



CHALMERS LINDHOLMEN

TENTAMEN

KURSNAMN	Elkraftsteknik
PROGRAM	TIELL åk 2, lp IV
KURSBETECKNING	EEK565
EXAMINATOR	Thomas Hammarström
TID FÖR TENTAMEN	2016-10-07fm
HJÄLPMEDEL	Typgodkänd räknare samt bifogat formelblad
ANSV LÄRARE telnr besöker tentamen kl	Thomas Hammarström 07030642990 9.30 och 11.00
RESULTAT GRANSKNING	senast 2016-10-28 Meddelas via mail
ÖVRIG INFORM.	OBS! Det är inte nödvändigt att svara på uppgift nr.9 (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 $100 \mu\text{F}$ i varje fas

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

- a) 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? (7p)
- b) Rita ett visardiagram över alla de tre strömmarna med nätets fasspänning som referens. (3p)
- c) Vad är det för karaktär på respektive last samt den totala lasten? (3p)
- d) Hur stor skenbar effekt förbrukar den totala lasten (anges i komplex form)? (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 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 kondensatorer. (8p)
- b) Beskriv vad syftet är med inkoppling av kondensatorer. (3p)

3. Rita transformatorns fullständiga ekvivalenta schema. Namnge alla i den ingående komponenter. Rita även transformatorns visardiagram med antagande att den belastas med en induktiv last. (8p)

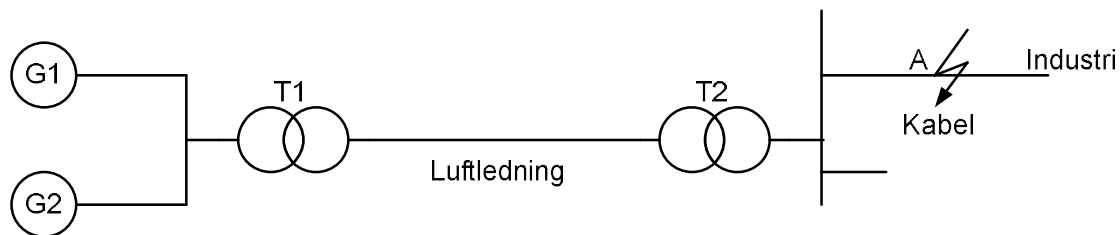
4. En kraftstation bestående av två generatorer matar över en transformator (T1) en 40 km lång 130 kV luftledning. I andra ändan av ledningen transformeras spänningen ner till 20 kV (T2) och bland annat matas en industri via 2 km lång kabel.

a) Det inträffar en trefasig kortslutning i mitten av kabeln. Beräkna kortslutningsströmmen i denna punkt A med hjälp av impedanssummeringsmetoden.

(14p)

b) Vid ett tillfälle belastades kabeln med 650 A vid $\cos \varphi = 0.8$. Hur stort var spänningsfallet och den sekundära spänningen för transformator T2? Anta att den primära spänningen var 130 kV.

(8p)



Följande data gäller för generatorerna, transformatorerna, luftledningen och kabeln:

Generator G1		25 MVA, 10 kV	$x_d = 20 \%$
Generator G2		25 MVA, 10 kV	$x_d = 20 \%$
Transformator T1	d/YN	50 MVA, 10/130 kV	$z_k = 12 \%$ $r_k = 2 \%$
Transformator T2	YN/d	50 MVA, 130/20 kV	$z_k = 10 \%$ $r_k = 1 \%$
Luftledning		$x = 0,4 \Omega/\text{fas},\text{km}$	$r = 0,15 \Omega/\text{fas},\text{km}$
Kabel	FXKJ 500 mm ²	$x = 0,1 \Omega/\text{fas},\text{km}$	$r = 0,05 \Omega/\text{fas},\text{km}$

5 Namnge olika metoder för varvtalsstyrning av en asynkronmaskin. Beskriv närmare en av metoderna. (5p)

6. En trefas 50 Hz asynkronmotor är märkt: 150 kW; 3,3 kV; 36 A; $\cos \varphi = 0,8$; 965 rpm. Vid direkt start är maskinens startström 200 A och tillförd effekt 345 kW. Statorns resistans är 1,5 Ω/fas . Gör lämpliga approximationer vid beräkningar.

Bestäm:

a) Startmoment (5p)

b) Förhållandet mellan startmoment och märkmoment. (2p)

c) Förhållandet mellan kopparförlusterna i statorn vid start och märkdrift (2p)

d) Rita det förenklade ekvivalenta schemat för asynkronmaskinen vid start (2p)

7. Rita $T=f(n)$ för en serie- respektive en separatmagnetiserad likströmsmotor. (4p)
8. En LS-omriktare är ansluten till en trefasig diodlikriktare matad från 400 V trefasnät. LS-omriktaren skall ge en stabil likspänning till provning av 250 V apparater som drar $I = 10$ A. Swichfrekvensen i omriktaren är 50 kHz.
- a) Rita kopplingen. (4p)
- b) Hur lång tid under varje modulationsperiod leder transistorn? Rita upp hur spänningen över dioden 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. (2p)
- d) Vad blir strömmen genom transistorn och strömmen ifrån likriktaren? Rita in dem i ett diagram med graderade axlar. (4p)

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

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

OBS!

Uppgift 10/16 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 10/15 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 9/13 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?

Uppgift 9/12 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?

Uppgift 9/11 besvaras endast av dem som läste kursen i Elkraftsteknik år (2011):

1. Beskriv en av fördelarna med en tryckvattenreaktor jämfört med en kokvattenreaktor.
2. Ange tre av de fyra huvudtyperna av vågkraftverk samt beskriv en av dem.
3. Förklara varför använder man frånskiljare.
4. Vad menas med slingsystem och vad händer vid ett avbrott?
5. Varför är blybatteriet olämpligt att använda i elbilssammanhang?

Formelblad i Elkraftsteknik

Trefasssystem :

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

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

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

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

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

Spänningsfall :

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

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

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

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

Transformatorn :

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

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

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

$$z_k = \frac{Z_k}{Z_{bas}} \cdot 100 \%$$

$$Z_{bas} = \frac{U_n^2}{S_n}$$

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:

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

