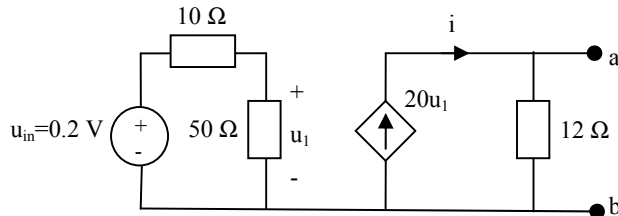


Korta lösningsförslag: Tentamen i Elektriska kretsar för Z1 19/8-2009.

1. Likströmskretsen nedan utgör en modell av en mikrofon (u_{in} , 10Ω) kopplad till en transistorförstärkare.
 - a) Bestäm Thevenins ekvivalenta tvåpol till kretsens utgång, tvåpolen a-b! (6p)
 - b) Bestäm den maximala effekt som kan utvecklas i en optimalt vald last R_L inkopplad mellan a-b. (4p)

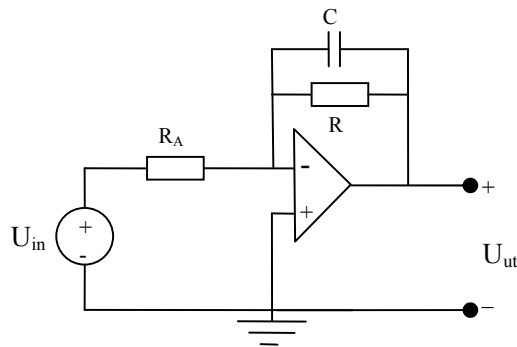


Lösning: a) Ekvivalent Thevenin utgörs av spänningskälla u_t i serie med resistans R_0 . Beräkna tomgångsspänningen $u_t = u_{ab}$ samt kortslutningsströmmen i_k (med a-b kortsluten) varefter $R_0 = u_{ab}/i_k$. Spänningsdelning ger $u_1 = 0.2 \cdot 50 / (50 + 10) = 1/6 \text{ V} \Rightarrow u_t = u_{ab} = 12 \cdot i = 12 \cdot 20u_1 = 40 \text{ V}$. Kortslut a-b $\Rightarrow i_k = 20u_1 = 20/6 \text{ A} \Rightarrow R_0 = u_t/i_k = 12 \Omega$. b) Välj $R_L = R_0 = 12 \Omega$ för maximal effekt $\Rightarrow P = R_L i_L^2 = 12 \cdot (40/(12+12))^2 = 33.3 \text{ W}$.

2. Antag att likspänningskällan i uppg. 1 byts ut mot en växelspänningskälla med $u_{in} = 0.2 \cos(100t) \text{ V}$.
 - a) Vad menas med begreppet "stationär växelström" ("stationär växelspänning")? (2p)
 - b) Hur modifieras resultatet i uppg. 1a med likspänningskällan utbytt mot växelspänningskällan? (2p)
 - c) Gör om beräkningen i uppg. 1b för maximal medeleffekt i lasten R_L med likspänningskällan utbytt mot växelspänningskällan och förklara skillnaden mellan resultaten! (6p)

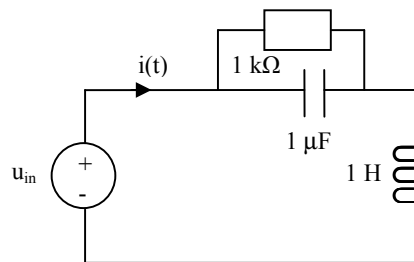
Lösning: a) Den växelspänning/ström som finns kvar när transienten har avklingat, sinusformade källor ger sinusformat stationärtillstånd med konstant amplitud, frekvens, fas. b) Spänningskällan u_t ersätts av den komplexa motsvarigheten $U_t = 40 \text{ V}$. c) $P = 0.5 R_L |I_L|^2 = 0.5 \cdot 33.3 \text{ W} = 16.7 \text{ W}$. Faktorn 0.5 kommer från tidsmedelvärde av $i^2 \sim (\cos \omega t)^2$.

3. Vxelspänningskällan $u_{in}(t) = u_0 \cos(\omega t) \text{ V}$ är kopplad till en aktiv filterkrets med operationsförstärkare enligt figur (se nästa sida). Operationsförstärkaren kan antas vara ideal.
 - a) Antag att $C = 1 \text{ nF}$. Bestäm resistanserna R och R_A så att överföringsfunktionen $H(j\omega) = U_{ut}/U_{in}$ uppfyller $|H| = 15$ vid låga frekvenser ($\omega \ll \omega_C$) med brytvinkelfrekvens $\omega_C = 100 \text{ krad/s}$. (7p)
 - b) Insignalens amplitud u_0 varieras enligt $0 < u_0 < 3 \text{ V}$ med $\omega = \omega_C$ och övriga parametrar enligt uppg. 3a. Skissa utsignales amplitud $|U_{ut}|$ som funktion av u_0 med hänsyn till den linjära op-modellens begränsningar. (3p)



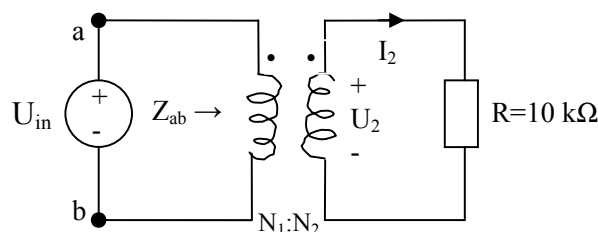
Lösning: a) Parallellkopplingen av R,C har impedansen $Z_2 = R \cdot 1/j\omega C / (R + 1/j\omega C) = R / (1 + j\omega RC)$. Inverterande förstärkarkoppling ger $H(j\omega) = U_{ut}/U_{in} = -Z_2/R_A = -R/R_A \cdot 1/(1 + j\omega RC) \rightarrow -R/R_A$ vid låga frekvenser. Detta är ett aktivt lågpasfilter med $\omega_C = 1/RC$. Villkoren enligt uppgift ger då $1/RC = 100 \cdot 10^3 \Rightarrow R = 10^4 \Omega$, samt $R/R_A = 15 \Rightarrow R_A = 667 \Omega$. b) $|U_{ut}|$ växer linjärt med u_0 upp till ett maxvärde $|U_{ut}| = u_{mättn} (\approx 15 \text{ V})$ då op-förstärkaren bottenar, se kompendium sidan 12.

4. I kretsen nedan är spänningskällan given enligt $u_{in}(t) = 2\cos(\omega t) \text{ V}$.
- Antag att $\omega = 1000 \text{ rad/s}$. Beräkna strömmen $i(t)$. (5p)
 - Beräkna den komplexa effekt S som spänningskällan avger! Visa att den av källan avgivna komplexa effekten upptas av impedanserna, dvs visa att $S_{avgiven} = S_{mottagen}$. (5p)



Lösning: a) Beräkna först impedansen Z_{in} som spänningskällan ser. Parallellkopplingen av R,C ger $Z_{RC} = 1000 / (1 + j) \Omega$ vilket ger $Z_{in} = 500(1 + j) \Omega$. $I = U_{in}/Z_{in} = 2 / (500(1 + j)) \text{ A} = 2(1 - j) \text{ mA} = 2(2)^{0.5} e^{-j45^\circ} \text{ mA} \Rightarrow i(t) = \text{Re}\{I e^{j1000t}\} = 2(2)^{0.5} \cos(1000t - 45^\circ) \text{ mA}$. b) $S_{avgiven} = 0.5 U_{in} I^* = 2(2)^{0.5} e^{+j45^\circ} \text{ mVA} = 2(1 + j) \text{ mVA}$. $S_{mottagen} = 0.5 Z_{in} |I|^2 = 500(1 + j) 4 \cdot 10^{-6} \text{ VA} = 2(1 + j) \text{ mVA} = S_{avgiven}$.

5. En växelspänningskälla $u_{in} = 10\cos(500t + 35^\circ) \text{ V}$ kopplas till en last via en transformator enligt figur. Strömmen I_2 uppmäts till $|I_2| = 5 \text{ mA}$ (toppvärde). Transformatorn kan antas vara ideal.
- Beräkna transformatorns omsättningstal $n = N_1/N_2$! (6p)
 - Beräkna inimpedansen Z_{ab} som spänningskällan ser. (2p)
 - Nämna några skillnader mellan en verklig transformator och den ideala modellen av transformatorn. (2p)



Lösning: a) Transformatorekvationer ger $U_{in}/U_2 = N_1/N_2 = n$, $U_2 = I_2 R$ vilket ger $|U_{in}/(I_2 R)| = n$, dvs $n = 10 / (5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^4) = 1/5$. b) $Z_{ab} = R n^2 = 400 \Omega$. c) Ideal transformator försummar bl.a läckflöden och resistiva förluster i transformatorlindningarna.