



CHALMERS LINDHOLMEN

TENTAMEN

KURSNAMN	Elkraftsteknik
PROGRAM	TIELL åk 2, lp IV
KURSBETECKNING	EEK565
EXAMINATOR	Thomas Hammarström
TID FÖR TENTAMEN	2021-06-03fm
HJÄLPMEDEL	Kursmaterial
ANSV LÄRARE telnr Tid	Thomas Hammarström 031-7721649 0830-1315 (Inkl uppladdning)
RESULTAT GRANSKNING	senast 2021-06-17 Meddelas via mail
ÖVRIG INFORM.	OBS! Det är inte nödvändigt att svara på uppgift nr.10 (projektfrågor) om man gjort denna vid något tidigare tentamenstillfälle och erhållit minst 5 poäng. Betygsgränser: 3≥40, 4≥60, 5≥80

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. Till ett 400 V, 50 Hz symmetriskt trefasnät är följande symmetriska trefasiga belastningar anslutna:

I. En Y-kopplad elmotor som förbrukar 10 kW vid $\cos\varphi = 0,707$

II. Tre Δ -kopplade impedanser vardera $(3 - j12) \Omega$

III. Glödlampssatser som förbrukar 3,6 kW vid $\cos\varphi = 1$

a) Beräkna den första lastens impedans per fas uttryckt i komplex form. (3p)

b) Bestäm fasströmmarna som respektive last belastar nätet med samt den totala strömmen som tas ifrån nätet. Alla strömmar skall anges i komplex form. Rita ett visardiagram över alla strömmar beräknade med nätets fasspänning som referens. (4p)

c) Bestäm den från nätet totalt avgivna skenbara, aktiva och reaktiva effekten samt den effektfaktor med vilken nätet arbetar. Har nätets totala belastning induktiv eller kapacitiv karaktär? (4p)

d) Beskriv hur man kan gå till väga för att minska den totala strömmen som tas ifrån nätet i detta fall. (2p)

2. En trefastransformator med märkeffekt 63 MVA, Δ/yn , 14500 lindningsvarv/fas på uppspänningssidan och 115 på nedspänningssidan. Man belastar med maximalt 80 % av märkströmmen vid effektfaktorn $\cos\varphi = 0,75$. Transformatorn kommer att anslutas till 145 kV på uppspänningssidan. Tillverkaren genomförde kortslutnings- och tomgångsprov innan leveransen. Man fick därvid följande resultat:

$$P_k = 1,26 \text{ MW} \quad U_k = 17 \text{ 380 V} \quad P_0 = 0,5 \text{ MW.}$$

a) Beräkna transformatorns nedspänningsnivå, klämspänning samt verkningsgrad vid detta driftsfall. (7p)

b) Hur stor är transformatorns z_k , basimpedanserna samt strömmen igenom transformatorns lindning på primärsidan under testet? (7p)

3. Hos en separatmagnetiserad likströmsmotor är ankarkretsens resistans $0,5 \Omega$. Vid ett Tillfälle matas motorns ankare från ett 230 V 3-fas (50 Hz) nät efter att denna spänning först likriktats och glättats. Ankarströmmen är 40 A och varvtalet är 1500 rpm. Till vilket värde ska man sänka ankarspänningen (U_a) för att varvtalet ska bli 700 rpm? Belastningsmomentet förändras inte och inte heller magnetiseringsströmmen. (8p)

4. En trefas, kortsluten asynkronmotor har följande data på märkskylten:

400 V; 8,6 A; $\cos \varphi = 0,76$; 4 kW; 1446 rpm; 50 Hz

Motorn är ansluten till ett 400 V, 50 Hz nät. Motorns parametrar är:

$R_s = 1,2 \Omega/\text{fas}$ $L_{\sigma} = 8 \text{ mH}/\text{fas}$, $L_m = 14 \text{ mH}/\text{fas}$

$R_r' = 1,1 \Omega/\text{fas}$ $L_{r\sigma} = 8 \text{ mH}/\text{fas}$

a) Bestäm maskinens tomgångsström och dess effektfaktor vid tomgång

(tag hänsyn till statorresistansen). (5p)

b) Bestäm maskinens startmoment och startström vid direktstart. Gör lämpliga approximationer men motivera dessa. (5p)

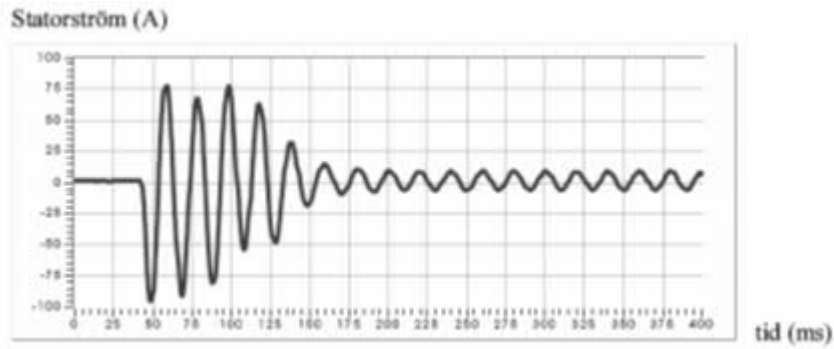
c) Motorn används för att driva en last vars vridmoment är noll vid varvtalet noll och sedan ökar proportionellt med varvtalet i kvadrat för att bli 30 Nm vid 1500 rpm. Beräkna vid vilket varvtal och vridmoment last/motor-kombinationen kommer att arbeta. (5p)

5. En likspänningsomriktare matas av ett batteri med 100 V DC spänning. På uppspänningssidan lastas den med en likström på $I = 10 \text{ A}$ genom en rent resistiv belastning på 30Ω . Styrningen av omriktaren har en periodtid 0,1 ms och induktansen samt kapacitansen får anses mycket stora.

a) Beräkna pulskvoten och ange noga vilka halvledare strömmen flyter genom under olika delar av modulationsperioden. (5p)

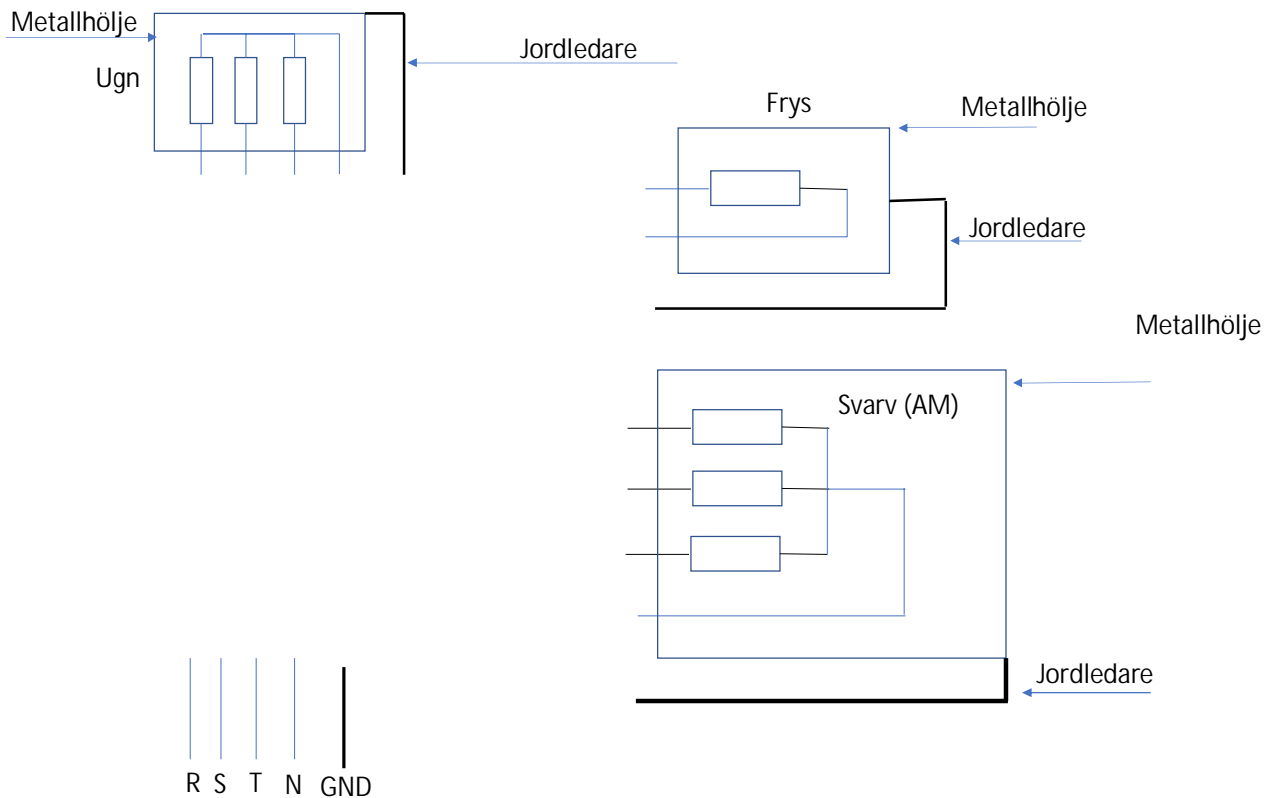
b) Rita strömmen genom kondensatorn ($i_C(t)$) och spänningen över induktorn ($u_L(t)$) under två perioder av modulationen. (5p)

6. Figuren på nästa sida 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? Förklara utgående från motorns ekvivalenta schema.



(5p)

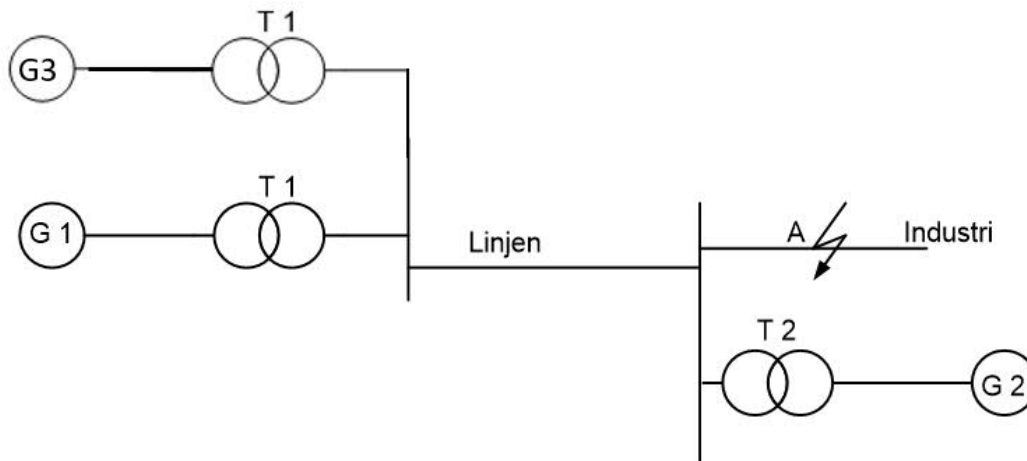
7. Nedan illustreras ett delnät för anslutning av laster till ett 5-ledarsystem för elektriska installationer. Följande laster ska anslutas till detta: en frys (1-fas), en ugn (3-fas) samt en svarv (3-fas). Svarven och frysen ska skyddas av en 3-fas respektive 1-fas jordfelsbrytare. Notera att om jordfelsbrytaren aktiveras för svarven ska spänningen inte brytas till frysen eller ugnen. Detsamma gäller för frysens jordfelsbrytare. "Anslut" de tre lasterna inklusive 1 och 3fas jordfelsbrytare genom att fylla i saknade "ledare" nedan (eller rita på separat papper). Notera att impedanserna nedan är symmetriska för resp last. Glöm inte heller jordledningarna och illustrera jordfelsbrytarna så funktionen framgår. (8p).



8. Vad kan hända om den konsumerade effekten i ett elnät är högre än den producerade?
Förklara och ge exempel. (5p)

9. En kraftstation bestående av två generatorer (G1 och G3) matar över respektive transformator (T1) en 40 km lång 130 kV luftledning. I andra ändan av ledningen vid ett ställverk finns en ytterligare matning via generator G2 och (T2). Bland annat matas en industri via 2 km lång kabel.

Det inträffar en trefasig kortslutning 500m in på denna sistnämnda kabel. Beräkna kortslutningsströmmen i denna punkt A med hjälp av kortslutningseffektsberäkningar.



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

Generator G3 30 MVA, 10 kV $x_d = 20\%$

Generator G1 30 MVA, 10 kV $x_d = 20\%$

Generator G2 60 MVA, 10 kV $x_d = 10\%$

Transformator T1 d/YN 40 MVA, 10/130 kV $z_k = 12\%$ $r_k = 2\%$

Transformator T2 YN/d 70 MVA, 10/130 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 mm², $x = 0,1 \Omega/\text{fas},\text{km}$, $r = 0,05 \Omega/\text{fas},\text{km}$

(12p)

10.

”Två hål i väggen” – vad finns bakom?

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

OBS!

Uppgift 10/21 besvaras endast av dem som läste kursen i Elkraftsteknik år 2021:

1. Vilken del av vattenkraftverket konverterar rörelseenergitill mekanisk energi?
2. Beskriv skillnaden på generation 4 reaktorn gentemot tidigare generationer?
3. Beskriv skillnaden mellan kraftvärmeverk och kondenskraftverk?
4. Förklara varför en förnybar källa kan anses som icke hållbar.
5. Förklara kort det grundläggande konceptet för Vehicle to grid (V2G).

Uppgift 10/20 besvaras endast av dem som läste kursen i Elkraftsteknik år 2020:

1. Beskriv några för- och nackdelar med kärnkraft.
2. Vad är en nackdelen med en tyristor?
3. Hur mycket mindre blir den globala uppvärmningspotentialen för gasisolerade ställverk genom att använda miljögas istället för svavelhexafluorid (SF₆)?
4. Hur stor andel av transportsektorns samlade utsläpp står järnvägen för?
5. Varför föredrar många en asynkrongenerator mot en synkron?

Uppgift 10/19 besvaras endast av dem som läste kursen i Elkraftsteknik år 2019:

1. En ny elöverföringsledning ska byggas. Ange minst tre anledningar till varför det skulle kunna vara bättre att använda HVDC istället för HVAC.
2. Vad används inom kärnkraft idag, fission eller fusion och vad är skillnaden?
3. Vilken slags generator används i huvudsak i vattenkraft och vad är karakteriserande för denna generator?
4. Nämn två fördelar med att använda gasisolerade ställverk jämfört med att använda luftisolerade ställverk.
5. Nämn en fördel och en nackdel med energilagring.

Uppgift 10/18 besvaras endast av dem som läste kursen i Elkraftsteknik år 2018:

1. Nämn några för och nackdelar med vattenkraft?
2. Varför har HVDC mindre effektförluster än HVAC?
3. Hur ser Sveriges energilagring ut?
4. Nämn två anledningar till varför man transformerar upp/ner spänningen innan man transporterar den?
5. Vilka tre olika huvudprinciper finns det inom vågkraft?

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

1. Var fanns världens första kommersiella HVDC- länk ?
2. Hur påverkar vågkraftverken miljön?
3. Nämn en fördel och en nackdel med GIS-ställverk.
4. Hur stor del av den svenska elproduktionen 2016 kom från solceller?
5. Vilka typer av kärnreaktorer används främst i Sverige?

Uppgift 10/16 besvaras endast av dem som läste kursen i Elkraftsteknik 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?

OBS!

Uppgift 10/15 besvaras endast av dem som läste kursen i Elkraftsteknik år 2015:

1. Hur fungerar en Francis turbin 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 kortfattat en alternativ teknisk lösning som utnyttjar vatten för att spara elenergi?

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:

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

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

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

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

Transformatorn:

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

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

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

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

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

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:
$$U_d = \frac{1}{T} \int u_{ab}(\omega t) d(\omega t)$$

LS-omriktare:
$$U_2 = \frac{t_p}{T} U_1$$