



CHALMERS LINDHOLMEN

TENTAMEN

KURSNAMN	Elkraftsteknik
PROGRAM	TIELL åk 2, lp IV
KURSBETECKNING	EEK565
EXAMINATOR	Thomas Hammarström
TID FÖR TENTAMEN	2016-04-05fm
HJÄLPMEDEL	Typgodkänd räknare samt bifogat formelblad
ANSV LÄRARE telnr besöker tentamen kl	Thomas Hammarström 07030642990 9.30 och 11.00
RESULTAT GRANSKNING	senast 2016-04-25 Meddelas via mail
ÖVRIG INFORM.	OBS! Det är inte nödvändigt att svara på uppgift nr.11 (projektfrågor). Poäng som man har erhållit för motsvarande frågor vid tidigare tentamens tillfälle kan tillgodoräknas (om ≥ 5 poäng)

OBS! För att få full poäng på uppgifterna krävs att använda storheter definieras. Storheter i visardiagram måste definieras i motsvarande kretsschema med utsatta referensriktningar. Beräkningar skall motiveras så att beräkningsgången framgår. Fråga under tentan om något är oklart!

1. Två stycken symmetriska trefasbelastningar enligt nedan är anslutna till ett symmetriskt trefasnät med spänning 400 V, 50 Hz.

Belastningarna är:

I - en Y-kopplad last med ett motstånd på 20Ω seriekopplat med en kondensator på 100 mF i varje fas

II - en delta -kopplad last med en spole på 100 mH i varje gren

- Bestäm med hur stor ström respektive last belastar nätet samt den totala strömmen som tas ifrån nätet. Alla strömmar skall anges i komplex form. Hur stor ström flyter genom varje spole? (5p)
- Rita ett visardiagram över alla de tre strömmarna med nätets fasspänning som referens. (3p)
- Vad är det för karaktär på respektive last samt den totala lasten? (2p)
- Hur stor skenbar effekt förbrukar den totala lasten (anges i komplex form)? (2p)

2. En trefas transformator är märkt:

$$125 \text{ kVA}, \quad 6,6/0,4 \text{ kV}, \quad \Delta/yn, \quad z_k = 4,7 \%, \quad r_k = 1,1 \%$$

Transformatorn anslutes till ett 6,6 kV - nät samt belastas sekundärt med en

Y-kopplad last med impedansen $Z = 0,6 + j1,0 \Omega/\text{fas}$.

- Bestäm sekundär ström och klämspänning samt av lasten uttagen aktiv och reaktiv effekt. (7p)
- Kan man belasta transformatorn ytterligare? (2p)
- Hur stora är transformatorns belastningsförluster? (2p)
- Bestäm strömmen i en lindningsfas på primärsidan. (Tomgångsströmmen försummas). (2p)

3. En trefas, kortsluten asynkronmotor är märkt:

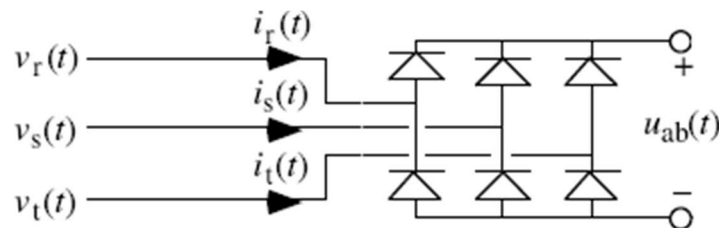
$$400 \text{ V}; \quad 8,6 \text{ A}; \quad \cos\varphi = 0.76; \quad 4 \text{ kW}; \quad 1446 \text{ rpm};$$

och den går ansluten till ett 400 V, 50 Hz nät. Motorns parametrar är:

$$\begin{aligned} R_s &= 1.2 \text{ } \Omega/\text{fas} & X_{s\sigma} &= 2,5 \text{ } \Omega/\text{fas} & X_m &= 44,0 \text{ } \Omega/\text{fas} \\ R_r' &= 1.1 \text{ } \Omega/\text{fas} & X_{r\sigma}' &= 2,5 \text{ } \Omega/\text{fas} & & \end{aligned}$$

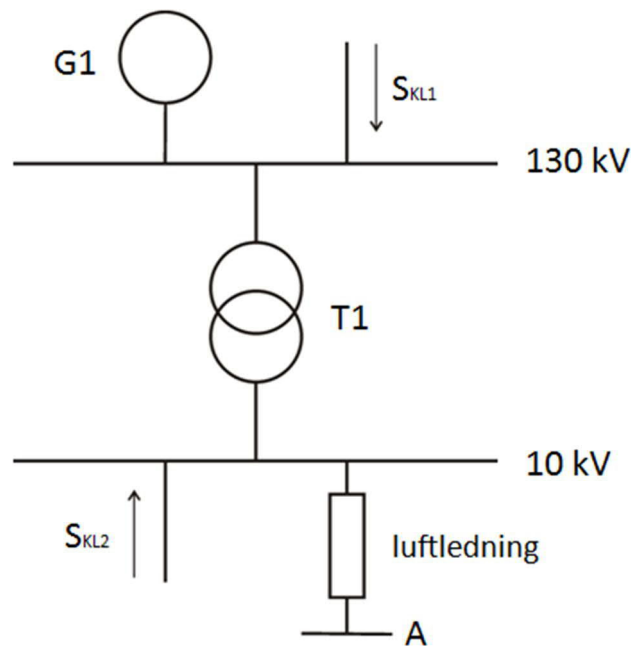
- Bestäm maskinens tomgångsström och dess effektfaktor vid tomgång (ta hänsyn till statorresistansen). (5p)
- Bestäm maskinens startmoment och startström vid direkt start. Gör lämpliga approximationer. (5p)
- Motorn används för att driva en last vars vridmoment är noll vid varvtalet noll och sedan ökar proportionellt med varvtalet för att bli 30 Nm vid 1500 rpm. Beräkna vid vilket varvtal och vridmoment last/motor-kombinationen kommer att arbeta. (5p)

4. En trefas diodlikriktare matas med 400 V, 50 Hz.



- Rita likledsspänningen $u_{ab}(t)$ under två perioder. Gradera axlarna på diagrammet. (2p)
- Spänningen $u_{ab}(t)$ är inte en ren likspänning. Föreslå och motivera hur utspänningen från likriktaren kan förbättras. (4p)
- En separatmagnetiserad likströmsmaskin, med konstant fältström och en ankarresistans på 1 Ω , går med ett tomgångsvarvtal på 2000 rpm då den matas med 440 V. Likströmsmaskinen kopplas nu till trefaslikriktaren i uppgift b) där utspänningen kan antas vara konstant. Vilket tomgångsvarvtal kommer motorn att gå vid i detta fall? (6p)
- Likströmsmaskinen kopplas nu tillbaka till spänningen 440 V och kopplas till en last som sänker varvtalet till 1900 rpm, (fältströmmen är fortfarande konstant enligt uppgift c)). Beräkna vridmomentet och uteffekten från maskinen i detta driftfall. (4p)

5. Ungefär hur stor felström behövs för att få jordfelsbrytaren att lösa ut i en vanlig hushållsinstallation? Vilka konsekvenser för en människa orsakar motsvarande ström om den passerar genom kroppen? (3p)
6. Vad menas med faskompensering? Varför använder man sig av det i elnätet? Hur åstadkommer man faskompensering? (7p)
7. Beskriv funktionssätt för en frekvensomriktare med pulsbreddsmodulering (PWM). (5p)
8. Rita synkronmaskinens ekvivalenta schema samt tillhörande visardiagram. (4p)
9. Bestäm kortslutningsström och kortslutningseffekt vid ett fel i punkt A. Använd metoden med delkortslutningseffekter. (10p)



Följande data gäller:

Generator G1: $S_n = 50 \text{ MVA}$; $x_d = 20\%$
 Transformator T1: $130/10 \text{ kV}$; $S_n = 100 \text{ MVA}$; $z_k = 8\%$

Linjer:

$S_{KL1} = 250 \text{ MVA}$; $S_{KL2} = 120 \text{ MVA}$

Luftledning: $X = 2,5 \Omega/\text{fas}$

- 10 Förklara (helst med hjälp av en ritning) hur en sparkopplad vridtransformator kan ge ofarlig respektive livsfarlig spänning till jord. (5p)

11. ”Två hål i väggen” – vad finns bakom?

Fem frågor á 2 poäng. Fem poäng krävs för godkänd tentamen.

OBS!

Uppgift 11/15 besvaras endast av dem som läste kursen i Elkraftsteknik i år (2015):

1. Redogör kort för hur den konventionella vattenkraften fungerar.
2. Vilka fördelar finns med ett vågkraftverk placerat på botten jämför med vid ytan?
3. Vad menas med Carbon Capture Storage (CCS) inom värmekraft? Vad skiljer sig mellan de tre olika typerna av CCS?
4. Vart är ”Emergency switchboard” lokaliserad på fartyget och vad är det den styr?
5. Vad används SF₆ till i elindustrin och varför är den relevant i miljösammanhang??

Uppgift 11/14 besvaras endast av dem som läste kursen i Elkraftsteknik år 2014:

1. Vilka faktorer avgör vilken typ av turbin man använder (vattenkraft)?
2. Varför är det vanligast med tre blad på horisontella vindkraftverk?
3. Hur kan man reducera det magnetiska fältet runt luftledningar? Beskriv kort en metod.
4. Vilka fördelar har AT-systemet gentemot BT-systemet (järnvägsel)?
5. Vad menas med corona-effekter/förluster och vad beror de på?

Uppgift 11/13 besvaras endast av dem som läste kursen i Elkraftsteknik år 2013:

1. Beskriv kortfattat funktionsprincipen för ett kärnkraftverk
2. Nämn två fördelar med vindkraftverk till havs jämfört med vindkraftverk på land.
3. Vilka villkor måste vara uppfyllda vid infasning av en synkrongenerator till nätet?
4. När är det mer gynnsamt att använda HVDC istället för HVAC och varför?
5. Vad är det positiva och negativa med neodym?

Uppgift 11/12 besvaras endast av dem som läste kursen i Elkraftsteknik år 2012:

1. Vilka två typer av kärnreaktorer finns i Sverige? Förklara skillnaden i deras uppbyggnad.
2. Man talar ofta om första, andra och tredje generationens solceller. Ge exempel på en typ av celler inom varje generation.
3. Varför kan man inte använda växelspanning vid överföring med kabel på långa avstånd?
4. Beskriv hur det är tänkt att ett hushåll skall kunna producera energi.
5. Vad händer elektriskt sett när en modern spårvagn bromsar in?

Formelblad i Elkraftsteknik

Trefassystem:

$$U = \sqrt{3}U_f$$

$$\underline{Z}_Y = \frac{\underline{Z}_\Delta}{3} \qquad I = \sqrt{3}I_\Delta$$

$$P = \sqrt{3}UI \cos \varphi = 3U_f I \cos \varphi$$

$$Q = \sqrt{3}UI \sin \varphi = 3U_f I \sin \varphi$$

$$S = \sqrt{3}UI = 3U_f I \qquad \underline{S} = 3\underline{U}_f \underline{I}^* = P + jQ$$

Spänningsfall:

$$U_{\text{längsf}} = a = R_l I \cos \varphi_2 + X_l I \sin \varphi_2$$

$$U_{\text{tvärf}} = b = X_l I \cos \varphi_2 - R_l I \sin \varphi_2$$

$$U_{\text{längsf}} = \frac{R_l P_2 + X_l Q_2}{U_2} \qquad U_{\text{tvärf}} = \frac{X_l P_2 - R_l Q_2}{U_2}$$

Transformatorn:

$$E = 4,44 f N A \hat{B}$$

$$\frac{U_1}{U_2} \cong \frac{N_1}{N_2} \cong \frac{I_2}{I_1} \qquad Z'_2 = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 Z_2$$

$$\Delta U = \sqrt{3}I (R_k \cos \varphi + X_k \sin \varphi)$$

$$z_k = \frac{Z_k}{Z_{bas}} \cdot 100 \% \qquad Z_{bas} = \frac{U_n^2}{S_n}$$

Formelblad i Elkraftsteknik

Grundsamband (elektriska maskiner):

$$n_s = 60 \frac{f}{p} \quad [\text{rpm}] \quad \omega = \frac{2\pi n}{60} ; \quad p - \text{polpartalet}$$

Asynkronmaskin:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{\omega_s - \omega}{\omega_s}$$

$$P_s = P + P_{\text{förl}} \quad P_{\text{förl}} = P_{\text{Cus}} + P_{\text{Fes}} + P_{\text{Cur}} + P_{\mu}$$

$$P = P_m - P_{\mu} \quad P_{\text{Cur}} = sP_{\delta} \quad f_r = sf$$

$$T_m = \frac{P_{\delta}}{\omega_s} = \frac{P_m}{\omega} \quad P_{\delta} = 3 \frac{R'_r}{s} (I'_r)^2$$

Synkronmaskin:

$$P = 3 \frac{E_f U_f}{X_d} \sin \delta$$

Likströmsmaskin:

$$U_a = E_a \pm R_a I_a$$

$$E_a = k \cdot I_f \cdot \omega \quad T = k \cdot I_f \cdot I_a$$

Kraftelektronik:

Likriktare:
$$U_d = \frac{1}{T} \int_0^T u_{ab}(\omega t) d(\omega t)$$

LS-omriktare:
$$U_2 = \frac{t_p}{T} U_1$$