

Tentamen Elektriska Kretsar och Elenergi för Z2 (RRY135).

2019-04-26, 14:00-18:00.

Institutionen för Rymd-, geo- och miljövetenskap.

Ansvarig lärare:

Leif Eriksson, ankn 4856, besöker tentamen ca 15:00 och 16:30

Emma Arfa Grunditz, ankn 6010, besöker tentamen ca 15:00 och 16:30

Examinator: Leif Eriksson

Tillåtna hjälpmedel (indexeringar och markeringar är tillåtna i Formelsamling samt tabellverk):

Formelsamling: E. Palmberg "Elektriska kretsar och Elenergi".

Tabellverk: Physics Handbook, Mathematics Handbook.

Chalmersgodkänd räknare.

Betygsgränser (av maximalt 50 poäng):

Betyg 3: 20 poäng

Betyg 4: 30 poäng

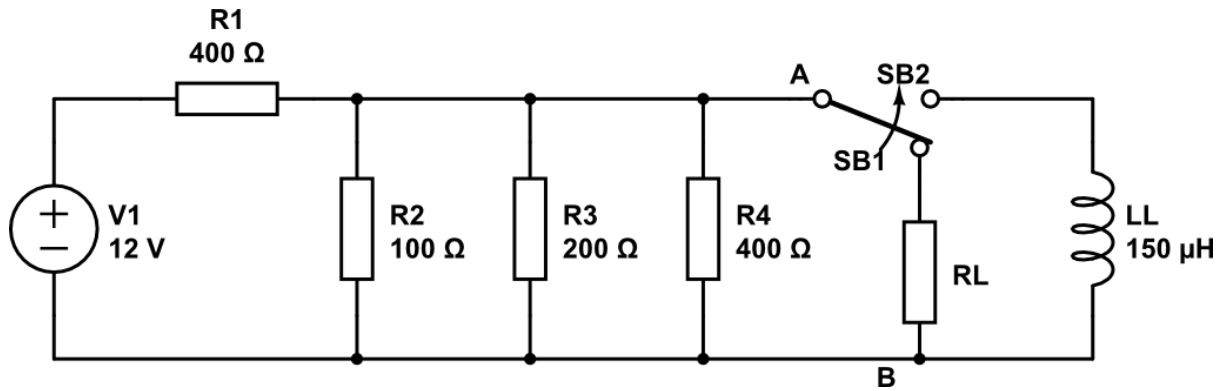
Betyg 5: 40 poäng

Granskning: Tid och plats anslås på hemsidan.

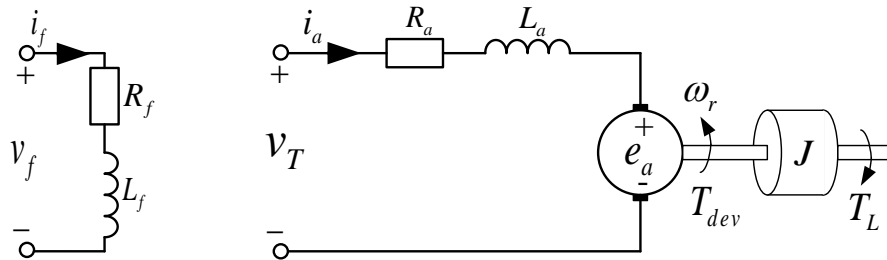
Kom ihåg! Rita tydliga figurer med referensriktningar och beteckningar.

Dimensionskontroll, Motiveringar. Om uppgifter saknas i problemtexten, gör då själv rimliga antaganden.

1. Likströmskretsen på nästa sida består av en tvåpol A-B som kan anslutas till två olika laster genom en strömbrytare som kan skifta mellan två lägen, SB1 och SB2. SB1 kopplar in den resistiva lasten RL och SB2 kopplar in den induktiva lasten LL.
 - a) Resistanserna R2, R3 och R4 kan ersättas med en ekvivalenta resistans Rp. Bestäm värdet på Rp. (1 p)
 - b) Bestäm Thévenin-ekvivalenten till tvåpolen A-B. (2 p)
 - c) Med strömbrytaren i läge SB1, anpassa värdet på lasten RL så att vi får maximal effekt i lasten. (1 p)
 - d) Vilken ström går genom R3 när RL är inkopplad och anpassad? Om du inte fått fram ett värde på RL i c) så antag att $RL = R2$. (2 p)
 - e) Efter att strömbrytaren varit i lägen SB1 under en längre period kopplas den över till läge SB2. Vad är spänningen över den induktiva lasten LL (i) precis innan strömbrytaren kopplas till läge SB2, (ii) precis efter omkoppling till SB2 och (iii) efter att strömbrytaren varit i läge SB2 så länge att stationärtillstånd uppnåtts. (2 p)
 - f) Skriv uttrycket för strömmen genom LL. Sätt tidpunkten $t = 0$ då strömbrytaren kopplas till läge SB2. Rita även en kurva som visar strömmen genom LL som funktion av tiden t. (3 p)



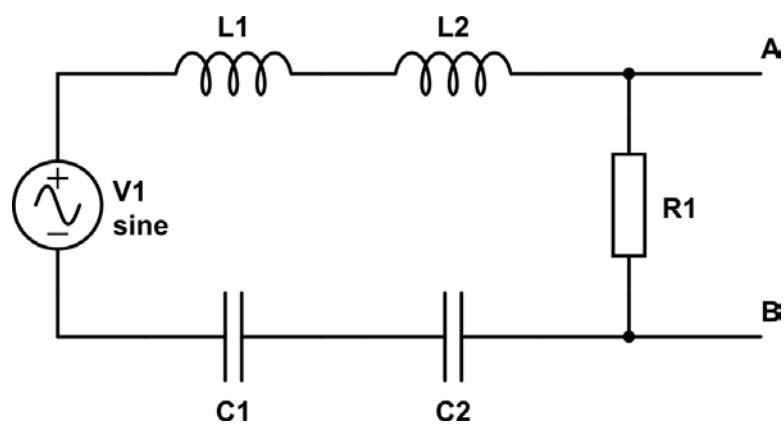
2. En separatmagnetiserad likströmsmotor driver en fläkt, som kan sägas ha ett lastmoment som är proportionellt mot varvtalet, $T_L = B \omega_m$ Nm. Vid märkdrift matas ankarlindningen och fältlindningen med 12V vardera från två separata omriktare, ankarströmmen är då 10A och tomgångsvarvtalet ($i_a=0$) är 5730 rpm. Fältlindningen har resistansen 10Ω och induktansen 200 mH, och ankarlindningen har resistansen 0.5Ω och induktansen 10 mH. Motor och last har tillsammans ett tröghetsmoment på $2 \cdot 10^{-4} \text{ kg m}^2$, och vid märkvarvtal är lastmomentet 80% av motorns märkmoment.



- Vid märkdrift, beräkna motorns flödeskonstant λ ($\lambda = k \cdot i_f$ Wb) och varvtal. (2p)
- När lasten är ansluten, beräkna det högsta varvtal som maskinen kan nå vid märkspänning på ankarkrets och fältkrets (om tidigare uppgift ej kunde lösas kan $\lambda=0.012$ Wb och $n_m=5570$ rpm användas). Hur stor är då ankarströmmen? (2p)
- Om fältspänningen sänks minskar motorns magnetisering, vilket gör att motorn kan rotera snabbare vid samma ankarmatning, men samtidigt producera ett något lägre vridmoment. Med samma last, hur snabbt kan motorn rotera utan att ankarspänningen på 12V och ankarströmmen på 10A överskrids? Och hur stor är då fältströmmen? (Om tidigare uppgift ej kunde lösas kan $\lambda=0.012$ Wb och $n_m=5570$ rpm användas vid märkdrift och $B=5 \cdot 10^{-4} \text{ Nm rad/s.}$) (2p)
- Antag att det råder stationärtillstånd i fältlindningen vid märkspänning, men att ankarlindningen varit fränkopplad sin spänningskälla under lång tid. Plötsligt slås spänningsmatningen till och ankarlindningen kopplas omedelbart till 12V källan. Lasten är ansluten. Skissa hur ankarström och varvtal ser ut under startförloppet, och beräkna approximativt strömmens högsta värde. Vad skulle ytterligare behöva tas hänsyn till för ett mer korrekt värde på max-strömmen? (2p)

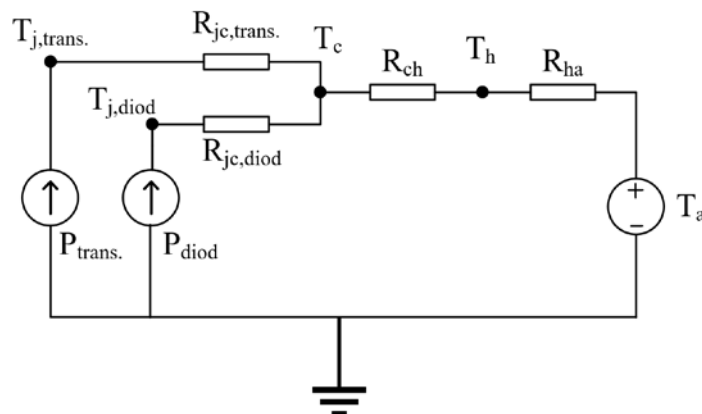
3. En sinusformad spänningskälla $v(t)=10\cos(\omega t)$ V är kopplad till en krets enligt figur. Antag att $L_2 = 3 \cdot L_1$ och $C_2=3 \cdot C_1$.

- Beräkna inimpedansen $Z_{in}(\omega)$ som spänningskällan ser. Ange impedansen på rektangulär komplex form. Ange svaret med R_1 , L_1 , C_1 och ω . (2 p)
- Sätt in följande komponentvärden: $R_1=100 \Omega$, $L_1=2$ mH och $C_1=\frac{2}{3}$ mF och beräkna inimpedansen $Z_{in}(\omega)$ för $\omega=5000$ rad/s. Ange $Z_{in}(\omega)$ på polär komplex form. Är $Z_{in}(\omega)$ kapacitiv eller induktiv vid denna vinkelfrekvens? (2p)
- Beräkna spänningen över R_1 $v_{R_1}(t)$ i tidsplanet. Använd samma komponentvärden och vinkelfrekvens som i b). (2p)
- Vid en viss vinkelfrekvens $\omega=\omega_0$ uppstår resonans i kretsen. Beräkna ω_0 . Använd samma komponentvärden som i b). (2p)



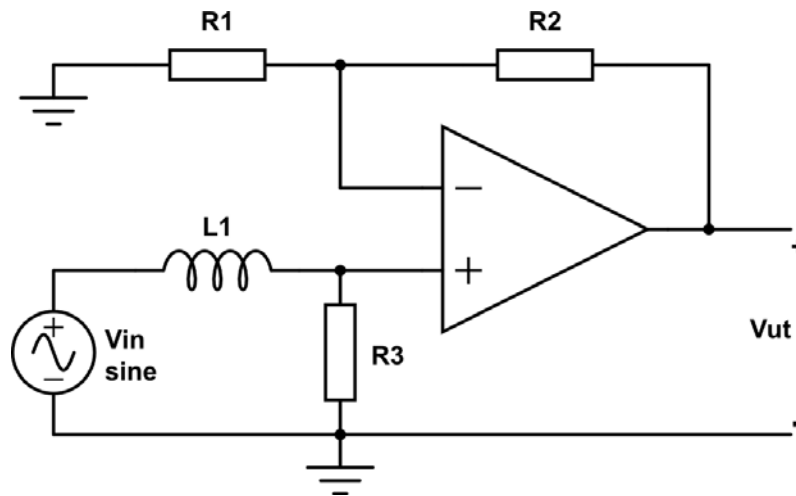
4. Din kompis vill ha hjälp med att designa en omvandlare för att ladda två seriekopplade likadana båt batterier med en solcellspanel bestående av 20 celler. Batterispänningen för ett batteri kan variera mellan 12V och 14V, och vid stark solinstrålning kommer solpanelen som högst ge en spänning på 10V och en ström på 3A. Ni har tillgång till en lämplig switch, diod och kondensator samt en induktans på 250 μH . Vid en viss tidpunkt är solinstrålningen maximal samtidigt som batterispänningen hos båda batterierna har sitt lägsta värde.
- Vilken av de två kraftelektroniska DC/DC omvandlare som behandlas i kursen skall du välja, motivera varför (1p)
 - Härled och beräkna duty cyclen i den nämnda tidpunkten. (2p)
 - Skissa strömmarna genom **switchen**, **dioden**, **kondensatorn**, och den resistiva **lasten**, samt spänningen över **switchen** och **induktansen**, för två switch perioder (T_{sw}), då switchfrekvensen är 200kHz. Markera relevanta värden på x- och y-axlar. Rita även schemat för omvandlaren (se formelsamlingen) och sätt ut de strömmar och spänningar som du ritat (3p)
 - Termiska kretsar kan analyseras på liknande sätt som elektriska där $P=\Delta T/R_{th}$ är analogt med ohms lag (P =effekt W, T = temperatur K eller $^{\circ}\text{C}$ och R_{th} =termisk resistans K/W). I det aktuella driftfallet har transistorn och dioden 1W i förluster var och egen inkapsling, men sitter på ett gemensamt kretskort som behöver en kylfläns, se termiska parametrar och krets nedan. I den aktuella tidpunkten, vilken är den högsta möjliga termiska resistansen för kylflänsen, för att varken transistorns eller diodens chiptemperatur skall överstiga 125°C , vid en omgivningstemperatur på 40°C i termiskt stationärtillstånd? Vilken av transistorn och dioden kommer att vara den dimensionerande komponenten, varför? (2p)

$R_{jc,trans}$: Kisel till kapsel, MOSFET	1.2 K/W
$R_{jc,diod}$: Kisel till kapsel, diod	1.5 K/W
R_{ch} : Kapsel till kylfläns, kretskort	0.5 K/W

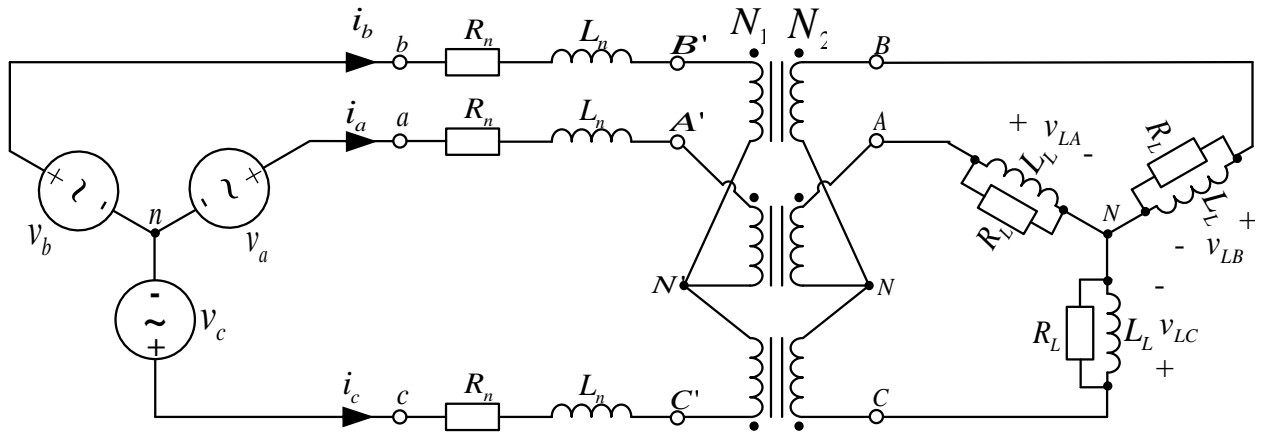


5. En sinusformad spänningskälla $v_{in}(t)=2\cos(\omega t)$ V med variabel vinkelfrekvens ω är kopplad till en op-krets enligt figur. Parametervärden: $R_1=1\text{ k}\Omega$, $R_2=9\text{ k}\Omega$, $R_3=50\text{ }\Omega$, och $L_1=250\text{ }\mu\text{H}$ Operationsförstärkaren kan antas vara ideal.

- Bestäm överföringsfunktionen $H(\omega)=V_{ut}/V_{in}$. (3 p)
- Skissa ett Bodediagram för beloppet av $H(\omega)_{dB}$. Ange värdet på maximal förstärkning (i dB) och värdet/värdena på brytfrekvensen/erna. (2 p)
- Vilken typ av filter representerar kretsen? Motivera svaret. (1 p)
- Bestäm utspänningen $v_{ut}(t)$ för $\omega=20\text{ krad/s}$. (2 p)



6. Ett elnätbolag vill ha hjälp av dig att faskompensera en induktiv 3-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, nätimpedansen är $R_n=50 \Omega$, $L_n=0.4 \text{ H}$ och lastimpedansen är $R_L=10 \Omega$, $L_L=25 \text{ mH}$.



- Beräkna den aktiva och reaktiva effekten ifrån spänningskällan och spänningen över lasten utan faskompensering. (3p)
- Faskompensera nu lasten så att $\cos\varphi$ för lasten blir 1 och beräkna värdet på den komponent du använder för faskompenseringen (2p)
- Beräkna de aktiva effektförlusterna i elnätet både med och utan faskompensering. Hur stor är ökningen eller minskningen av förlusterna procentuellt sett med faskompensering jämfört med fallet utan? (2p)