



CHALMERS LINDHOLMEN

## *TENTAMEN*

<b>KURSNAMN</b>	<b>Elkraftsteknik</b>
<b>PROGRAM</b>	<b>TIELL</b> <b>åk 2, lp IV</b>
<b>KURSBETECKNING</b>	<b>EEK565</b>
<b>EXAMINATOR</b>	<b>Thomas Hammarström</b>
<b>TID FÖR TENTAMEN</b>	<b>2015-08-25fm</b>
<b>HJÄLPMEDEL</b>	<b>Typgodkänd räknare samt bifogat formelblad</b>
<b>ANSV LÄRARE</b>	<b>Thomas Hammarström</b>
<b>telnr</b>	<b>0730642990</b>
<b>besöker tentamen kl</b>	<b>9.30 och 11.00</b>
<b>RESULTAT</b>	<b>senast 2015-09-15</b>
<b>GRANSKNING</b>	<b>Meddelas via mail</b>
<b>ÖVRIG INFORM.</b>	<b>OBS!</b> Det är inte nödvändigt att svara på uppgift nr.10 (projektfrågor). Poäng som man har erhållit för motsvarande frågor vid tidigare tentamens tillfälle kan tillgodoräknas (om $\geq 5$ poäng)

1. Till ett symmetriskt trefasnät med nominell spänning 690 V, 50 Hz, är följande tre symmetriska belastningar inkopplade:
- I. En belastning med kapacitiv karaktär:  $P = 78 \text{ kW}$ ;  $\cos \varphi = 0,64$
  - II. En belastning med induktiv karaktär:  $P = 95 \text{ kW}$ ;  $\cos \varphi = 0,9$
  - III. En belastning med resistiv karaktär:  $P = 22 \text{ kW}$
- a) Bestäm den resulterande fasströmmen som nätet belastas med. (6p)
  - b) Bestäm den från nätet totalt avgivna skenbara effekten (ange den i komplex form).(3p)
  - c) Bestäm den effektfaktor med vilken nätet arbetar. Har nätets totala belastning induktiv eller kapacitiv karaktär? (2p)
  - d) Med hur stor impedans, uttryckt i komplex form, kan representeras den totala belastningen? (4p)
2. En trefas transformator har följande märkdata:  
 100 kVA; 6,6/0,4 kV; 50 Hz; Dyn  
 Ett kortslutningsprov med märkström gav följande resultat:  
 $U_k = 265 \text{ V}$                        $P_k = 1,0 \text{ kW}$   
 Vid tomgångsprov med märkspänning uppmättes bland annat:  $P_0 = 800 \text{ W}$ .
- a) Beräkna kortslutningsparametrarna  $R_k$  och  $X_k$  hänfödda till såväl upp- som nedspännings- sidan på transformatorn. Ange transformatorns  $z_k$ . (4p)
  - b) Man belastar transformatorn på nedspänningssidan med 100 A, lastens effektfaktor  $\cos \varphi = 0,8$ . Spänningen på primärsidan hålles konstant vid 6,6 kV. Bestäm klämspänningen på nedspänningssidan av transformatorn. (5p)
  - c) Bestäm transformatorns verkningsgrad. (2p)
3. En trefas, kortsluten asynkronmotor (AM) är märkt:  
 $U_n = 690 \text{ V}$ ;  $P_n = 500 \text{ kW}$ ;  $n_n = 1480 \text{ rpm}$ ;  $f = 50 \text{ Hz}$ ;  $\cos \varphi = 0,92$ ;  $\eta = 0,95$   
 Och dess parametrar är:  
 $R_s = 0,004 \text{ } \Omega/\text{fas}$ ;  $X_{\sigma} = 0,12 \text{ } \Omega/\text{fas}$ ;  $X_m = 2,5 \text{ } \Omega/\text{fas}$ ;  $X'_{\sigma} = 0,08 \text{ } \Omega/\text{fas}$ ;  $R'_r = 0,022 \text{ } \Omega/\text{fas}$
- a) Rita det ekvivalenta schemat för AM som gäller vid tomgång. (2p)
  - b) Bestäm strömmen som AM belastar nätet med vid tomgång. Hur stor är effektfaktor vid tomgång? (3p)

c) Med hur stor aktiv och reaktiv effekt belastar AM nätet med vid tomgång och vid märkdrift? (4p)

d) Hur stor, Y – kopplad, kondensatorbatteri är det lämpligt att ansluta parallellt med AM? Ange  $Q_c$  samt  $X_c$ . (2p)

4. Hos en separatmagnetiserad likströmsmotor är ankarkretsens resistans  $0,5 \Omega$ . Vid ett tillfälle körs motorn med spänningen 440 V. Ankarströmmen är 40 A och varvtalet är 1500 rpm. Till vilket värde ska man sänka ankarspänningen ( $U_a$ ) för att varvtalet ska bli 500 rpm? Belastningsmomentet förändras inte och inte heller magnetiseringsströmmen. (8p)

5. En LS-omriktare är ansluten till en trefasig diodlikriktare matad från ett 400 V trefasnät. LS-omriktaren skall ge en stabil likspänning till provning av 250 V apparater som drar  $I = 10$  A. Switchfrekvensen i omriktaren är 50 kHz.

a) Rita kopplingen. Vad kallas den typen av omriktare? (4p)

b) Hur lång tid under varje modulationsperiod leder transistorn? Rita upp hur spänningen över dioden (i LS-omriktaren) ser ut under två modulationsperioder. Gradera axlarna på diagrammet. (4p)

c) Hur ser spänningen över induktansen i LS-omriktaren ut under två modulationsperioder? Gradera axlarna på diagrammet. (3p)

d) Vad blir strömmen genom transistorn och strömmen ifrån likriktaren? Rita in dem i ett diagram med graderade axlar. (3p)

6. Hur påverkas amplituden på en asynkronmaskins startström under början av starten då varvtalet är lågt i fall då den mekaniska lasten bromsar med ett större vridmoment under starten eller då man startar obelastad maskin? Förklara med hjälp av ekvivalenta schemat. (6p)

7. När man överför elektrisk effekt på en ledning, uppkommer både spänningsfall och förluster. För korta ledningar kan spänningsfallet delas upp i längs- och tvärsäningsfall, där tvär-spänningsfallet ofta kan försummas. Förlusterna kan delas upp i aktiva och reaktiva förluster, där de aktiva förlusterna är mest intressanta. Härled med hänvisning till ett ekvivalent schema och ett tillhörande visardiagram med tydligt angivna beteckningar ett uttryck för längdsspänningsfallet som funktion av effekter, ledningsimpedanser och spänning. Ange på liknande sätt ett uttryck för de aktiva lednings- förlusterna. Anta att effekterna i lasten anges som  $P_2$  och  $Q_2$  samt spänningsnivån i sändar- och mottagaränden som  $U_1$  resp  $U_2$ .

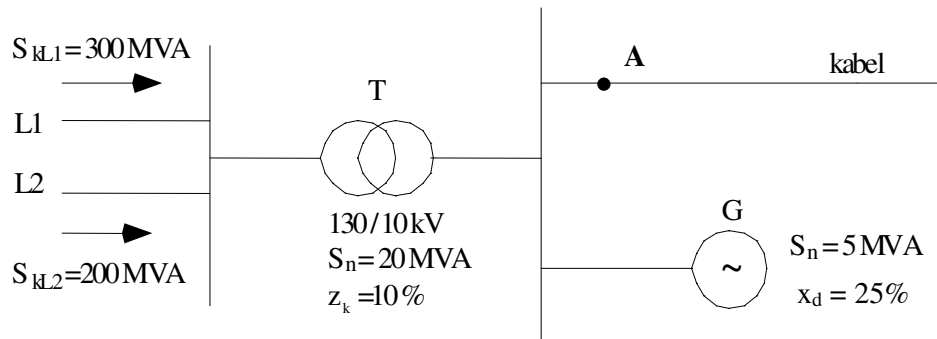
(8p)

8. Förklara varför använder man laminerade plåtskivor i elektriska maskiner och transformatorer. (5p)

9. Linje L1 levererar kortslutningseffekten  $S_{kl1}$  vid kortslutning på 130 kV- skenan nedan. Linje L2 lämnar  $S_{kl2}$ . Alla resistanser försummas! Beräkna:

a) Kortslutningseffekten  $S_{kA}$  vid trefasig kortslutning i punkt A enligt metoden med delkortslutningseffekter. (8p)

b) Kortslutningsström och stötström vid trefasig kortslutning i punkt A. (4p)



**10. ”Två hål i väggen” – vad finns bakom?**

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

**OBS!**

**Uppgift 10/15 besvaras endast av dem som läste kursen i Elkraftsteknik i år (2015):**

1. Varför är det bättre att placera vindkraftverk i ett matrismönster än på rad, i en vindkraftspark?
2. Är solcellstekniken verkligen helt miljövänlig? Motivera din ståndpunkt.
3. Ge ett exempel på hur man kan förbättra ett kraftverks verkningsgrad/energieffektivitet?
4. Ange skillnaden mellan tvångskommutering och linjekommutering?
5. Varför är vagabonderade strömmar oönskade och på vilket sätt hanteras dessa i den svenska järnvägen?

**Uppgift 10/14 besvaras endast av dem som läste kursen i Elkraftsteknik år (2014)**

1. Vilka två typer av kärnkraft används i Sverige? Förklara skillnaden mellan dem
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. Vad menas med corona-effekter/förluster och vad beror de på?
5. Nämn ett sätt som Smart grid (smarta elnät) kan underlätta för ökade satsningar på förnybar el?

**Uppgift 10/13 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. Varför vill man göra legeringar av transformator kärnan istället för att använda t.ex. rent järn?

## Formelblad i Elkraftsteknik

### Trefasssystem :

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

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

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

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

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

### Spänningsfall :

$$U_{\text{längsf}} = a = R_1 I \cos \varphi_2 + X_1 I \sin \varphi_2$$

$$U_{\text{tvärf}} = b = X_1 I \cos \varphi_2 - R_1 I \sin \varphi_2$$

$$U_{\text{längs}} = \frac{R_1 P_2 + X_1 Q_2}{U_2} \quad U_{\text{tvär}} = \frac{X_1 P_2 - R_1 Q_2}{U_2}$$

### Transformatorn :

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

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

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

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

## 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:

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

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

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

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

### 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:

$$U_2 = \frac{t_p}{T} U_1$$

