

# ELEC-C4210 SÄHKÖTEKNIikka JA ELEKTRONIIKKA Kimmo Silvonen

**Tentti 28.3.2021. Saat vastata vain neljään tehtävään!**

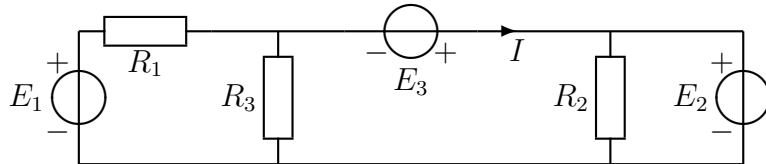
**Koe on suoritettava itsenäisesti. Kirjallisen materiaalin käyttö on kuitenkin sallittua.**

Vastaukset palautetaan MyCoursesiin esim. skannattuina tai valokuvattuina; suositeltavin tiedostomuoto on pdf tai jpg. Kaikkien tehtävien vastaukset saavat olla samassa PDF-tiedostossa (optimi); muussa tapauksessa tiedostojen yhteismäärä voi olla korkeintaan 20 ja tehtävän vastauksena saa tarvittaessa olla useampia tiedostoja. En voi kokeen aikana enää täsmentää tehtäviä, vaikka niissä olisi puutteita (harvoin on). Jos kokeen aikana tulee muita ongelmia, minulle voi lähettää suoraa sähköpostia: kimmo.silvonen@aalto.fi

**Tent 28.3.2021. Du får endast besvara fyra frågor! Tentamen skall skrivas utan hjälp av andra personer.** Användning av skriftligt material är tillåtet. Svar skrivna på papper (eller tablet) returneras (till exempel) skannade eller fotograferade (gärna pdf eller jpg) till MyCourses. Svaren på alla uppgifter kan vara i samma PDF-fil (optimalt). Om du har problem under tentamen, kan du skicka mig email: kimmo.silvonen@aalto.fi

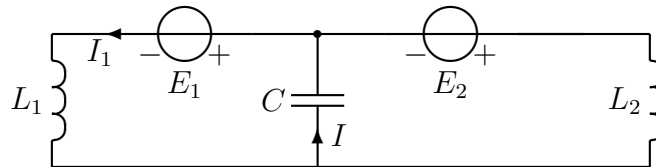
**1. Laske virta  $I$ . Beräkna strömmen  $I$ .**

$$R_1 = 4 \Omega, R_2 = 1 \Omega, R_3 = 4 \Omega, E_1 = 20 \text{ V}, E_2 = 10 \text{ V}, E_3 = 8 \text{ V}.$$



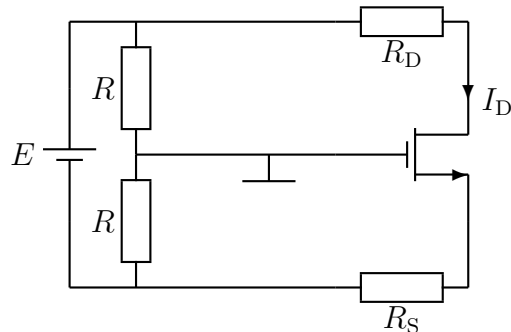
**2. Laske virta  $I$ . Beräkna strömmen  $I$ .**

$$L_1 = 2 \text{ H}, L_2 = 2 \text{ H}, C = 0,125 \text{ F}, \omega = 2 \frac{\text{rad}}{\text{s}}, E_1 = 2 \angle 0^\circ \text{ V}, E_2 = (2j + 4) \text{ V}.$$



**3. Laske virta  $I_D$ . Beräkna strömmen  $I_D$ .**

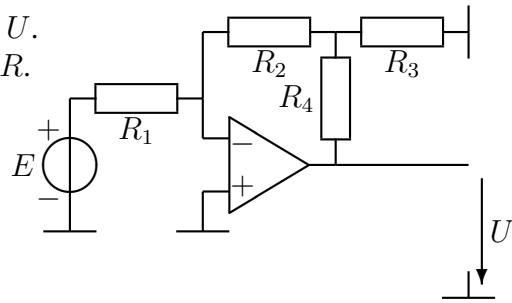
$$E = 5 \text{ V}, R = 10 \text{ k}\Omega, R_D = 3 \text{ k}\Omega, R_S = 1 \text{ k}\Omega, K = 0,5 \text{ mA/V}^2, U_t = 1 \text{ V}.$$



Käännä, vänd!

4. Laske lähtöjännite  $U$ . Beräkna spänningen  $U$ .

$$E = -0,05 \text{ V}, R_1 = R_3 = R, R_2 = R_4 = 10R.$$



5. Jos vastaat tähän tehtävään, jätä pois yksi tehtävistä 1–4.

Om du svarar på denna frågan, lämna bort en av frågorna 1–4.

7 oikein = 1 p, 16 tai 17 oikein = 10 p. Vääristä arvauksista ei mene miinus pisteitä.

7 rätt = 1 p, 16 eller 17 rätt = 10 p. Inga minuspoäng om du gissar fel.

Luettele oikeiden väittämien numerot.

Vilka påståenden är korrekta (nummer).

1. Tasavirtapiirissä olevan virtalähteen voi korvata virran muuttumatta oikean suuruisella jännitelähteellä.
1. DC-strömkällan kan bytas ut mot en späningskälla av rätt storlek utan att ändra strömmen.
2. Kun häviöttömän kelan yli kytketään tasajännite, kasvaa sen virta lineaarisesti ajan funktiona.
2. När DC-spänningen kopplas över en förlustfri spole, ökar dess ström linjärt som en funktion av tiden.
3. Kelan jännite voi olla hetkellisesti nolla, vaikka sen läpi kulkee virtaa.
3. Spänningen av en spole kan tillfälligt vara noll även om det går ström genom den.
4. Pätötehon  $P$  suuruus riippuu jännitteen ja virran vaihekulmien erotuksesta.
4. Storleken på den aktiva effekten  $P$  beror på skillnaden mellan spänningens och strömmens fasvinklar.
5. Aika-akselin nollakohdan muuttaminen ei muuta kompleksisen tehon reaali- tai imaginaariosaa.
5. Att ändra nollpunkten på tidsaxeln ändrar inte den reala eller imaginära delen av den komplexa effekten.
6. Kompleksisen impedanssin ja kompleksisen tehon kulmat ovat samat.
6. Fasvinklarna av komplexa impedansen och komplexa effekten är desamma.
7. Tehollisarvojen tulo  $|UI|$  on yhtä suuri kuin tehon hetkellinen huippuarvo, jos  $P = P_{\text{Average}} = 0$ .
7. Produkten av rms-värdenä  $|UI|$  är lika stor som toppvärdet av den momentana effekten, om  $P = P_{\text{Average}} = 0$ .
8. Korkein kotitalouksien 3-vaihejärjestelmässä esiintyvä hetkellinen jännite on  $\hat{u} = \sqrt{6} \cdot 230 \text{ V}$ .
8. Den högsta momentana spänningen i ett 3-fas hushållselsystem är  $\hat{u} = \sqrt{6} \cdot 230 \text{ V}$ .
9. Siirto johdon ominaisimpedanssi ei riipu johdon pituudesta.
9. Transmissionsledningens karakteristiska impedans beror inte på längden av kabeln.
10. Yleismittari ei yleensä mittaa sinimuotoisen virran tai jännitteen huippuarvoa.
10. Multimatern mäter vanligtvis inte toppvärdet för sinusformad ström eller spänning.
11. Vaikka diodilla on ns. kynnysjännite, sen ominaiskäyrä kulkee origon kautta.
11. Även om en diod har en sk tröskelspänning, går dess karakteristiska kurva genom origo.
12. Piensignaalianalyysi perustuu Taylorin sarjaan.
12. Småsignalanalys är baserad på Taylor-serien.
13. SAT-alueella fetin virta ei juuri riipu kanavan jännitteestä (kun  $r_o = \infty$ ).
13. I SAT-området beror fetströmmen inte (mycket) på kanalspänningen (när  $r_o = \infty$ ).
14. Jos  $U_{GS}$  on vakio, fetin virta  $|I_D|$  on pienimmillään triodi-alueella ja sulkuutilassa.
14. Om  $U_{GS}$  hålls konstant, är fetströmmen  $|I_D|$  som minst i triodområdet och i strypt (cutoff) tillstånd.
15. Operaatiovahvistin on pohjimmiltaan jännitevahvistin.
15. Operationsförstärkaren är egentligen en späningsförstärkare.
16. Lineaariregulaattori vaatii jäädytysen, ellei virta ole varsin pieni.
16. En linjär regulator kräver kylning, om strömmen inte är mycket låg.
17. Diodi ja ON/OFF-kytkin muodostavat hakkuriteholähteissä (SMPS) usein vaihtokytkimen.
17. En diod och en ON/OFF-brytare bildar ofta en växlingskopplare i SMPS-strömförsörjningsenheter.

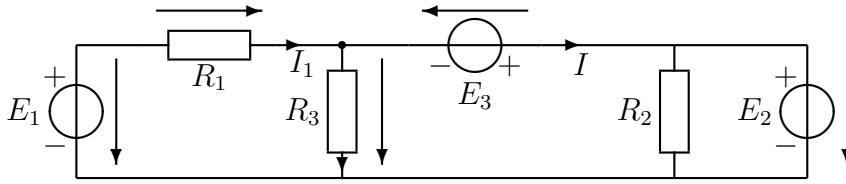
Ratkaisut tulevat kurssin sivulle MyCoon, arvosanat piakkoin Sisuun.

Svar och resultat kan hittas i MyCo och Sisu.

Hyvää jatkoa kaikille, t. X

1. Laske virta  $I$ . Beräkna strömmen  $I$ .

$R_1 = 4 \Omega$ ,  $R_2 = 1 \Omega$ ,  $R_3 = 4 \Omega$ ,  $E_1 = 20 \text{ V}$ ,  $E_2 = 10 \text{ V}$ ,  $E_3 = 8 \text{ V}$ .



$$-E_1 + R_1 I_1 + R_3(I_1 - I) = 0 \Rightarrow I_1 = \frac{E_1 + R_3 I}{R_1 + R_3} \quad (1)$$

$$-R_3(I_1 - I) - E_3 + E_2 = 0 \quad (2)$$

$$-R_3 I_1 + R_3 I = E_3 - E_2 = 0 \quad (3)$$

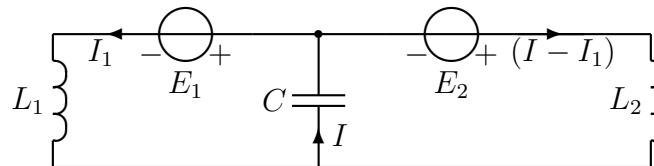
$$-R_3 \frac{E_1 + R_3 I}{R_1 + R_3} + R_3 I = E_3 - E_2 = 0 \quad (4)$$

$$-R_3 \frac{R_3 I}{R_1 + R_3} + R_3 I = E_3 - E_2 + R_3 \frac{E_1}{R_1 + R_3} = 0 \quad (5)$$

$$I = \frac{E_3 - E_2 + \frac{1}{2} E_2}{4 - 2} = 4 \text{ A} \quad (6)$$

2. Laske virta  $I$ . Beräkna strömmen  $I$ .

$L_1 = 2 \text{ H}$ ,  $L_2 = 2 \text{ H}$ ,  $C = 0,125 \text{ F}$ ,  $\omega = 2 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ ,  $E_1 = 2 \angle 0^\circ \text{ V}$ ,  $E_2 = (2j + 4) \text{ V}$ .



$$-j\omega L_1 I_1 - E_1 - \frac{1}{j\omega C} I = 0 \Rightarrow I_1 = \frac{E_1 + \frac{1}{j\omega C} I}{-j\omega L_1} \quad (7)$$

$$\frac{1}{j\omega C} I - E_2 + j\omega L_2(I - I_1) = 0 \quad (8)$$

$$\frac{1}{j\omega C} I - E_2 + j\omega L_2 I - j\omega L_2 I_1 = 0 \quad (9)$$

$$\frac{1}{j\omega C} I - E_2 + j\omega L_2 I + j\omega L_2 \frac{E_1 + \frac{1}{j\omega C} I}{j\omega L_1} = 0 \quad (10)$$

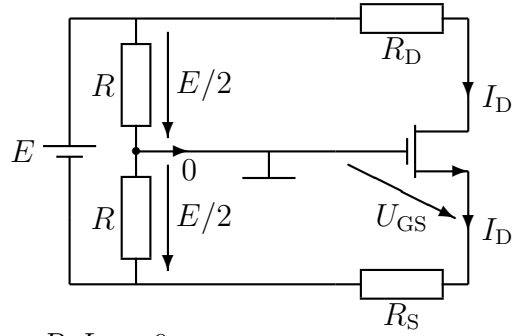
$$I = \frac{E_2 - \frac{L_2 E_1}{L_1}}{\frac{1}{j\omega C} + j\omega L_2 + \frac{L_2}{j\omega C L_1}} = \frac{E_2 - \frac{L_2 E_1}{L_1}}{-j \frac{1}{\omega C} + j\omega L_2 - j \frac{L_2/L_1}{\omega C}} \quad (11)$$

$$= \frac{E_2 - E_1}{-j4} = \frac{2j + 2}{-j4} = -0,5 + 0,5j \quad (12)$$

$$I = 0,707 \angle 135^\circ \text{ A} \quad (13)$$

3. Laske virta  $I_D$ . Beräkna strömmen  $I_D$ .

$$E = 5 \text{ V}, R = 10 \text{ k}\Omega, R_D = 3 \text{ k}\Omega, R_S = 1 \text{ k}\Omega, K = 0,5 \text{ mA/V}^2, U_t = 1 \text{ V}.$$



$$-E + R_D I_D + U_{DS} + R_S I_D = 0 \quad (14)$$

$$\Rightarrow U_{DS} = E - (R_D + R_S) I_D \quad (15)$$

$$-E/2 + U_{GS} + R_S I_D = 0 \Rightarrow U_{GS} = E/2 - R_S I_D \quad (16)$$

Oletus: SAT-alue:

$$U_{GS} = E/2 - R_S K (U_{GS} - U_t)^2 \quad (17)$$

$$U_{GS} = 2,5 - 0,5 (U_{GS} - 1)^2 \quad (18)$$

$$2U_{GS} = 5 - U_{GS}^2 + 2U_{GS} - 1 \quad (19)$$

$$U_{GS}^2 = 5 - 1 = 4 \quad (20)$$

$$U_{GS} = 2 \text{ V} \geq U_t \quad (21)$$

$$I_D = K (U_{GS} - U_t)^2 = 0,5 \text{ mA} \quad (22)$$

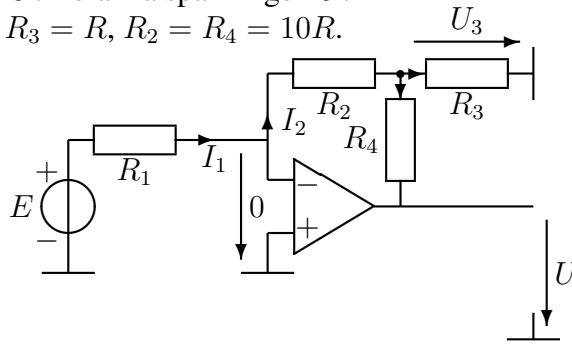
Koska

$$U_{DS} = E - (R_D + R_S) I_D = 3 \geq U_{GS} - U_t \quad (23)$$

FET toimii oletuksen mukaan SAT-alueella ja laskettu  $I_D$  on siis oikea.

4. Laske lähtöjännite  $U$ . Beräkna spänningen  $U$ .

$$E = -0,05 \text{ V}, R_1 = R_3 = R, R_2 = R_4 = 10R.$$



$$I_1 = I_2 \Rightarrow \frac{E - 0}{R_1} = \frac{0 - U_3}{R_2} \Rightarrow U_3 = -\frac{R_2}{R_1} E \quad (24)$$

$$I_2 = I_1 = I_3 + I_4 \Rightarrow \frac{E - 0}{R_1} = \frac{U_3}{R_3} + \frac{U_3 - U}{R_4} \quad (25)$$

$$\frac{E}{R_1} = \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) U_3 - \frac{U}{R_4} = -\left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) \frac{R_2}{R_1} E - \frac{U}{R_4} \quad (26)$$

$$U = -E \frac{R_4}{R_1} - \left( \frac{R_4}{R_3} + 1 \right) \frac{R_2}{R_1} E = 6 \text{ V} \quad (27)$$

5. Kaikki väittämät ovat oikein. Monivalintakysymyksissä ei saisi olla lausemuotoisia väärä väittämiä, koska ne jäävät tarpeettomasti soimaan päässä.