



CHALMERS LINDHOLMEN

TENTAMEN

KURSNAMN	Elkraftsteknik
PROGRAM	TIELL åk 2, lp IV
KURSBETECKNING	EEK565
EXAMINATOR	Aleksander Bartnicki
TID FÖR TENTAMEN	2014-06-02em
HJÄLPMEDEL	Typgodkänd räknare samt bifogat formelblad
ANSV LÄRARE telnr besöker tentamen kl	Aleksander Bartnicki 0707301516 15.00 och 16.30
RESULTAT GRANSKNING	senast 2014-06-19 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. Ett starkt eldistributionsnät skall elförsörja ett stadsområde med en industri samt två andra laster. Detta skall ske via en nätstation, där transformeras spänningen från 10 kV till 400 V. Följande belastningar kommer att anslutas till områdets nätstation:

1. En industri som representeras med en impedans $\underline{Z} = 10 \angle 30^\circ \Omega/\text{fas}$.
2. En idrottsanläggning med effekt behovet max 25 kVA vid $\cos \varphi = 0,95$.
3. En symmetrisk trefas, Δ – kopplad belastning, $\underline{Z} = (18 - j6) \Omega$ i varje gren

a) Bestäm fasströmmarna som respektive last (1, 2, 3) belastar nätstationen med samt den totala strömmen som tas ifrån den. Alla strömmar skall anges i komplex form (både i polär- och rektangulärform). Rita ett visardiagram över alla strömmar, beräknade med nätets fasspänning (fas a) som referens. Ange den ekvivalenta impedansen som representerar den totala belastningen. (10p)

b) Bestäm den från nätet totalt avgivna skenbara effekten (ange den i komplex form). Med hur stor aktiv och reaktiv effekt belastas nätstationen av alla laster? Har nätets totala belastning induktiv eller kapacitiv karaktär då? Bestäm den resulterande effektfaktorn. (6p)

2. På märkskylten av en trefastransformator står bland annat:

1250 kVA; 10500/400 V; Δ/yn ; 50 Hz $z_k = 5,8 \%$; $r_k = 1,2 \%$

Beskriv på vilket sätt man utför prov för att få fram parametrarna z_k och r_k . Hur stor var spänningen vid provet på ovan nämnda transformator? Hur stor aktiv effekt förbrukade transformatorn vid provet och hur stor ström matades transformatorn med? (8p)

3. En trefas asynkronmotor har följande märkdata:

400 V; 50 Hz; $I_n = 10,2 \text{ A}$; $n_n = 950 \text{ rpm}$; $\cos \varphi = 0,63$

Samt följande parametrar:

$R_s = 1 \Omega/\text{fas}$; $R'_r = 1,5 \Omega/\text{fas}$; $X_m = 29 \Omega/\text{fas}$; $X_{\sigma s} = 3 \Omega/\text{fas}$; $X'_{\sigma r} = 3 \Omega/\text{fas}$

a) Rita det förenklade ekvivalenta schemat för asynkronmaskinen vid start samt vid tomgång. Ange polpartalet för motorn. (3p)

b) Bestäm strömmen som motorn belastar nätet med samt effektfaktorn vid de två fallen i a) uppgiften. Kommentera storleken på effektfaktorn. (6p)

c) Hur stor blir tomgångsströmmen om man ändrar frekvensen till 25 Hz respektive 75 Hz? (6p)

4. En en-kvadrant LS-omriktare är ansluten till en enfasig halvågslidriktare matad från ett 230 V enfasnät. LS-omriktaren skall ge en stabil likspänning till provning av 120-volts-apparater som drar 6 A. Switchfrekvensen i omriktaren är 100 kHz.

a) Rita kopplingen. (4p)

b) Hur lång tid under varje modulationsperiod leder transistorn? (1p)

c) Hur ser spänningen över induktansen i LS-omriktaren ut under två modulationsperioder? Gradera axlarna på diagrammet.

På vilket sätt kan det kontrolleras att man har ritat rätt $u_L(t)$? Motivera. (6p)

d) Vad blir strömmen genom transistorn och strömmen ifrån likriktaren? Rita in dem i ett diagram med graderade axlar. (4p)

5. En separatmagnetiserad likströmsmotor är märkt:

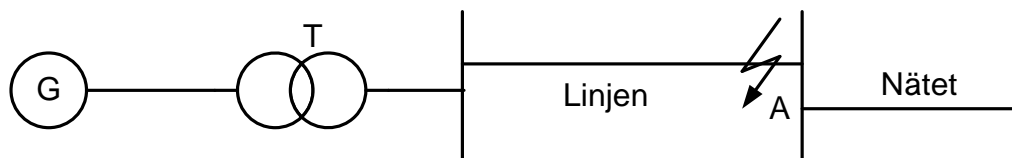
$$P_n = 4,5 \text{ kW} \quad n_n = 1445 \text{ rpm} \quad U_{an} = 260 \text{ V} \quad I_{an} = 23,4 \text{ A} \quad I_{fn} = 1,9 \text{ A} \quad R_a = 2,9 \Omega$$

Motorn driver en last som behöver ett vridmoment som varierar linjärt med varvtalet och är 25 Nm vid 2000 rpm och 5 Nm vid 0 rpm. Motorn matas med en fältström på 1,9 A.

Vilken ankarspänning skall motorn matas med för att varvtalet skall bli 1300 rpm?

(8p)

6. En generator matar över en transformator en 200 km lång 220 kV-linje. Andra ändpunkten på 220 kV - linjen är ansluten till ett nät via en fördelningsstation enligt figuren nedan:



Följande data gäller för generator, transformator, linjen och nätet (resistansen försummas):

Generator 20 MVA, 10 kV $x_d = 22 \%$

Transformator dYN, 25 MVA, 10/220 kV $x_k = 10 \%$

Linjen $x_l = 0,4 \Omega/\text{fas}, \text{ km}$

Nätet: $S_k = 2000 \text{ MVA}$ vid 220 kV

Beräkna kortslutningsströmmen vid trefasig kortslutning i ändan av linjen (A). Hur stor blir stötströmmen? Varför är det viktigt att känna till storleken på kortslutningsströmmen och stötströmmen? (10p)

7. Vad menas med längs- och tvärsänningsfall för en ledning. Förklara det med hjälp av ett visardiagram. (8p)

8. Rita synkronmaskinens ekvivalenta schema samt tillhörande visardiagram. (5p)

9. Vad är syfte med att använda säkringar respektive jordfelsbrytare i elnätet? (5p)

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

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

OBS!

Uppgift 10/14 besvaras endast av dem som läste kursen i Elkraftsteknik i år (2014)

1. Vilka faktorer avgör vilken typ av turbin man använder (vattenkraft)?
2. Förklara övergripande hur en oscillerande vattenpelare fungerar (vågenergi).
3. Nämn tre användningsområden för HVDC och beskriv en av dem mer utförligt.
4. Vilka fördelar har AT-systemet gentemot BT-systemet (järnvägsel)?
5. Hur fungerar ett haverifilter (elens inverkan på miljö)?

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?

Uppgift 10/12 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

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:

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

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

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

Transformatorn:

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

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

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

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

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