

Tentamen Elektriska Kretsar och Elenergi för Z2 (RRY135).

2021-01-15, 14:00-18:00.

Institutionen för Rymd-, geo- och miljövetenskap.

Ansvarig lärare:

Leif Eriksson, examinator, tillgänglig i Zoom

Emma Arfa Grunditz, tillgänglig i Zoom

Betygsgränser (av maximalt 50 poäng):

Betyg 3: 20 poäng

Betyg 4: 30 poäng

Betyg 5: 40 poäng

Betygsgränserna kan komma att justeras.

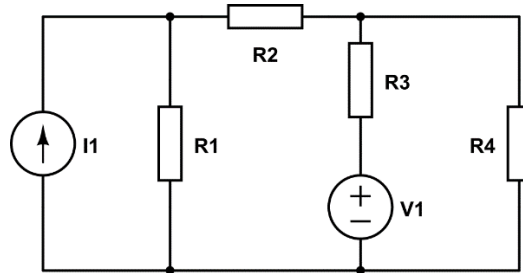
Granskning: Tid och plats anslås i omtentorummet i Canvas.

Instruktioner

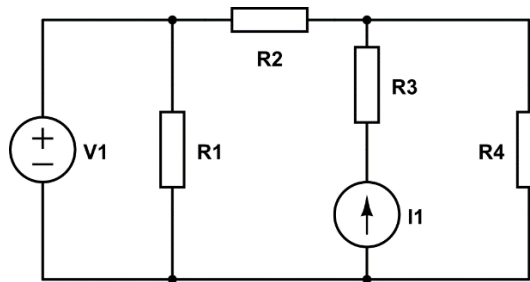
- Var inloggad via **Zoom på Chalmers under hela tentan.**
- Kolla med jämna mellanrum att din kamera är inriktad rätt så du syns i Zoom.
- Tentatesen blir tillgänglig i Canvas 14:00.
- Tentatiden är slut 18:00 och då måste ni sluta skriva. Ni har sedan tid till 18:15 för att lämna in era skannade lösningar och svar. Systemet kommer bara att godkänna filer i PDF-format. Inlämningstiden kommer inte att förlängas pga. krångel med dokumentskanning, konvertering till en PDF-fil eller uppladdning av filer. Undantag gäller de som fått förlängd skrivningstid godkänd. Dessa är registrerade och har tid till 20:00.
- Lösningar till tentamensproblem skall skrivas på lösa papper, som vid en vanlig salstentamen.
- Det är tillåtet att skriva och rita sina lösningar och svar för hand på en digital skrivplatta, om det går att spara och ladda upp som en pdf-fil
- Märk varje papperssida tydligt med:
 - ditt namn
 - tentamensuppgiftens nummer
 - sidnummer.
- Scanna eller fotografera dina lösningar. Tänk på att:
 - ha god belysning för att undvika skuggor och oskärpa
 - ha ett plant underlag
 - gärna använda en dokumentskannings-app, t.ex. CamScanner eller Genius Scan.
 - se till att alla inlämnade svar och lösningar är läsbara!
- Alla lösningar och svar lämnas in i en enda PDF-fil, namngiven enligt "Efternamn_Förnamn_RRY135_Tenta.pdf. Systemet godkänner bara filer i PDF-format.
- Skicka in dina lösningar genom att ladda upp pdf-filen via Canvas.
- Kom ihåg! Rita tydliga figurer med referensriktningar och beteckningar. Dimensionskontroll, Motiveringar. Om uppgifter saknas i problemtexten, gör då själv rimliga antaganden.
- Alla hjälpmedel tillåtna utom samarbete

1. Kretsberäkningar (7 p)

- a) Beräkna strömmen i_{R4} genom resistor R4 för likströmskretsen nedan. Sätt $R1=50$ ohm, $R2=50$ ohm, $R3=100$ ohm, $I1=0.10$ A och $V1=10$ V. Sätt $R4 = 10 \cdot (2 + D_2)$ ohm, där D_2 är sista siffran i ditt födelsedatum ÅÅÅÅMMD₁D₂ (exempel, är du född 2000-02-29 så är $D_2=9+2=11$ och $R4 = 110$ ohm) (3 p)



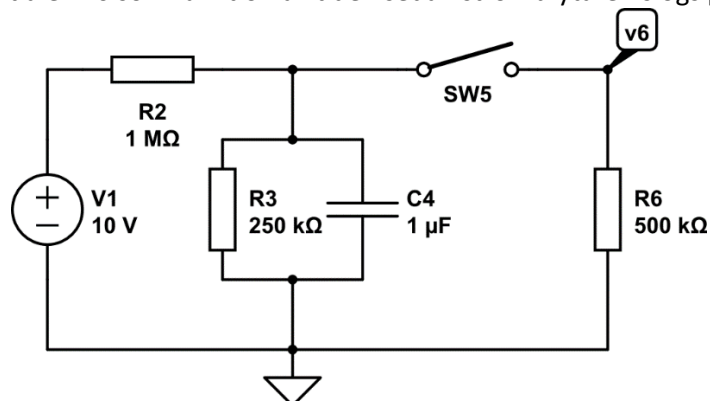
- b) Beräkna effekten som avges eller mottas av R4 för kretsen i a). Ange om det är mottagen eller avgiven effekt. (1 p)
- c) Byt plats på strömkällan och spänningskällan så att kretsen ser ut som nedan. Beräkna strömmen i_{R4} genom resistor R4. Använd samma värden för resistorerna, spänningskällan och strömkällan som i a). (3 p)



2. Likströmskrets (6 p)

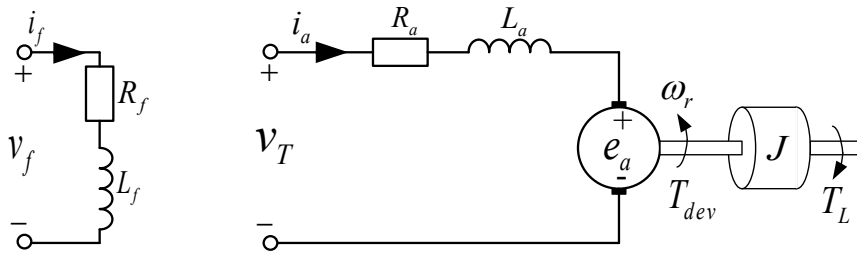
Kretsen nedan har en strömbrytare som från början har varit öppen väldigt länge, vi kan alltså anta stationärt begynnelsestillstånd. Vid tiden $t=0$ så stängs denna strömbrytare (strömbrytaren "slås på").

- a) Vad är spänningen över C4 innan strömbrytaren slås på? (1p)
- b) Vad är energin lagrad i C4 efter insvängning (alltså då strömbrytaren har varit påslagen såpass länge att vi kan anse att ett nytt stationärtillstånd råder)? (1p)
- c) Vad är potentialen v_6 som funktion av tiden sedan strömbrytaren slogs på? (4p)



3. Likströmsmaskin (10 p)

En separatmagnetiserad likströmsmaskin enligt figuren nedan har märkdata och parametrar som fås via tentandens födelsedata (ÅÅÅÅMMDD) enligt tabell nedan.



Parameter	Beroende på födelsedata	Parameter	Beroende på födelsedata
Märkdata:			
Märk-ankarspänning, $v_{T,m}$	$200 + DD$ [V]	Märk-ström, $i_{a,m}$	$10 + MM/10$ [A]
Märkvarvtal, n_m	$950 + MM$ [rpm]	Märk-fältspänning, $v_{f,m}$	$200 + MM$ [V]
Maskinparametrar:			
R_a	$1 + DD/100$ [Ω]	L_a	$0,001 + DD/1000$ [H]
J	$DD/100$ [kg m ²]	b ($T_{frict} = b\omega_r$)	$0,01 + DD/1000$ [Nm s/rad]
R_f	$200 + DD$ [Ω]	L_f	$0,5 + DD/1000$ [H]

a) Det sammanlänkade flödet, λ för maskinen är proportionellt mot fältströmmen, i_f , så att $\lambda = k_{if} i_f$. Beräkna proportionalitetskonstanten k_{if} . (2p)

b) Maskinen skall driva en fläkt med lastmomentet $T_{L,extra} = B_{fläkt} \cdot \omega_r = 0,1 \cdot \omega_r$ Nm, och kopplas till en varierbar spänningskälla. Vid en viss ankarspänning roterar maskinen och fläkten vid varvtalet 65 rad/s och arbetar i stationärtillstånd. Beräkna maskinens:

- ankarspänning
- mot-EMK (e_a)
- utvecklade mekaniska effekt
- inmatade effekt in i ankarkretsen
- verkningsgrad
- tomgångsvarvtal (utan fläkt)

Om inte a) kunde lösas kan du använda $k_{if} = 1.8$ Wb/A (3p)

c) Fläkten kopplas bort och maskinen ansluts istället till en last som har ett konstant lastmoment (lastmomentet är oberoende av varvtalet) som är lika med 80% av märkmomentet. Genom att sänka fältströmmen kan en elmaskin nå högre varvtal, på bekostnad av att det producerade vridmoment då inte kan bli lika högt. Vilket är det högsta varvtal som maskinen kan driva lasten på utan att märkspänning och märkström överskrids?

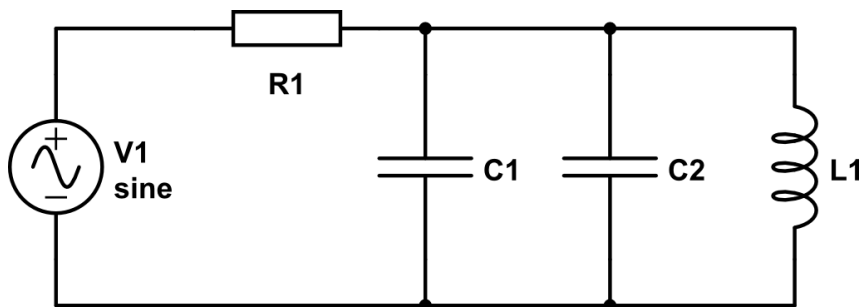
Om inte a) kunde lösas kan du använda $k_{if} = 1.8$ Wb/A (3p)

d) Beskriv hur man kan gå till väga för att mäta ankar-resistansen och ankar-induktansen för en separatmagnetiserad likströmsmaskin. Beskrivningen skall inkludera relevant kretsschema för mätuppkoppling, parameterdefinitioner och nödvändiga beräkningsformler. (2p)

4. Växelströmskrets (7 p)

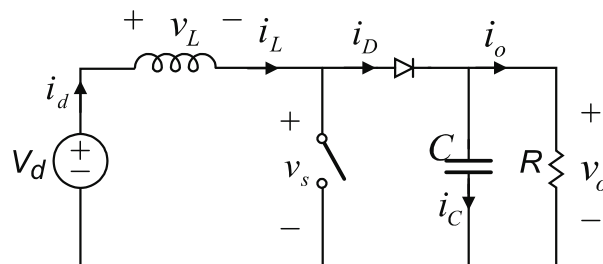
En sinusformad spänningskälla $v(t)=10\cos(\omega t+20^\circ)$ V är kopplad till en krets enligt figur nedan. Antag att $C_2=4\cdot C_1$.

- Beräkna inimpedansen $Z_{in}(\omega)$ som spänningskällan ser. Ta fram ett uttryck för inimpedansen som en funktion av R_1 , C_1 , C_2 , L_1 och ω . Ange impedansen på rektangulär komplex form. (2 p)
- Sätt nu in $R_1=20\ \Omega$, $C_1=500\ \text{nF}$ och $L_1=(2+D_2)\ \text{mH}$ (D_2 ska vara sista siffran i ditt födelsedatum, på samma sätt som i uppgift 1) och beräkna inimpedansen $Z_{in}(\omega)$ för $\omega=20$ krad/s. Ange $Z_{in}(\omega)$ på polär komplex form med två decimaler. (2 p)
- Är $Z_{in}(\omega)$ kapacitiv eller induktiv vid denna vinkelfrekvens? (1 p)
- Beräkna strömmen $i(t)$ genom R_1 i tidsplanet. Använd samma komponentvärden och vinkelfrekvens som i b). (2 p)



5. Kraftelektronik (7 p)

För att skapa en likspänning till en last används Boostomriktaren nedan. Inspänningen varierar mellan $v_{d,min}$ och $v_{d,max}$, medan utspänningen v_o hålls konstant genom att justera dutycyclen D för olika värden på inspänningen. Övriga parametrar fås ur tentandens födelsedata (ÅÅÅÅMMDD) enligt tabellen nedan.



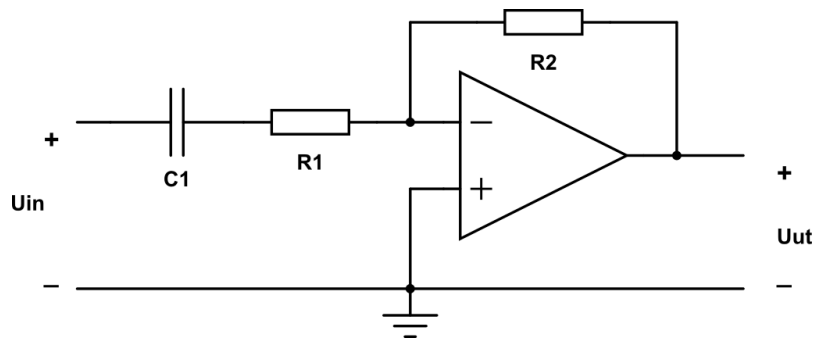
Parameter	Beroende på födelsedata	Parameter	Beroende på födelsedata
v_o	$48 + DD/10$ [V]	R	$20+MM/10$ [ohm]
$v_{d,min}$	$5 + MM/10$ [V]	L	$1+DD$ [μ H]
$v_{d,max}$	$12 + DD/10$ [V]	C	$1+DD/10$ [mF]
		f_{sw}	$50+MM$ [kHz]

- Härled sambandet mellan in och utspänning som funktion av dutycyclen D , samt beräkna nödvändigt intervall på dutycyclen för att hålla utspänningen konstant (enligt tabell), då inspänningen varierar enligt ovan. (2p)
- Kontrollera om omriktaren arbetar i CCM då inspänningen är som lägst och högst. Med given omriktarkonstruktion, vad skulle man kunna göra för att vara säker på att alltid arbeta i CCM? (2p)
- Beräkna den högsta nödvändiga termiska resistansen på kylflänsen som ansluts på diodens kapsel, för att diodens chiptemperatur inte skall överstiga 100°C vid en omgivningstemperatur på 40°C samt vid givna parametrar enligt tabellen nedan. (3p)

Parameter	Förklaring	Beroende på födelsedata
$v_{D,t}$	Diodens tröskelspänning	0.7 [V]
R_{on}	Diodens ledresistans	0.05 [ohm]
$R_{th,jc}$	Termisk resistans mellan chip (junction) och kapsling (case)	$1 + MM/100$ [K/W]
$R_{th,ch}$	Termisk resistans mellan kapsling och kylfläns	$1 + DD/100$ [K/W]
$R_{th,ha}$	Termisk resistans mellan kylfläns och omgivning	?

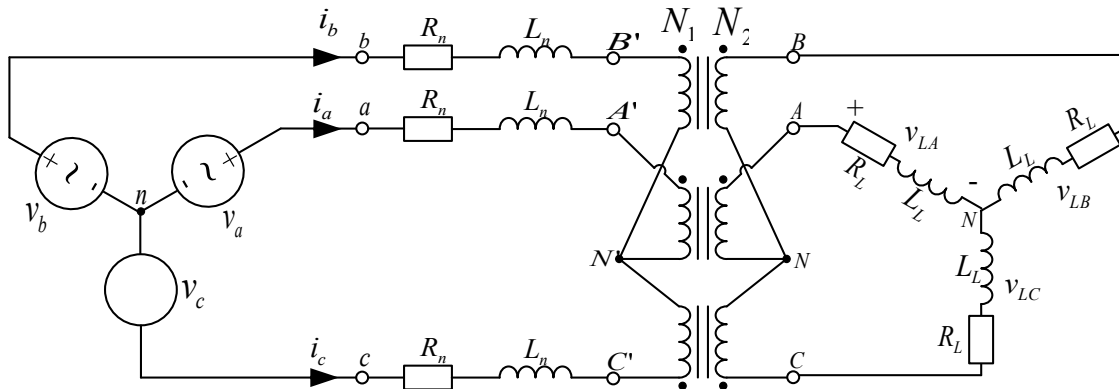
6. Operationsförstärkare (6 p)

- a) Bestäm överföringsfunktionen för filtret nedan på formen $H(\omega) = K \cdot \frac{j\frac{\omega}{\omega_1}}{1+j\frac{\omega}{\omega_1}}$
OP-förstärkaren får antas vara ideal. Överföringsfunktionen ska uttryckas med C1, R1, R2 och ω . (3 p)
- b) Bestäm brytfrekvensen ω_1 om C1=200 nF, R1= (2+D₂) kΩ och R2= 200 kΩ där D₂ är sista siffran i ditt personnummer (enligt exempel i uppgift 1). (1 p)
- c) Vi har antagit att OP-förstärkaren är ideal. Ett av kriterierna för en ideal OP-förstärkare är att den har "oändlig bandbredd". Vad innebär det? (1 p)
- d) Om vi inte har en återkoppling av utsignalen till ingången kommer vi nästan alltid att få en utsignal som är "bottnad", dvs den följer inte insignalen utan klipper signalen vid en viss amplitud. Förklara varför detta sker. (1 p)



7. Trefas (7 p)

Ett elnätbolag vill ha hjälp av dig att faskompensera en induktiv tre-fas last som är ansluten till deras 10 kV nät enligt figuren nedan. I figuren nedan visas tre Thévenin ekvivalenta kretsar, en för varje fas, av elnätet i anslutningspunkten för lasten. Transformatorerna kan antas vara ideala med omsättningstal $n = N_1/N_2 = 10/0.4$. Nätspänningen är 10 kV RMS huvudspänning 50 Hz, nät- och lastimpedansen fås ur tentandens födelsedata (ÅÅÅÅMMDD) enligt tabellen nedan.



	R	L
Nät	$R_n = 30 + DD \text{ } [\Omega]$	$L_n = 0.2 + DD/100 \text{ } [H]$
Last	$R_L = 10 + MM/2 \text{ } [\Omega]$	$L_L = 0.01 + MM/500 \text{ } [H]$

- Beräkna

 - fasströmmen från källan
 - den aktiva och reaktiva effekten som utvecklas i lasten
 - spänningen över lasten
 - lastens effektfaktor (utan faskompensering) (4p)
- Faskompensera nu lasten så att $\cos\varphi$ för lasten blir 1 och beräkna värdet på den komponent du använder för faskompenseringen. (2p)
- Vid överföring av energi, varför är det viktigt att lasten har hög effektfaktor? (1p)