



CHALMERS LINDHOLMEN

TENTAMEN

| | |
|--|---|
| KURSNAMN | Elkraftsteknik |
| PROGRAM | TIELL åk 2, lp IV |
| KURSBETECKNING | EEK565 |
| EXAMINATOR | Thomas Hammarström |
| TID FÖR TENTAMEN | 2016-08-23em |
| HJÄLPMEDEL | Typgodkänd räknare samt bifogat formelblad |
| ANSV LÄRARE telnr besöker tentamen kl | Thomas Hammarström 0730642990 15.00 och 17.00 |
| RESULTAT GRANSKNING | senast 2016-09-13 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 belastning bestående av tre lika impedanser $\underline{Z} = (15 + j9) \Omega$ kopplade i Δ är ansluten till ett 690 V symmetriskt trefasnät.

a) Bestäm fasström som nätet belastas med, av lasten upptagen skenbar effekt uttryckt i komplex form samt lastens effektfaktor. Hur stor ström flyter genom respektive impedans \underline{Z} ?

(6p)

b) Anta att säkringen i en fas löser ut (går sönder). Hur stor ström flyter då i de andra faserna? Med hur stor aktiv och reaktiv effekt belastas nätet då?

(6p)

c) Parallellt med lasten enligt a) ansluts nu ett kondensatorbatteri bestående av tre kondensatorer med reaktansen $X_c = 30 \Omega$. Kondensatorerna är Y - kopplade.

Bestäm fasström som nätet belastas med, av lasten upptagen skenbar effekt uttryckt i komplex form samt lastens effektfaktor efter inkopplingen av kondensatorerna.

(6p)

d) Rita visardiagram över alla strömmar förekommande i systemet, enligt c), utgående ifrån en ekvivalent Y-fas krets.

(2p)

2. En 50 km lång trefas luftledning försedd med 200 mm^2 aluminiumledare

($\rho_{Al} = 28.2 \Omega, \text{mm}^2/\text{km}$) matar en av spänningen oberoende belastning på 15 MW,

$\cos\phi = 0.60$. Ledningsreaktansen antas vara $0.4 \Omega/\text{fas}, \text{km}$. Spänningen i mottagarändan är konstant och 54 kV

a) Beräkna spänningen i sändarändan

(6p)

b) Hur stora är linjens aktiva och reaktiva effektförluster?

(4p)

3. En trefastransformator är märkt:

690/400 V; 2400 VA; Δ/yn ; 50 Hz; $r_k = 1,5 \%$; $z_k = 6,6 \%$

Vid tomgångsprovet drar transformatorn en aktiv effekt på 20 W.

a) Beräkna R_k och X_k i det förenklade schemat, hänfödda till nedspänningssidan (4p)

Transformatorn ansluts till 690 V och belastas med en impedans $\underline{Z} = (70 + j25) \Omega/\text{fas}$

b) Rita ett ekvivalent schema som används vid beräkning av klämspänning och strömmen på nedspänningssidan. Rita även visardiagram över spänningsfallet och lastströmmen, med den aktuella lasten (spänning på nedspänningssidan antas som referens) (6p)

c) Beräkna klämspänningen på nedspänningssidan och strömmen till lasten. (4p)

d) Hur stor är verkningsgraden för transformatorn med denna last? (2p)

4. En asynkronmotor (AM) driver en last som behöver ett vridmoment som är 145 Nm vid ett axelvarvtal på 1250 rpm och 70 Nm vid 750 rpm. Anta att lastens momentkaraktäristik kan approximeras med en rät linje.

Asynkronmotorn 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 producerar motorn då? (2p)

c) Anta att AM drivs av en frekvensomriktare. Man önskar att driva samma last som ovan med 800 rpm. Med vilken frekvens och vilken spänning skall AM matas med då? (AMs luftgapsflöde skall hållas konstant). (8p)

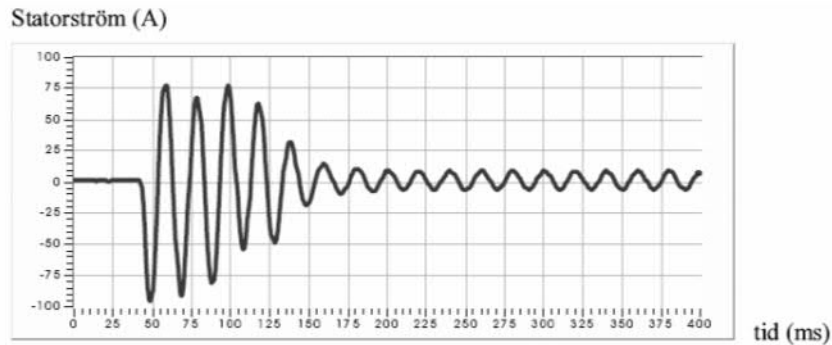
d) Vilket vridmoment producerar motorn då? (2p)

e) Hur stor är rotorströmmarnas frekvens då? (4p)

5. Rita ett ekvivalent schema för en separatmagnetiserad respektive en seriemagnetiserad likströmsmaskin. Ange skillnaderna i maskinernas driftegenskaper. Rita $T = f(n)$ för en serie- respektive en separatmagnetiserad likströmsmotor och motivera resp utseende. (8p)

6. Vad är syftet vid användning av glättningsinduktanser och glättningskondensatorer i kraftelektroniska kretsar? Rita kopplingschema för en enkel LS-omriktare. (4p)

7. Figuren nedan visar startströmmen för en nätansluten asynkronmaskin utan last. Förklara varför strömmen har detta utseende under startförloppet. Hur skulle startförloppet se ut om det fanns en stor last på motorns axel? (3p)



8. Vad är syftet med att använda säkringar respektive jordfelsbrytare i elnätet? (2p)
9. Varför utför man beräkningar av kortslutningsströmmen i elkraftsystemet? Ange orsaker och beskriv kortfattat hur man genomför denna typ av beräkningar. Hur definieras storheten stötström (I_s) och vad bestämmer den? (5p)

10. "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 (2016):

1. Nämn två positiva egenskaper med generationfyra 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 synkrogenerator 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):

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

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:

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

