



CHALMERS LINDHOLMEN

TENTAMEN

KURSNAMN	Elkraftsteknik
PROGRAM	TIELL åk 2, lp IV
KURSBETECKNING	EEK565
EXAMINATOR	Aleksander Bartnicki
TID FÖR TENTAMEN	2015-06-04fm
HJÄLPMEDEL	Typgodkänd räknare samt bifogat formelblad
ANSV LÄRARE telnr besöker tentamen kl	Aleksander Bartnicki 0707301516 9.30 och 11.00
RESULTAT GRANSKNING	senast 2015-06-18 Meddelas via mail
ÖVRIG INFORM.	OBS! 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 ≥ 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 tentamen om något är oklart!

1. En symmetrisk trefasig, Y-kopplad belastning består av tre stycken lika stora impedanser. Varje impedans består av ett motstånd 20Ω seriekopplat med en kondensator $1,0 \text{ mF}$ och över den seriekopplingen är en spole 100 mH parallellkopplad. Belastningen ansluts till en 400 V , 50 Hz trefasspänning via en trefasledning som har en serieresistans $0,5 \Omega$ per fas. Ledningens induktans och kapacitans kan försummas.
 - a) Beräkna spänningen över belastningen. (6p)
 - b) Beräkna strömmarna (i komplex form) genom varje gren i belastningen. (3p)
 - c) Rita upp ett visardiagram över fasspänningarna före och efter ledningen, strömmen i ledningen samt spänningsfallet. (4p)
 - d) Bestäm den totala aktiva, reaktiva och skenbara effekten som tas ifrån nätet. (3p)
 - e) Bestäm belastningens effektfaktor. Har belastningen kapacitiv eller induktiv karaktär? (2p)

2. I en industrianläggning som matas från ett 400 V , 50 Hz trefasnät finns elektriska maskiner och apparater som sammanlagt förbrukar 140 kW vid $\cos \varphi = 0,707$. Anläggningen kompletteras med en maskin som drivs av en asynkronmotor som förbrukar 15 kW och $28,5 \text{ A}$. Dessutom inkopplas ett kondensatorbatteri med tre kondensatorer om vardera 1 mF i Δ -koppling.
 - a) Beräkna strömmen i matningsledningen till anläggningen före och strömmen och resulterande effektfaktorn efter kompletteringen med asynkronmotor och kondensator. (7p)
 - b) Jämför och förklara resultatet i a) (3p)

3. Vad är det som avgör hur allvarliga personskadorna blir vid elolyckor? Vad använder man för att skydda mot personskador? Beskriv hur ett sådant skydd fungerar. Skissa hur det kopplas in i elsystemet hemma. (6p)

4. Rita momentkurvor, $T = f(n)$, för en separatmagnetiserad likströmsmotor vid tre följande driftsfall: 1) $U_a = U_n$ och $I_f = I_{fn}$ 2) $U_a = 0,5 U_n$ och $I_f = I_{fn}$ 3) $U_a = U_n$ och $I_f = 0,5 I_{fn}$.
Markera märkmomentet T_n för alla driftsfall. (6p)

5. Tomgångs- och kortslutningsprov har utförts på en trefastransformator märkt:

$$40 \text{ kVA}; \quad 1,5/0,23 \text{ kV}; \quad D/yn$$

Proven utförda på transformatorn gav följande resultat:

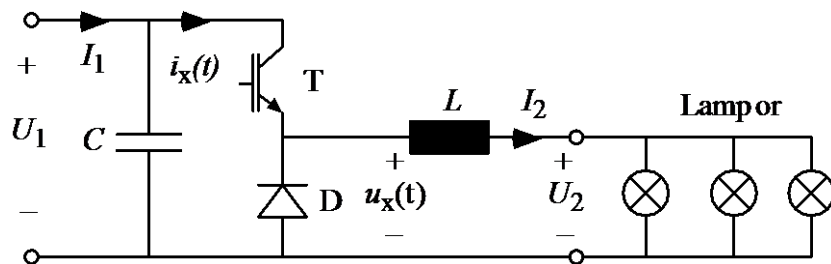
$$\text{Tomgångsprov med märkspänning:} \quad P_0 = 384 \text{ W}, \quad I_0 = 10 \text{ A}$$

$$\text{Kortslutningsprov med märkström:} \quad U_k = 125 \text{ V}, \quad P_k = 550 \text{ W}$$

Transformatorn ansluts till märkspänning 1,5 kV samt belastas sekundärt med 100 A vid en induktiv effektfaktor $\cos \varphi = 0,8$.

- a) Räkna fram den relativa kortslutningsimpedansen z_k samt relativa kortslutningsresistansen r_k . (4p)
- b) Bestäm parametrarna i det ekvivalenta schemat som fås med hjälp av tomgångsprovet. (4p)
- c) Bestäm den sekundära klämspänningen på transformatorn. (4p)
- d) Bestäm belastningsförlusterna i transformatorn. (2p)
6. En asynkronmotor driver en last som behöver ett vridmoment som är noll vid stillestånd, **varierar med kvadraten** av varvtalet och som är 140 Nm vid 1000 rpm. Motorn som drivs med 50 Hz trefassspänning, 400 V, har följande märkdata:
- | | | | | | |
|-------|-------|-------|------|---------|-----------------------|
| 15 kW | 400 V | 50 Hz | 32 A | 970 rpm | $\cos \varphi = 0,81$ |
|-------|-------|-------|------|---------|-----------------------|
- a) Vilket varvtal kommer motorn att rotera med när den driver sin last? (6p)
- b) Vilket vridmoment skapar motorn då? (2p)
- c) Rita asynkronmotorns vridmoment som funktion av varvtalet vid märkdrift och vid ett driftsfall med lägre och ett driftsfall med högre frekvensen av nätspänningen. Vad används för att åstadkommas det? Vad krävs för att bibehålla momentkurvans förlopp? (4p)
7. På bifogade blad finns två utskrifter tagna vid ett laborationsprov av en elmotor. Vad var det för elmotor som testades? Beskriv provets förlopp och förklara mätresultaten. Vilka storheter visas i figurerna (markera dessa på axlarna)? (6p)

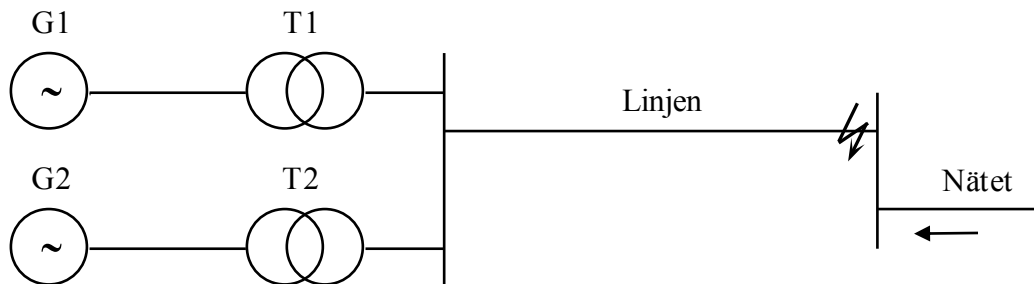
8. En LS-omriktare används i ett nätaggregat för att skapa en stabil likspänning till provning av 12 V halogenlampor. Den matas med en likspänning på $U_1 = 40$ V från en diodlikriktare. Kopplingen är gjord som i figuren nedan och modulationsperiodtiden är $50 \mu\text{s}$.



Halogenlamporna matas med $U_2 = 12$ V och strömmen I_2 är 2 A likström.

- Räkna ut och rita upp hur spänningen $u_x(t)$ över dioden D ser ut under två modulationsperioder. Gradera axlarna på diagrammet. (3p)
 - Hur lång tid under varje modulationsperiod leder transistoren T? Markera på tidsaxeln i diagrammet vilken del av perioden transistoren T leder och när den är av. (2p)
 - Vad blir strömmen $i_x(t)$ genom transistoren och strömmen I_1 från 40 V källan? Rita in dem i ett diagram med graderade axlar. (3p)
9. Två generatorer matar över varsin transformator en 100 km lång 130 kV-linje.

Via en fördelningsstation är ett nät anslutet till linjen. Se figuren nedan:



Följande data gäller för generatorerna, transformatorerna, linjen och nätet:

Generator G1	75 MVA, 16 kV	$x_d = 20 \%$
Generator G2	60 MVA, 10 kV	$x_d = 22 \%$
Transformator T1	dY0 75 MVA, 16/130 kV	$x_k = 10 \%$
Transformator T2	dY0 60 MVA, 10/130 kV	$x_k = 8 \%$
Linjen:	$x = 0,4 \Omega/\text{fas}, \text{km}$	
Nätet:	$S_k = 2000$ MVA vid 130 kV	

Beräkna kortslutningsströmmen vid trefasig kortslutning i ändpunkten på linjen (se figuren). Resistansen för alla komponenter försummas. (10p)

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. Hur fungerar en Francisturbin i ett vattenkraftverk?
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. Beskriv kortfattad en alternativ teknisk lösning som utnyttjar vatten för att spara elenergi?

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

Trefassystem :

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

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

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

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

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

Spänningsfall :

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

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

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

Transformatorn :

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

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

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

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

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:

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

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

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

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

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:

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

Anonym kod

Bilaga till uppgift 7:

