

Tentamen Elektriska Kretsar och Elenergi för Z2 (RRY135).

2021-04-09, 14:00-18:00.

Institutionen för Rymd-, geo- och miljövetenskap.

Ansvarig lärare:

Leif Eriksson, examinator, tillgänglig i Zoom

Emma Arfa Grunditz, tillgänglig i Zoom ca. 14:00, 15:00 och 16:30

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.

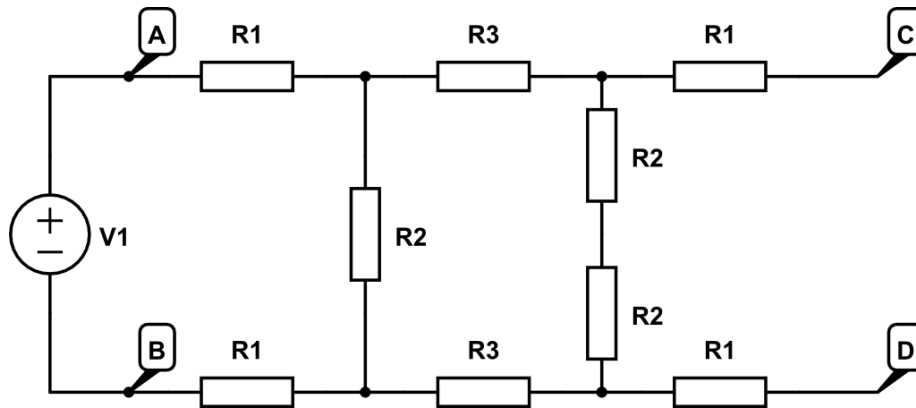
Instruktioner

- 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 18:30 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 skrivningstid 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 och/eller anonym tentakod
 - 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 använd en dokumentskannings-app, t.ex. CamScanner eller Genius Scan.
 - se till att alla inlämnade svar och lösningar är läsbara!
 - **kontrollera att alla sidor är med i den fil du ska ladda upp!**
- 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.
- Ofullständiga lösningar kan ge poängavdrag om det inte går att följa hur ni kom fram till era svar.
- Alla hjälpmedel tillåtna utom samarbete

.....

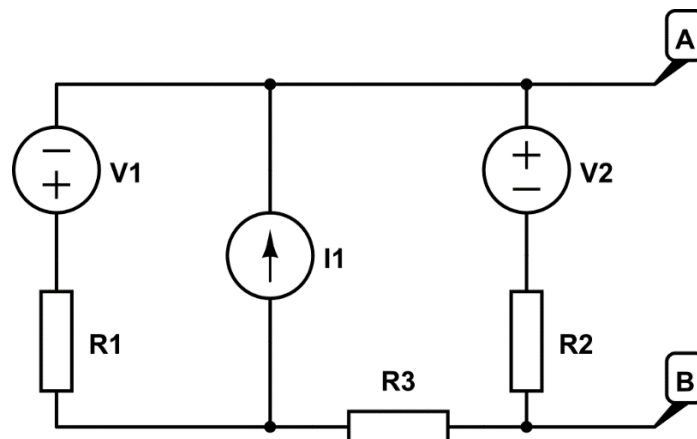
1. Kretsberäkningar (3 p)

För kretsen nedan, beräkna den ekvivalenta resistans R_{ab} som spänningskällan V_1 "ser" då ingen last är kopplad mellan C och D (tomgång).
Sätt $V_1=12\text{ V}$, $R_2=30\ \Omega$ och $R_3=5\ \Omega$. Sätt $R_1= 10*MM\ \Omega$, där MM är din egen födelsemånad (dvs ett tal från 01 till 12). Redovisa alla lösningssteg.



2. Tvåpolsomvandlingar (3 p)

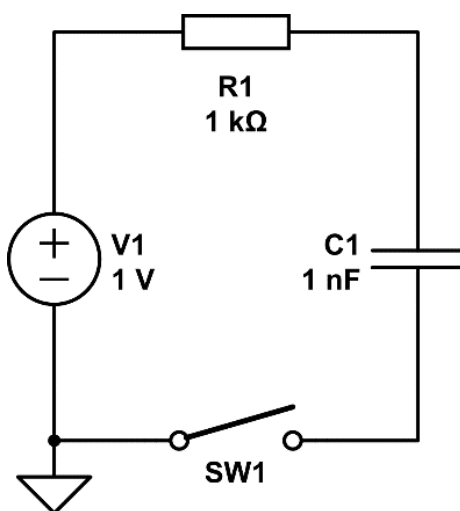
Bestäm Theveninekvivalenten (den ekvivalenta spänningstvåpolen) till kretsen nedan.
Använd följande värden:
 $I_1 = 0,2\text{ A}$,
 $V_1 = MM\text{ V}$ och $V_2 = 2*MM\text{ V}$
 $R_1 = 10*MM\ \Omega$, $R_2 = 10*MM\ \Omega$ och $R_3 = 10\ \Omega$
MM är din födelsemånad. Redovisa alla lösningssteg.



3. Transienter (6 p)

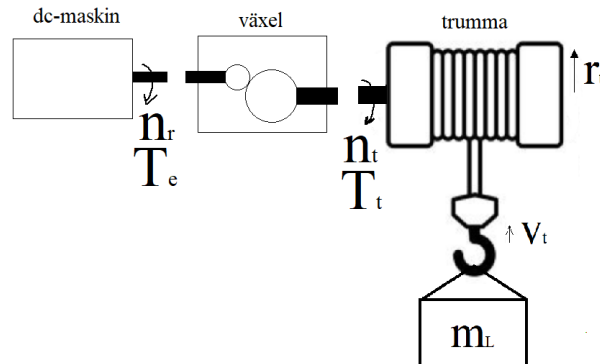
Vid tiden 0 ($t=0$) så öppnas brytaren SW1 i kretsen nedan. Innan brytaren öppnades så var kondensatorn C1 oupladdad.

- Vad är strömmen genom kretsen precis när brytaren öppnas (alltså vid $t=0$)? (1 p)
- Vad blir differentialekvationen vars lösning beskriver spänningen över C1 för alla tider $t > 0$?
Glöm inte att även beskriva begynnelsevärdet till differentialekvationen. Observera, vi söker endast differentialekvationen, ni ska inte svara med dess lösning. (2 p)
- Hur mycket energi är lagrad i C1 vid tiden $t = 1$ mikrosekund? (3 p)



4. DC-maskin (10 p)

Din kompis håller på att konstruera en drönare som skall utrustas med en elektrisk vinsch, dvs. en krok fäst i en vajer som ska kunna rullas upp på en trumma, med hjälp av en elektrisk maskin, enligt nedan icke skalenliga skiss. Vinschen skall kunna hissa upp en total vikt, m_L på som mest 1 kg med den maximala hastigheten, v_t 0,6 m/s. Trummans radie, r_t är 0,25 m. Växeln har utväxlingsförhållandet 200:1, d.v.s. elmaskinen kommer rotera 200 gånger snabbare än trumman och elmaskinens vridmoment kommer vara 1/200 gånger trummans.



- a) Hos en elmaskin-leverantör har din kompis fått bra priserbjudanden på tre olika permanentmagnetiserade likströmsmaskiner; A, B och C med data enligt tabell nedan. Motivera med hjälp av beräkningar och resonemang, vilken av de tre maskinerna som är bäst lämpad att användas för uppgiften beskriven ovan. (3 p)

	Maskin A	Maskin B	Maskin C
Märkspänning	36 V	36 V	36 V
Märkvarvtal	6420 rpm	5230 rpm	4430 rpm
Märkvridmoment (milli Nm)	6,86 mNm	18,2 mNm	45,5 mNm
Länkat flöde	34,8 mWb	46,7 mWb	58,2 mWb
Ankarresistans	59,4 ohm	25,8 ohm	11,1 ohm
Ankarinduktans	3,69 mH	2,58 mH	1,52 mH
Rotor tröghetsmoment	4,09 gcm ²	12,6 gcm ²	44,6 gcm ²
Linjär friktions-dämpnings-konstant, b	0,0005 mNm s	0,0010 mNm s	0,0024 mNm s
Termisk resistans, lindning-hus	6,0 K/W	3,2 K/W	2,1 K/W
Termisk resistans, hus-omgivning	20,0 K/W	13,2 K/W	7,5 K/W

- b) För både motordrift och generatordrift med den valda elmaskinen med data i 3a), samt för fallet då vinschen skall kunna hissa upp en last:
- rita maskinens vridmoment som funktion av varvtalet
 - beräkna värden ifall karaktärstiken korsar varvtals- och/eller vridmomentaxeln
 - rita även in märkvridmomentet som funktion av varvtalet (4 p)

Om a) ej kunde lösas, välj motor baserat på din födelsedata ÅÅÅMMDD: för DD=1-10 välj A, DD=11-20 välj B, DD=21-31 välj C.

- c) Vid en omgivningstemperatur på 40°C, hur varm skulle ankarlindningen bli om det aktuella driftfallet för motorn skulle bestå under en mycket lång tid? Rita även en ekvivalent termisk krets för detta problem. (3 p)

Om a) ej kunde lösas, välj motor baserat på din födelsedata ÅÅÅMMDD: för DD=1-10 välj A, DD=11-20 välj B, DD=21-31 välj C, samt märkdrift istället.

5. Växelströmskrets (8 p)

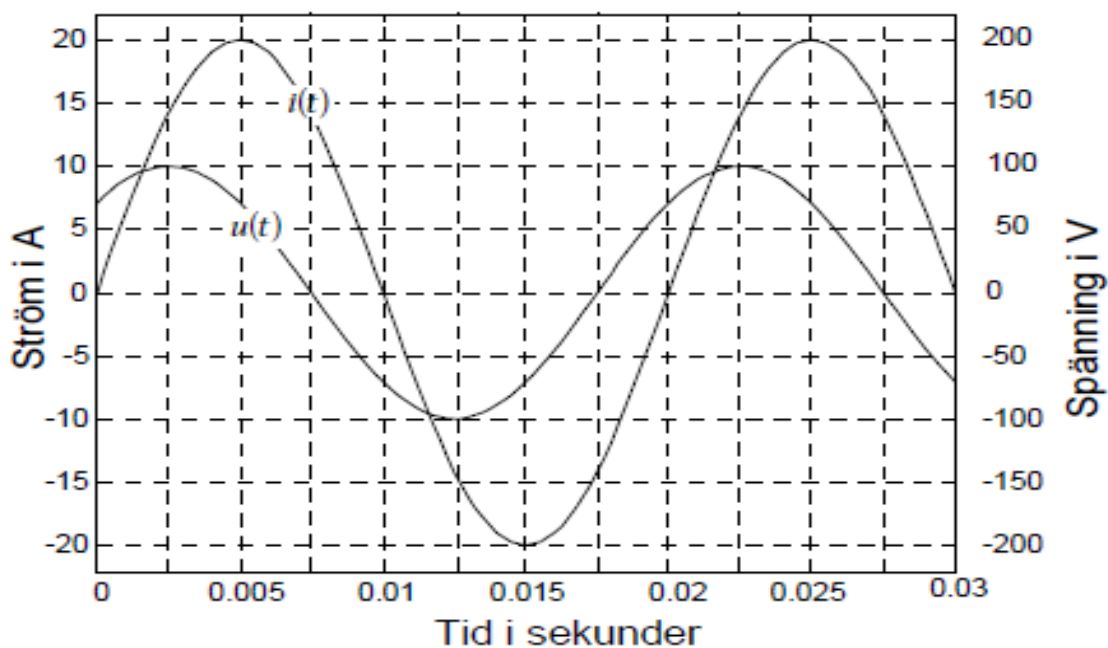
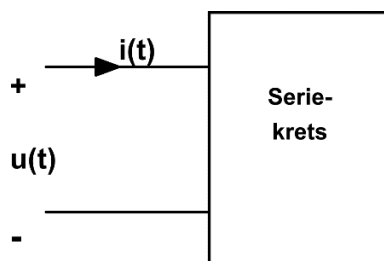
För att bestämma funktionen hos en tvåpol ansluter vi en spänningskälla $u(t)$ och mäter upp strömmen $i(t)$. Diagrammet nedan visar $u(t)$ och $i(t)$ (observera att strömskalan finns till vänster och spänningsskalan till höger om diagrammet). Vi vet att tvåpolen är en seriekrets som består av en resistans i serie med en reaktiv komponent.

a) Skriv ned uttrycken för $u(t)$ och $i(t)$ som du läser av i diagrammet. I uttrycken ska amplituderna (\hat{u} respektive \hat{i}), frekvens f (eller vinkelfrekvens ω) och fasvinkel (α för spänningen och β för strömmen) finnas med. (4 p)

b) Bestäm seriekretsens resistans och induktans/kapacitans. (2 p)

c) Bestäm seriekretsens aktiva och reaktiva effekt. (2 p)

Om du inte kom fram till fullständiga uttryck i a) så kan du använda följande värden till b) och c): $\hat{u} = 200 \text{ V}$, $\hat{i} = 10 \text{ A}$, $f = 200 \text{ Hz}$, $\alpha = 60^\circ$ och $\beta = 105^\circ$.



6. Kraftelektronik (6 p)

Din kompis drönare har ett batteri med en spänning på 48 V, men kompisen behöver din hjälp med att välja omriktare till den elektriska maskinen som skall driva vinschen i den tidigare uppgiften. Du testar först med att koppla in en BUCK-omriktare och lyckas hissa upp kroken med maximal last och hastighet. Omriktaren har en kondensator, spole och switchfrekvens med parametrar enligt tabell nedan, där (ÅÅÅÅMMDD) motsvarar tentandens födelsedata:

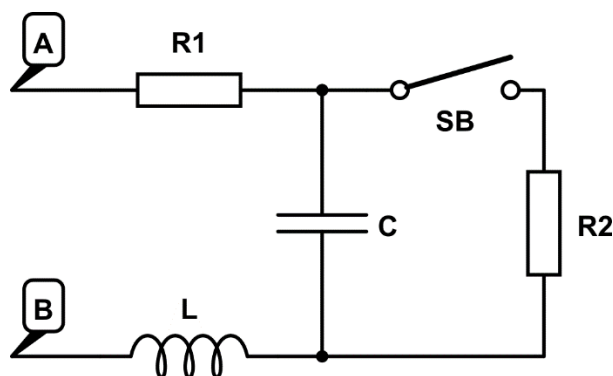
C	$300+DD \mu\text{F}$
L	$200+DD \mu\text{H}$
f_{sw}	200 kHz

- Skissa hur strömmen genom spolen ser ut under en switchperiod och härled hur du kommer fram till kurvformen, dvs. beskriv fullständigt samtliga delsteg och antaganden, samt markera när switchen är öppen eller stängd. (3 p)
- Beräkna den lägsta strömmen som omriktaren kan leverera till elmaskinen vid dess märkspänning, så att omriktaren fortfarande arbetar i CCM (2 p)
- Vilken typ av omriktare behövs, 1-kvadrant-, 2-kvadrant- eller 4-kvadrant, för att vinschen skall kunna hissa upp och ner kroken, med och utan last? Motivera ditt svar. (1 p)

7. Resonans (6 p)

Kretsen nedan har två olika lägen som väljs med strömbrytaren SB. För båda lägena finns en resonansvinkelfrekvens, ω_1 när SB är öppen och ω_2 när SB är sluten.

- Då SB är öppen har vi en enkel serieresonanskrets. Beräkna resonansvinkelfrekvensen ω_1 om $R_1 = 200 \Omega$, $L = 10*MM \text{ mH}$ och $C = MM \mu\text{F}$, där MM är din födelsemånad. (2 p)
- Skriv ned uttrycket för kretsens impedans då SB är sluten. Uttrycket ska vara på rektangulär komplex form och vara uttryckt i ω , R_1 , R_2 , L och C . (2 p)
- Då SB är sluten kan vi inte använda formlerna för serieresonansfrekvens eller parallellresonansfrekvens, men det grundläggande villkoret för resonans gäller fortfarande. Skriv uttrycket för resonansvinkelfrekvensen ω_2 uttryckt i R_1 , R_2 , L och C . (2 p)

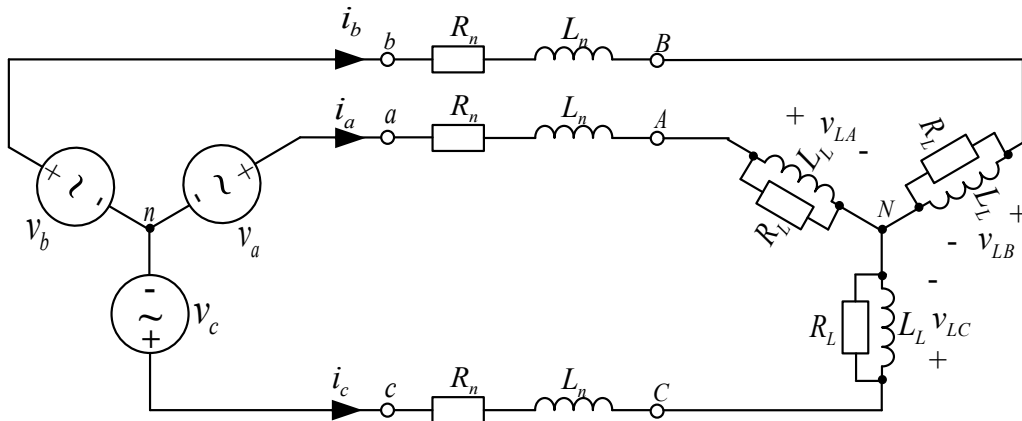


8. Trefas (8 p)

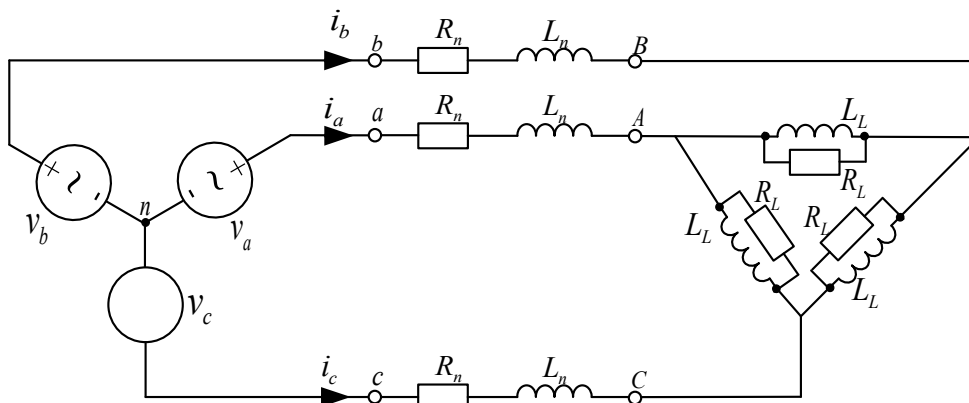
Nedan visas två stycken tre-fas Thévenin ekvivalenta kretsar för elnät med två olika induktiva laster. I båda kretsarna är källans huvudspänning 500 V RMS 50 Hz, nät- och lastimpedanser fås enligt tabellen nedan, där (ÅÅÅÅMMDD) motsvarar tentandens födelsedata:

	R	L
Nät	$R_n = 0.2 + MM/10 \Omega$	$L_n = 1 \text{ mH}$
Last	$R_L = 20 \Omega$	$L_L = 0.2 + DD/400 \text{ H}$

Krets A:



Krets B:



- För både **krets A** och **krets B**, beräkna strömmen genom elnätet. (3 p)
- För **krets A**, beräkna:
 - lastens effektfaktor
 - värdet på den komponent som skulle behöva kopplas in för att lastens totala effektfaktor skall bli 1, samt nämn vilken typ av komponent som behövs och beskriv hur den ska kopplas in. (2 p)
- För **krets B**, beräkna:
 - spänningsfallet över elnätet
 - den aktiva och reaktiva effekten som utvecklas i lasten. (3 p)