



CHALMERS LINDHOLMEN

TENTAMEN

KURSNAMN	Elkraftsteknik
PROGRAM	TIELL åk 2, lp IV
KURSBETECKNING	EEK565
EXAMINATOR	Aleksander Bartnicki
TID FÖR TENTAMEN	2014-08-26fm
HJÄLPMEDEL	Typgodkänd räknare samt bifogat formelblad
ANSV LÄRARE telnr besöker tentamen kl	Aleksander Bartnicki 0707301516 9.30 och 11.00
RESULTAT GRANSKNING	senast 2014-08-12 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 med kapacitansen $100 \mu\text{F}$ 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 $\cos\phi = 0,707$.

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. En trefas transformator har följande märkdata:

100 kVA; 6,6/0,4 kV; 50 Hz; Dyn; $z_k = 5.5 \%$; $r_k = 1,0 \%$

Vid tomgångsprov med märkspänning uppmättes bland annat: $P_0 = 800 \text{ W}$.

- a) Man belastar transformatorn på nedspänningssidan med 125 A, lastens effektfaktor $\cos \varphi = 0,8$. Spänningen på primärsidan är konstant 6,6 kV. Bestäm klämspänningen på nedspänningssidan av transformatorn. (10p)
- b) Bestäm transformatorns verkningsgrad. (4p)
- c) Beskriv på vilket sätt får man fram z_k och r_k . (4p)

4. En trefas, kortsluten asynkronmotor (AM) är märkt:

400 V; 4,90 A; 50 Hz; $\cos \varphi = 0,70$; 2,2 kW; 1437 rpm;

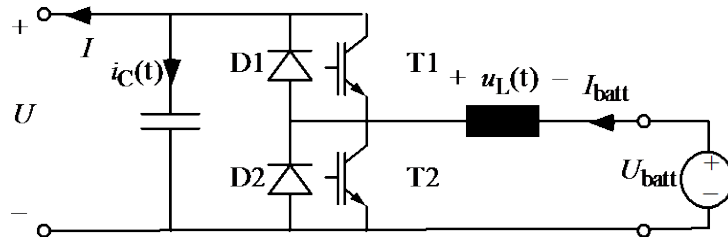
och dess parametrar i det ekvivalenta schemat hänfödda till statorsidan är:

$R_s = 1.1 \Omega/\text{fas}$; $X_{cs} = 1.9 \Omega/\text{fas}$; $X_m = 66 \Omega/\text{fas}$; $X_{cr} = 1.9 \Omega/\text{fas}$; $R_r = 2.4 \Omega/\text{fas}$

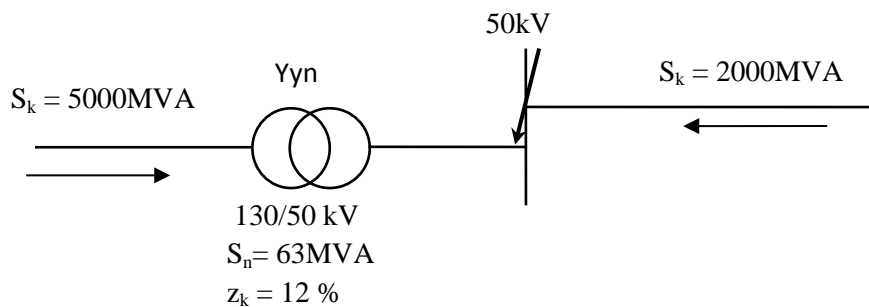
- a) Motorn är ansluten till 400 V och 50 Hz. Med hur hög mekanisk effekt får den lastas med kontinuerligt vid märkdrift? Med hur stor aktiv och reaktiv effekt belastar motorn elnätet då? (6p)
- b) Motorn skall faskompenseras med kondensatorer som är kopplade till statorns anslutningsklämmor. Kondensatorerna skall kompensera motorns hela tomgångsförbrukning av reaktiv effekt. Hur mycket reaktiv effekt skall de producera? Rita det förenklade ekvivalenta schema för AM som gäller vid tomgång (4p)
Enligt databladet till en vattenpump behöver den drivas med 12 Nm vid ett axelvarvtal 2500 rpm och 6 Nm vid 1000 rpm. Anta att pumpens momentkaraktäristik kan approximeras med en rät linje. Man vill driva denna pump med asynkronmotorn beskriven ovan direkt ansluten till ett 400V/50 Hz nät.
- c) Med vilket varvtal kommer pumpen att rotera? (8p)

5. Rita vridmomentet som funktion av varvtalet för en seriemagnetiserad likströmsmotor. Förklara vilka egenskaper har en seriemagnetiserad likströmsmotor som matas med växelspanning. Vad kallas sådan motor? (5p)

6. En likspänningsomriktare matas av ett batteri med 96 V spänning. På uppspänningssidan lastas den med en likström $I = 10 \text{ A}$ vid en likspänning $U = 300 \text{ V}$. Styrningen av omriktaren har en periodtid 0,1 ms och induktansen samt kapacitansen får anses mycket stora.
- a) Beräkna pulskvoten och ange vilka halvledare strömmen flyter genom under olika delar av modulationsperioden. (4p)
- b) Rita strömmen $i_C(t)$ och spänningen $u_L(t)$ under två perioder av modulationen. (6p)



7. En transformator placerad i en fördelningsstation matas från en 130 kV - ledning. Kortslutningseffekten på transformatorns 130 kV - sidan är $S_k = 5000 \text{ MVA}$. 50 kV - skenan matas även från en linje med $S_k = 2000 \text{ MVA}$. Beräkna kortslutningsströmmen och stötströmmen vid en trefasig kortslutning på skenan. (8p)



8. Vad menas med en överföringsvinkel i ett elkraftsnät med långa ledningar? Hur är den av ledningen överförda aktiva effekten beroende av överföringsvinkeln? (5p)

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

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

OBS!

Uppgift 9/14 besvaras endast av dem som läste kursen i Elkraftsteknik i 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?

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:

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

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

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

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:

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

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

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

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

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