 110 V , derfor seriekobla vi denne med en motstand (R_1).

Beregn R_1 .

1.3.4

En lavvoltage-halogenlampe for 12 V har motstanden $3 \text{ }\Omega$. Lampen skal forsynes gjennom en 2-leder-kobberledning med en lengde på 12 m og et tverrsnitt på $1,5 \text{ mm}^2$.

Regn ut spenningsfall i ledningas utgangspunkt, viss lampespenninga skal være 12 V .

1.3.5

Et måleinstrument med en indre motstand på $2,0 \text{ }\Omega$, skal tilkobles en formotstand i serie, slik at strømmen i instrumentet blir $0,1 \text{ A}$, når koblingen blir tilknytt en spenning på 110 V .

Hva blir formotstandens resistans?

1.3.6

Fire motstander kobles i serie. $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 12 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 25 \text{ k}\Omega$ og $R_4 = 19 \text{ k}\Omega$.

Det blir tilkoppa en spenning på 50 V .

- Tegn kretsen med spenningsfalla.
- Regn ut strømmen i kretsen.

- c) Regn ut hvert spenningsfall.
- d) Dersom vi får kortslutning i R_3 , hva blir da strømmen og spenningsfalla?

1.3.7

To ledere (R_1 og R_2) med konduktansene $G_1 = 0,2 \text{ mS}$ og $G_2 = 0,8 \text{ mS}$ kobles i serie og tilkobles en spenning på 12 V .

Regn ut:

- a) hver av de to ledernes resistans,
- b) strømmen i seriekoplinga,
- c) den samla konduktansen.

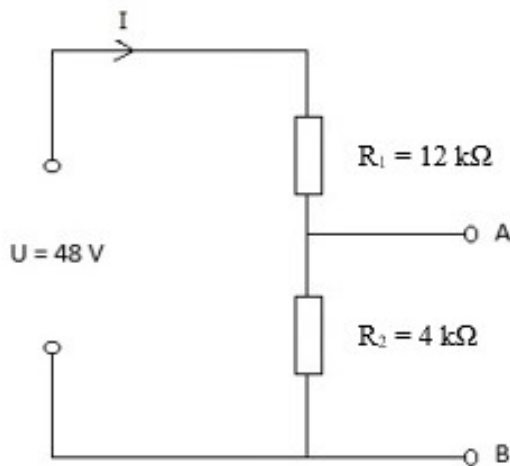
1.3.8

En seriekobling av sju like lamper, slik som en sjuarmet lysestake, er koblet til en spenning på 230 V . Hver pære har en motstand på (R_L) 400Ω .

- a) Hvor stort spenningsfall er det over hver pære (U_L)?
- b) Hvor stor strøm går det gjennom lampene?
- c) Hva er total resistansen i kretsen?

1.4. Spenningsdeler.

1.4.1

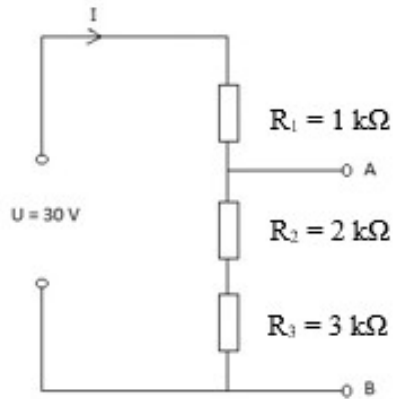


Skjemaet over viser en spenningsdeler.

- a) Regn ut spenningen mellom punktene A og B.
- b) En lastmotstand $R_L = 20 \text{ k}\Omega$ kobles parallelt med R_2 .
Tegn koblingsskjema for kretsen nå og beregn U_{AB} i dette tilfelle.
- c) Hvor stor effekt utvikler lastmotstanden?

- d) Et voltmeter kobles inn mellom punktene A og B. Voltmeteret viser en spenning som er litt forskjellig fra den spenningen du har regnet ut i punkt b). Er den målte verdien større eller mindre enn den spenningen du har regnet ut i b)? Begrunn svaret.

1.4.2



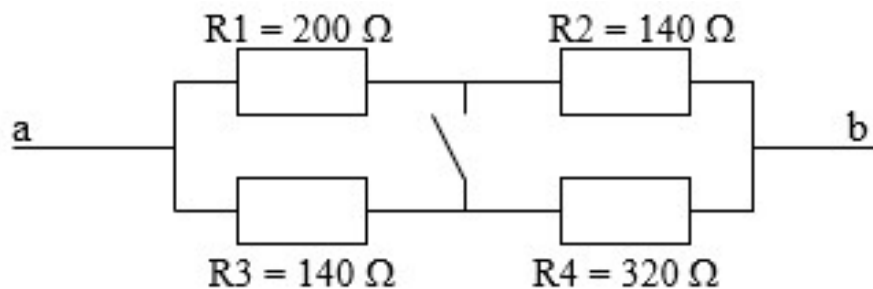
- a) Regn ut spenningen mellom punktene A og B.
 b) En lastmotstand R_L skal kobles til punktene A og B slik at spenningen U_{AB} blir 20 V. Hvor stor må R_L være, og hvor stor effekt utvikles i den?

1.5 Serieparallellkobling av resistanser:

1.5.1

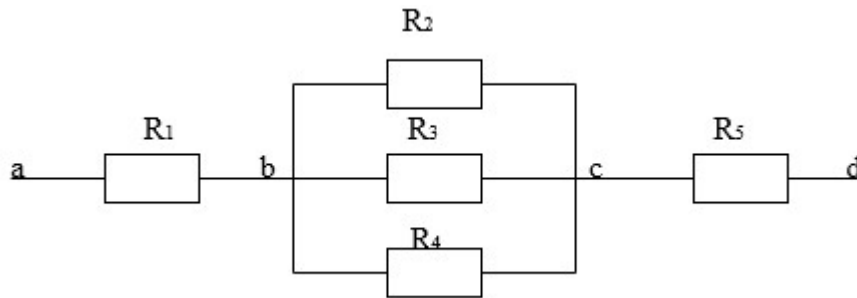
Beregn den samla resistansen mellom a og b når:

- a) bryteren er åpen,
 b) bryteren er lukka.



1.5.2

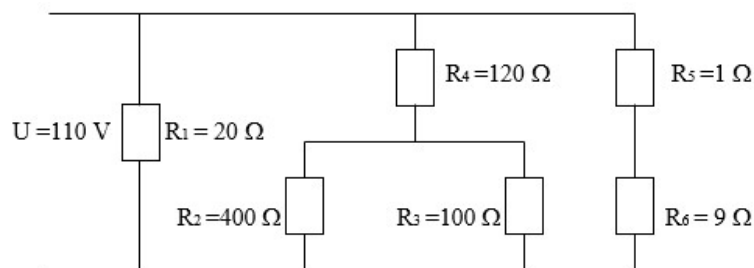
Fem motstander er koplet slik som vist på figur under. Likespenninga mellom klemmene a og b er på 60V.



$R_1 = 1,5 \, \Omega$, $R_2 = 2,5 \, \Omega$, $R_5 = 0,5 \, \Omega$ og parallellkoplinga av R_2 , R_3 og R_4 har en samla resistans på $1,5 \, \Omega$. Effekten som omsettes i R_3 er 240 W.

- Regn ut spenninga mellom a og d.
- Beregn resistansen i R_4 .

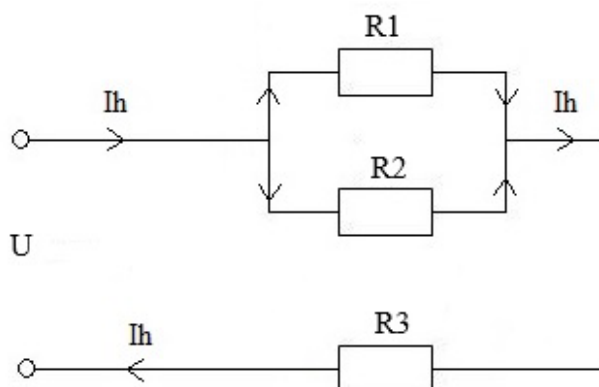
1.5.3



Seks motstander er kopla slik som vist på tegningen over.

- Regn ut strømmen i hver motstand.
- Regn ut totalresistansen og hovedstrømmen.

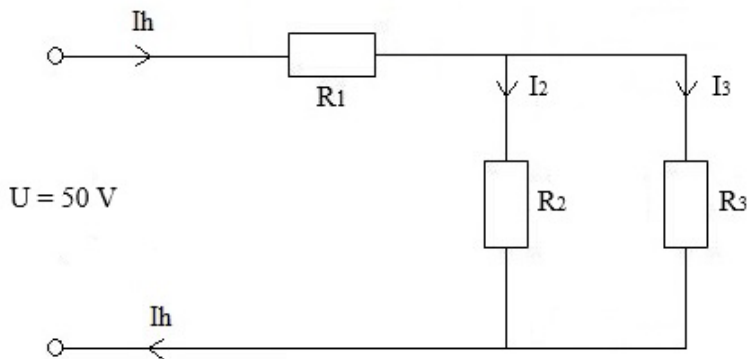
1.5.4



$$\begin{aligned} U_{R1} &= 70 \, \text{V} \\ I_{R2} &= 0,6 \, \text{A} \\ R_1 &= 60 \, \Omega \\ R_3 &= 50 \, \Omega \end{aligned}$$

- Beregn verdien av R_2 .
- Beregn spenningen U_{R3} .
- Beregn hovedspenningen U .
- Hvor stor effekt omsettes i R_2 ?

1.5.5

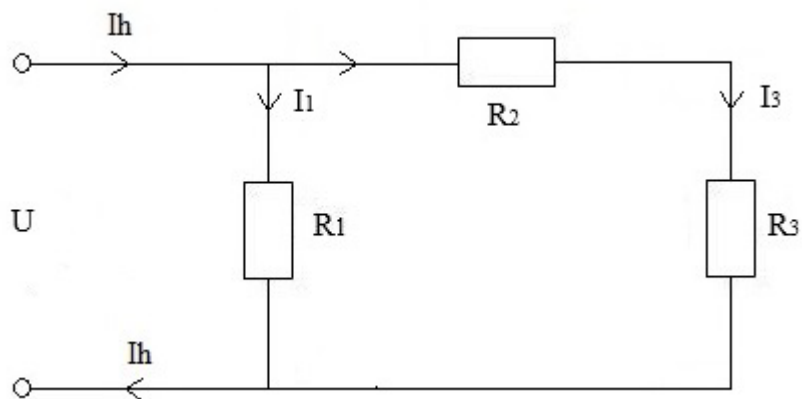


Tre motstander er koblet som skjemaet over viser.

$$R_1 = 10 \, \Omega, \quad R_2 = 15 \, \Omega, \quad R_3 = 30 \, \Omega$$

- Beregn total resistansen.
- Beregn hovedstrømmen I_h .
- Beregn spenningen over R_2 .
- Beregn greinstrømmene I_2 og I_3 .
- Beregn effekten i R_3 .

1.5.6

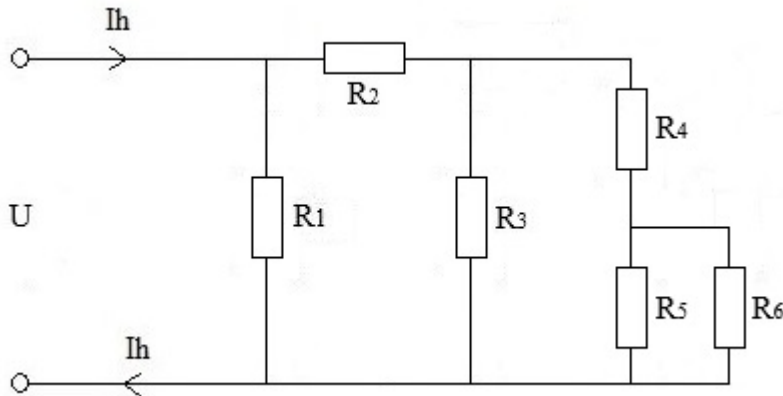


$$R_1 = 80 \, \Omega, \quad R_2 = 20 \, \Omega, \quad R_3 = 40 \, \Omega, \quad I_3 = 0,6 \, \text{A}$$

- Forklar hva som menes med seriekobling og parallellkobling av motstander.

- Hvilke motstander på figuren over er kobla i serie?
- Beregn total resistansen i kretsen.
- Beregn strømmen gjennom R_1 og spenningen U .
- Beregn effekten i R_2 .
- Det blir brudd i R_3 , hvor stor spenningen vil du da måle over den?

1.5.7



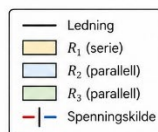
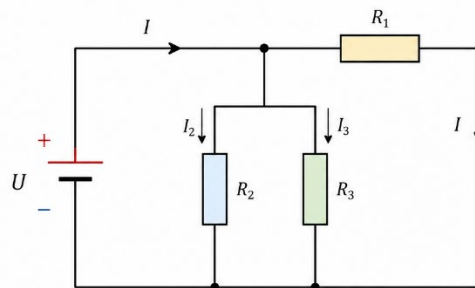
$R_1 = 10 \, \Omega$, $R_2 = 5,2 \, \Omega$, $R_3 = 12 \, \Omega$, $R_4 = 5,6 \, \Omega$, $R_5 = 4 \, \Omega$, $R_6 = 6 \, \Omega$.

Spenninga er 120 V DC (likespenning).

- Beregn total resistansen i kretsen.
- Beregn I_h .
- Beregn strømmen i hver motstand.
- Hva er effektomsetningen i R_6 ?

Serieparallell kobling

(kombinasjon av serie- og parallellkobling)



Eksempel (verdier):
 $R_1 = 4 \, \Omega$ $R_2 = 6 \, \Omega$ $R_3 = 3 \, \Omega$
 $R_p = \frac{6 \cdot 3}{6 + 3} = 2 \, \Omega$
 $R_{tot} = 4 + 2 = 6 \, \Omega$

Hvordan det er koblet:

- R_1 er i serie med (R_2 parallell R_3)

Ekvivalent motstand:

Først parallellkoblingen:

$$R_p = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

Deretter i serie med R_1 :

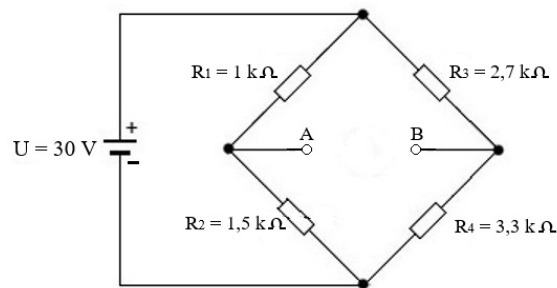
$$R_{tot} = R_1 + R_p$$

Strøm og spenning:

- Samme strøm I gjennom R_1 og gjennom kilde
- Strømmen deler seg i parallellgrenen:
 $I = I_2 + I_3$
- Samme spenning over R_2 og R_3

1.6. Målebru:

1.6.1

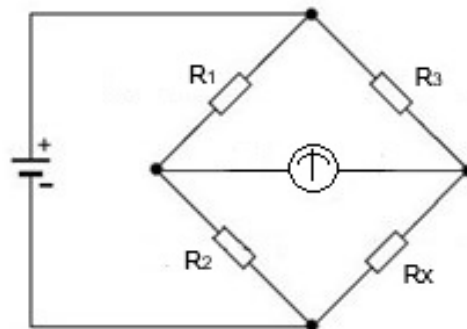


Figuren over viser en brokobling med fire motstander:

$$R_1 = 1\text{ k}\Omega, \quad R_2 = 1,5\text{ k}\Omega, \quad R_3 = 2,7\text{ k}\Omega, \quad R_4 = 3,3\text{ k}\Omega$$

- Hvor stor er spenningen over R_2 ?
- Hvor stor er spenningen over R_4 ?
- Hvor stor er spenningen mellom A og B?
- Hvilke resistans må R_4 ha, for at broen skal være i balanse?

1.6.2



En målebro (Wheatstone-bro) blir brukt i et trykkgiversystem på et skip for å måle oljetrykk. Giveren inneholder en ukjent motstand R_x .

Målebroa er kopla slik: $R_1 = 100\ \Omega$, $R_2 = 200\ \Omega$, $R_3 = 150\ \Omega$, $R_x = ?$

Når målebroa er i balanse (ingen spenning over måleinstrumentet), skal forholdet i broa være likt.

- Forklar kort kva det betyr at ei målebro er i balanse
- Regn ut verdien av den ukjente motstanden R_x
- Hvorfor er målebroer godt egna til bruk i maritime målesystem?

1.7 Elektrisk effekt.

1.7.1

Strømmen til en vifteovn er på 8,7 A ved en spenning på 230 V.

- a) Hvor stor effekt utvikler vifteovnen.

1.7.2

En motstand er koblet til en spenningskilde på 12 V. Strømmen i kretsen er 2 A.

- a) Beregn effekten i motstanden.

1.7.3

En motstand har resistans 10 Ω . Strømmen gjennom motstanden er 3 A.

- a) Beregn effekten som utvikles i motstanden.

1.7.4

En motstand på 20 Ω kobles til en spenning på 40 V.

- a) Beregn effekten i motstanden.

1.7.5

En motstand på 50 Ω er koblet til 25 V.

- a) Beregn effekten i motstanden.
- b) Er en 10 W motstand tilstrekkelig stor?

1.7.6

En varmeelement har resistans 8 Ω og trekker 5 A.

- a) Beregn spenningen over elementet.
- b) Beregn effekten.

1.7.7

Et navigasjonslys er kopla til skipet sitt 24 V likestraumsanlegg. Strømmen gjennom lyset er 1,5 A.

- a) Kor stor effekt brukar navigasjonslyset?

1.7.8

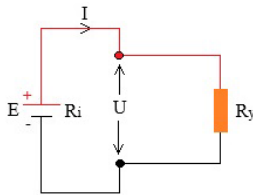
En indikatorlampe i et kontrollpanel har resistans 12 Ω og går på 24 V DC.

- a) Beregn strømmen i kretsen.
- b) Beregn effekten i lampa.

Kapittel 2. Batteri.

2.1 Strømkrets med en celle.

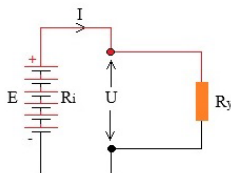
2.1.1



Fra en celle med indre motstand (R_i) $0,1 \, \Omega$ går det en strøm (I) på $1,4 \, \text{A}$ til en ytre motstand (R_y) på $1,4 \, \Omega$ som figuren over viser. Beregn cellens ems (E) og klemmespenningen (U) over den ytre motstanden.

2.2 Seriekobling av celler.

2.2.1



Figuren på forrige over viser seks celler koblet i serie. Hver celle har indre motstand (r_i) $0,1 \, \Omega$. Cellene er tilkopleet en krets med ytre motstand (R_y) $3,4 \, \Omega$, og strømmen gjennom den er $3 \, \text{A}$. Beregn kretsens ems og spenningen over den ytre motstanden.

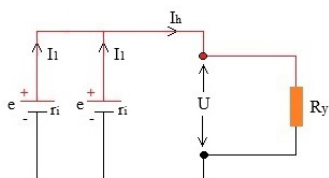
2.2.2

Fire batteripakker, hver på $75 \, \text{Ah}$. Hver batteripakke består av 6 seriekoblede celler á $2,0 \, \text{V}$.

- a) Batteriene seriekobles. Hva blir totalspenningen? Hvor stor blir kapasiteten i Ah?

2.3 Parallellkobling av celler.

2.3.1



To celler som figuren over viser, koples i parallell og tilkoples en ytre motstand på $1,5 \, \Omega$. Hver celle har indre motstand $0,3 \, \Omega$, og strømmen gjennom hver celle er $1 \, \text{A}$. Beregn batteriets ems og spenningen over den ytre motstanden.

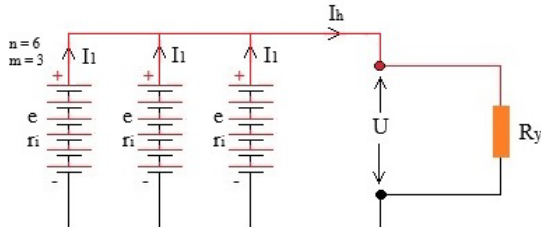
2.3.2

Vi har fire batteri på 12 V. Hvert batteri har en kapasitet på 75 Ah. Batteriene skal parallellkobles.

- a) Hva blir totalspenningen og hvor stor blir kapasiteten i Ah?

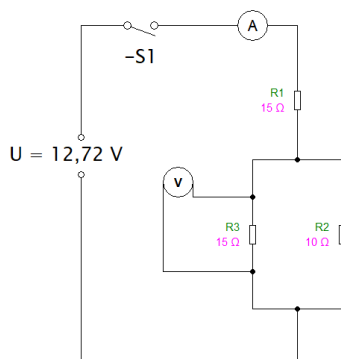
2.4 Serieparallellkobling av celler.

2.4.1



En serieparallellkopling av atten celler som figuren over viser, skal levere 6 A til en ytre motstand på 4Ω . Hver celle har en indre motstand på $0,02 \Omega$. Beregn batteriets ems og spenningen over den ytre motstanden.

2.4.2



Figuren viser et batteri som er koblet opp til en krets via en bryter -S1. Batteriet er bygd opp av 24 celler, hver med en cellespenning på 2,12 V, og hver celle har indre resistans på $0,015 \Omega$.

Kretsens ytre resistans er koblet som figuren viser.

- Tegn opp skjema over batteriet og beregn batteriets indre resistans. Beregn kretsens totale ytre resistans.
- Hva vil amperemeteret vise etter innkobling av bryteren -S1?
- Hva vil voltmeteret på figuren vise når bryteren -S1 er innkoblet?
- Ved kortslutning på batteriklemmene, hvilke faktorer er det som bestemmer hvor stor kortslutningsstrømmen blir?
- Beskriv farer med batterier om bord, og hvilke tiltak vi kan gjøre for å minimere risikoen.

2.4.3

En dieselmotor har to startbatterier, hvert med nominell spenning på 24 V. Disse er sammenkoblet for økt startstrøm. Hver av batteriene har en indre motstand på 0.2Ω .

- Vis og forklar hvordan de er sammenkoblet.
- De leverer en strøm på 6,0 A til forbrukere. Hva blir klemmespenningen til batteriene?
- Strømmen i oppgave b) ledes til forbrukerne gjennom en 2-leder kabel. Lengden på kabelen er 50,0 m, og tverrsnittet til lederne er $2,5 \text{ mm}^2$. Hvor stor er ledermotstanden, og hva blir totalt spenningsfall i kabelen? Kabelens resistivitet $\rho = 0,0175 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$

2.4.4

Vi har 12 battericeller hver med en ems $e = 6 \text{ V}$, og en indre resistans $R_i = 0,3 \Omega$.

Det skal kobles til en lampe som har følgende data: 55 W, 24 V

Lampen er 30 m fra spenningskilden, og det er en kobberkabel på $2,5 \text{ mm}^2$ med spesifikk resistans på $0,0175 \text{ mm}^2/\text{m}$.

- Hvordan vil du koble battericellene?
- Hva blir spenningen til lampen?
- Er spenningsfallet over lampen i henhold til forskriftene? Hva må gjøres?
- Hva blir effektomsetningen i lampen?
- Hva blir kortslutningsstrømmen når vi kortslutter terminalklemmene på batteripakken?
- Hva må vi ta hensyn til når vi arbeider med batterier?

2.5 Kortslutning i batteri.

2.5.1

Kortslutning av akkumulatorceller har vi når den ytre motstanden $R_y = 0 \Omega$.

Kortslutningsstrøm benevnes som I_k .

Ved kortslutning er strømmen bare avhengig av den indre motstanden:

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

Hva blir kortslutningsstrømmen i oppgave 2.4.1

Kapittel 3. Vekselstrøm.

Seriekobling av vekselstrøms kretser.

3.1

Hvor stor blir strømmen gjennom en spole som har en resistans på $20\ \Omega$ og induktans $0,09\ \text{H}$, når spenningen er $230\ \text{V}$ og frekvensen $f = 50\ \text{Hz}$?

3.2

En vekselstrømkrets består av en resistans på $8\ \Omega$ og en induktiv reaktans på $7\ \Omega$ koplet i serie.

Kretsen er tilknyttet en spenning på $230\ \text{V}$ og $f = 50\ \text{Hz}$.

- a) Hvor stor impedans har seriekoplingen?
- b) Hvor stor er strømmen?
- c) Hvor stor er effektfaktoren?

3.3

Når en spole med jernkjerne blir koplet til $230\ \text{V}$ og $f = 50\ \text{Hz}$, blir effekten $1100\ \text{W}$ og strømmen $7,5\ \text{A}$.

- a) Hva blir effektfaktoren $\cos \varphi$?
- b) Hvor stor er impedansen Z ?
- c) Beregn resistansen R og reaktansen X_L .

3.4

Resistansen i en spole er målt til $27\ \Omega$ ved hjelp av likestrøm. Vi kopler spolen til en spenning på $230\ \text{V}$ og $f = 50\ \text{Hz}$. Det går da en strøm på $6,20\ \text{A}$ gjennom spolen.

- a) Beregn spolens impedans Z .
- b) Beregn spolens effektfaktor $\cos \varphi$.
- c) Beregn reaktansen X_L .
- d) Beregn spolens selvinduktans L .
- e) Tegn motstandstrekanten.

3.5

Et elektrisk bruksapparat bruker $10\ \text{A}$ ved $30\ \text{V}$ likespenning. Den blir koblet til et strømnett med $100\ \text{V}$ vekselspenning sammen med en reaktansspole med resistans $2\ \Omega$.

- a) Hvor stor blir $\cos \varphi$.
- b) Hvor mange watt tar kretsen?
- c) Hvor stort vil wattforbruket være om det blir brukt en resistans i stedet for spolen?

3.6

I et 225 V-50 Hz vekselstrøms nett er et elektrisk bruksapparat med $\cos \varphi = 1$ koblet sammen med en reaktansspole. Bruksapparatet tar en strøm på 7,5 A ved 75 V likespenning. Reaktansspolen skal oppta resten av spenningen. Den har en resistans på 5 Ω .

- a) Hvor stor blir $\cos \varphi$ i kretsen?
- b) Hvor stort er wattforbruket?
- c) Hvor stor er induktansen?

3.7

Vi kobler en spole til et batteri på 1,5 V, da går det en strøm på 0,06 A gjennom den. Deretter kobler vi spolen til en vekselspenning på 230 V og $f = 50$ Hz, da trekker spole en strøm på 5,5 A.

- a) Finn spolens resistans.
- b) Beregn den induktive reaktans.
- c) Beregn spolens selvinduktans.
- d) Hvor stor blir $\cos \varphi$ i spolen?
- e) Hvor stor blir S, Q og P med vekselspenningen?
- f) Tegn effekttrekanten.

3.8

En spole har en induktans på 0,02 H og en resistans på $R_2 = 4 \Omega$. Spolen blir koplet i serie med en resistans $R_1 = 2 \Omega$, og hele kretsen blir påtrykt en vekselspenning på 250 V og $f = 60$ Hz.

- a) Hvor store blir den induktive reaktansen?
- b) Finn impedansen i kretsen.
- c) Hvor stor blir strømmen?
- d) Beregn effektfaktoren.
- e) Beregn den aktive effekten i kretsen?

3.9

Et elektrisk apparat tar 2 A ved 12 V likespenning. Det er koplet til et 110 V-50 Hz

vekselstrøms nett sammen med en reaktansspole med resistans $X_L = 4,2 \, \Omega$.

- a) Finn faseforskyvningen.
- b) Beregn effekten kretsen tar.
- c) Finn selvinduktansen i reaktansspolen.

3.10

En magnetpole tar 2 A ved 230 V vekselspanning. Wattforbruket er 300 W.

- a) Beregn den tilsynelatende effekten.
- b) Hvor stor er effektfaktoren.
- c) Finn resistansen og den induktive reaktansen.
- d) Hvor stor er den reaktive effekten Q?

3.11

En resistans og en induktiv reaktans er koplet i serie.

$U = 400$, $f = 50 \text{ Hz}$, $R = 15 \, \Omega$, $X_L = 12 \, \Omega$.

- a) Hvor stor er kretsens impedans?
- b) Hvor stor er strømmen i kretsen?
- c) Hvor stor er spolens selvinduktans?
- d) Beregn effektfaktoren.

3.12

En resistans $R = 9 \, \Omega$, en induktans $L = 0,05 \text{ H}$ og en kapasitans $C = 300 \, \mu\text{F}$ seriekobles til en spenning på 230 V med frekvens 50 Hz.

- a) Beregn strømmen.
- b) Beregn effektfaktoren og fasevinkelen i kretsen.
- c) Hvor stor er den aktive effekten i kretsen?
- d) Bestem også det resistive, induktive og kapasitive spenningsfallet i kretsen.
- e) Tegn spenningsstrekanten.

3.13

En spole blir koplet til en vekselspanning. Frekvens $f = 50 \text{ Hz}$, og spenning $U = 230 \text{ V}$. Det går en strøm på 5 A gjennom kretsen. Spolens resistans blir målt til $30 \, \Omega$.

- a) Tegn skjema over kretsen.
- b) Hva blir spolens impedans Z.

- c) Hvor stor blir $\cos \varphi$?
- d) Hvor stor effekt (P) vil spolen oppta?
- e) Hva blir spolens reaktans (X_L)
- f) Bestem spolens selvinduktans.
- g) Hva blir den tilsynelatende effekt?

3.14

En spole har en reaktans $X_L = 5 \Omega$ når den blir koplet til en vekselspanning på 48 V - 50 Hz. Resistansen R i spolen er 6Ω .

- a) Hvor stor strøm går det i spolen?
- b) Hvor stort blir spenningsfallet over resistansen, og hvor stort blir det induktive spenningsfallet?
- c) Hvor stor blir $\cos \varphi$?
- d) Tegn opp motstandsdiagrammet for kretsen.

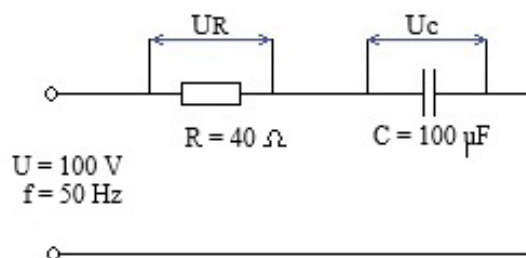
3.15

En seriekrets for vekselstrøm består av en spole med induktans $L = 3,4 \text{ H}$ og en resistans $R = 1,5 \text{ k}\Omega$. Spenninga $U = 230 \text{ V} - 50 \text{ Hz}$

- a) Tegn skjema for kretsen, og beregn spolens induktive reaktans.
- b) beregn kretsens impedans og effektfaktor.
- c) Tegn i målestokk en motstandstrekant for kretsen. (1 cm tilsvare 200Ω).
- d) Regn ut den tilsynelatende og den aktive effekten i kretsen.
- e) Ved å kople en kondensator i serie med kretsen ovenfor kan en redusere faseforskyvningen. Hvor stor må kondensatorens kapasitans være for at faseforskyvnings vinkelen skal bli 10° ?

3.16

En kondensator $C = 100 \mu\text{F}$ er koplet i serie med en motstand $R = 40 \Omega$ og er tilkoblet en vekselspanning $U = 100 \text{ V}$. Frekvensen $f = 50 \text{ Hz}$



- a) Beregn kondensatorens kapasitive reaktans og impedansen for kretsen.
- b) Beregn kretsens effektfaktor.
- c) Beregn strømmen i kretsen.
- d) Beregn spenningsfallet U_R over motstanden R og spenningsfallet U_C over kondensatoren C.

Parallellkobling av vekselstrøms kretser.

3. 17

To kontaktorspoler merket C1 og C2 er koplet i parallell og tilsluttet et 230 V vekselstrøms nett med frekvens 50 Hz. C1 har en resistans på 1100 ohm og strømforbruket er 80 mA.

- a) Beregn for C1 effektfaktor, induktiv reaktans og selvinduktans.
- b) C2 tar en tilsynelatende effekt på 11 VA og selvinduktansen er 13,36 H. Beregn for C2 induktiv reaktans, resistans og effektfaktor.
- c) Beregn samlet strømforbruk for kontaktorspolene.
- d) Tegn strømndiagram som samlet skal vise strømfordelingen for hver av kontaktorspolene og for hele kretsen. Målestokk: 1 cm= 10 mA.

3. 18

Til en 1-fase 50 Hz vekselstrøms nett på 230 V er det parallellkoblet følgende komponenter:

En resistans som forbruker 460 W.

En spole med selvinduktans 0,15 H. Resistansen i spolen er så liten at en kan se bort fra den.

En kondensator på 50 μ F.

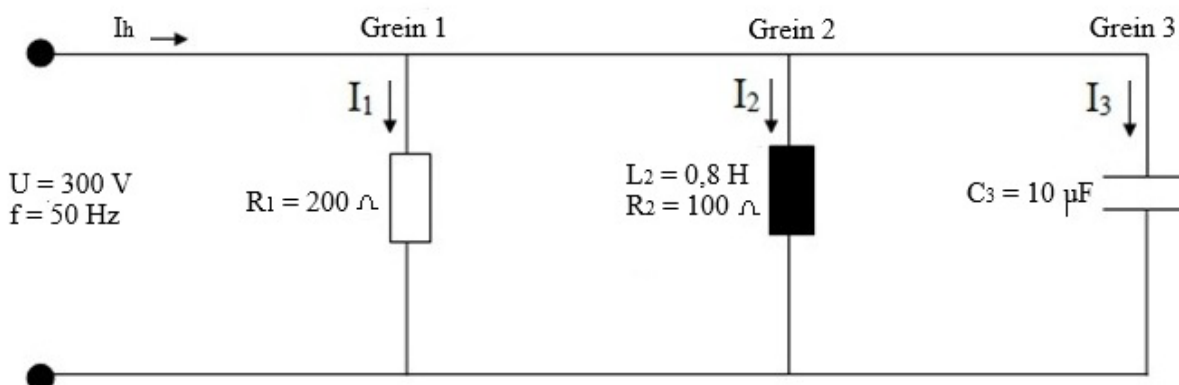
- a) Beregn strømmen til hver av komponentene.
- b) Beregn strømmen i den felles tilførselsledningen.
- c) Beregn effektfaktoren for hele kretsen.
- d) Beregn total. aktiv, reaktiv og tilsynelatende effekt.

3.19

En strømkrets består av en resistans, en kondensator og en spole uten resistans. Spolen bruker 3 A. Apparatene er parallellkoblet og tilkoplet 230 V spenning med frekvens 50 Hz. Forbruket er 400 W og tilsynelatende effekt 700 VA. Belastningen er induktiv.

- a) Beregn resistansens størrelse.
- b) Beregn kondensatorens kapasitans.
- c) Beregn spolens selvinduktans.

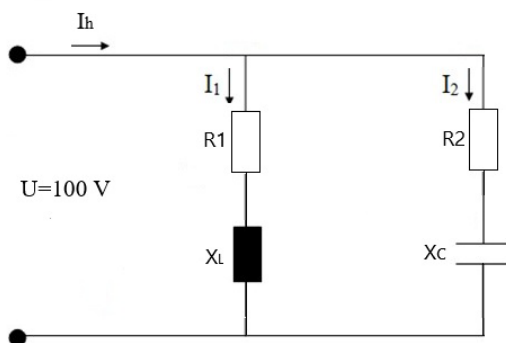
3.20



Følgende tre komponenter er parallellkoblet. En motstand med resistans $200 \, \Omega$, en spole med resistans $100 \, \Omega$ og selvinduktans $0,8 \, \text{H}$ og en kondensator på $10 \, \mu\text{F}$. Koplingen er tilsluttet vekselspenningen $300 \, \text{V}$, $50 \, \text{Hz}$.

- Beregn greinstrømmene og hovedstrømmen.
- Det oppstår brudd i motstanden på $200 \, \Omega$. Beregn etter dette kretsens hovedstrøm og effektfaktor.
- Spolen og kondensatoren parallell koples til $300 \, \text{V}$ likespenning. Beregn etter dette greinstrømmer og hovedstrøm.

3.21



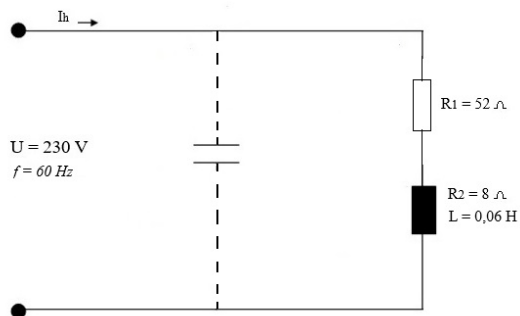
I figuren over har vi følgende verdier:

$$R_1 = 30 \, \Omega, \quad X_L = 40 \, \Omega, \quad R_2 = 15 \, \Omega, \quad X_C = 10 \, \Omega.$$

- Beregn grenstrømmene, hovedstrømmen og resulterende effektfaktor?
- Beregn kretsens resulterende impedans, resistans og reaktans.

Fasekompensering.

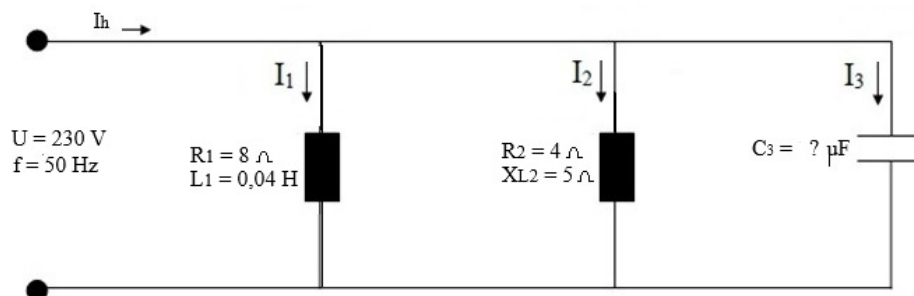
3.22



En drosselspole er koplet i serie med glødetrådene til to lysstoffrør, og disse rørene har til sammen en resistans på $52 \, \Omega$ som er lik R_1 på figuren. Kretsen er koplet til en spenning på 230 V og 60 Hz . Drosselspolen har en resistans på $8 \, \Omega$ og en selvinduktans på $0,06 \text{ H}$.

- Beregn hovedstrømmen og effektfaktoren til kretsen.
- Beregn aktiv og reaktiv strøm.
- Vi ønsker å fase kompensere kretsen slik at effektfaktoren blir lik 1. Du må beregne den nødvendige kapasitansen til kondensatoren som skal kobles parallelt.

3.23



En enfasa vekselstrømkrets har ved 230 V og 50 Hz følgende parallellkoblede komponenter:

En spole uten jernkjerne med resistans $R = 8 \, \Omega$ og selvinduktans $L = 0,04 \text{ H}$.

En annen spole, også uten jernkjerne, har resistans på $4 \, \Omega$ og reaktansen ved 50 Hz er $5 \, \Omega$.

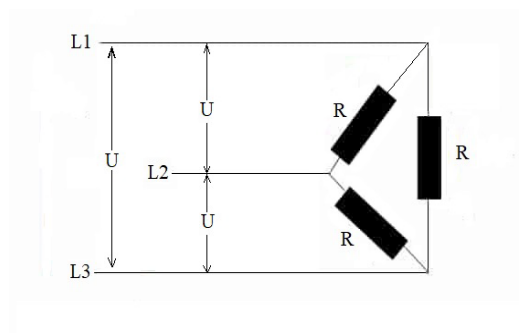
- Beregn kretsens strøm, effektfaktor og effekt når frekvensen er 50 Hz .
- Beregn de samme størrelser for kretsen når frekvensen er 60 Hz .
- Kretsens effektfaktor skal forbedres til $0,9$ ved 60 Hz ved å kople inn en kondensator i parallell. Beregn kondensatorens størrelse.

Kapittel 4. Trefasesystemet.

Motstander koblet i stjerne eller trekant.

4.1

Denne koblingen er gitt, og den er tilkoblet et trefasenett med spenning 230 V, og hver resistans er på 25 ohm.



- Hva kaller vi denne koblingen?
- Hva blir spenningen over hver resistans?
- Hva blir fasestrømmen?
- Hva blir hovedstrømmen?

4.2

En varmtvannstank er koplet til et trefasenett. Elementet er på 4 kW ved 230 V, og det er trekantkoplet.

- Hvor stor strøm blir tilført fra nettet (I_h)?
- Hvor stor er hver resistans i elementet?
- Hvor stor blir effekten og strømmen ved omkopling til stjerne ved samme spenning (230 V)?

4.3

Tre like store motstander blir trekantkoplet og tilsluttet et trefasenett med 400 V spenning. Strømmen i hovedledningen blir da 4 A.

- Hvor stor er hver resistans?
- Tegn koblingsskjema for samme resistanser i stjernekopling.
- Hvor stor spenning vil det ligge over hver resistans når motstandene er stjernekoplet og tilsluttet 400 V?

4.4

En badstuovn har tre varmeelementer som hver har en resistans på 24,42 ohm. Elementene koples i trekant, og de blir koplet til 230 V trefasespenning.

- a) Hvor stor blir strømmen i hvert element (fasestrømmen)?
- b) Hvor stor blir hovedstrømmen?
- c) Hvor mye effekt utvikles totalt i trekantkoplingen?

Elementene koples nå om til stjernekopling, og de blir tilkople 400 V trefasespenning.

- d) Hva blir spenningen over hvert element?
- e) Hvor stor blir strømmen gjennom hvert element?
- f) Hvor mye effekt utvikler ovnen nå i stjernekopling?
- g) Hvis elementene i stjernekoplingen blir tilkople 230 V trefasespenning, hvor stor blir da effekten?
- h) Hvordan vil du kople elementene hvis du med 230 V enfase spenning skal ha ovnen til å gi samme effekt som i spørsmål c), og hvor stor strøm trekker ovnen da?

4.5

Et anlegg for tining av is består av tre varmekabler som hver er på 12 Ω . Anlegget tilkoples en trefaset spenning på 230 V og 50 Hz, og de kan koples både i trekant og stjerne.

- a) Tegn skisse av de to koplingene.
- b) Regn ut hovedstrøm og fasestrøm når kablene blir koplet i stjerne.
- c) Regn ut hovedstrøm og fasestrøm når kablene blir koplet i trekant.
- d) Hvor stor effekt utvikler kablene til sammen i stjernekobling?
- e) Hvor stor effekt utvikler kablene til sammen i trekantkobling?

Spoler koblet i stjerne eller trekant.

4.6

Tre like spoler, hver med resistans på 8 Ω og induktiv reaktans på 6 Ω , er koplet i stjerne til nettspenningen 230 V - 60 Hz.

- a) Tegn en skisse av koblingen og sett på alle verdier.
- b) Beregn tilført strøm og kretsens faseforskyvning.

- c) Beregn hver spoles selvinduktans.
- d) Beregn aktiv, reaktiv og tilsynelatende effekt.
- e) Det oppstår brudd i en tilførselsleder. Beregn tilført strøm og aktiv effekt nå.

4.7

Tre like store spoler er koplet i stjerne og tilkoplet en trefase vekselspanning.

Selvinduktansen i hver spole er 0,11 H og resistansen er 5 Ω .

Spenningen er 210 V og frekvensen er 50 Hz.

- a) Beregn strømmen gjennom hver spole.
- b) Beregn faseforskyvningen og den totale effektutvikling.
- c) Hvor stor ville hovedstrømmen og effektutviklingen blitt dersom spolene var blitt koplet i trekant og tilknyttet den samme spenningen.

4.8

En stjernekopling har verdiene: $U = 230$ V, 50 Hz, $\cos \varphi = 0.92$ og $I = 11$ A.

- a) Hva blir fasespenningene?
- b) Finn aktiv, reaktiv- og tilsynelatende effekt for stjernekoplingen.
- c) Kretsen blir koplet over i trekant. Finn fasestrømmen når hovedspenningen beholdes på 230 V, 50 Hz.
- d) Beregn aktiv, reaktiv og tilsynelatende effekt for trekantkoplingen.

4.9

En symmetrisk stjernekopling har disse verdiene: $U = 400$ V, $f = 50$ Hz, $\cos \varphi = 0.86$ og $I = 7$ A.

- a) Finn fasespenningene.
- b) Finn aktiv, reaktiv og tilsynelatende effekt for stjernekoplingen.
- c) Kretsen blir koplet over i trekant. Finn fasestrømmen når hovedspenningen beholdes på 400 V, 50 Hz.
- d) Finn aktiv, reaktiv og tilsynelatende effekt for trekantkoplingen.
- e) Hva er forholdet mellom stjernekopling og trekantkopling ved samme hovedspenning for effektene?

4.10

En symmetrisk stjernekobling har disse verdiene: $U = 440 \text{ V}$, 60 Hz , $\cos \varphi = 0,93$ og $I = 14 \text{ A}$.

- Finn aktiv, reaktiv og tilsynelatende effekt for stjernekoplingen.
- Beregn effektene som utvikles i stjernekoblingen dersom det blir et brudd i ene tilførselsledningen.
- Kretsen blir koblet over i trekant og hovedspenningen beholdes på 440 V , 60 Hz .
Finn aktiv, reaktiv og tilsynelatende effekt for trekantkoplingen.
- Beregn effektene som utvikles i trekantkoblingen dersom det blir et brudd i ene tilførselsledningen.

4.11

En symmetrisk stjernekopling har disse verdiene: $U = 110 \text{ V}$, 60 Hz , $\cos \varphi = 0,87$ og $I = 10 \text{ A}$.

- Hva blir U_f og impedansen i en spole?
- Finn aktiv, reaktiv og tilsynelatende effekt for stjernekoplingen.

Kretsen blir koplet over i trekant og hovedspenningen beholdes på $U = 110 \text{ V}$, 60 Hz .

- Hva blir I_h og I_f ?
- Finn aktiv, reaktiv og tilsynelatende effekt for trekantkoplingen.

4.12

En stjernekoplet 3-fase synkrongenerator gir 500 A ved nettspenning på 400 V , 50 Hz , $\cos \varphi = 0,85$.

- Hva blir generatorens fasespenning?
- Hva blir ytelsen i kVA?
- Finn effektene P og Q .

4.13

En symmetrisk trefaselast er kopla i stjerne (Y) og tilkopla et 760 V , 60 Hz trefaseanlegg.

Målt hovedstrøm er 21 A , og effektfaktoren er $\cos \varphi = 0,89$.

- Finn aktiv effekt (P), reaktiv effekt (Q) og tilsynelatende effekt (S) for stjerne.
- Beregn R , X_L og Z i ene spolen.
- Lasta blir kobla om til trekant (Δ). Hovedspenningen er nå 440 V , 60 Hz .
Finn P , Q og S for trekantkoplinga.

Kapittel 5. Elektronikk.

5.1

En enkel diodekrins er kopla til en likespenning på 12 V.

I serie med dioden er det en motstand på $560\ \Omega$.

Dioden er en silisiumdiode med foroverspenning 0,7 V.

- a) Tegn skisse av krinsen.
- b) Hvor stor spenning ligg over motstanden?
- c) Regn ut strømmen som går i krinsen.

5.2

LED med seriemotstand.

En LED-diode skal kobles til en spenningskilde på 9 V.

LED-en har foroverspenning 2,1 V og ønska strøm 15 mA.

- a) Regn ut kva motstandsverdi som må brukast i serie med LED-en.
- b) Regn ut effekten i motstanden.
- c) Hva skjer dersom motstanden vert for liten?

5.3

Halvbølgelikeretter.

En transformator leverer ei vekselspanning på 12 V RMS til en halvbølgelikeretter med en diode.

- a) Regn ut toppspenninga fra transformatoren.
- b) Regn ut maksimal likespenning etter dioden dersom foroverspenningen i dioden er 0,7 V.
- c) Forklar hvorfor utspenninga ikke vert heilt jamn likespenning.

5.4

Zenerdiode som spenningsregulator

En zenerdiode vert brukt for å stabilisere spenninga til 5,1 V.

Inngangsspenninga er 12 V.

Seriemotstanden er $330\ \Omega$.

- a) Regn ut strømmen gjennom motstanden.
- b) Regn ut effekten som vert utvikla i motstanden.
- c) Forklar kort kva oppgave zenerdioden har i denne krinsen.

5.5

En NPN-transistor blir brukt som bryter for ei lampe.

- Forsyningsspenning: 12 V
 - Lampe: 100 mA
 - Strømforsterkning: $\beta = 50$
- a) Hva er hovedoppgava til transistoren i denne koplinga?
 - b) Hvor stor kollektorstrøm går gjennom transistoren?
 - c) Regn ut nødvendig basestrøm.

5.6

En tyristor er kopla til ei 24 V likespenning og styrer en varmeovn.

- a) Forklar hvordan en tyristor blir slått på.
- b) Hva skjer dersom gatesignalet blir fjerna etter at tyristoren har tent?
- c) Hvordan kan en slå av tyristoren i en likestrøms krets?

5.7

En triac styrer effekten til et elektrisk varmeelement på 230 V AC.

Varmeelementet trekker 8 A.

- a) Hva er forskjellen mellom en triac og en tyristor?
- b) Regn ut effekten til varmeelementet.
- c) Hvorfor er triac spesielt godt eigna til vekselspenningsanlegg?

5.8

En NPN-transistor blir brukt til å styre spolen til en kontaktor i et automatikkanlegg.

- Forsyningsspenning: 24 V, DC
 - Kontaktorspole: $R_L = 120 \Omega$
 - Transistorens strømforsterking: $\beta = 80$
 - Styresignal til basen: 5 V
 - Fremspenning base-emitter: $U_{BE} = 0,7 V$
- a) Regn ut strømmen gjennom kontaktorspolen.
 - b) Regn ut minste nødvendige basestrøm for at transistoren skal kunne lede denne strømmen.
 - c) Regn ut verdien på basemotstanden.
 - d) Forklar hvorfor det normalt blir montert en diode parallelt med kontaktorspolen.
 - e) Kva kan skje dersom denne dioden mangler?

Kapittel 6. Måleinstrumenter.

Håndholdte instrument.

6.1 – Voltmeter.

Forklar korleis et voltmeter skal kobles i en elektrisk krets.

- a) Skal det kobles i serie eller parallell?
- b) Hvorfor må et voltmeter ha høg indre motstand?
- c) Kva kan skje dersom et voltmeter vert kopla feil?

6.2 – Amperemeter.

Forklar korleis et amperemeter skal kobles i en krets.

- a) Skal det kobles i serie eller parallell?
- b) Hvorfor må it amperemeter ha lav indre motstand?
- c) Kva kan skje dersom en kobler et amperemeter direkte over ei spenningskjelde?

6.3 – Ohmmeter.

Forklar prinsippet for måling med et ohmmeter.

- a) Hvorfor må komponenten være frakopla spenning når en måler motstand?
- b) Hva skjer dersom det fremdeles er spenning i kretsen?
- c) Nevn ett praktisk døme der en brukar ohmmeter i feilsøking.

Tavleinstrumenter.

6.4 – Frekvensmeter.

Forklar kva et frekvensmeter måler i et elektrisk kraftsystem.

- a) Kva eining vert frekvens målt i?
- b) Kva er normal frekvens i et skips kraftsystem?
- c) Hvorfor er det viktig å overvake frekvensen på generatorene?

6.5 – Synkronoskop (med dioder)

Forklar funksjonen til et synkronoskop med lysdioder (LED).

- a) Hva viser instrumentet?
- b) Hva betyr det når diodene beveger seg rundt:
 - med klokka
 - mot klokka
- c) Hva betyr det når ei diode lyser i toppen (klokka 12)?

6.6 – Generator før innkopling.

Ved synkronisering av en generator mot en samleskinne er det vanlig at generatoren vert kjørt med litt høyere frekvens enn nettet.

- a) Hvorfor skal generatoren gå litt raskere enn samleskinna før innkopling?
- b) Kva kan skje dersom generatoren går litt for sakte når bryteren vert lukka?

6.7 – Synkronoskop med dioder.

På mange moderne tavler vert synkronoskop vist med lysdiode-ring i staden for viser.

- a) Hva viser et synkronoskop under synkronisering av generatorer?
- b) Hva betyr det dersom lysdiodene beveger seg med klokka?
- c) Hvorfor er det ønskelig at synkroniseringspunktet kjem fra høgre side før bryteren vert lukka?

6.8 – Fasefølgje.

Under synkronisering oppdaga maskinisten at synkronoskopet roterer svært raskt og det er vanskelig å få et stabilt synkroniseringspunkt.

- a) Kva kan være årsaka til dette?
- b) Korleis kan en kontrollere om fasefølgja er korrekt?
- c) Kva må gjæras dersom fasefølgja er feil?

6.9 – Synkronisering i praksis.

Beskriv kort framgangsmåten når en generator skal kobles inn på ei samleskinne ved hjelp av:

- voltmeter
- frekvensmeter
- synkronoskop

6.10 – Konsekvenser av feil synkronisering

Forklar kva som kan skje dersom en generator vert kopla inn på ei samleskinne uten korrekt synkronisering.

Nevn minst tre mulige konsekvenser.

Kapittel 7. Sikringer og effektbrytere.

7.1 – Selektivitet.

Forklar hva som menes med selektivitet i et skips elektriske fordelingssystem.

- a) Skill mellom full selektivitet og delvis selektivitet.
- b) Hvorfor er selektivitet spesielt viktig i skip?
- c) Beskriv hvordan selektivitet kan oppnås mellom en sikring og en effektbryter.
- d) Hvilke konsekvenser kan manglende selektivitet få for drift og sikkerhet?

7.2 – Automatsikring og effektbrytere.

Automatsikringer og effektbrytere som vern i et maritimt kraftsystem.

- a) Beskriv virkemåten til en automatsikring/effektbryter?
- b) I hvilke deler av et skip vil du typisk bruke disse?

7.3 – Kortslutningsvern.

Et skip har et IT-system (isolert nøytralpunkt).

- a) Forklar hvordan en kortslutning utvikler seg i et slikt system.
- b) Hvilken rolle spiller effektbryteren ved en trefase kortslutning?
- c) Hva er bryteevne, og hvorfor er den kritisk for effektbrytere om bord?
- d) Hva kan skje dersom bryteevnen er lavere enn kortslutningsstrømmen?

7.4 – Termisk og magnetisk utløsning.

Effektbrytere har ofte både termisk og magnetisk utløsning.

- a) Forklar forskjellen på termisk og magnetisk vern.
- b) Hvilken type feil beskytter de mot hver for seg?
- c) Hvordan påvirker laststrøm og temperatur den termiske utløsningen?
- d) Hvorfor er det viktig med riktig innstilling av disse vernene i et skipsanlegg?

7.5 – Drift og vedlikehold.

Som maskinsjef har du ansvar for vedlikehold av vern.

- a) Beskriv rutiner for kontroll og testing av effektbrytere.
- b) Hva bør inspiseres på sikringer og sikringsholdere?
- c) Hvilke tegn kan indikere at et vern er svekket eller defekt?
- d) Drøft risiko ved å bruke feil type eller størrelse på sikring.

7.6 – Valg av kabel og sikring til motor.

En trefaset asynkronmotor har følgende data:

Effekt: 22 kW, Spenning: 440 V, Virkningsgrad: 0,90, $\cos \varphi = 0,85$

Motoren forsynes fra hovedtavlen via en 40 meter lang kabel.

Spenningsfallet i kabelen må ikke overstige 1 % av hovedspenningen.

Det vurderes å benytte:

- Kabel: 4 x 16 mm² Cu
 - Strømføringssevne: 64 A
 - Sikring: 50 A gG
- a) Beregn motorens merkestrøm.
 - b) Vurder om kabelens strømføringssevne er tilstrekkelig.
 - c) Vurder om 50 A sikring gir tilstrekkelig beskyttelse av kabelen.
 - d) Forklar hvorfor sikringen normalt velges større enn motorens merkestrøm.
 - e) Nevn hvilke andre forhold som bør kontrolleres før installasjonen godkjennes.

7.7 – Kontroll av bryterevnen.

En effektbryter er montert på hovedtavlen til et 440 V trefaseanlegg.

Data:

- Total impedans fram til feilpunktet: $Z_k = 0,009 \Omega$
 - Effektbryterens bryteevne: 35 kA
- a) Beregn den trefasede kortslutningsstrømmen.
 - b) Er effektbryteren tilstrekkelig dimensjonert?
 - c) Hva kan skje dersom kortslutningsstrømmen overstiger bryterens bryteevne?
 - d) Hvorfor er dette spesielt viktig på skip?

7.8 – Utløsning av effektbryter.

En generator leverer 800 A. På grunn av en feil øker strømmen til 5000 A.

Effektbryteren er utstyrt med:

- Langtidsvern: 1000 A
 - Korttidsvern: 2500 A
 - Momentanvern: 4500 A
- a) Hvilket vern vil løse ut?
 - b) Hvorfor brukes flere vern funksjoner i samme bryter?
 - c) Hvilken type feil indikerer en strøm på 5000 A?

Kapittel 8. Skipskabler.

8.1

Kabeltype og oppbygging.

- a) Forklar hva som kjennetegner en skipskabel sammenlignet med en vanlig installasjonskabel.
- b) Hva er funksjonen til følgende lag i en skipskabel:
 - Leder.
 - Isolasjon.
 - Skjerm.
 - Armering.
 - Ytterkappe.
- c) Hvorfor brukes halogenfrie kabler om bord i skip?

8.2

Strømføringsevne.

En trefase motor forsynes med en kabel.

Motorskilt:

- Effekt: 15 kW
 - Spenning: 400 V
 - $\cos \varphi = 0,85$
 - Virkningsgrad $\eta = 0,90$
- a) Beregn linjestrømmen til motoren.
 - b) Forklar hvilke faktorer som påvirker strømføringsevnen til en skipskabel.

8.3

Spenningsfall i kabel.

En kabel går fra hovedtavlen til en vinsj.

Data:

- Lengde: 60 m.
- Strøm: 40 A.
- Spenning: 400 V trefase.
- Tverrsnitt: 10 mm².
- Kobber: $\rho = 0,0175 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$.
- $\cos \varphi = 0,9$

- a) Beregn totalt spenningsfall i kabelen.
- b) Regn spenningsfallet i prosent.
- c) Vurder om dette er innenfor akseptable grenser (typisk krav: maks 5 %).

8.4

Kortslutningsstrøm og termisk belastning.

En kabel skal tåle en kortslutning.

Data:

- Kortslutningsstrøm: $I_k = 6 \text{ kA}$
 - Utkoblingstid: $t = 0,4 \text{ s}$
 - Materialkonstant: $k = 135 \text{ (Cu, EPR-85 °C)}$
- a) Beregn nødvendig tverrsnitt på kabelen (A).
 - b) Forklar hvorfor kortslutningsytelse er viktig ved dimensjonering av skipskabler

8.5

Valg av kabel (praktisk vurdering).

Du skal velge kabel til en pumpe i maskinrom.

Forhold:

- Høy temperatur (45 °C).
 - Vibrasjoner.
 - Risiko for oljeeksponering.
 - Brannkrav (lav røyk, halogenfri).
- a) Hvilken type kabel bør velges (beskriv egenskaper)?
 - b) Hvorfor er armering viktig i dette tilfellet?
 - c) Hva kan skje hvis feil kabeltype velges?

8.6

En kurs får jordfeilalarm.

- a) Hva er en jordfeil?
- b) Hvordan kan du systematisk finne feilen om bord?
- c) Hvilket utstyr brukes til å måle isolasjonsmotstand?

8.7

Parallellkobling av kabler.

To kabler brukes parallelt for å føre høy strøm.

- Hva er kravene for at kabler kan parallellkobles?
- Hva skjer dersom kablene har ulik lengde eller tverrsnitt?
- Hvorfor er dette spesielt viktig på skip?

8.8

EMC og skjerming.

- Hva er EMC (elektromagnetisk kompatibilitet)?
- Hvorfor er skjermede kabler viktig for instrument- og signalkabler om bord?
- Hva kan skje dersom skjerm ikke er korrekt terminert?

8.9

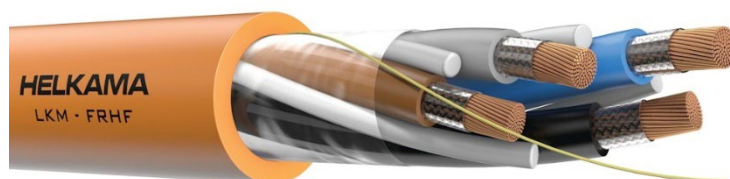
Brann og sikkerhet.

- Hva er forskjellen på:
 - Flammehemmende kabel
 - Brannbestandig kabel
- Hvorfor er dette kritisk på skip?
- Gi et eksempel på hvor man må bruke brannbestandig kabel.

8.10

Praktisk installasjon.

- Hvorfor er bøyeradius viktig ved trekking av kabel?
- Hva er risikoen ved dårlig feste/klamring av kabel om bord?
- Hvorfor må man ta hensyn til mekanisk beskyttelse i kabelgater?



Kapittel 9. Asynkrone kortslutningsmotorer.

9.1.

En 3-fasemotor på 22 kW, 230V med effektfaktoren $\cos \varphi = 0,87$ og en virkningsgrad (η) = 0,92. Strømmen forsynes fra en trafo gjennom en 250 m lang kabel med tverrsnitt på 25 mm².

- a) Hvor mye strøm trekker motoren?
- b) Hvor stort blir effekttapet i kabelen?
- c) Hvor stor effekt må trafoen leverer?

9.2.

En 3-fasemotor på 18,5 kW, skal ha en spenning på 400V med en frekvens på 50 Hz, $\eta = 0,85$, $\cos \varphi = 0,91$ Motoren forsynes fra en transformator, og hvor avstanden til motor er 170 m.

Spenningsfallet i kabelen er 4,5 % av motorspenningen. Kabelen tåler 85 °C.

- a) Hva blir P_t (tilført effekt)?
- b) Hvor mye strøm trekker motoren?
- c) Beregn nødvendig ledningstverrsnitt.
- d) Bestem normal kabeltverrsnitt.

9.3.

For en stjernekoplet trefase 6-polet asynkronmotor er det gitt følgende opplysninger: ytelse 7,5 kW, virkningsgrad 88 %, spenningen er 230V, frekvensen er 50 Hz, effektfaktor 0,87 og en slipp på 3% ved full belastning.

- a) Beregn tilført effekt, omdreiningstallet, tilført strøm og fasestrøm.
- b) Skisser koplingsbrettet for denne motor i stjernekopling og forklar hvordan dreieretningen forandres.
- c) Forklar kort de viktigste fordeler en trefasemotor har i forhold til en 1-fase-motor.

9.4.

Den nominelle strøm til en motor er $I_n = 15$ A og $\cos \varphi = 0,83$. Spenningen er 440 V. Omdreiningene på motoren er 3420 o/min. Frekvensen er 60 Hz.

- a) Beregn den aktive- og reaktive effekten.
- b) Beregn den aktive- og reaktive strømkomponenten.
- c) Hvor mange poler har motoren?
- d) Hva er sakkingen i %?

9.5.

En 4-polet asynkronmotor avgir ved full last en effekt på 7,36 kW ved 3 x 230 V/50 Hz. Virkningsgraden er 0,85 og effektfaktoren er 0,91. Statorviklingen er koplet i trekant

- a) Beregn strømmen som motoren trekker fra nettet ved full last.
- b) Beregn motorens fasespenning.
- c) Hvordan kan motorens dreieretning forandres?
- d) Beregn den aktive, reaktive og den tilsynelatende effekt. Tegn effekt diagrammet.
- e) Beregn hvor mange omdreininger pr. minutt motoren går når den har 4 % sakking.
- f) Hvor mange kilowatt vil motoren avgi (Pa) når vi kobler om fra trekant til stjerne ved den samme spenningen.

9.6.

En 5,5 kW 3-fase-kortslutningsmotor er tilkopleet en spenning på 230 V og viklingen er koplet i trekant. Frekvensen er 50 Hz. Motoren har 3 polpar (6 poler). 4 % slipp. Effektfaktoren er 0,88 og virkningsgraden er 0,88.

- a) Beregn hovedstrømmen og fasestrømmen.
- b) Beregn fasespenningen.
- c) Beregn det omtrentlige omdreiningstallet ved full belastning.
- d) Kan denne motoren brukes og belastes på 400 V / 50 Hz.
- e) Dersom motoren kan brukes på 400 V, hva må i tilfelle gjøres, og hvilke svar i spørsmål a) og b) vil da bli forandret?

9.7.

For en startluftkompressor trengs en 3-fase-kortslutningsmotor med et dreiemoment på 196 Nm ved 1720 o/min.

Nettspenningen er 440 V og frekvensen er 60 Hz.

Effektfaktoren er 0,87 og virkningsgraden er 0,8.

- a) Beregn motorens avgitte effekt ved fullast.
- b) Beregn motorens strøm ved fullast.
- c) Beregn motorens polpar og sakking.
- d) Bestem rotorfrekvens ved full last.

9.8.

En 3-faset asynkron kortslutningsmaskin merket D/Y 230 V/400 V og 89 A/51 A, $\cos \varphi = 0,85$, $f = 50$ Hz, skal monteres i et skipsanlegg med driftsspenning 400 V. Motoren er utstyrt med 8 poler.

- Tegn motorens klemmebrett med nødvendig merking og vis hvordan koblingen utføres når motoren tilkobles nevnte skipsanlegg. Vi forutsetter direkte start.
- Beregn motorakselens rotasjonsfrekvens når motoren har en slipp på 4%.
- Beregn motorens virkningsgrad ved full last når avgitt moment ved denne last er 360 Nm.

9.9.

En 3-faset asynkronmotor har følgende data på merkeskiltet:

$U = 400$ V, $f = 50$ Hz, $P = 5,5$ kW, $I_h = 10,0$ A, $\cos \varphi = 0,89$.

Rotasjonsfrekvensen er 1440 o/min.

- Hvor stor er den tilførte effekten?
- Beregn motorens pol tall.
- Beregn motorens sakking ved merkeeffekt.
- Beregn motorens virkningsgrad ved full last.
- Beregn motorens avgitte moment ved full last.

9.10.

En 3-faset asynkronmotor for 400 V og 50 Hz, har ved merkedrift et avgitt moment på 39 Nm og en rotasjonsfrekvens på 24 s^{-1} . Motorens virkningsgrad er 0,89 og $\cos \varphi = 0,91$.

Kabelen er en EPR som tåler 85°C og har en lengde på 67 m. Spesifikke ledningsevna for kabelen $\rho = 0,0175$. Spenningsfallet må ikke overstige 2 % av merkespenningen.

- Beregn motorens avgitte effekt.
- Beregn motorens tilførte strøm fra nettet.
- Beregn motorens pol tall og sakking ved merkedrift.
- Beregn motorens rotorfrekvens ved merkedrift.
- Bestem tilførselskabelens tverrsnitt og sikringer. Gi en kort begrunnelse for valgene dine.

9.11.

En 3-faset kortslutningsmotor er stjernekoplet og tilsluttet et nett på 440 V. De øvrige data er følgende:

$$P = 25 \text{ kW}, \quad f = 60 \text{ Hz}, \quad \cos \varphi = 0,86, \quad n = 29 \text{ s}^{-1}, \quad \eta = 0,88.$$

- Hvor mange poler har motoren?
- Beregn motorens fase- og hovedstrøm ved full belastning.
- Beregn motorens slipp ved full belastning.
- Beregn motorens aktive- og reaktive strøm. Hvilken av disse to strømkomponenter er størst i startøyeblikket ved både tomgang og full belastning. Begrunn svarene.
- Nevn tre måter å begrense startstrømmen til en kortslutningsmotor på.

9.12.

En 3-faset kortslutningsmotor har følgende data:

$$U = 440 \text{ V}, \quad I_N = 16 \text{ A} \quad U = 254 \text{ V}, \quad I_N = 29 \text{ A} \quad f = 60 \text{ Hz}, \quad \cos \varphi = 0,86, \\ \eta = 0,9, \quad s = 4,2 \%. \quad \text{Antall poler er 16.}$$

Motoren blir tilkoplet en nettspenning på 440 V.

- Beregn motorens avgitte effekt ved full last.
- Beregn rotasjonsfrekvensen ved full last.
- Beregn rotorfrekvensen ved full last.
- Beregn motorens torsjonsmoment ved full last.
- Beregn den aktive og reaktive strømkomponenten ved fullast.

Ved et driftstilfelle synker hovedstrømmen til 14,2 A og $\cos \varphi$ til 0,82, og i dette tilfelle blir sakingen 4,9 %.

- Beregn det nye torsjonsmomentet på motorakselen.
- Beregn den nye rotorfrekvensen.
- Skal motorvernet innstilles på den nye hovedstrømmen på 14,2 A, eller skal det innstilles på den nominelle verdien på 16 A? Begrunn svaret.

Se NEK 410A.

9.13.

En 3-fase-kortslutningsmotor er tilsluttet en tavle for 440 V, og 60 Hz. Motoren yter 15 kW ved fullast og har da en rotasjonsfrekvens på 14 s^{-1} . Motorens virkningsgrad er 85 %, og effektfaktoren er 0,91.

Motoren er tilkoblet en sikring i hovedtavlen (HT). Kabel som går fra HT til motor er en

treleder og har en lengde på 115 m. Kabelen er en EPR som tåler 85 °C. Spenningsfallet i kabelen skal ikke overstige 2 % av hovedspenningen.

- a) Beregn motorens hovedstrøm ved fullast.
- b) Beregn motorens slipp angitt i prosent ved fullast.
- c) Beregn motorens dreiemoment ved fullast.
- d) Beregn motorens aktive og reaktive strøm ved fullast.
- e) Bestem tilførselsledningenes tverrsnitt og nødvendige sikringsstørrelse når vi går ut fra at motoren har termiske releer i alle faser.

Se NEK 410B 2021, Annex B.

9.14.

En 3-fase-kortslutningsmotor er tilsluttet et nett på 440 V og 60 Hz. Motoren yter 11,7 kW ved 29 s⁻¹. Dette svarer til motorens fullast, og motoren trekker da 24 A i hver faseledning. Motorens energiforbruk er målt til 3,6 kWh ved kontinuerlig drift ved fullast i 15 minutter.

- a) Beregn motorens virkningsgrad angitt i prosent ved fullast.
- b) Beregn motorens slipp angitt i prosent ved fullast.
- c) Beregn motorens effektfaktor ved fullast.
- d) Beregn motorens dreiemoment ved fullast.
- e) Beregn motorens aktive og reaktive strøm ved fullast.

9.15.

I flere undersøkelser som er gjort, viser at for trefasede asynkrone kortslutningsmotorer er ca. 40 % av alle motorhavarier feil på lager.

- a) Hva kan årsakene til havariene være?
Drøft de ulike årsakene.
- b) Beskriv hva vi mener med fullvern av en motor, og hvordan fullvernet fungerer.
- c) Hvilke fordeler har fullvern framfor beskyttelse med termiske releer?
- d) Hvorfor bruker vi ikke fullvern ved alle motordrifter?
- e) Hvilke krav stiller NEK 410 til utgående hovedstrøms kurser?

9.16.

En trefaset kortslutningsmotor er trekantkoblet og tilsluttet et nett på 440 V, 60 Hz. De andre dataene for motoren er:

$P = 25 \text{ kW}$, $n = 29 \text{ s}^{-1}$, fire poler, effektfaktor = 0,86 og virkningsgrad = 0,88.

Tilførselskabelen tåler $85 \text{ }^{\circ}\text{C}$, og har ei lengde på 75 m. Maks spenningsfall i kabelen må ikke overstige 1,5 % av hovedspenningen.

- a) Hva er det synkrone omdreiningstallet og sakkingen til motoren ved full belastning?
- b) Beregn tilsynelatende-, aktiv- og reaktiv-effekt.
- c) Beregn hovedstrømmen og fasestrømmen til motoren.
- d) Beregn den aktive og den reaktive strømmen. Hvilken av disse to strømmene er størst i startøyeblikket, ved tomgang og ved full belastning? Grunngi svaret.
- e) Nevn tre måter å begrense startstrømmen til en kortslutningsmotor på.
- f) Beregn kabel og sikring til motoren.
- g) Hva skal motorvernet stilles inn på.
- h) Tegn effektdiagram.

9.17.

En trefase asynkron kortslutningsmotor skal tilkoples en linjespenning på $3 \times 440 \text{ V}$ med $f = 60 \text{ Hz}$. Hovedstrømmens nominelle verdi ved fullast er $I_N = 38 \text{ A}$, og $\cos \varphi = 0,86$.

Motorens rotasjonsfrekvens ved fullast er 28 s^{-1} , og virkningsgraden er 0,93.

Antall poler er 4.

- a) Motorens fasevikling er konstruert for en spenning på ca. 260 V. Hvordan skal motoren koples på brettet, og hva blir motorens fasestrøm i dette tilfelle.
- b) Beregn motorens avgitte effekt ved fullast.
- c) Beregn motorens aktive og reaktive strømkomponenter ved fullast.
- d) Beregn motorens sakking ved fullast.
- e) Beregn motorens rotorfrekvens ved tomgang, når rotasjonsfrekvensen er $29,55 \text{ s}^{-1}$.

9.18.

På et skip med en spenning på $400 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$ skal det monteres en fordelingstave der det skal tilkobles et fryseanlegg.

Fryseanlegget har to elektromotorer og et avrimingselement. Fra fordelingstavlen til fryseanlegget er det 65 m. Kablene som skal brukes er treledere av typen EPR $85 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Spenningsfalla i kablene må ikke overstige 2 % av hovedspenningen.

Hent data på motorene i kap. 9 i læreboken.

M1 er en Lønnemotor av typen 1TZ9 C 180M, 4 poler.

M2 er en Lønnemotor av typen 1TZ9 C 225S, 4 poler.

Avrimingselementet er på 15 kW.

- a) Beregn tilført effekt på hver av motorene.
- b) Hva skal motorverna stilles inn på?
- c) Beregn samla aktiv effekt, reaktiv effekt og tilsynelatende effekt.
- d) Beregn samla $\cos \varphi$.
- e) Beregn dei tre kablene til fryseanlegget.
- f) Beregn dei tre sikringene i fordelingsskapet.

Fra fordelingsskapet til hovedtavlen er det 80 m. Kabelen som skal legges er en treleder som tåler 85 °C. Spenningsfallet må ikke overstige 2 %.

- g) Berge kabelen og sikringen i hovedtavlen.

9.19.

I et 400 V / 50 Hz anlegg står det en luftkompressor 70 m fra ei fordelingstavle. Den har en Lønnemotor av typen 1TZ9 A/C 160L 15 kW, $\eta = 0,887$, $\cos \varphi = 0,82$. Motoren er litt liten så vi vil skifte den til en Lønnemotor av typen 1TZ9 A/C 160L*, 18,5 kW, $\eta = 0,893$, $\cos \varphi = 0,85$. Kabelen som er brukt er en 3 x 6 mm² EPR 85 °C.

- a) Hva må vi ta hensyn til, ved et slikt motorskifte?
- b) Foreta dei nødvendige beregninger for motorskiftet.



Kapittel 10. Transformatorer.

Beregningsoppgaver 1-fase trafoer:

- 10.1. En 5-kVA enfase transformator er tilsluttet et nett på 400 V. Sekundærspenningen er 230 V. Bestem omsetningsforholdet og strømmen.

Det primære vindingstallet er 200, hvor stort er det sekundære vindingstallet samt spenningen pr. vinding.

- 10.2. En enfase transformator har omsetningsforholdet 690 V/230 V. Hvor mange vindinger må sekundærspolen ha når primærspolen har 400 vindinger?

- 10.3. En enfase transformator leverer strøm til et 690 V anlegg som trekker en strøm på 80 A, $\cos \varphi = 1$. Primærspenningen er 10000 V. Beregn strømmen på primærsiden når vi ser bort i fra tapene i trafoen.

- 10.4. En enfase transformator har 3000 primærvindinger og 138 sekundærvindinger.
a) Beregn transformatorens sekundærspenning når primærsiden blir tilkopleet en spenning på 5000 V.

Det er montert ekstra uttak på primærsiden, slik at sekundærspenningen kan holdes konstant selv om primærspenningen synker med 5 %.

- b) Hvor mange vindinger må da være innkopleet i primærspolen?

- 10.5. En enfase transformator har omsetningsforholdet 230 V/24 V. Hvilken spenning får vi på sekundærsiden når transformatoren primært blir tilkopleet:

- a) 250 V.
- b) 200 V.
- c) 48 V.

- 10.6. En enfase styrestrømtrafo er påstempla 90 VA, 400 V/230V, $\eta = 0,95$.

Primærsiden har 600 vindinger.

Trafoen blir belastet med 60 VA med en $\cos \varphi = 0,91$.

- a) Hvor mange vindinger har sekundærsiden (N_2)?
- b) Hva er den aktive- og reaktive effekten på sekundærsiden (P_2 og Q_2)?
- c) Hva er den tilsynelatende-, aktive- og reaktive effekten på primærsiden?
- d) Hva blir I_{h1} på primærsiden og hva blir I_{h2} på sekundærsiden.

Beregningsoppgaver 3-fase trafoer:

- 10.7. En 50 kVA 3-fase (3~) transformator har en primær hoved spenning på 6000 V og en sekundær hoved spenning på 230 V. Virkningsgraden $\eta = 0,95$ og effektfaktoren $\cos \varphi = 0,89$.

Primærviklingen er koplet i trekant, og sekundærviklingen i stjerne (D/y).

Beregn følgende når transformatoren går med full last.

- a) Faseomsetningsforholdet.
- b) Sekundær hovedstrøm.
- c) Primær hovedstrøm.
- d) Sekundær fasestrøm og fasespenning.
- e) Primær fasestrøm og fasespenning.

Under normale driftsforhold dvs. blandingslast så er det alltid aktiv effekt vi må bruke når vi skal beregne virkningsgraden. Dette er pga. tap i trafoen. I disse oppgavene har jeg ikke tatt med tap i trafoen og da kan vi bruke S når vi regner med virkningsgrad.

- 10.8. En 100 kVA 3-fase trafo har omsetningsforholdet 11000 V/230 V. Den er koplet i Y/d. Y = stjerne og d = trekant (delta). Belastningen er induktiv slik at nettes effektfaktor er 0,85. Vi ser bort i fra virkningsgraden.

- a) Beregn trafoens avgitte effekt i kW.
- b) Beregn hovedstrøm og fasestrøm på primærsida.
- c) Beregn hovedstrøm og fasestrøm på sekundærsida.
- d) Beregn faseomsetningsforholdet.

- 10.9. Dataene for en 3-fase-trafo er følgende:

Primært: D-koplet 6600 V - 10 A

Sekundært: y-koplet 230 V, virkningsgraden er 85 %.

Transformatoren leverer til et nett med $\cos \varphi = 0,8$.

- a) Hvor stor er den tilførte effekten i kVA og kW?
- b) Hvor stor er den avgitte effekten i kVA og kW?
- c) Hvor stor er den primære fasestrømmen?
- d) Hvor stor er den sekundære fasespenningen?
- e) Hvor stor er den sekundære hovedstrømmen?

10.10. En 3-fase-trafo som er koplet i Y/y har faseomsetningsforholdet 20000 V/230 V.

Transformatoren blir koplet om til Y/d og koplet til 20000 V på primærsiden.

- a) Hvor stor blir nå sekundærspenningen?
- b) Hvor stor blir sekundærspenningen hvis transformatoren blir koplet om til D/y og primærsiden blir tilkople til 11400 V?

10.11. En 3-fase-trafo er koplet i trekant/stjerne, og den har faseomsetningsforholdet 6000/230 V.

- a) Hvor stor blir sekundærspenningen når den får 6000 V på primærsiden og blir koplet om til D/d?
- b) Hvor stor blir sekundærspenningen når trafoen med uforandret primærspenning, blir koplet om til Y/y?

10.12. En 3-fase-transformator er tilkoblet en spenning på 16000 V den her da en spenning ut på 230 V, og den er koplet i Y/y. Transformatoren blir koplet om til D/y.

- a) Hvor stor primærspenning må vi da kople til når sekundærspenningen skal være som før?

10.13. En trefasetransformator for 80 kVA og 3300/400 V er koblet i trekant på primærsiden og i stjerne på sekundærsiden (D/y).

- a) Beregn sekundær hovedstrøm og fasestrøm ved full last.
- b) Beregn transformatorens faseomsetningsforhold.

Sekundærstrømmen føres gjennom en 100 meter lang 70 mm² kabel til belastningen, hvor effektfaktoren er på 0,89.

- c) Beregn spenningen over belastningen.

10.14. En 3-fase-transformator beregnet for landtilkopling av et skipsnett er primært koplet i stjerne og sekundært i trekant (Y/d). Ved denne koplingen er primærsiden tilkople til en spenning på 400 V fra land og gir 230 V til skipet. Transformatoren er på 50 kVA og har primært 200 tårn pr. fase. Vi ser bort i fra tap i trafoen.

- a) Beregn transformatorens primære og sekundære hovedstrøm ved full last.
- b) Beregn transformatorens vindingstall pr. sekundærfase.

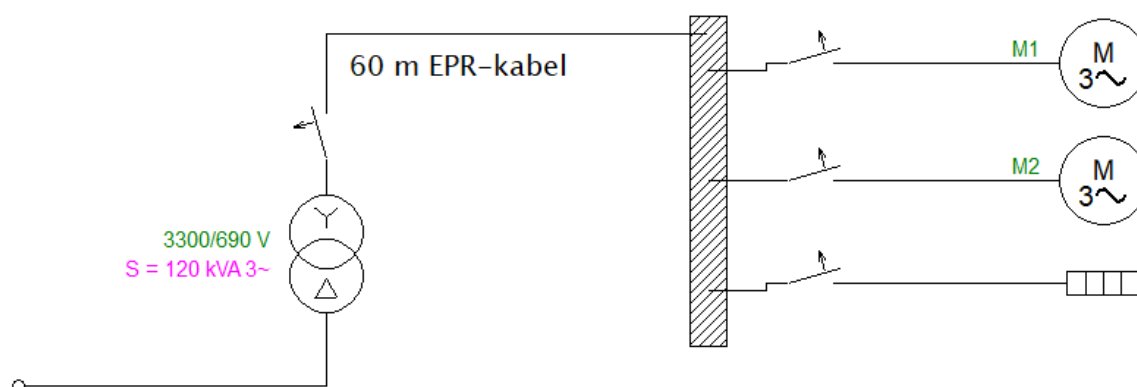
I en annen havn skal skipet også ha strøm fra land, og landspenningen er 230 V.

- c) Transformatoren skal brukes. Hvordan må den koples for å gi riktig

skipsspenning på 230 V?

- d) Hva er fordelene ved å bruke transformatoren nå?
- e) Er det likegyldig hvilke av trafoens tre primære tilledninger som kobles til landnettets tre ledninger, eller hvilke forhold må man ta hensyn til.

10.15.



Et enlinjeskjema viser tilkoblingen av to motorer og en trefase varmekolbe til en 690 V undertavle for tredjepartsutstyr ombord. Undertavlen er forsynt av en transformator som illustrert på skjemaet.

Merke-data du har oppgitt for motorene og varmekolben er som følger:

M1	M2	Varmekolbe
$P = 5,5 \text{ kW}$ $\eta = 0,95$	$P = 20 \text{ kW}$ $\eta = 0,95$	$P = 15 \text{ kW}$
$\cos \phi = 0,85$	$\cos \phi = 0,91$	$U = 3 \sim 400 / 690 \text{ V } \Delta/Y$
$U = 400 / 690 \text{ V } \Delta/Y$	$U = 690 \text{ V } \Delta$	
$f = 60 \text{ Hz}$ $n = 1760 \text{ rpm.}$	$f = 60 \text{ Hz}$ $n = 876 \text{ rpm.}$	

- a) Beregne samlet tilsynelatende effekt på transformatorens sekundærside med alle lastene på undertavlen fullt belastet og i drift samtidig.
- b) Bestem kabelverrsnitt på kabel mellom transformator og undertavle.

Transformatoren har et sekundært vindingstall pr. fase på 250, og en virkningsgrad på 0,96.

- c) Beregne den primære hovedstrøm transformatoren trekker fra nettet med alle belastningene belastet med merkeverdier.
- d) Hva er det primære vindingstallet pr. fase?

Kapittel 11. Start og stopp for elektromotorer.

11.1

Forklar hva disse symbolene/komponentene brukes til:

- a) Kontaktor.
- b) Motorvernrelé.
- c) NO-kontakt.
- d) NC-kontakt.
- e) Tidsrelé.
- f) Frekvensomformer.

11.2

En motor skal startes med startknapp og stoppes med stoppknapp.

- a) Hva er hensikten med holdekontakt (selvhold)?
- b) Hvilken type kontakt brukes vanligvis til holdekontakt?
- c) Hva skjer dersom holdekontakten ikke virker?

11.3

Forklar funksjonen til disse komponentene i hovedstrøms kretsen til en direktestartet motor:

- a) Sikringer
- b) Kontaktor
- c) Motorvern
- d) Motor

11.4

I et styrestrømskjema finnes følgende komponenter:

- Startknapp (S1).
- Stoppknapp (S0).
- Kontaktor K1.
- Holdekontakt K1.

Forklar strøm veien når motoren startes.

11.5

Motorvernrele.

- a) Hva beskytter motorvernet mot?
- b) Hvorfor løser ikke motorvernet ut ved kortslutning?
- c) Hva betyr innstillingsstrømmen på motorvernet?

11.6

Et tidsrelé brukes i en stjerne-trekantstarter.

- a) Hvorfor brukes tidsrelé her?
- b) Hva kan skje dersom overgangstiden er for kort?
- c) Hva kan skje dersom tiden er for lang?

11.7

Dreieretningsvender.

- a) Hvordan endrer man dreieretningen på en trefase asynkronmotor?
- b) Hvorfor må kontaktorene sperres mekanisk eller elektrisk?

11.8

Softstarter.

- a) Hva er hensikten med en softstarter?
- b) Nevn to fordeler med softstarter sammenlignet med direktestart.
- c) Er hastigheten regulerbar under normal drift?

11.9

Frekvensomformer.

- a) Hvordan regulerer en frekvensomformer hastigheten på motoren?
- b) Nevn tre fordeler med frekvensomformer.
- c) Hvorfor må ofte både spenning og frekvens reguleres samtidig?

11.10

Stjerne – trekantstart.

En motor er merket:

- 400/690 V
- 51/29,5 A
- 50 Hz

Motoren skal brukes på 400 V nett.

- a) Hvilken kobling brukes under normal drift?
- b) Hvilken kobling brukes under start?
- c) Hvorfor blir startstrømmen lavere i stjernekobling?
- d) Motoren trekker 255 A ved direktestart i trekant, beregn startstrømmen i stjerne.
- e) Du skal endre dreieretningen på en motor med stjerne–trekantstarter.

Du vet at dreieretningen kan endres ved å bytte om to faser. Den enkleste plassen å gjøre dette virker å være på motorens koblingsbrett, så du bytter om lederne som er koblet til U1 og V1.

Hva vil skje når motoren startes, og hvorfor kan denne koblingen være farlig?

11.11

Dahlandermotor.

- a) Hva er spesielt med en Dahlandermotor?
- b) Hvordan endres hastigheten?
- c) Hva er typisk forhold mellom hastighetene?

11.12

Feilsøking.

En motor starter når startknappen holdes inne, men stopper når knappen slippes.

Hva er mest sannsynlig feil?

11.13

Svar sant eller usant.

- a) En kontaktor brukes til å regulere motorhastighet.
- b) Motorvern beskytter mot overbelastning.
- c) En frekvensomformer kan gi myk start.
- d) En NC-kontakt er åpen når den er strømløs.
- e) En softstarter regulerer normalt motorhastigheten kontinuerlig under drift.
- f) Ved å bytte to faser på entrefasemotor endres dreieretningen.
- g) Et motorvern skal stilles inn høyere enn motorens merkestrøm for å unngå utkobling.
- h) En frekvensomformer omformer først vekselspanning til likespenning og deretter tilbake til vekselspanning med variabel frekvens.

Kapittel 12. Hovedfordeling og underfordelinger.

12.1

Oppbygging av hovedfordeling med generatorfelt og synkroniseringsfelt.

Et skip har en hovedfordeling med to diesलगeneratorer som kan drives parallelt.

Hovedfordelingen består blant annet av generatorfelt, samleskinner, synkroniseringsfelt og utgående kurser til underfordelinger og store motorer.

- a) Forklar hovedoppgaven til:
 - generatorfelt
 - samleskinner
 - synkroniseringsfelt
- b) Hva er hensikten med å kunne parallellkoble generatorer?
- c) Hvilke elektriske størrelser må kontrolleres før en generator kan synkroniseres inn på samleskinnene?
- d) Hva kan skje dersom en generator kobles inn uten korrekt synkronisering?
- e) Forklar kort hvordan effektflyten går fra generator til forbruker gjennom hovedfordelingen.

12.2

Underfordeling.

- a) Hva er en underfordeling?
- b) Hvorfor brukes underfordelinger om bord?
- c) Nevn tre områder som ofte har egne underfordelinger.

12.3

- a) Hvilke typer vern finnes vanligvis i en hovedfordeling?
- b) Hva er forskjellen mellom overbelastning og kortslutning?
- c) Hvorfor er selektivitet viktig?

12.4

Isolasjonsovervåking.

- a) Hvorfor brukes ofte IT-nett om bord i skip?
- b) Hva er hensikten med isolasjonsovervåking?
- c) Hva skjer vanligvis ved første jordfeil i et IT-nett?

Kapittel 13. Nødtavler og nødgeneratorer.

13.1. Regelverk og plassering.

- Forklar hva som er hovedhensikten med ei nødtavle om bord på skip.
- Hvor skal nødtavlen normalt være plassert i forhold til hovedtavlen og maskinrommet?
- Hvorfor er fysisk adskillelse mellom hovedtavle og nødtavle viktig?
- Forklar hvilke krav som normalt stilles til nødgeneratoren sin plassering.
- Nevn minst 8 viktige forbrukere som vanligvis forsynes fra nødtavlen.

13.2. Automatisk innkobling av nødgenerator.

Et skip har følgende data:

- Hovedspenning: 440 V.
- Nødgenerator: 440 V, 60 Hz.
- Oppstartstid nødgenerator: 12 sek.
- Batterispenning startanlegg: 24 V.

Ved blackout stopper hovedgeneratorene, og nødtavlen mister spenning.

- Beskriv hendelsesforløpet fra blackout til nødgeneratoren leverer spenning til nødtavlen.
- Forklar hvilke signaler og vern som normalt inngår i automatisk startsekvens.
- Hvorfor er det viktig at nødgeneratoren starter automatisk uten menneskelig inngrep?
- Hva kan årsaken være dersom nødgeneratoren ikke starter automatisk?
- Forklar hvordan batterikapasiteten til startanlegget normalt er dimensjonert etter regelverket.

13.3. Lastberegning for nødgenerator.

En nødgenerator skal forsyne følgende laster:

Forbruker	Effekt
Nødllys	12 kW
Navigasjonsutstyr	8 kW
Brannpumpe	45 kW
Styremaskin	30 kW
Kommunikasjonssystem	5 kW
Alarm- og kontrollsystem	4 kW

Effektfaktor $\cos \varphi = 0,8$.

- a) Beregn total aktiv effekt.
- b) Beregn tilsynelatende effekt.
- c) Bestem anbefalt minimumsstørrelse på nødgeneratoren dersom man ønsker 20 % reservekapasitet.
- d) Forklar hvorfor reservekapasitet er viktig på nødgeneratorer.

13.4. Kortslutning og selektivitet.

- a) Forklar hva som menes med selektivitet i et nødstrøms anlegg.
- b) Hvorfor er selektivitet ekstra viktig på nødtavler?
- c) En kurs til nødlys får kortslutning. Beskriv hvordan vernsystemet bør fungere.
- d) Hva kan konsekvensene bli dersom hovedvernet til nødgeneratoren løser ut før kursvernet?
- e) Nevn forskjellige vern som normalt finnes på en nødgenerator.

13.5. Synkronisering og drift.

Et skip har nødgenerator som også kan brukes som havnegenerator.

- a) Forklar hvorfor nødgeneratorer normalt ikke skal parallell kjøres med hovedgeneratorene under sjødrift.
- b) I hvilke tilfeller kan parallellkjøring være tillatt?
- c) Forklar hvilke betingelser som må være oppfylt før synkronisering kan utføres.
- d) Hva menes med:
 - spenningslikhet
 - frekvenslikhet
 - fasefølge
 - fasevinkel
- e) Hva kan skje dersom en generator kobles inn ute av synkronisme?

13.6. Batterisystem for nødkraft.

- a) Forklar forskjellen mellom:
 - nødstrøms batteri
 - startbatteri
 - UPS-anlegg
- b) Hvilke viktige systemer om bord forsynes ofte direkte fra batteri/UPS?
- c) Hvorfor brukes ofte 24 V DC i nød- og startsystemer?

- d) Forklar hva som menes med:
- float-lading
 - boost-lading
- e) Hvilke kontroller og vedlikehold bør utføres på batterianlegg?

13.7. Feilsøking.

Nødgeneratoren starter, men hovedbryteren til nødgeneratoren kobler ikke inn.

- a) Nevn mulige årsaker til feilen.
- b) Hvordan vil du systematisk feilsøke problemet?
- c) Hvilke målinger bør utføres?
- d) Hvilke sikkerhetstiltak må tas før arbeid på nødtavlen?
- e) Forklar hvorfor utilsiktet tilbakekobling mot hovedtavlen er farlig.

13.8. Praktisk driftsoppgave.

Under sjøgang får skipet blackout. Hovedgeneratorene faller ut, og skipet mister framdrift.

Nødgeneratoren starter automatisk etter 10 sekunder og forsyner:

- nødlys
 - navigasjon
 - styremaskin
 - kommunikasjon
- a) Beskriv hvilke systemer som fortsatt vil fungere etter at nødtavla er spenningssatt.
- b) Hvilke utfordringer kan oppstå for maskinpersonell under blackout?
- c) Beskriv hvordan man normalt bygger opp hovedkraftsystemet igjen etter blackout.
- d) Forklar hvorfor lastinnkobling ofte skjer trinnvis etter blackout.
- e) Hva menes med «dead ship condition»?

13.9. Beregning av generatorstrøm.

En nødgenerator er merket:

- 150 kVA
 - 440 V
 - 3-fase
 - $\cos \varphi = 0,8$
- a) Beregn generatorens merkestrøm.

Bruk formelen:

$$S = \sqrt{3}UI$$

- b) Hvor stor aktiv effekt kan generatoren levere?
- c) Forklar forskjellen mellom:
 - aktiv effekt
 - reaktiv effekt
 - tilsynelatende effekt
- d) Hva skjer dersom generatoren overbelastes over lengre tid?

13.10. Drøftingsoppgave.

Drøft følgende tema:

«Nødgeneratoren er skipets siste sikkerhetsbarriere ved total bortfall av hovedkraft.»

I svaret bør du komme inn på:

- personsikkerhet
- brannsikkerhet
- navigasjonssikkerhet
- redundans
- regelverk
- vedlikehold
- testing
- konsekvenser ved svikt.



Kapittel 14. Vekselstrøms synkrongeneratorer.

14.1. Grunnleggende drift.

En skipsdiesel driv en synkron generator som leverer:

- Linjespenning: 440 V
- Frekvens: 60 Hz
- Belastning: 650 kW
- Effektfaktor: $\cos \varphi = 0,82$

- a) Forklar kva som bestemmer frekvensen på generatoren.
- b) Hva skjer med frekvensen dersom lasta øker brått og reguleringa ikke rekk å reagere?
- c) Hvilke system regulerer spenninga, og hva regulerer frekvensen?

14.2. Last økning og «droop».

Generatoren kjører aleine på tavla. En stor forbruker (baugthruster) blir kopla inn.

- a) Forklar kva som skjer med:
 - turtall
 - frekvens
 - spenning
- b) Hvorfor bruker en droop-regulering på generatorer om bord i skip?
- c) Hvilke problem kan oppstå dersom «droopen» er feil innstilt?

14.3. Effekt og strøm.

En generator leverer:

- Aktiv effekt: 500 kW
- Reaktiv effekt: 300 kVAr
- Spenning: 440 V

- a) Finn tilsynelatende effekt S.
- b) Finn linjestrømmen.
- c) Forklar hvorfor høg reaktiv effekt er uønskt i skipsdrift.

14.4. Spenningsregulering og magnetisering.

Under drift observerer du at spenninga fell når lasta øker.

- a) Kva rolle har magnetiseringssystemet (AVR)?
- b) Nevn to mulige årsaker til dårlig spenningsregulering.
- c) Hvorfor påvirkar induktive laster spenninga mer enn resistive?

14.5. Vern og alarmer.

Generatoren har følgende vern:

- Overstrøm.
 - Underspenning.
 - Over/underfrekvens.
 - Jordfeil.
- a) Forklar hvorfor kvart av disse verna er viktige.
 - b) Hva kan være konsekvensen dersom et generatorvern er kopla ut under drift?
 - c) Hva alarmer vil normalt komme før en generator blir kopla ut automatisk?

14.6. Blackout-situasjon.

Skipet får total blackout under manøvrering.

- a) Nevn tre sannsynlige årsaker til blackout.
- b) Forklar prinsippet bak blackout-forebygging (PMS).
- c) Hvorfor er rask last frakopling kritisk i slike situasjoner?

14.7. Feilsøking.

Under parallell drift observerer du:

- Generator A leverer mer kW enn generator B.
 - Generator B leverer mer kVAr enn generator A.
- a) Hva kan være årsaka til dette?
 - b) Hva justeringer må gjæras for å rette feilen?
 - c) Hvorfor er dette en uønskt driftssituasjon over tid?

14.8. Effektfaktor forbedring.

Skipet har mange induktive laster, og $\cos \phi$ ligg rundt 0,7.

- a) Hvilke problem gir lav effektfaktor for generator og tavle?
- b) Korleis kan en forbedre effektfaktoren om bord?
- c) Hvorfor er dette spesielt viktig på skip sammenlikna med landanlegg?

14.9. Drift og ansvar.

Som vakthavende maskinoffiser har du ansvar for kraftproduksjonen.

- Hvilke parameter bør du overvake kontinuerlig på generator i drift?
- Hvilke tiltak gjør du ved ustabil frekvens?
- Hvorfor er god forståing av generatorsystem avgjørende for sikker drift av skipet?

14.10. Berikning av generator i drift.

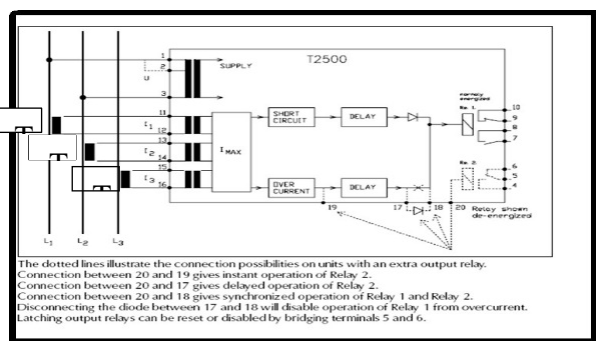
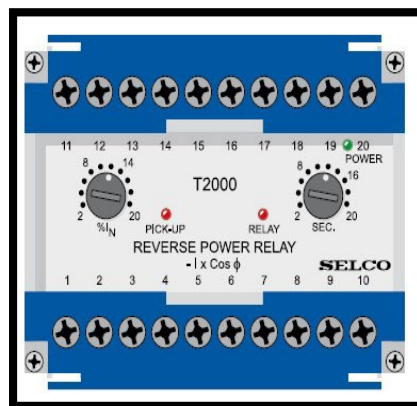
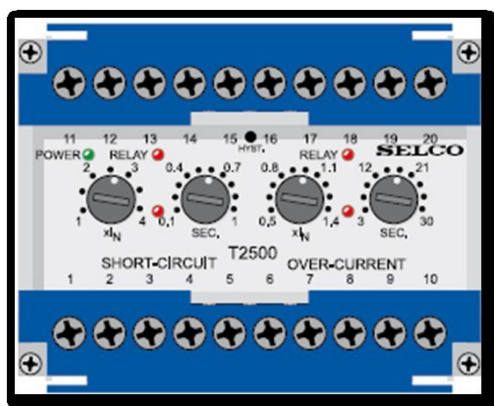
Et lasteskip har en synkron trefasa dieselgenerator kobla til hovedtavlen. Generatoren skal levere kraft til skipet under normal drift. Generatoren har 6 polpar.

Gitte data:

- Linjespenning: 440 V
 - Frekvens: 60 Hz
 - Aktiv effekt (belastning): 720 kW
 - Effektfaktor: $\cos \varphi = 0,80$
 - Verknadsgrad generator: $\eta = 0,95$
 - Generatoren er kopla i stjerne (Y)
- Finn tilsynelatende effekt S som generatoren må levere.
 - Regn ut reaktiv effekt Q .
 - Finn linjestrømmen generatoren leverer.
 - Regn ut mekanisk effekt som dieselmotoren må levere til generatoren.
 - Finn det synkrone turtallet på dieselmotoren.
 - Vurder om en generator med nominell storleik 900 kVA er tilstrekkelig.
- Grunngi svaret kort.
- Nevn to driftsmessige tiltak som kan redusere belastninga på generatoren i denne situasjonen. 14.11.

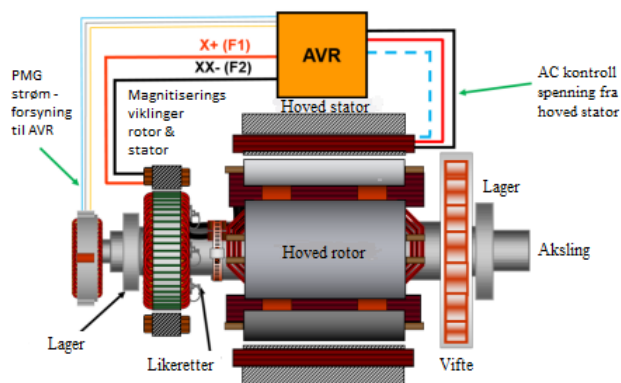
14.11 (Tidligere eksamensoppgave).

Det skal monteres nye vern på en generator. Vern av type Selco T2500 og T2000 skal benyttes. Generatorens merkedata: $S = 500 \text{ kVA}$, $U = 450 \text{ V}$, $f = 60 \text{ Hz}$, $\cos \phi = 0,88$.



Strømtrafo T1-T3 er 800/5.

- Du skal justere inn vernet slik at dette beskytter generatoren ved «over-current» 110 %. Bestem setpunkt på vernet.
- Du skal justere inn vernet slik at dette beskytter overnevnte generator ved «Short-circuit». Trip-level er på 300 %. Bestem setpunkt på vernet.
- Bruk NEK 410 del 1 og finn størrelsen i % på retureffekt til diesel og turbingenerator.
- Gjør deg noen tanker om kva som må gjøres hvis man bytter ut strømtrafoene fra 800/5 til 700/5.



Kapittel 15. Parallellkøyring av generatorer.

15.1.

Tre trefasa stjernekobla synkrongeneratorer, A, B og C, har påstempla disse data:

$$\begin{aligned} U_N &= 440 \text{ V}, & f_N &= 60 \text{ Hz}, & S_N &= 1428 \text{ kVA}, \\ I_N &= 1874 \text{ A}, & n_N &= 600 \text{ r/min}, & \eta &= 0,93 & \cos \varphi &= 0,84. \end{aligned}$$

Driftstilstanden for de tre generatorene er slik:

$$\text{Generator A:} \quad U = 440 \text{ V}, \quad P = 820 \text{ kW}, \quad Q = 615 \text{ kVAr}$$

$$\text{Generator B:} \quad U = 440 \text{ V}, \quad P = 735 \text{ kW}, \quad Q = 980 \text{ kVAr}$$

$$\text{Generator C:} \quad U = 440 \text{ V}, \quad P = 900 \text{ kW}, \quad Q = 436 \text{ kVAr}$$

- Beregn den tilsynelatende effekten og $\cos \varphi$ for generator A.
- Beregn effektfaktoren og hovedstrøm for generator B.
- Beregn den aktive og reaktive strømkomponenten for generator C.
- Beregn kor mange polpar kvar generator har.
- Beregn den totale tilførte effekten til generatorene.
- Beregn den totale hovedstrømmen og effektfaktoren til lasta.
- Tegn et effektdiagram for kvar generator og sett dem sammen til et last diagram. Målestokk: $200 \text{ kW} = 10 \text{ mm}$.
- Den skeivbelastninga som driftstilstanden viser, er ikke ønskelig. Beskriv hvordan vi ved hjelp av pådrag og magnetisering sørger for at lasta blir likt fordelt mellom dei tre generatorene.

15.2.

På et skip er det tre synkrongeneratorer. På skipets hovedtavle har generatorfeltet og synkroniseringsfeltet voltmeter, frekvensmeter, amperemeter, kW-meter og kVAr-meter. Generatorene, som vi kaller G1, G2 og G3, har disse merkedata:

G1: 3 x 440 V, 60 Hz, 600 kVA kontinuerlig merkelast ved effektfaktoren 0,8

G2: 3 x 440 V, 60 Hz, 1000 kVA kontinuerlig merkelast ved effektfaktoren 0,8

G3: 3 x 440 V, 60 Hz, 1200 kVA kontinuerlig merkelast ved effektfaktoren 0,8

- G3 drivas av hovedmotoren (akselgenerator) og er ved et driftstilfelle belasta slik at tavleinstrumenta viser 430 V, 60 Hz, 1130 A og 673 kW. På grunn av den forventa manøvreringa, skal belastningen overføres til G1 og G2. Hva

skal instrumenta til disse generatorene vise etter at lasta er overført og korrekt fordelt på generatorene?

- b) Tegn et effektdiagram for G1 og G2 som viser S, P og Q.
- c) Ianlegg med akselgenerator ønsker vi vanligvis ikke ei lenger tids samkøyring mellom akselgeneratoren og dei andre generatorene. Kva kan årsaka til det være?
- d) Det blir nå starta opp flere motorer, og uten at vi gjær noen justeringer på tavlen, da viser instrumenta:

G1:	430 V	450kW	302 kVAr
G2:	430 V	570kW	425 kVAr

Er du fornøgd med den lastfordelinga som vi har fått? Dersom du ikke er det, hva for reguleringer vil du gjære manuelt på tavla?

15.3.

Tre like store trefasa, stjernekopla synkrongeneratorer blir drevet av gassturbiner og har disse merkedata:

$U_N = 6,6 \text{ kV}$, $I = 280 \text{ A}$, $S_N = 3,2 \text{ MVA}$, $f_N = 60 \text{ Hz}$,
 $n_N = 1800 \text{ r/min}$, $\cos \varphi = 0,88$ $\eta = 0,92$.

Generator A og generator B ligger inne på tavla med denne lastfordelinga:

Generator A: $U = 6,6 \text{ kV}$, $I = 140 \text{ A}$, $P = 1,38 \text{ MW}$

Generator B: $U = 6,6 \text{ kV}$, $I = 210 \text{ A}$, $P = 2,13 \text{ MW}$

- a) Beregn den reaktive effekten for kvar generator.
- b) Beregn effektfaktoren for kvar generator.
- c) Beregn hovedstrømmen som går med til den totale lasten.
- d) Beregn den tilførte effekten til kvar generator.
- e) Regn ut tal polpar for kvar generator.
- f) Tegn et effektdiagram som viser generatorene A og B og den totale lasta.
Målestokken: $200 \text{ kW} = 10 \text{ mm}$.
- g) Vi vil regulere inn generatorene A og B slik at effektfaktoren blir lik for begge.
 - 1. Skal pådraget på generator A økes eller minskes?
 - 2. Skal pådrag på generator B økes eller minskes?
 - 3. Skal magnetiseringa av generator A økes eller minskes?

4. Skal magnetiseringa av generator B økes eller minkes?

- h) I den senere tida har vi gått mer og mer over til høgspennings generatorer på skip og offshoreanlegg. Gi ei forklaring på kva for ulemper og fordeler det fører med seg.
- i) Generator B får alarm på kjølevatn temperaturen, og vi ønsker å stoppe generator B og legge inn generator C. Beregn kor stor aktiv effekt vi må legge ut for at generator A skal klare den gjenværende delen. I dette tilfellet setter vi $\cos \varphi = 0,88$.
- j) Hva sier forskrifta NEK 410 når vi bruker kjøling med vann-luftvarmeveksler for høgspentgeneratorer?
- k) Vi går tilbake til den belastningssituasjonen som vi hadde i begynnelsen av oppgava. Nå gjær vi en manøvrering, og vi bruker en baugpropell med vribare propellblad. Drivmotoren er en trefasa asynkron kortslutningsmotor med disse data:
 $U = 6,6 \text{ kV}, \quad I = 125 \text{ A}, \quad P = 1,215 \text{ MW}.$
Når vi bruker baugpropell, må alle generatorene ligge inne på tavla.
Beregn hovedstrømmen for hver generator når baugpropellen ligger inne på tavla med full last og generatorene fordeler lasten likt.

15.4.

To like trefasa stjernekopla synkrongeneratorer har kvar en merkelast på 1000 kW ved en spenning på 440 V. Generatorene drives av kvar sin dieselmotor.

Generator A: Tomgangsfrekvens 61 Hz

Frekvens ved en belastning på 600 kW: 60 Hz

Generator B: Tomgangsfrekvens 60 Hz

Frekvens ved en belastning på 600 kW: 59 Hz

- a) Tegn et statikkdiagram og beregn «speed droop» i prosent for kvar generator.
- b) Hvor mye kan vi maksimalt belaste begge generatorene til sammen uten at noen av dem blir overbelasta, og hva blir da frekvensen?
- c) Hva for konklusjon vil du trekke av avlesingene i spørsmål b?

15.5

Et skip har to generatorer på henholdsvis (G1) 750 kVA og (G2) 1000 kVA. Begge

generatorene er trefasa, har ei merkespenning på 440 V og effektfaktor 0,8.

I et gitt øyeblikk er den aktive belastninga på hovedtavlen 1000 kW, mens den reaktive belastninga er 750 kVAr.

- Beregn totalstrømmen ut fra hovedtavle med tilhørende effektfaktor.
- Hvor stor aktiv, henholdsvis reaktiv, effekt bør kvar generator levere dersom lastfordelingen er korrekt?
- Hvor stor er da strømmen for den minste generatoren?
- Vi ønsker å teste statikken («speed droop») til drivmotorene ved at generatorene enkeltvis belastes med 500 kW. Når belastninga er frakopla, er frekvensen for begge generatorene 62,5 Hz. Den minste generatoren blir så belasta med 500 kW. Frekvensen for denne generatoren faller da til 61 Hz. Denne belastninga blir så overført til den største generatoren. Frekvensen for denne generatoren faller også til 61 Hz. Tegn et statikkdiagram for begge generatorene, og beregn «speed droop» til drivmotoren i prosent.
- Hva ville ha blitt konsekvensen dersom generatorene hadde samme frekvens i tomgang som ved full belastning?

15.6

Et skipsanlegg har to like dieseldrevne synkrongeneratorer, hver av dem påstempla disse merkedata:

$$U_N = 3 \times 440 \text{ V}, \quad S_N = 750 \text{ kVA}, \quad \cos \phi = 0,8.$$

$$f_N = 60 \text{ Hz}, \quad n_N = 600 \text{ r/min},$$

Vi skal gjennomføre en kontroll og sammenlikne turtalskarakteristikken («speed droop») for drivmotorene. Tavlebelastninga er i øyeblikket 470 kW, og generatorene blir vekselvis belasta med denne effekten.

For generator A synker turtallet fra 600 r/min ved tomgang til 582 r/min med belastninga 470 kW. Når belastninga blir flyttet over til generator B, går turtallet ned tilsvarende fra 600 r/min til 575 r/min. (Vi nytter en digital omdreiningsteller.)

- Tegn et felles statikk diagram og beregn «speed droop» fra tomgang til full last i prosent for begge aggregata. (Målestokk: 100 kW = 10 mm og 50 r/min = 10 mm)
- Beskriv kort hvordan du vil utføre denne prøven ved å betene generatorfeltet.
- Vurder resultatet av prøven, og kom med forslag til eventuelle forandringer.

- d) Hva for vedlikeholdsrutiner vil du foreslå på en lavspent hovedtavle?

15.7.

- a) Nevn betingelsene for en god parallelldrift av trefasa synkrongeneratorer som blir drevet av dieselmotorer.
- b) Kva mener vi med statikk?
- c) Hvilket utstyr eller hvilke instrumenter kan vi bruke for å se om vi har faselikhhet?
- d) Kva er svevespenning, og kor stor kan den bli i et 440 V anlegg?
- e) Tegn et enlinjeskjema over et anlegg med tre generatorer. En generator blir drevet av en dieselmotor, en generator har turbindrift, og en generator blir drevet av en akselgenerator.
- f) Vurder fordeler og ulemper ved anlegg med akselgenerator.

15.8.

To generatorer har følgende data;

Hver maskin er på $S = 500 \text{ kVA}$, $U = 450 \text{ V}$, $f = 60 \text{ Hz}$ $\cos \varphi = 0,88$.

Dei synkroniseres i tomgang ved 62 Hz.

Belastninga øker etter kvart til:

$G1 = 350 \text{ kW}$, $G2 = 250 \text{ kW}$.

Andre avlesning er nå:

Frekvens: 60,5 Hz.

Spennning: 440 V.

Strømmer: $G1 = 613 \text{ A}$, $G2 = 386 \text{ A}$.

- a) Tegn statikkdiagram for dieselaggregatene.
- b) Er statikken på dieselaggregatene innenfor kravet i forskriften?
- c) Hvis ikke, kva vil du foreslå å gjøre?
- d) Deler disse to parallellkjørte generatorene reaktiv og aktiv effekt godt nok ifølge forskriftene, og kva sier forskriftene om aktiv lastfordeling?
- e) Regn ut tilsynelatende effekt i kVA for begge generatorene ved andre avlesning.
- f) Regn ut reaktiv effekt i kVAr for begge generatorene ved andre avlesning.
- g) Regn ut generatorenes effektfaktor ($\cos \varphi$) ved andre avlesning.

15.9.

Generatorer i parallell.

- Hvorfor er det viktig at parallellkoblede generatorer går med lik $\cos \varphi$?
- En generator mister spenningen etter feilsynkronisering. Nevn hvilke mulige skader som kan være oppstått.
- En generator opprettholder spenningen inntil en belastning på 60-70 %. Ved ytterligere last økning faller spenningen radikalt. Kor vil du lete etter feil?

15.10.

Om bord i et skip er det to dieselaggregat som står for kraftforsyningen. De to har ulik størrelse, men er beregnet for parallellkjøring mot samme hovedtavle. Merkeopplysninger er som følger:

G 1	G 2
U = 450 V, 60 Hz, 3~	U = 450 V, 60 Hz, 3~
S = 2100 kVA	S = 1600 kVA
$\cos \phi = 0,8$	$\cos \phi = 0,8$

Speed droop må kontrolleres, da det er usikkerhet rundt avlesningen av turtallsregulatorenes pådrag under drift. Begge motorene er tilkoblet hovedtavlen, og du leser av verdier i to belastningssituasjoner:

1. Avlesning	2. Avlesning
U = 450 V f = 61,25 Hz GE 1 = 730 kW, I = 1102 A, $\cos \varphi = 0,8$ GE 2 = 600 kW, I = 906 A, $\cos \varphi = 0,8$	U = 450 V f = 60,15 Hz GE 1 = 1540 kW, I = 2250 A, $\cos \varphi = 0,8$ GE 2 = 1150 kW, I = 1824 A, $\cos \varphi = 0,8$

- Tegn speed droop kurvene til begge motorene i felles diagram.
- Beregn speed droop i prosent for begge motorer og sammenlign med krav og anbefalinger.
- Kva er utfordringene med å ha ulik speed droop på motorer i parallell drift?
- Basert på de avleste opplysningene ved 2. avlesning, finn ut om den reaktive lastfordelingen er optimal her. Korleis kan den reaktive lastfordelingen reguleres?

15.11.

To like trefase synkrongeneratorer som kvar har en merkelast på 1250 kVA ved 450 V og $\cos \phi$ 0,8. Generatorene drives av kvar sin dieselmotor. Generatorene belastes i test kvar for seg.

G1:

Testen starter ved 61 Hz i tomgang, ved en last på 650 kW synker frekvensen til 59 Hz.

G2:

Testen starter ved 60 Hz i tomgang, ved en last på 600 kW synker frekvensen til 58,5 Hz.

- Tegn et statikkdiagram over begge aggregatene og beregn statikken i %.
- Fordelingen av reaktiv effekt ble også testet. Korleis reguleres reaktiv effekt mellom generatorene?

15.12.

Du er tilsett som maskinsjef på et fartøy med dieselelektrisk fremdrift, der hovedtavlen om bord er forsynt av fire like store dieselgeneratorer. Fartøyet har DP2-klasse, og under årlig FMEA test ble det klart at DG2 ikke presterte normalt under en test med høy belastning på tavlen. Du setter DG2 og DG3 i manuell modus i PMS, synkroniserer disse to sammen på felles hovedtavle og leser av følgende verdier i generatorfeltene på hovedtavlen ved to ulike belastningssituasjoner:

Situasjon 1:

DG 2		DG 3	
U	3329 V	U	3329 V
I	158,8 A	I	164,3 A
P	870 kW	P	900 kW
f	61,7 Hz	f	61,7 Hz

Situasjon 2:

DG 2		DG 3	
U	3299 V	U	3299 V
I	536,9 A	I	589,7
P	2700 kW	P	3100 kW
f	60,2 Hz	f	60,2 Hz

Generatorenes drivmaskiner har en merkeytelse på 3200 kW, og generatoren har en merkeytelse på 3600 kVA.

- Tegn speed droop kurve for disse to dieselgeneratorene i samme diagram.
- I henhold til NEK 410-1 har vi en begrensning på kor stor speed droop som er tillatt. Korleis forholder disse to dieselgeneratorene seg til kravene i forskriften?

Underbygg forklaringen med Beregninger.

- c) I situasjon 2: Hvilke utfordringer ser du med å belaste hovedtavlen ytterligere?
- d) Gi en vurdering av fordelingen av den reaktive effekten, og kva som kan gjøre at den er som i situasjon 2. Underbygg vurderingen med Beregninger.

15.13.

På fartøyet i oppgave 15.12 er det du som maskinsjef som har det øverste ansvaret for den tekniske driften av anlegget om bord. Det blir avdekket ved en internkontroll at skipet mangler et godt nok prosedyreverk for isolering av generator i forbindelse med vedlikehold på denne.

Beskriv en prosedyre for elektrisk isolasjon av en dieselgenerator i dette anlegget. Sett opp prosedyren i tråd med god praksis og forskrift om sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske anlegg.

15.14.

To skipsgeneratorer har samme spesifikasjoner og er samkjørt på hovedtavlen.

Generatorenes merkeeffekt er 1200 kVA og $\cos \phi$ 0,8. Nominell frekvens er 60 Hz.

Nominell spenning er 440 V. Antall poler er 6.

Ved lav last, 150 kW på kvar, er frekvensen 62 Hz. Belastninga på tavlen øker.

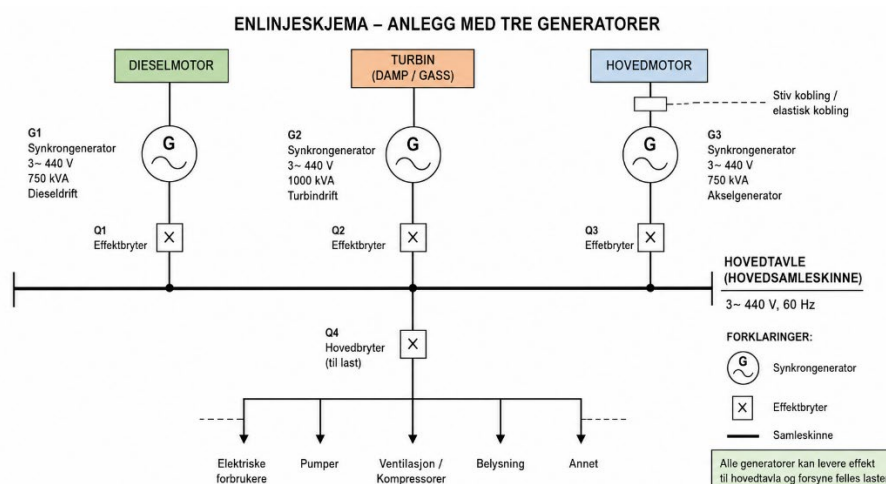
Ved frekvens 60 Hz viser tavlefeltet til generatorene:

G1: 900 kW

G2: 700 kW

Vis drivmaskinenes statikk i et diagram.

- a) Beregn speed droop i % for begge drivmaskiner. Vurder om verdiene er i samsvar med gjeldende krav i NEK 410.
- b) Hva kan være årsakene til ulik speed droop?



Kapittel 16. Spenningsregulator.

16.1

En synkrongenerator om bord på et skip leverer strøm til hovedtavlen.

Generatoren er merket:

Merkespenning: 440 V, Frekvens: 60 Hz, Effekt: 800 kVA

Generatoren går med konstant turtall. Lasten øker plutselig, og terminalspenningen synker fra 440 V til 418 V.

- Hva er hovedoppgaven til en automatisk spenningsregulator (AVR)?
- Forklar hva som skjer i generatoren når lasten øker.
- Hvordan vil AVR-en reagere for å få spenningen tilbake til normal verdi?
- Hva kan skje dersom AVR-en ikke fungerer korrekt?

16.2

En generator har følgende data:

- Ubelastet spenning: 450 V
 - Fullast spenning: 430 V
- Beregn spenningsreguleringen i prosent.
 - Er dette en god eller dårlig spenningsregulering?
 - Forklar hvorfor lav spenningsregulering er ønskelig om bord på skip.

16.3

To synkrongeneratorer går i parallell på hovedtavlen.

Generator A begynner å levere mer reaktiv effekt enn generator B.

- Hva menes med reaktiv effekt?
- Hvordan kan man se at generator A leverer mer reaktiv effekt?
- Hvordan kan man bruke AVR-en til å fordele reaktiv effekt likere mellom generatorene?
- Hva kan skje dersom reaktiv lastfordeling blir svært skjev?

16.4

En generator får ustabil spenning. Instrumentene viser at spenningen varierer mellom 400 V og 460 V selv om lasten er omtrent konstant.

- Nevn mulige årsaker til ustabil generatorspenning.
- Hvordan kan feil i AVR påvirke generatoren?
- Hva er hunting i et reguleringsystem?
- Nevn tiltak som kan stabilisere spenningsreguleringen.

Kapittel 17. Generatorbrytere og vern.

17.1

Generatorbryterens oppgave.

- Hva er hovedoppgaven til en generatorbryter?
- Hvor er generatorbryteren normalt plassert?
- Hvorfor er generatorbryteren viktig ved feil i anlegget?
- Hva skjer med generatorbryteren ved kortslutning?

17.2

To generatorer går i parallell. Dieselmotoren til generator 2 mister drivstofftilførselen, men generatorbryteren er fortsatt innkoblet.

- Hva vil skje med generator 2?
- Hva menes med retureffekt?
- Hvilket vern skal beskytte mot dette?
- Hvorfor er retureffekt farlig?

17.3

Differensialvern.

- Hva sammenligner et differensialvern?
- Når vil differensialvernet løse ut?
- Hvorfor er differensialvern svært raskt?
- Hvilke feil beskytter differensialvernet mot?

17.4

Overstrømsvern.

En generator er merket:

- 440 V
- 800 kVA
- $\cos \varphi = 0,8$

- Beregn generatorens merkestrøm.
- Forklar hvorfor generatoren må ha overstrømsvern.
- Hva er forskjellen på overlast og kortslutning?

17.5

Under- og overspenningsvern.

- a) Hva er oppgaven til underspenningsvern?
- b) Hva kan føre til underspenning i et generatorsystem?
- c) Hva er faren med overspenning?

17.6

Frekvensvern.

- a) Hva bestemmer frekvensen til en synkrongenerator?
- b) Hva skjer med frekvensen dersom dieselmotoren mister turtall?
- c) Hvorfor er lav frekvens skadelig?
- d) Hvilket vern brukes mot dette?

17.7

Synkronisering og generatorbryter.

- a) Nevn kravene som må være oppfylt før generatorbryteren kan kobles inn ved parallellkjøring.
- b) Hva kan skje dersom man kobler inn generatoren usynkronisert?
- c) Hvilket instrument brukes ofte for å kontrollere synkronisering?

17.8

Jordfeilvern.

- a) Hva er en jordfeil?
- b) Hvorfor er jordfeil farlig om bord på skip?
- c) Hvilke vern brukes mot jordfeil?
- d) Hva er forskjellen på 50N og 51N?

17.9

Praktisk feilsituasjon.

En generator kobler plutselig ut fra hovedtavlen. Alarmen viser:

- Overfrekvens
 - Overspenning
- a) Hva kan være årsaken til disse alarmene?
 - b) Hvilket system regulerer frekvensen?
 - c) Hvilket system regulerer spenningen?
 - d) Hvorfor er det viktig at vernene kobler ut generatoren raskt?

Kapittel 18. PMS.

18.1

Et skip går i DP-operasjon med to dieselgeneratorer innkoblet. Hver generator er merket:

- 690 V
- 60 Hz
- 1800 kW
- $\cos \varphi = 0,8$

PMS er satt opp med:

- Automatisk start av standby-generator ved 80 % last
- Stoppsignal ved 40 % last i 10 minutter
- «Top-up minimum» aktivert til 65 %

Plutselig øker total aktiv last fra 2100 kW til 3150 kW.

- a) Hvor stor prosentlast får hver generator før ny generator starter?
- b) Forklar hvorfor PMS starter en ekstra generator selv om de eksisterende fortsatt tåler lasten.
- c) Forklar hva som menes med «Top-up minimum».
- d) Beskriv hvilke problemer som kan oppstå dersom en ekstra generator kobles inn for sent.
- e) Forklar hvordan PMS sikrer korrekt synkronisering før generatorbryteren lukkes.

18.2

Asymmetrisk lastfordeling.

To generatorer opererer parallelt:

DG1 har en effekt på 2500 kW.

DG2 har en effekt på 1500 kW.

DG1 er satt som «Fixed Load».

Total last er 3200 kW.

- a) Forklar hva «Fixed Load» betyr.
- b) Beregn lasten på DG2.
- c) Hvorfor brukes asymmetrisk lastdeling i praksis?
- d) Nevn situasjoner hvor denne driftsformen er fordelaktig.
- e) Hvilke ulemper kan asymmetrisk lastdeling gi?

18.3

Blackout recovery

Et skip får total blackout etter feil i hovedtavlen.

Nødgenerator starter korrekt og nødstrøm kommer tilbake, men hovedkraftsystemet må gjenopprettes.

- Beskriv en typisk blackout recovery-sekvens styrt av PMS.
- Hvilke forbrukere kobles normalt inn først etter blackout?
- Hvorfor er lastsekvensering viktig under gjenoppretting?
- Hva kan skje dersom alle store forbrukere kobles inn samtidig?
- Forklar forskjellen mellom blackout recovery og main switchboard recovery.

18.4

Feilsøking av PMS

Maskinbesetningen opplever følgende problem:

- Standby-generator starter korrekt
 - Generator når nominell hastighet og spenning
 - PMS gir ikke innkoblingssignal til generatorbryteren
- Nevn mulige årsaker til feilen.
 - Hvilke signaler må PMS motta før bryteren kan lukkes?
 - Hvordan kan feil i spenningsmåling påvirke synkronisering?
 - Forklar hvordan en maskinsjef systematisk bør feilsøke problemet.
 - Hvilke sikkerhetsrutiner må følges under feilsøking?

18.5

Tre generatorer går parallelt på en hovedtavle. Generatorene leverer:

Generator	Aktiv effekt	Reaktiv effekt
G1	1200 kW	600 kVAr
G2	1200 kW	150 kVAr
G3	1200 kW	100 kVAr

- Er den aktive lastdelingen korrekt?
- Vurder den reaktive lastdelingen.
- Hva regulerer reaktiv lastdeling på en generator?
- Hvilke problemer kan oppstå ved dårlig reaktiv lastdeling?
- Hvordan korrigeres dette normalt i PMS/AVR-systemet?

Kapittel 19. Landstrøm.

19.1

Tilkobling av landstrøm.

Et skip ligger til kai og skal kobles til landstrøm. Skipets hovedtavle er normalt driftet på:

- 440 V
- 60 Hz

Landanlegget leverer:

- 440 V
- 60 Hz

Landstrømsystemet består av:

- landtilkoblingsskap
 - synkroniseringssystem
 - jordingskontroll
 - effektbryter
 - PMS-integrasjon
- a) Beskriv en typisk kontrollsekvens ved tilkobling av landstrøm.
 - b) Hvilke elektriske verdier må kontrolleres før effektbryteren kan lukkes?
 - c) Forklar hvorfor fasefølge er viktig ved landstrømtilkobling.
 - d) Hva er hensikten med jordingskontroll i landstrømsystemet?
 - e) Forklar forskjellen mellom automatisk og manuell overføring til landstrøm.

19.2

Et skip med 440 V / 60 Hz anlegg kobles ved en feil til:

- 400 V
- 50 Hz landstrøm

En del trefasemotorer fortsetter å gå etter tilkoblingen.

- a) Hvor mye reduseres motorhastigheten teoretisk?
- b) Forklar hvorfor transformatorer og motorer kan få økt oppvarming.
- c) Hvilke problemer kan oppstå for pumper og ventilasjonssystem?
- d) Hvordan påvirkes frekvensomformere og elektronisk utstyr?
- e) Forklar hvorfor PMS eller landstrømsvern normalt skal forhindre slik tilkobling.

19.3

Et cruiseskip mottar landstrøm fra et høyspenningsanlegg:

- 11 kV
- 60 Hz
- $\cos \varphi = 0,92$

Skipet trekker:

- 3200 A
- a) Beregn tilført aktiv effekt.
 - b) Beregn tilført tilsynelatende effekt.
 - c) Forklar hvorfor høyspennings landstrøm brukes på store skip.
 - d) Nevn fordeler med landstrøm sammenlignet med drift på hjelpemotorer.
 - e) Hvilke utfordringer finnes ved høyspennings landstrøm?

19.4

Tilbakekobling fra landstrøm til generator

Et skip skal kobles fra landstrøm og tilbake til egne generatorer før avgang.

- a) Beskriv en sikker prosedyre for tilbakekobling til skipets generatorsystem.
- b) Hvorfor må generatorene synkroniseres mot landstrøm før overføring?
- c) Hva kan skje dersom effektbryteren åpnes under høy last uten korrekt lastoverføring?
- d) Forklar hvordan PMS kan utføre «soft load transfer».
- e) Hvilke vern er spesielt viktige under overgang mellom land og skip?

19.5

Feilsøking på landstrømsanlegg.

Under tilkobling av landstrøm får maskinbesetningen følgende alarm:

“SYNC FAILED – PHASE ANGLE ERROR”.

Landanlegget har korrekt spenning og frekvens.

- a) Hva betyr denne alarmen?
- b) Nevn mulige årsaker til problemet.
- c) Hvordan kan feil fasefølge oppdages?
- d) Hvilke instrumenter brukes normalt ved synkronisering?
- e) Beskriv hvordan en maskinsjef systematisk bør feilsøke feilen.

Kapittel 20. UPS.

20.1

Et skip har en Online UPS som forsyner:

- navigasjonssystem,
- DP-kontrollsystem,
- alarmanlegg,
- kommunikasjonssystem.

UPS-anlegget består av:

- likeretter,
 - batteribank,
 - inverter,
 - static switch,
 - manuell bypass.
- a) Forklar hovedoppgaven til en UPS om bord.
 - b) Beskriv energiflyten gjennom UPS-en under normal drift.
 - c) Forklar hva som skjer dersom hovedforsyningen faller ut.
 - d) Hva er funksjonen til en static switch?
 - e) Hvorfor brukes Online UPS til kritiske systemer?

20.2

En OFF-Line UPS brukes til en kontor-PC om bord.

UPS-en har:

- batteri,
 - lader,
 - omkoblingsrele,
 - inverter.
- a) Forklar hvordan en OFF-Line UPS virker ved normal drift.
 - b) Hva skjer ved strømbrudd?
 - c) Hva er typisk omkoblingstid for en OFF-Line UPS?
 - d) Hvilke begrensninger har denne UPS-typen?
 - e) Hvorfor er OFF-Line UPS lite egnet til kritiske marine systemer?

20.3

En UPS skal kunne levere strøm til et kontrollsystem i 45 minutter ved blackout.

Lasten er: 8 kW.

UPS-batteriet er: 240 V DC.

Virkningsgrad på inverter: 92 %.

- a) Beregn nødvendig DC-effekt fra batteriet.
- b) Beregn nødvendig batteristrøm.
- c) Beregn nødvendig batterikapasitet i Ah.
- d) Forklar hvorfor man normalt legger inn sikkerhetsmargin.
- e) Nevn forhold som påvirker batterikapasiteten over tid.

20.4

Et automasjonssystem er tilkoblet en line-interactive UPS.

Nettspenningen varierer mellom: 360 V og 460 V

UPS-en har:

- booster,
 - fader,
 - batteri,
 - inverter.
- a) Hva er hensikten med booster-funksjonen?
 - b) Hva er hensikten med fader-funksjonen?
 - c) Forklar forskjellen mellom line-interactive og Online UPS.
 - d) Når vil batteriet normalt kobles inn?
 - e) Hvilke fordeler har line-interactive UPS sammenlignet med OFF-Line UPS?

20.5

Automatisk bypass og manuell bypass

En Online UPS får intern inverterfeil under drift.

Lasten er kritisk og må ikke miste strømforsyningen.

- a) Forklar hva som skjer ved automatisk bypass.
- b) Hva er forskjellen mellom static bypass og manuell bypass?
- c) Hvorfor må bypass-spenningen være synkronisert med UPS-utgangen?
- d) Hvilke farer finnes ved manuell bypass-operasjon?
- e) Forklar hvorfor bypass er viktig i marine UPS-anlegg.

Kapittel 21. PLS.

21.1

Oppbygging og virkemåte til en PLS

Et ballastsystem om bord styres av en PLS. Systemet har:

- nivåtransmittere,
- start/stopp-knapper,
- magnetventiler,
- motorstartere.

PLS-en består av:

- strømforsyning,
 - CPU,
 - inngangskort,
 - utgangskort,
 - kommunikasjonsmodul.
- a) Forklar hovedoppgaven til en PLS.
 - b) Beskriv funksjonen til CPU-en i en PLS.
 - c) Forklar forskjellen mellom digitale innganger og digitale utganger.
 - d) Beskriv en typisk arbeidssekvens (scan cycle) i en PLS.
 - e) Hvorfor brukes PLS mye i marine automasjonssystemer?

21.2

Logiske funksjoner.

En kjølevannspumpe skal starte dersom:

- nivåvakt LS1 er aktiv,
- OG
- temperaturvakt TS1 er aktiv.

Pumpen skal stoppe dersom:

- stoppknapp S0 aktiveres.
- a) Hvilken logisk funksjon brukes mellom LS1 og TS1?
 - b) Tegn eller forklar sannhetstabellen for funksjonen.
 - c) Forklar hvordan en IKKE-funksjon kan brukes på stoppknappen.
 - d) Hva skjer dersom kun én av vaktene er aktiv?
 - e) Hvorfor er logiske porter viktige i PLS-programmering?

21.3

Selvlåsing (Latch)

En hydraulikkpumpe styres av:

- startknapp S1,
- stoppknapp S0,
- kontaktor K1.

Pumpen skal fortsette å gå etter at startknappen slippes.

- a) Forklar hva selvlåsing betyr.
- b) Beskriv hvordan selvlåsing lages i ladder-diagram.
- c) Hva skjer dersom strømforsyningen faller ut?
- d) Hvorfor brukes selvlåsing i motorstyringer?
- e) Nevn en sikkerhetsmessig ulempe med selvlåsing.

21.4

Feilsøking av PLS-inngang.

En nivåalarm fungerer ikke. Nivåvakten aktiveres fysisk, men PLS-en registrerer ikke signalet.

PLS-systemet bruker:

- 24 V DC innganger
- a) Nevn mulige årsaker til feilen.
 - b) Hvordan kontrolleres signalspenningen?
 - c) Hvorfor er riktig spenningsnivå viktig?
 - d) Hvordan kan diagnostiske LED-indikatorer hjelpe ved feilsøking?
 - e) Beskriv en systematisk feilsøkingprosedyre.

21.5

Feilsøking av PLS-utgang

En kjølevannspumpe starter ikke selv om PLS-programmet viser aktiv utgang.

PLS-utgangen styrer en kontaktor via 24 V DC.

- a) Hva betyr det at utgangen er aktiv i programmet?
- b) Nevn mulige feil utenfor selve PLS-programmet.
- c) Hvordan kan man kontrollere om utgangskortet virker?
- d) Hva kan skje dersom feil spenningsnivå brukes på utgangen?
- e) Beskriv hvordan en maskinsjef bør feilsøke problemet trinnvis.

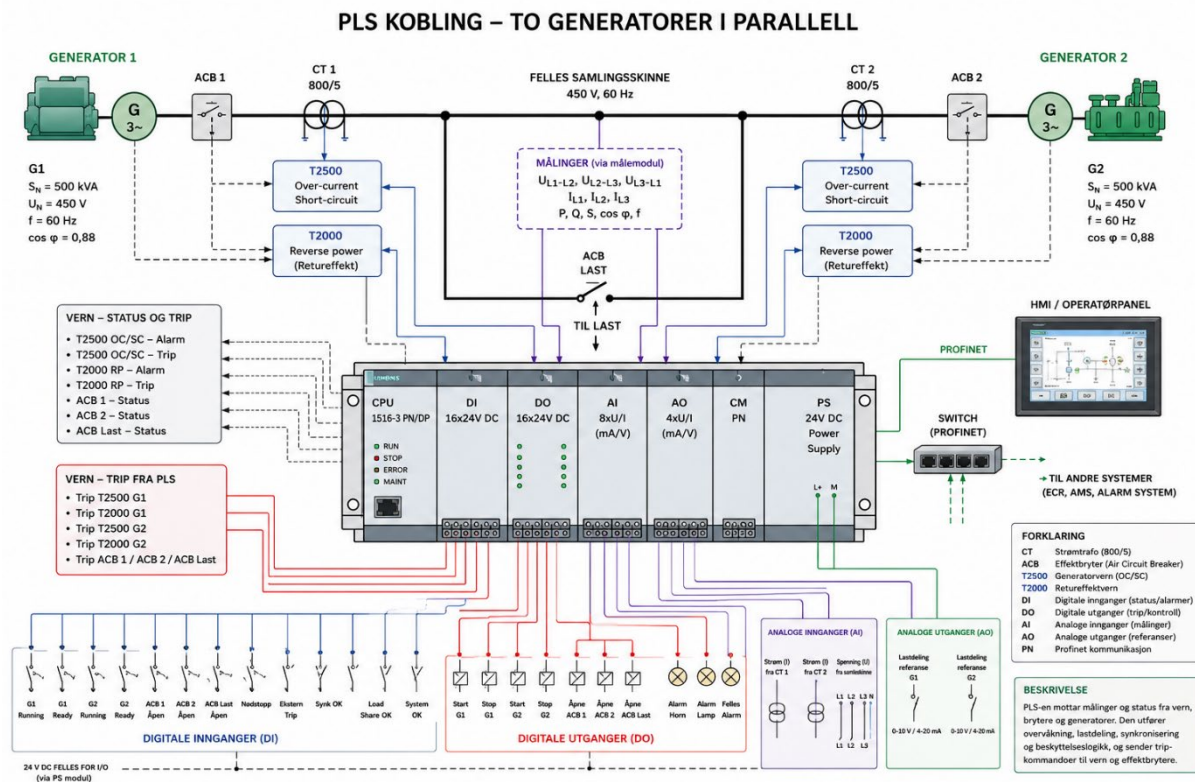
21.6

Jordsløyfer og skjermede kabler.

Et analogt nivåsignal til PLS varierer ustabilt når en stor frekvensomformer starter.

Signalkabelen er skjermet.

- Hva er en jordsløyfe?
- Hvorfor kan jordsløyfer gi problemer i PLS-systemer?
- Hvordan bør skjermede signalkabler jordes?
- Hvilke symptomer kan elektromagnetisk støy gi?
- Hvordan kan problemet reduseres?



Kapittel 22. Høyspent.

22.1

Definisjon og bruk av høyspenning.

Et moderne cruiseskip har et høyspenningsanlegg på:

- 11 kV
- 60 Hz

Skipet har store thrustere, store pumper og elektrisk fremdrift.

- a) Hva regnes normalt som høyspenning om bord på skip?
- b) Hvorfor brukes høyspenning på store fartøy?
- c) Forklar hvilke fordeler høyspenning gir sammenlignet med lavspenning.
- d) Nevn noen ekstra farer ved høyspenningsanlegg.
- e) Hvilke typer utstyr om bord drives ofte med høyspenning?

22.2

Roller og ansvar ved HV-arbeid.

Det skal utføres vedlikehold på en høyspentmotor om bord.

Følgende roller brukes:

- Driftsleder,
 - LFK (leder for kobling),
 - LFS (leder for sikkerhet).
- a) Hva er hovedansvaret til driftsleder?
 - b) Hva gjør LFK før arbeid starter?
 - c) Hva er LFS sitt ansvar under arbeidet?
 - d) Hvorfor er rollefordeling viktig i høyspenningsarbeid?
 - e) Forklar hva et sikkerhetskort brukes til.

22.3

Arbeidsjording av høyspentmotor.

En 6,6 kV thrustermotor skal vedlikeholdes.

Motoren er frakoblet, men arbeidsjording er ennå ikke utført.

- a) Hvorfor er arbeidsjording nødvendig selv om motoren er frakoblet?
- b) Beskriv korrekt rekkefølge ved arbeidsjording.
- c) Hva er hensikten med spenningsdetektor før jording?
- d) Forklar hvorfor jordingsapparatet normalt kobles til jord først.

- e) Hvilke farer finnes dersom arbeidsjording ikke utføres korrekt?

22.4

Høyspentkabler og terminering.

Et nytt høyspentkabelstrekk skal installeres mellom hovedtavle og thrustermotor.

Kabel:

- 6,6 kV,
 - skjermet marin HV-kabel.
- a) Hvorfor er bøyeradius viktig ved høyspentkabler?
- b) Hva kan skje dersom kabelen bøyes for skarpt?
- c) Forklar hva som menes med endeterminering.
- d) Hvorfor er korrekt skjermjording viktig?
- e) Hvilke feil kan oppstå ved dårlig terminering?

22.5

Personlig verneutstyr og sikkerhet.

En maskinist skal utføre inspeksjon i et høyspent tavlerom.

- a) Nevn viktig personlig verneutstyr ved HV-arbeid.
- b) Hva er hensikten med lysbueklassifisert bekledning?
- c) Hvorfor brukes isolerstang ved høyspenningsarbeid?
- d) Hva er risikoavstand?
- e) Hvorfor er tilgangsstyring viktig i høyspentrom?

22.6

Feilsituasjon i høyspent tavlerom.

Under drift oppstår:

- kraftig smell,
- lysglimt,
- røykutvikling,

i et høyspent tavlerom.

- a) Hva kan dette tyde på?
- b) Hva skal maskinbesetningen gjøre umiddelbart?
- c) Hvorfor er lysbue spesielt farlig i høyspenningsanlegg?
- d) Hvorfor må tavlerommet ofte ventileres før inspeksjon?
- e) Hvilke undersøkelser bør utføres før anlegget spenningsettes igjen?

22.7

Utskifting av høyspentmotor om bord.

Et skip har en baugthruster drevet av en høyspentmotor med følgende data:

- 6,6 kV.
- 60 Hz.
- 1800 kW.

Motoren har fått alvorlig isolasjonsskade og skal skiftes ut mens skipet ligger til kai.

Arbeidet omfatter:

- frakobling av høyspentanlegg,
- arbeidsjording,
- demontering av gammel motor,
- installasjon av ny motor,
- høyspenttesting,
- spenningssetting og prøvedrift.

Skipet følger maritime høyspentprosedyrer med:

- driftsleder,
- LFK (leder for kobling),
- LFS (leder for sikkerhet),
- arbeidstillatelse,
- sikkerhetskort.

- a) Beskriv hvilke forberedelser som må utføres før arbeidet starter.
- b) Forklar rollefordelingen mellom:
 - Driftsleder.
 - LFK.
 - LFS.
- c) Beskriv korrekt prosedyre for frakobling og sikring av motoren før arbeid.
- d) Forklar hvordan spenningskontroll og arbeidsjording skal utføres.
- e) Beskriv hvilke personlige vernetiltak som kreves ved arbeidet.
- f) Forklar hvilke farer som finnes ved høyspentmotorer selv etter frakobling.
- g) Beskriv viktige kontrollpunkter ved montering av ny motor og høyspentkabel.
- h) Hvilke tester bør utføres før motoren spenningssettes?
- i) Beskriv en sikker prosedyre for spenningssetting og prøvestart av motoren.
- j) Forklar hva som skal dokumenteres etter ferdig arbeid.