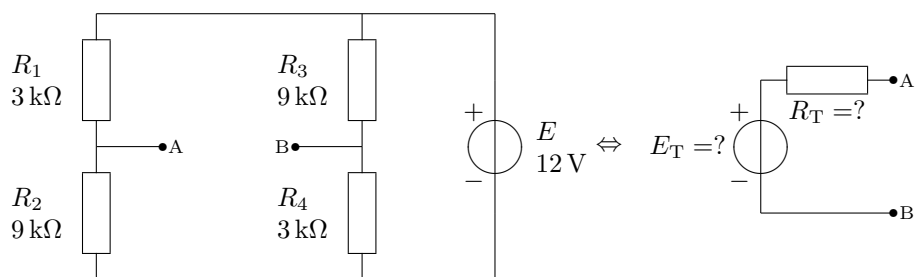
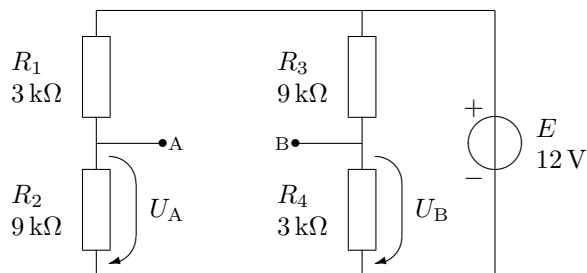


Ratkaisu Sähkö & Tele -lehden numerossa 1/2022 olleeseen pähkinään

Kuvan piiristä piti muodostaa Théveninin lähde eli selvittää E_T ja R_T .



Ratkaistaan ensin E_T , koska se on helpompi: E_T selviää laskemalla solmujen A ja B välinen tyhjäkäyntijännite. Se ratkeaa esimerkiksi ratkaisemalla ensin vastusten R_2 ja R_4 yli olevat jännitteet jännitteenjakosäännön avulla:

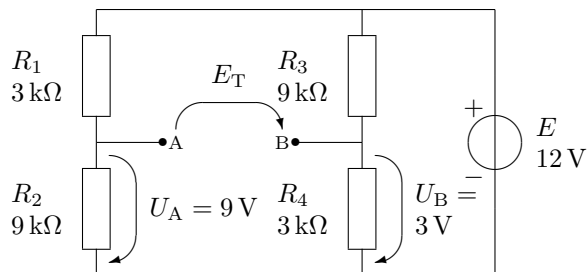


Jännitteenjakosäännön nojalla

$$U_A = E \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 12 \text{ V} \frac{9 \text{ k}\Omega}{3 \text{ k}\Omega + 9 \text{ k}\Omega} = 12 \text{ V} \frac{9}{12} = 9 \text{ V} \quad (1)$$

ja

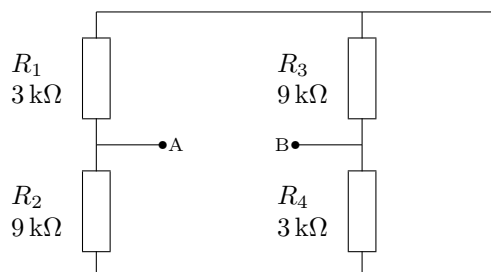
$$U_B = E \frac{R_4}{R_3 + R_4} = 12 \text{ V} \frac{3 \text{ k}\Omega}{9 \text{ k}\Omega + 3 \text{ k}\Omega} = 12 \text{ V} \frac{3}{12} = 3 \text{ V}. \quad (2)$$



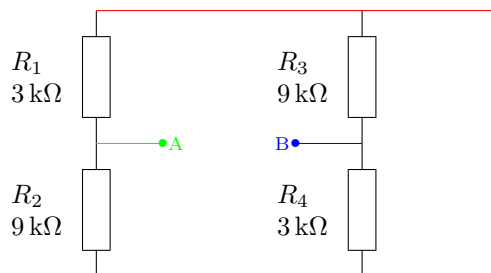
Kirchhoffin jännitelain nojalla

$$E_T = U_A - U_B = 9 \text{ V} - 3 \text{ V} = 6 \text{ V}. \quad (3)$$

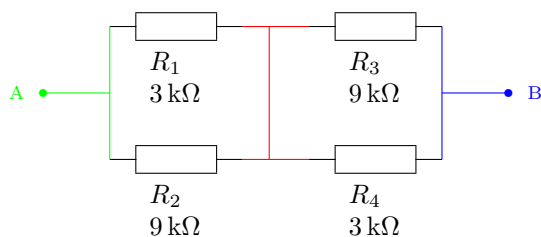
R_T on tässä tapauksessa helpointa ratkaista lähteiden sammuttamismenetelmällä: sammutetaan piiristä kaikki riippumattomat lähteet ja lasketaan solmujen A ja B välinen resistanssi:



Tässä piilee tehtävän haastavin osuus: piirin topologia on helppo hahmottaa väärin ja seota siinä, mitkä vastuksista ovat keskenään rinnan tai sarjassa. Piirissä (josta lähde on sammutettu) on kolme solmua: A, B ja kolmas solmu, johon kaikki vastusten päät ovat yhteydessä. Merkitään solmuja väreillä selvyyden vuoksi:



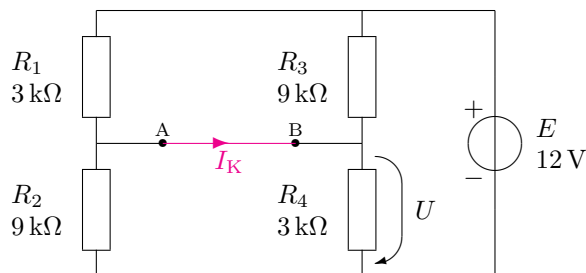
Vastukset R_1 ja R_2 ovat toisesta päästään kiinni solmussa A ja toisesta päästään kiinni punaisessa solmussa, joten molempien yli on sama jännite joten R_1 ja R_2 ovat rinnankytkettyjä. Sama koskee vastuksia R_3 ja R_4 : ne ovat toisesta päästään kiinni solmussa B ja toisesta päästään kiinni punaisessa solmussa, ja molempien yli on sama jännite eli R_3 ja R_4 ovat rinnankytkettyjä. Nämä rinnankytkennät taas ovat keskenään sarjassa, koska molempien rinnankytkentöjen läpi kulkee yksi ja sama virta. Tilanteen hahmottamista voi helpottaa jos piirtää piirin eri asentoon:



Solmujen A ja B välinen resistanssi eli R_T on siis

$$R_T = R_1 || R_2 + R_3 || R_4 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = 4,5 \text{ k}\Omega. \quad (4)$$

R_T voidaan laskea myös oikosulkuvirtamenetelmällä: oikosuljetaan A ja B ja lasketaan oikosulkuvirta I_K :



Oikosuljetussa piirissä vastukset R_1 ja R_3 ovat rinnakkain, samoin vastukset R_2 ja R_4 . Nämä rinnankytkennät puolestaan ovat keskenään sarjassa, joten ratkaistaan vastusten R_2 ja R_4 rinnankytkennän jännite jännitteenjakosäännöllä

$$U = E \frac{R_2 || R_4}{R_1 || R_3 + R_2 || R_4} = E \frac{1}{2} = 6 \text{ V} \quad (5)$$

Virta I_K voidaan nyt laskea esimerkiksi Kirchhoffin virtalain mukaan vähentämällä vastuksen R_4 virrasta vastuksen R_2 virta:

$$I_K = \frac{U}{R_4} - \frac{U}{R_2} = \frac{6 \text{ V}}{3 \text{ k}\Omega} - \frac{6 \text{ V}}{9 \text{ k}\Omega} = 2 \text{ mA} - \frac{2}{3} \text{ mA} = 1\frac{1}{3} \text{ mA} \quad (6)$$

Ja nyt oikosulkuvirran I_K ja E_T :n avulla saadaan laskettua R_T :

$$R_T = \frac{E_T}{I_K} = \frac{6 \text{ V}}{1\frac{1}{3} \text{ mA}} = 4,5 \text{ k}\Omega \quad (7)$$

mikä on sama tulos kuin lähteiden sammuttamismenetelmällä, kuten pitääkin.



Teoria unohtunut?

Jos Théveninin teoreema ja jännitteenjakosääntö kaipaavat kertausta, tutustu materiaaleihin osoitteissa <http://aoe.fi/#/materiaali/1900> (Théveninin teoreema) ja <http://fi.wikipedia.org/> (Jännitteenjakosääntö).