

14-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
8-oji užduotis Nr. FT14-8 / 2020 12 14 – 2021 01 10

Elektros grandinės tyrimas voltmetru

Sąlyga / FT14-8 ▼

Uždarą elektros grandinę sudaro $2\ \Omega$ vidinės varžos srovės šaltinis ir prie jo labai mažos varžos laidais prijungti trys vienodi po $20\ \Omega$ varžai. Matuojant elektrinę įtampą $200\ \Omega$ varžos voltmetru buvo nustatyta, kad viename iš varžų ji yra $14,46\ \text{V}$, o kituose - ji vienoda ir lygi $7,25\ \text{V}$. Pagal šiuos eksperimento duomenis reikia nustatyti ir nubrėžti grandinės elektrinę schemą, apskaičiuoti voltmetro rodomą įtampą, ją prijungus prie šaltinio gnybtų, šaltinio elektrovarą bei jo trumpojo jungimo elektros srovės stiprį.

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

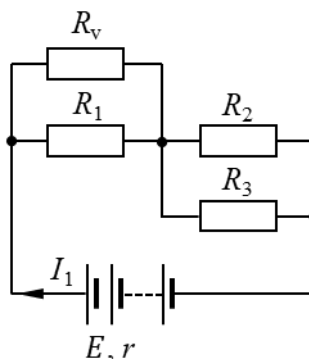
▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2020 12 14.

Aiškinamasis sprendimas / FT14-8 ▼

Duota: $r = 2\ \Omega$; $R_1 = R_2 = R_3 = 20\ \Omega$; $R_v = 200\ \Omega$; $U_1 = 14,46\ \text{V}$; $U_2 = 7,25\ \text{V}$.

Rasti: U_3 ; E ; I' .

Voltmetras yra jungiamas lygiagrečiai grandinės daliai, kurioje matuojama elektrinė įtampa. Jei varžai būtų tarpusavyje sujungti nuosekliai arba lygiagrečiai, tai išmatuotos juose visuose įtampos būtų vienodos, o to nėra. Todėl yra galimi du mišraus varžų jungimo variantai: 1) prie vieno varžo nuosekliai prijungti kiti du tarpusavyje lygiagrečiai sujungti varžai; 2) prie vieno varžo lygiagrečiai prijungti kiti du tarpusavyje nuosekliai sujungti varžai. Antrasis variantas kelia įtarimų dėl to, kad užduotyje prašoma apskaičiuoti voltmetro rodomą įtampą, ją prijungus prie šaltinio gnybtų, o tai ir būtų užduoties sąlygoje duota $14,46\ \text{V}$ įtampa viename iš varžų ir nekorektiška yra prašyti ją apskaičiuoti. Todėl nagrinėkime tik pirmąjį variantą.



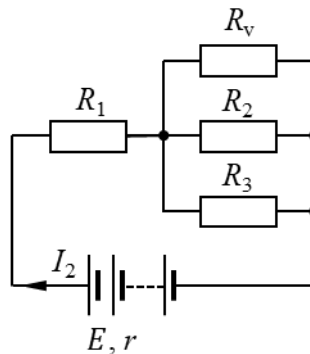
Elektros srovės stipris pagal Omo dėsnį visai grandinei:

$$I_1 = \frac{E}{r + \frac{R_1 R_v}{R_1 + R_v} + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}}$$

Pirmoji voltmetro rodoma įtampa (ji yra ta pati, kaip ir varžė R_1) pagal Omo dėsnį grandinės daliai:

$$U_1 = I_1 \frac{R_1 R_V}{R_1 + R_V} = \frac{E}{\frac{r(R_1 + R_V)}{R_1 R_V} + 1 + \frac{R_2 R_3 (R_1 + R_V)}{(R_1 + R_3) R_1 R_V}}.$$

Analogiškai pagal Omo dėsnį išreiškiame užduoties sąlygoje duotą antrąją voltmetro rodomą įtampą, kai jis yra prijungtas prie kitų dviejų tarpusavyje lygiagrečiai sujungtų varžų:



$$I_2 = \frac{E}{r + R_1 + \frac{R_2 R_3 R_V}{R_2 R_3 + R_2 R_V + R_3 R_V}};$$

$$U_2 = I_2 \frac{R_2 R_3 R_V}{R_2 R_3 + R_2 R_V + R_3 R_V} = \frac{E}{\frac{(r + R_1)(R_2 R_3 + R_2 R_V + R_3 R_V)}{R_2 R_3 R_V} + 1}.$$

Taigi, turime dvi galimybes šaltinio elektrovarai rasti:

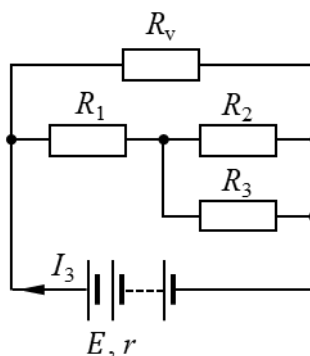
$$E = \left[\frac{r(R_1 + R_V)}{R_1 R_V} + 1 + \frac{R_2 R_3 (R_1 + R_V)}{(R_1 + R_3) R_1 R_V} \right] U_1;$$

$$E = \left(\frac{2 \cdot 220}{20 \cdot 200} + 1 + \frac{20 \cdot 20 \cdot 220}{40 \cdot 20 \cdot 200} \right) 14,46 \approx 24 \text{ (V)}.$$

$$E = \left[\frac{(r + R_1)(R_2 R_3 + R_2 R_V + R_3 R_V)}{R_2 R_3 R_V} + 1 \right] U_2;$$

$$E = \left[\frac{22(20 \cdot 20 + 20 \cdot 200 + 20 \cdot 200)}{20 \cdot 20 \cdot 200} + 1 \right] 7,25 \approx 24 \text{ (V)}.$$

Pagal Omo dėsnį, kai toje grandinėje voltmetras yra prijungtas prie šaltinio gnybtų:



$$I_3 = \frac{E}{r + \frac{R_V (R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3})}{R_V + R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}}};$$

$$U_3 = I_3 \frac{R_v \left(R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \right)}{R_v + R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} = \frac{E}{r \left(R_v + R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \right) + 1};$$

$$U_3 = \frac{24}{\frac{2 \left(220 + \frac{400}{40} \right)}{200(20+10)} + 1} \approx 22,29 \text{ (V)}.$$

Trumpojo jungimo atveju šaltinio gnybtai sujungiami itin mažos varžos laidininku ($R' \ll r$), tai elektros srovės stipris:

$$I' = \frac{E}{r}; I' = \frac{24}{2} = 12 \text{ (A)}.$$

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2021 01 27.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT14-8 ▼

Užduotį teisingai išsprendė didesnė dalis turnyro dalyvių, taikydami Omo dėsnį ir laidininkų mišraus jungimo taisykles, kai uždaros elektrinės grandinės išorinėje dalyje prie vieno varžo yra nuosekliai prijungti kiti du lygiagrečiai tarpusavyje sujungti varžai. Šešiams dalyviams iškart patiko antrasis varžų jungimo variantas, kuomet prie vieno varžo yra lygiagrečiai prijungti kiti du nuosekliai tarpusavyje sujungti varžai. Penki dalyviai analizavo abu mišraus jungimo variantus ir pasirinko pirmąjį, geriau suderinamą su užduoties sąlygoje pateiktais voltmetro rodmenimis.

Net pusė dalyvių nubrėztose grandinės elektrinėse schemose neparyškino taškų, kuriuose yra sujungti trys ar daugiau laidų (prarasta 0,5 balo). Keturių dalyvių pateiktose schemose nėra uždaros grandinės su šaltiniu, o du dalyviai net nesivargino braižyti kompiuteriu – įkėlė eskizo nuotrauką. Trys dalyviai išvedė ieškomų fizikinių dydžių matematinės formules ir neparodydami skaičiavimų iškart parašė skaitinius atsakymus, o vienas - paliko tik išvestas formules be skaitinių atsakymų.

Keturi dalyviai galėtų pastebėti, kad žemiau esančioje lentelėje yra vertinimo kriterijus Nr. 6, skirtas nepateisinamai vėluojantiems.

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2021 01 27.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT14-8 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Elektrinė schema	2
2.	Šaltinio elektrovara	4
3.	Voltmetro rodmuo jį prijungus prie šaltinio gnybtų	3
4.	Trumpojo jungimo elektros srovės stipris	1
5.	Pateikta ne pagal reikalavimus	-1
6.	Vėlavimas pateikti sprendimą (vienai parai)	-1
7.	Kiti netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-4)	iki (-2)
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 2021 01 27.