



CHALMERS LINDHOLMEN

TENTAMEN

KURSNAMN	Elkraftsteknik
PROGRAM	TIELL åk 2, lp IV
KURSBETECKNING	EEK565
EXAMINATOR	Thomas Hammarström
TID FÖR TENTAMEN	2017-10-06fm
HJÄLPMEDEL	Typgodkänd räknare samt bifogat formelblad
ANSV LÄRARE telnr besöker tentamen kl	Thomas Hammarström 0730642990 09.30 och 11.30
RESULTAT GRANSKNING	senast 2017-10-27 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)

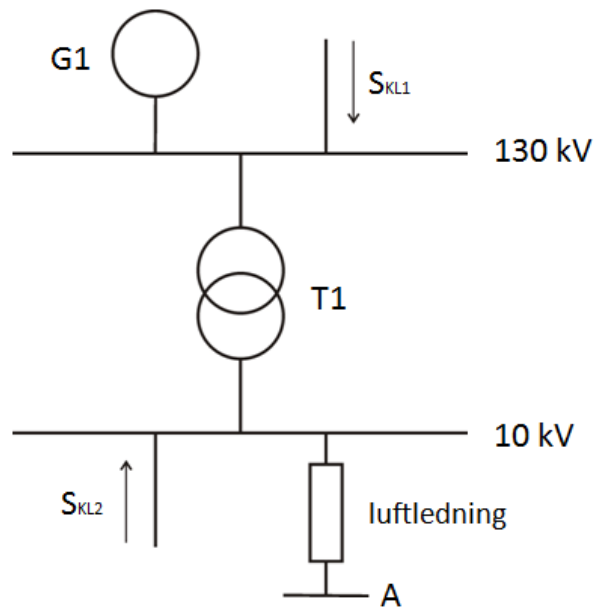
OBS! För att få full poäng på uppgifterna krävs att använda storheter definieras. Storheter i visardiagram måste definieras i motsvarande kretsschema med utsatta referensriktningar. Beräkningar skall motiveras så att beräkningsgången framgår. Fråga under tentan om något är oklart!

1. Tre stycken symmetriska trefasbelastningar enligt nedan är anslutna till ett symmetriskt trefasnät med nominell spänning 400 V, 50 Hz:
 - I. Belastning bestående av tre lika impedanser $Z = (6 - j9) \Omega$, Δ - kopplade
 - II. Belastning bestående av tre lika impedanser $Z = (4 + j2) \Omega$, Y - kopplade
 - III. En induktiv belastning med märkeffekt $S_n = 15 \text{ kVA}$, $\cos\phi = 0,8$
 - a) Bestäm fasström som nätet belastas med av respektive belastning (alla strömmar anges i komplex form) (6p)
 - b) Bestäm den resulterande fasströmmen som nätet belastas med. (2p)
 - c) Bestäm den från nätet totalt avgivna skenbara effekten (ange den i komplex form). (3p)
 - d) Rita ett visardiagram över alla de fyra strömmarna med nätets fasspänning som referens. (4p)
 - e) Bestäm den effektfaktor med vilken nätet arbetar. Vilken är den totala lastens karaktär? (2p)
 - e) Man önskar att den totala lastens karaktär är resistiv. Beskriv hur man kan gå till väga för att åstadkomma det. (3p)

2. En trefastransformator är märkt:
24 MVA; 135/23 kV; 50 Hz, YN/ Δ ; $z_k = 12 \%$; $r_k = 1,5 \%$
 - a) För hur stor ström är lindningarna i transformatorns sekundärlindning dimensionerade vid märkdrift? (2p)
 - b) För att få fram z_k och r_k utförde man ett kortslutningsprov. På vilket sätt utför man kortslutningsprovet? Hur hög spänning krävdes för att utföra provet och hur stor aktiv effekt förbrukade transformatorn då? (8p)

3. En trefas asynkronmaskin används för att driva en ventilationsfläkt. Asynkronmaskinen matas med 400 V, 50 HZ och vid märkdrift har den en verkningsgrad på 88 % och roterar med 975 rpm. Följande parametrar har angivits för maskinen:
 $R_s = 0,4 \Omega/\text{fas}$; $R'_r = 0,5 \Omega/\text{fas}$; $X_s = X'_r = 0,9 \Omega/\text{fas}$; $X_m = 12 \Omega/\text{fas}$, $R_{Fe} = 1100 \Omega/\text{fas}$
Motivera ev. antaganden och approximationer.
- a) Rita upp maskinens ekvivalenta Y-fas schema. (2p)
- b) Bestäm vilken fasström maskinen belastar nätet med vid märkdrift. Bestäm även vilken aktiv och reaktiv effekt maskinen upptar. (10p)
- c) Luftspjället till ventilationsfläkten varieras och det visar sig att vridmomentet som driver fläkten minskas med 10 Nm. Vilken effekt avges nu till fläkten och vilket blir maskinens varvtal nu? (6p)
4. En belysningsanläggning (lysrör) med effekten 3 kW, $\cos\phi = 0,6$ inkopplas till 220 V (enfas). Nät säkringen är märkt 20 A. Det visar sig att säkringen löser ut tämligen snabbt (strömmen är tydligen för hög). För att minska strömmen från nätet, så att säkringen håller, beslutar man att inkoppla en kondensator parallellt över belysningsanläggningens nätanslutning. Hur stor kondensator skall inkopplas för att nätströmmen skall begränsas till 16 A? (10p)
5. En separatmagnetiserad likströmsmaskin drivs som generator (som laborationen ni utfört). Belastningen utgörs av en fast resistans R_{ytte} . Storleken på likströmsmaskinens vridmoment varieras med hjälp av fältström (I_f) och varvtal (ω). Härled sambandet för vridmomentet (T) i funktion av I_f och ω . (6p)
6. Rita fasströmmen (för en av faserna) som en trefasig diodlikriktare med en stor glättningsinduktans belastar elnätet med. Rita även motsvarande ström för en enfas diodlikriktare med en stor glättningsinduktans. Förklara skillnader. Varför vill man helst använda en trefasig diodlikriktare. (6p)
7. Förklara (helst med hjälp av en ritning) hur en sparkopplad vridtransformator kan ge ofarlig respektive livsfarlig spänning till jord. (6p)

8. Rita diagram över transformatorns förluster som funktion av belastningsströmmen. Förklara diagrammet (vad orsakar dessa?). (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 kV; $S_n = 100 \text{ MVA}$; $z_k = 8\%$
 Linjer: $S_{KL1} = 250 \text{ MVA}$; $S_{KL2} = 120 \text{ MVA}$
 Luftledning: $X = 2,5 \Omega/\text{fas}$

Uppgift 10/17 besvaras endast av dem som läste kursen i Elkraftsteknik i år (2017):

1. Inom vilka intervall ligger låg- och mellanspänningen?
2. Vad gör yaw-mekanismen?
3. Vad är ångturbinens huvuduppgift i ett kraftverk?
4. Nämn en fördel och en nackdel med ett GIS ställverk.
5. Hur kan lokens position utmed spåret bestämmas?

Uppgift 10/16 besvaras endast av dem som läste kursen i Elkraftsteknik i år (2016):

1. Nämn två positiva egenskaper med generation fyra reaktorn?
2. Varför har HVDC mindre miljöpåverkan än HVAC?
3. Vilka metoder finns det för att isolera ställverk?
4. Förklara begreppet generativ bromsning?
5. Vilken roll har det icke-reflekterande lagret i en sol-cell?

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 :

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

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

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

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):

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

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:

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