

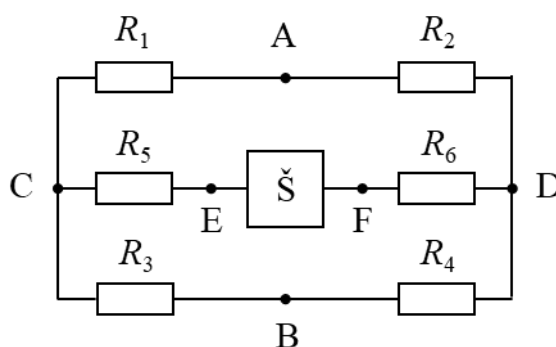
16-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
11-oji užduotis Nr. FT16-11 / 2023 01 30 – 2023 02 26

Sąlyga / FT16-11 ▼

Varžų junginys

Prie nuolatinės elektros srovės šaltinio Š, kurio elektromotris $E = 9 \text{ V}$, buvo prijungti šeši varžai, kurių elektrinės varžos: $R_1 = 10 \ \Omega$, $R_2 = R_5 = 20 \ \Omega$, $R_3 = 30 \ \Omega$ ir $R_4 = R_6 = 40 \ \Omega$. Didelės elektrinės varžos voltmetru buvo išmatuota elektrinė įtampa tarp paveiksle parodytų junginio taškų A ir B. Voltmetro rodmuo $U_{AB} = 0,2 \text{ V}$. Raskite:

- 1) Junginio elektrinę varžą;
- 2) Voltmetro rodmenis, jei elektrinė įtampa juo būtų matuojama tarp taško A ir kitų taškų: C, D, E ir F;
- 3) Elektros srovės galią varžuose;
- 4) Šaltinio vidinę varžą.



Užduotį parengė doc. dr. Stasys Tamošiūnas – Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto Fotonikos ir nanotechnologijų instituto senjoras, mokyklos „Fizikos olimpas“ direktorius, steigėjų tarybos narys ir dėstytojas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2023 01 30.

Aiškinamasis sprendimas / FT16-11 ▼

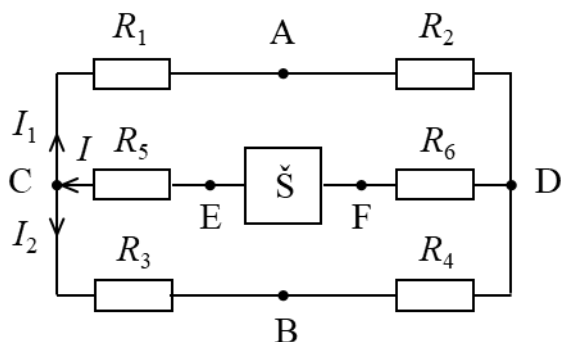
Duota: $E = 9 \text{ V}$, $R_1 = 10 \ \Omega$, $R_2 = R_5 = 20 \ \Omega$, $R_3 = 30 \ \Omega$, $R_4 = R_6 = 40 \ \Omega$, $U_{AB} = 0,2 \text{ V}$.

Rasti: R , U_{AC} , U_{AD} , U_{AE} , U_{AF} , P , r .

Sąlygoje duotas teigiamas voltmetro rodmuo $U_{AB} > 0$ reiškia, kad junginio taško A elektrinis potencialas yra didesnis už taško B elektrinį potencialą ir taškas E yra ties šaltinio Š teigiamuoju, o taškas F - ties neigiamuoju poliumi. Nesunku įsitikinti, kad būtent tada įtampos U_{CD} dalikliai $R_1 + R_2$ ir $R_3 + R_4$ padalija ją taip, kad įtampa varžoje R_2 yra didesnė, nei varžoje R_4 :

$$\frac{U_{CD}}{R_1 + R_2} R_2 > \frac{U_{CD}}{R_3 + R_4} R_4.$$

Paveiksle rodyklėmis parodytos sąlygoje duotą voltmetro rodmenį atitinkančios elektros srovių kryptys varžuose. Iš šaltinio per varžą R_5 tekanti I stiprio elektros srovė varžų sujungimo taške C išsišakoja į I_1 ir I_2 lygiagrečiai sujungtose dviejose atšakose ($I = I_1 + I_2$), kurių varžos $R_1 + R_2$ ir $R_3 + R_4$, o po taško D varžoje R_6 teka į šaltinį, todėl junginio elektrinė varža:



$$R = R_5 + R_{1-4} + R_6 = R_5 + \frac{(R_1+R_2)(R_3+R_4)}{R_1+R_2+R_3+R_4} + R_6;$$

$$R = 20 + \frac{(10+20)(30+40)}{10+20+30+40} + 40 = 81 (\Omega).$$

Elektrinių įtampų tarp grandinės taškų, o kartu ir kitų voltmetro rodmenų radimui įtraukime į žaidimą duotą voltmetro rodmenį U_{AB} , pasinaudodami elektros srovių stiprių ir elektrinių įtampų sąryšiais pagal Omo dėsnį grandinės daliai:

$$I_1 = \frac{U_{CD}}{R_1+R_2}; I_2 = \frac{U_{CD}}{R_3+R_4}; U_{AB} = I_1 R_2 - I_2 R_4 = U_{CD} \left(\frac{R_2}{R_1+R_2} - \frac{R_4}{R_3+R_4} \right);$$

$$U_{CD} = \frac{U_{AB}}{\frac{R_2}{R_1+R_2} - \frac{R_4}{R_3+R_4}}; U_{CD} = \frac{0,2}{\frac{20}{10+20} - \frac{40}{30+40}} = 2,1 (\text{V}).$$

$$U_{AC} = -I_1 R_1 = -\frac{U_{CD}}{R_1+R_2} R_1; U_{AC} = -\frac{2,1}{10+20} 10 = -0,7 (\text{V}).$$

$$U_{AD} = I_1 R_2 = \frac{U_{AC} R_2}{R_1}; U_{AD} = \frac{0,7 \cdot 20}{10} = 1,4 (\text{V}).$$

$$U_{AE} = U_{AC} + U_{CE} = U_{AC} - (I_1 + I_2) R_5 = U_{AC} - U_{CD} R_5 \left(\frac{1}{R_1+R_2} + \frac{1}{R_3+R_4} \right);$$

$$U_{AE} = -0,7 - 2,1 \cdot 20 \left(\frac{1}{10+20} + \frac{1}{30+40} \right) = -2,7 (\text{V}).$$

$$U_{AF} = U_{AD} + (I_1 + I_2) R_6 = U_{AD} + U_{CD} R_6 \left(\frac{1}{R_1+R_2} + \frac{1}{R_3+R_4} \right);$$

$$U_{AF} = 1,4 + 2,1 \cdot 40 \left(\frac{1}{10+20} + \frac{1}{30+40} \right) = 5,4 (\text{V}).$$

Elektros srovės galia šaltinio apkrovos varžuose yra tiesiai proporcinga elektrinės įtampos tarp šaltinio gnybtų $U_{EF} = U_{EA} + U_{AF}$ kvadratui:

$$P = \frac{U_{EF}^2}{R} = \frac{(-U_{AE} + U_{AF})^2}{R}; P = \frac{(2,7+5,4)^2}{81} = 0,81 (\text{W}).$$

Remdamiesi Omo dėsniumi visai grandinei randame elektros srovės šaltinio vidinę varžą:

$$I = \frac{E}{R+r} = \frac{U_{EF}}{R}; r = R \left(\frac{E}{-U_{AE} + U_{AF}} - 1 \right); r = 81 \left(\frac{9}{2,7+5,4} - 1 \right) = 9 (\Omega).$$

Visos elektrinės grandinės varžą rasime sudėję apkrovos ir šaltinio varžas:

$$R_v = R + r; R_v = 81 + 9 = 90 (\Omega).$$

Aiškinamąjį sprendimą pateikė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2023 03 16.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT16-11 ▼

Visiškai teisingą sprendimą pateikė vienas turnyro dalyvis. Dauguma suklydo nenustatę visų elektrinių įtampų ženklų, kuomet iš taško A elektrinio potencialo tenka atimti kitų užduoties sąlygoje paminėtų taškų elektrinius potencialus.

Sprendimų aptarimą parengė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2023 03 16.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT16-11 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Junginio elektrinė varža	2
2.	Voltmetro rodmenys	4
3.	Elektros srovės galia	2
4.	Šaltinio vidinė varža	2
5.	Vėlavimas pateikti sprendimą (vienai parai)	-1
6.	Nerodomi skaičiavimai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-4)	-0,5
7.	Netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-4)	iki (-1)
Didžiausias galimas sprendimų įvertinimas		10

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelę parengė užduoties autorius doc. dr. Stasys Tamošiūnas.

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2023 03 16.