

Lösningförslag till tentamen i MILJÖTEKNIK OCH ELENERGI Z2
(ENM011/ENM010) den 25 oktober 2007 kl 8.30-12.30

Lärare: Johan Boman, tel 031 772 32 88 eller 0704 834651 och
Torbjörn Thiringer, tel 031 772 16 44 eller 0704 990877

Lösningförslag: anslås på Studieportalen den 26 oktober 2007

Rättningsprotokoll: anslås på Studieportalen den 14 november 2007

Granskning: av rättning kan ske på avdelningen för elteknik den 15 november 2007
kl 12-13 i sal Fredrik Lamms rum, elteknik. Tentamina kan hämtas fr o m den 22 november
2007 på studieexp, avdelningen för elteknik, vard kl 10-12 och 13-15.

Betygslista: insändes till Centrala studieexpeditionen den 16 november 2007.

Tillåtna hjälpmedel: Physics Handbook, Beta, räknnetabeller (TEFYMA eller motsvarande), typgodkänd räknare
och bifogade formelblad.

Betygsgränser: 40-60p betyg 3; 61-85p betyg 4; 86-100p betyg 5
VG på projektuppgiften ger 5 bonuspoäng på denna tentamen.

OBS! Motivera klart men kortfattat dina svar, t ex beräkningsmetoder och approximationer. Om uppgifter saknas i problemtexten, gör då själv rimliga antaganden.

Lösning uppgift 1:

1a) Om allt annat är oförändrat, hur varmt skulle vi ha det på jorden om solens utstrålade effekt ändrades till $10 \cdot 10^{25}$ W? (3 p) **Svar:** "solarkonstanten" vid $10 \cdot 10^{25}$ Watt är

$$\frac{10 \cdot 10^{25}}{4 \cdot \pi \cdot (\text{avst mellan sol och jord})^2} \cdot \text{Jämvikt när inkommande} = \text{utstrålat.}$$

$$\text{"solarkonstant"} \cdot \pi \cdot (\text{jordradie})^2 = \sigma \cdot T^4 \cdot 4 \cdot \pi \cdot (\text{jordradie})^2$$

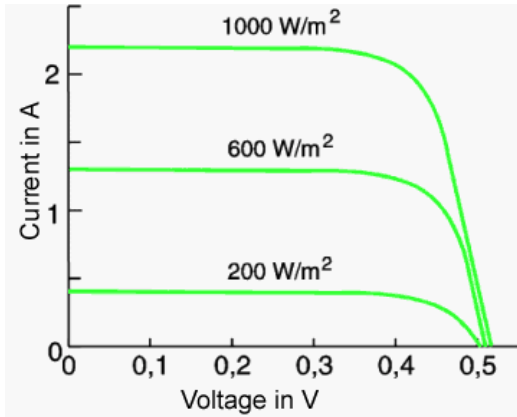
$$\text{Lös ut T. } T = \sqrt[4]{\frac{\text{"solarkonstant"}}{4 \cdot \sigma}} = \sqrt[4]{\frac{10 \cdot 10^{25}}{4 \cdot \pi \cdot (149600000\text{km})^2 \cdot 4 \cdot \sigma}} = 199\text{K} \text{ Svaret varierar sedan}$$

beroende på om man tar med albedo eller ej, samt vilket albedo man räknar med.

1b) Samma fråga, men om solens utstrålning inte ändrades utan avståndet mellan solen och jorden halverades i stället? (3 p). **Svar:** I princip samma uträkning som ovan, men solen strålar ut ca $3,92 \cdot 10^{26}$ W och avståndet är halverat (Hitta solens uteffekt i tabell, eller räkna ut från den normala solarkonstanten). Ny temperatur = 396 K.

1c) Ett sätt att ta vara på solinstrålningen är att använda solceller. En anläggning skall byggas ihop med 100 st seriekopplade 1m^2 's kisel-solceller och ladda ett batterilager med batterispänningen 12 V via en Buckomriktare. Bestäm lämplig spänning för solcellerna för instrålningen 200 W/m^2 samt 1000 W/m^2 för att erhålla maximal effekt, samt bestäm effekterna ut vid de två tillfällena. (3 p)

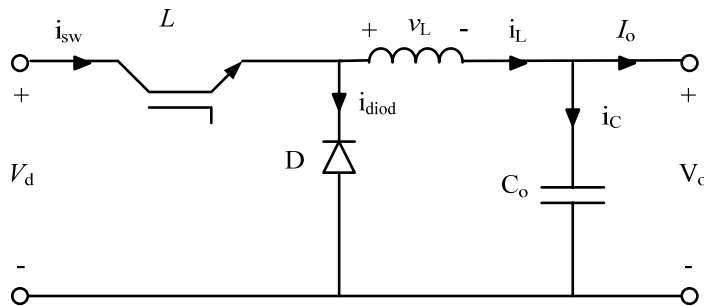
Lösningförslag till tentamen i MILJÖTEKNIK OCH ELENERGI Z2
(ENM011/ENM010) den 25 oktober 2007 kl 8.30-12.30



Svar: Effekten ut ges av $p=ui$. För 1000 W/m² instrålning kan vi erhålla ca 0.4 V*2.2 A =0.88 W ur varje modul och för 200 W/m² kan vi erhålla 0.4V*0.45 A=0.22 W.

100 st celler i serie ger oss sålunda 40 V med strömmarna 2.2 respektive 0.45 A. Effekterna blir 88 W och 22 W.

1d) **Svar:** Vi skall uppenbarligen sänka spänningen så en Buckomriktare blir bra.

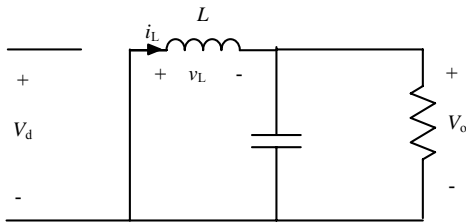
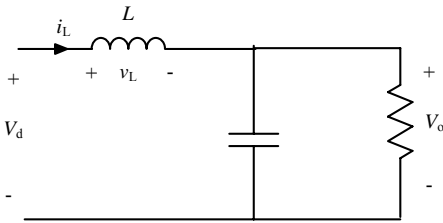


Vi antar att kretsen är i stationärtillstånd. Således är $i_L(t)=i_L(t+T_0)$. Eftersom strömmen genom induktorn alltid återgår till sitt initialvärde innebär det att medelspänningen över induktorn under en switchperiod är lika med 0

$$i_L(t+T_s) = i_L(t) \Rightarrow (U = L \frac{di}{dt}) \quad \int_0^{T_s} v_L(t) dt = 0$$

När switchen är tillslagen ligger spänningen $V_d - V_o$ över induktorn samt när switchen är avslagen flyter strömmen genom dioden och då är induktorspänningen $= -V_o$.

Lösningförslag till tentamen i MILJÖTEKNIK OCH ELENERGI Z2
(ENM011/ENM010) den 25 oktober 2007 kl 8.30-12.30



Switchen är tillslagen under tiden

$0 < t < DT_s$ och avslagen under $DT_s < t < T_s$

Där D är duty cyclen. Vi använder oss av kunskapen om att medelspänningen över induktorn = 0.

$$\overline{V_L} = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} V_L dt = \frac{1}{T_s} \int_0^{DT_s} (V_d - V_o) dt + \frac{1}{T_s} \int_{DT_s}^{T_s} -V_o dt = 0$$

Detta ger:

$$0 = \frac{1}{T_s} (V_d - V_o) DT_s + \frac{1}{T_s} (-V_o)(T_s - DT_s) = (V_d - V_o)D + (-V_o)(1 - D) =$$

$$V_d D - V_o D - V_o + V_o D = V_d D - V_o$$

Vilket ger:

$$\frac{V_o}{V_d} = D = \frac{12}{40} = 0.3$$

Spänningen är lika hög i båda fallen så vi kan välja, här väljer jag högsta effektläget, 88 W för vilket med 12 V ger oss utströmmen 7.33 A vilket även är medelströmmen genom induktorn,

$$I_0 = \overline{I_L} = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} i_L(dt)$$

Låt oss nu bestämma strömriplet genom induktorn

Lösningförslag till tentamen i MILJÖTEKNIK OCH ELENERGI Z2
(ENM011/ENM010) den 25 oktober 2007 kl 8.30-12.30

När switchen är på kommer strömmen att stiga med ΔI_L :

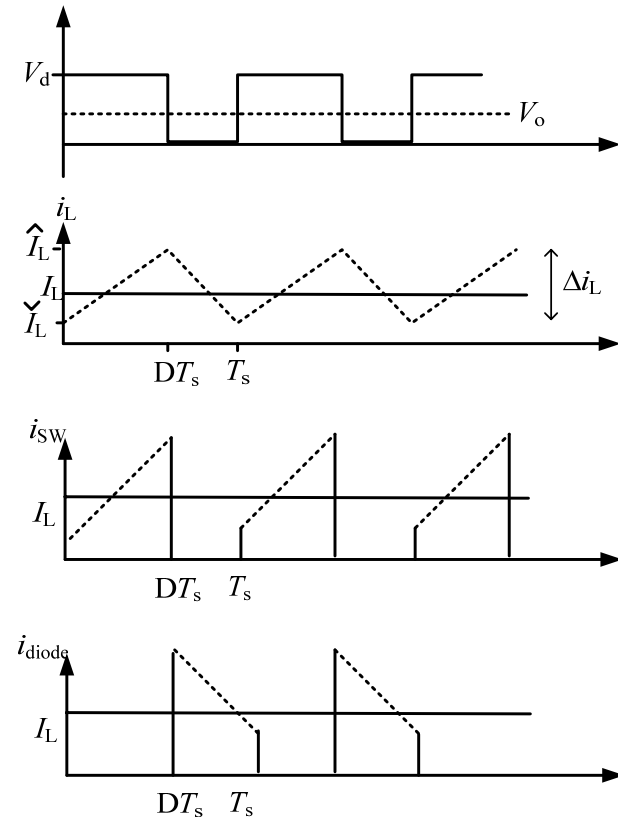
$$v_L = L \frac{di_L}{dt} = V_d - V_o = L \frac{\Delta I_L}{DT_s} \implies$$

$$\Delta I_L = V_d - V_o \frac{DT_s}{L} = (40 - 12) \frac{0.3 \cdot 0.0005}{0.01} = 0.42 \text{ A}$$

Strömmen kommer således att rippla mellan

$$7.33 + \frac{0.42}{2} = 7.54 \text{ A} \quad \text{och} \quad 7.33 - \frac{0.42}{2} = 7.12 \text{ A}$$

Detta ger oss således följande strömmar:



c) Förlusten i en krafthalvledare är

$$P_{tot} = P_{sw} + P_{on}$$

Där vi försummar switchförlusterna, dvs $P_{sw}=0$.

Lösningförslag till tentamen i MILJÖTEKNIK OCH ELENERGI Z2
(ENM011/ENM010) den 25 oktober 2007 kl 8.30-12.30

Spänningen över en krafthalvledare är

$$u_{comp}(t) = U_T + Ri(t)$$

Vi kan nu räkna ut on-state-förlusterna som:

$$P_{on} = (U_T I_{av} + Ri_{rms}^2)$$

Vi ser att vi behöver veta medelströmmen och rms-värdet (effektivvärdet). Uppgiften tillät oss dock att göra lite förenklingar när det gällde framtagningen av effektivvärdet.

Strömmen flyter genom MOSFETEN under 30 % av periodtiden och 70% genom Dioden. Detta ger en medelström på

$$0.3 \cdot 7.33 = 2.2A \quad \text{genom MOSFETEN och } 0.7 \cdot 2.2 = 5.13A \quad \text{genom dioden.}$$

Effektivvärdet för strömmen genom MOSFETEN blir (Det var ju Ok att förenkla så vi ignorerar strömriplet):

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{DT_s} 7.3^2 dt} = \sqrt{7.3^2 \sqrt{D}} = 4.0A$$

För dioden får vi

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{DT_s}^T 7.3^2 dt} = \sqrt{7.3^2 \sqrt{1-D}} = 6.1A$$

Insättning ger för MOSFETEN som saknar framspänningsfall

$$P_{on} = RI_{RMS}^2 = 0.01 \cdot 4.0^2 = 0.16W$$

För dioden erhålles:

$$P_{on} = V_T I_{av} + Ri_{rms}^2 = 1 \cdot 5.13 + 0.01 \cdot 6.1^2 = 5.5W$$

Maximal kiseltemperaturerna skulle vara 125° C och vi skulle beräkna maximal termisk resistans för att detta skall uppfyllas: Vi har

$$T_j = T_a + PR_{th} \quad \text{vilket ger} \quad R_{th} = \frac{(T_j - T_a)}{P}$$

För dioden erhålles

Lösningförslag till tentamen i MILJÖTEKNIK OCH ELENERGI Z2
(ENM011/ENM010) den 25 oktober 2007 kl 8.30-12.30

$$R_{th} = \frac{85}{5.5} = 15.45^\circ C/W$$

Och för MOSFETEN:

$$R_{th} = \frac{85}{0.16} = 531^\circ C/W \quad (\text{Stort värde, kylare erfordras definitivt ej})$$

1e) Baserat på en livscykelanalys (som ska innehålla miljöaspekter, mänskliga/ sociala konsekvenser och ekonomi) av solceller av kisel och av galliumarsenid (GaAs), vilken är att föredra? (5 p)

Svar: Här krävs tydliga antaganden om de olika ämnenas påverkan på miljö och hälsa, samt delar av de vanliga LCA-stegen: Definition av mål och omfattning, Inventeringsanalys, Miljöpåverkansbedömning, Tolkning. Sedan samma typ av jämförelse som i ert projekt.

2 a och b) Förklara de ingående termerna i ekvationen för miljöpåverkan, $I = i \cdot m \cdot u \cdot p$. (3 p)

Svar: **I:** påverkan på naturen, **i:** påverkan per använd material- eller energienhet (minskas genom t.ex. filter, katalysator mm), **m:** använt material eller energi per produkt eller service (minskas med god ingenjörskonst t.ex. samproduktion av el och värme eller fax+kopiator +scanner i en apparat), **u:** antal produkter eller service per person – levnadsstandard. **p:** antal personer på jorden

Det viktiga i b) är att det är förslag som inte är sådant som gemene man kan göra lika enkelt. Sortera papper, cykla till skolan, etc.

3. Förutom en förbränningsmotor behöver ett hybridfordon en elektrisk motor, ett batteri (eller annan form av energilagring) och någon form av reglering.

3a) Vad är skillnaden mellan parallell- och serie-hybrid-teknik? (3 p).

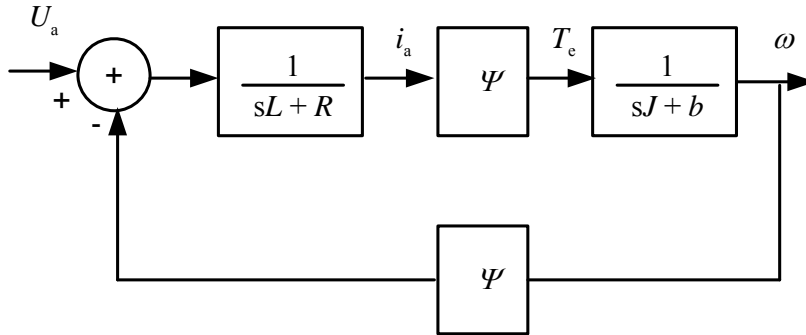
Svar: förbränningsmotorn och elmotorn sitter parallellt eller i serie i respektive teknik.

3b) Förbränningsmotorn kan ju drivas med olika bränslen. Vilket är miljövänligast: Etanol eller diesel? (6 p).

Svar: En LCA kan ju vara lämplig att göra. Se fråga 1e).

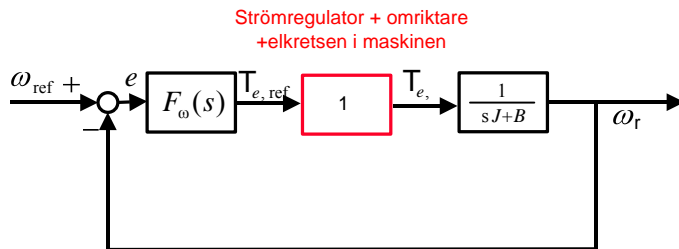
3c) Likströmsmaskinen kan från ekvationerna med en varvtalsberoende last tecknas som:

Lösningförslag till tentamen i MILJÖTEKNIK OCH ELENERGI Z2
(ENM011/ENM010) den 25 oktober 2007 kl 8.30-12.30



Vi hade redan en fungerande strömregulator som var avsevärt snabbare än vad varvtalsregulatorn skulle vara, vi kan således anse denna vara oändligt snabb ur varvtalsregulatorns perspektiv.

Detta ger oss följande uppsättning för vår PI-regulator



Regulator design med IMC: Vi ordnar det så att det slutna systemets kretsöverföringsfunktion är ett första ordningens lågpasfilter, och nu skall vi designa en regulator

$$F_{\omega}(s) = k_p + \frac{k_i}{s}$$

så att detta blir uppfyllt.

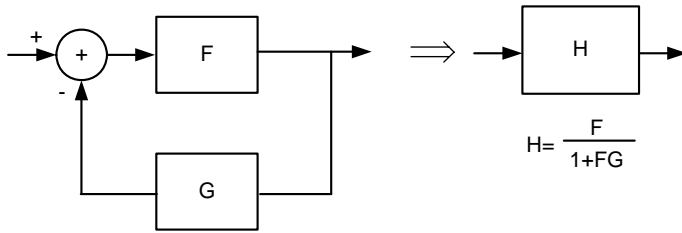
Det slutna systemets överföringsfunktion skall således bli

$$G_{\omega}(s) = \frac{\omega}{\omega^*} = \frac{\alpha_{\omega}}{s + \alpha_{\omega}} = \frac{\alpha_{\omega} / s}{1 + \alpha_{\omega} / s} \quad (**)$$

Vi skriver likströmsmaskinens mekaniska del som $G_{\omega}(s) = \frac{1}{B + sJ}$

Vi räknar nu ut slutna systemets överföringsfunktion utifrån regulatorn och likströmsmaskinens mekaniska del där vi använder oss av blockschemamanipulationsregeln

Lösningförslag till tentamen i MILJÖTEKNIK OCH ELENERGI Z2
(ENM011/ENM010) den 25 oktober 2007 kl 8.30-12.30



Vilket ger oss

$$G_c(s) = \frac{i_a}{i_a^*} = \frac{F(s)G(s)}{1 + F(s)G(s)} \quad (*)$$

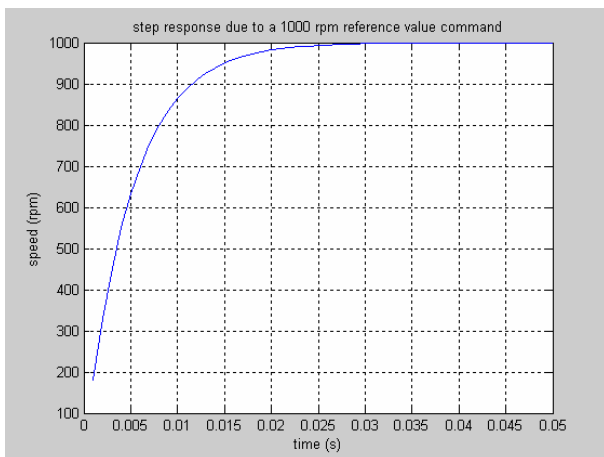
Detta ger oss med (***) i (*)

$$F_\omega(s) = \frac{\alpha_\omega}{s} G_c^{-1}(s) = \frac{\alpha_\omega}{s} (sJ + B) = \alpha_c J + \frac{\alpha_c B}{s}$$

Insättning ger:

$$F_w(s) = 100 \cdot 0.1 + \frac{100 \cdot 2}{s} = 10 + \frac{200}{s}$$

Stegsvaret kommer att se ut såsom



Där vi kan notera att 63%-värdet nås vid 5 ms vilket är lika med inversen på bandbredden.

3d) Är en sådan effektivisering (hybriddrift) dyr? Välmotiverat, ingenjörsmässigt svar krävs! (5 p)
Svar: Om svaret blir Ja eller Nej, beror helt på era antaganden och begränsningar. Det måste synas att ni behärskar LCA och vet vad ni kan bidra med.

Lösningförslag till tentamen i MILJÖTEKNIK OCH ELENERGI Z2
(ENM011/ENM010) den 25 oktober 2007 kl 8.30-12.30

3e) Hybridtekniken leder bland annat till att fordonet använder mera ström. Om strömanvändningen i fordonet ökar med en faktor tio, hur påverkar detta de magnetiska fälten i fordonet? (5 p)

Svar: Antaganden betyder mycket även här. Om allt annat är oförändrat så ökar magnetfältet linjärt med strömökningen, om vi antar att vi får fälten från en strömförande kabel i fordonet.

3f) Ge exempel på hur fälten i delfråga e) kan minskas för passagerarna. (3 p)

Svar: Om möjligt, lägg kablar med motriktade strömmar bredvid varandra. Öka avståndet mellan kablar och passagerare. Minska längden på kablarna, mm.

3g) När du av din närmaste chef blir tillsagd att återigen mäta de magnetiska fälten i samma fordon så visar det sig att du inte får samma mätvärden. Du behöver alltså komplettera din rapport med uppgifter om vad dessa avvikelser kan bero på. Vad skriver du? (6 p)

Svar: Saker som kan ingå i svaret: Mätapparaturens noggrannhet, andra fält i omgivningen, rena mätfel (fel avstånd, osv), tidsfaktorn (fältet kan variera i tiden). Många av dessa avvikelser kan kvantifieras.

4) Ett fliseldat kraftverk producerar 2000 MW_{el} med en effektivitet på 43%.

Hur mycket vatten behövs per sekund för att bli av med spillvärmen?

Antag att spillvattnet är 10 grader varmare än tilloppsvattnet och att 10% av spillvärmen går ut genom skorstenen. Vattnet värmekapacitet, $c = 4,18 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$.

Svar:

Vi vet:

Nyttig effekt	2 000	MW _{el}
Effektivitet	43	%
Delta-T	10	grader (Celcius eller Kelvin kvittar eftersom det är en skillnad)
c	4 180	J/kg*K
Skorstenen	10	% av spillvärmen

57% är spillvärme

$$1\,140\,000\,000 \text{ W}$$

90% av spillvärmen kyls av vatten

$$1\,026\,000\,000 \text{ W} = J/s$$

Energimängden som behövs för att värma en kropp

$$Q = m \cdot c \cdot (\text{delta-T})$$

Per sekund

$$1\,026\,000\,000 = m \cdot c \cdot (\text{delta-T})$$

där m är vattnets massa.

Lös ut m= 24545 kg
dvs ca 25 m³/s

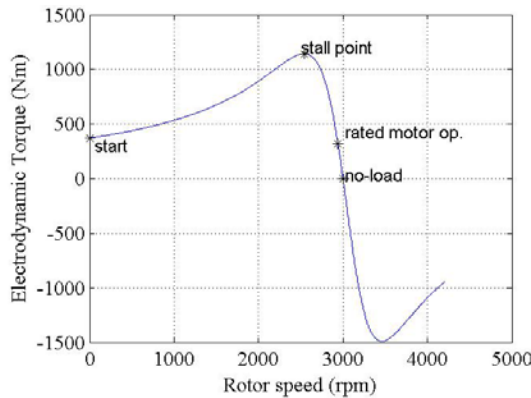
Lösningförslag till tentamen i MILJÖTEKNIK OCH ELENERGI Z2
(ENM011/ENM010) den 25 oktober 2007 kl 8.30-12.30

Frågan kan också tolkas som att det behövs 2000/0,43 W totalt och det blir alltså 2651 MW att kyla bort. Sedan är räkningarna identiska. I detta fall behövs det 57 m³ vatten/s.

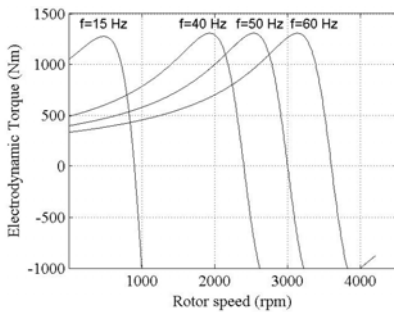
Båda svarsalternativen kommer att bedömas som riktiga.

5) De tre benen är ekologisk, ekonomisk och social hållbar utveckling. Man kan utveckla detta till någonting i stil med en definition: "Meet the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their needs" (WCED 1987:87). Hållbar utveckling tillfredsställer dagens behov utan att äventyra förutsättningarna för kommande generationer att tillfredsställa sina behov

6) Stall point=kippmoment, rated operation = märkdrift, no-load = tomgång.

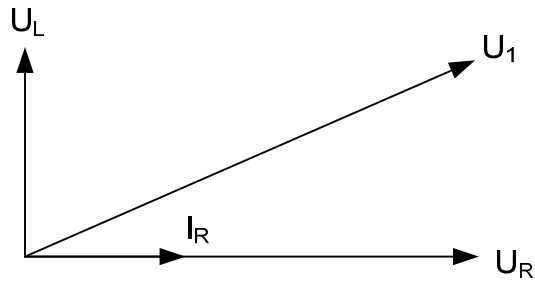


För att åstadkomma ett brett varvtalsområde så varierar man frekvensen på spänningen enligt:



Lösningförslag till tentamen i MILJÖTEKNIK OCH ELENERGI Z2
(ENM011/ENM010) den 25 oktober 2007 kl 8.30-12.30

7. Vi kan notera att spänningen över resistansen I stort sätt är lika med den pålagda spänningen. Vi erhåller således att $U_R=230$ V, med en ström på 100 A erhålles resistansen 2.3Ω .



Gamla tentan:

E1) Med 400 V avses huvudspänningen. Detta ger oss $400/\sqrt{3}=230$ V fasspänning. Impedansen Z blir då lika med 2.3Ω . Om reaktansen och resistansdelen är lika stora innebär detta att de är $2.3 \Omega/\sqrt{2}=1.62 \Omega$ styck

a) Effekten som utvecklas blir

$$P = 3RI^2 = 48.6kW$$

Kopplar vi bort en fasledare och nollan kvarstår som ansluten tappar vi 1/3 av effekten och vi får då:

$$P = 2RI^2 = 32.4kW$$

Kopplar vi bort en fasledare utan att ha nollan ansluten kommer de två kvarvarande faserna att bilda en enfaskrets med huvudspänningen och 2 resistorer i serie.

Detta ger:

$$P = \frac{U^2}{2R} = \frac{400^2}{2 \cdot 1.62} = 49.4kW$$

b) Vi skall ansluta en kondensator med reaktansen 1.62Ω . Reaktansen för en kondensator kan erhållas ur formeln:

$$X_c = \frac{1}{\omega C}$$

Detta ger oss med $\omega=314$ att C skall vara 1.96 mF.

E2) $R_a=0.8 \Omega$,

a) $n=1200$ rpm $\Rightarrow \omega=1200/30 \cdot \pi = 125$ rad/s, $U_a=240$ V, $I_a= 10$ A

Sambandet mellan effekt och moment är:

$$P = \omega T$$

Och detta ger oss momentet

Lösningförslag till tentamen i MILJÖTEKNIK OCH ELENERGI Z2
(ENM011/ENM010) den 25 oktober 2007 kl 8.30-12.30

$$T = \frac{U_a I_a - R_a I_a^2}{\omega} = \frac{240 \cdot 10 - 0.8 \cdot 100}{125} = 18.56 Nm$$

b) oförändrad fältström innebär att flödet i maskinen, Ψ , är oförändrat.

Från föregående uppgift kan vi räkna ut flödeskonstanten, Ψ . Vi har:

$$E_a = U_a - R_a I_a = \psi \omega \quad (*)$$

E_a var 232 V vilket ger $\Psi = 1.856$. Belastningsmomentet minskas nu till $0.75 \cdot 18.56 \text{ Nm} = 13.92 \text{ Nm}$. Ankarspänningen sänks till 200 V.

Eftersom vi har

$$T = \psi I_a$$

Så inser vi att ankarströmmen sjunker till 7.5A.

Vi återanvänder ekvation (*), och kan lösa ut varvtalet till

$$\omega = \frac{1}{\psi} (U_a - R_a I_a) = 104.52 \text{ rad} / \text{s} \quad \text{vilket ger } n = 998 \text{ rpm.}$$

c) Försumbart, om man antar att avståndet mellan ledarna är väldigt litet jämfört med avståndet mellan ledarna och mätpunkten. Annars får man anta ett avstånd mellan ledarna och använda ekvationen för dubbelledare som finns i formelbladet eller Yngve Hamnerius kompendium.

E3) En allströmsmotor är en likströmsmaskin där ankarlindning och fältlindning ligger i serie. Detta innebär att den kan köras på såväl lik- som växel-ström eftersom fältet byter riktning samtidigt som strömmen byter riktning. Detta ger en motor som är väldigt stark vid låga varv. Typiska användningsområden är mindre hushållsapplikationer som elvispar och annat.

E4) Vid tomgångsprov låter man transformatorns ena sida vara öppen, normalt högspänningssidan. Man mäter därefter ström och spänning in till transformatorn (normalt märkspänning). Man kan ur detta test bestämma magnetiseringsimpedansen samt tomgångsförlusterna (som representeras med en resistans parallellt med magnetiseringsimpedansen) Dock behöver man info om lindningsresistansen, men den kan man mäta med likström.

I kortslutningsprovet kortsluter man högspänningssidan och mäter ström och spänning in (normalt märkström). Ur detta kan man få serieimpedanserna i maskinen, såväl R som X.