

14-ASIS FIZIKOS TURNYRAS
10-oji užduotis Nr. FT14-10 / 2021 01 25 – 2021 02 21

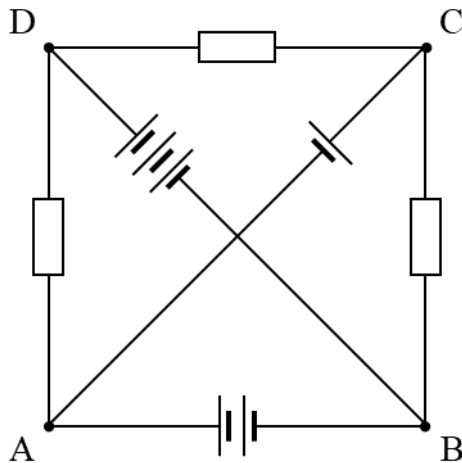
Kvadratas su elektros srovės šaltiniais įstrižainėse

Sąlyga / FT14-10 ▼

Elektros grandinėje yra trys srovės šaltiniai, kurių elektrosvaros lygios 1,5 V, 3 V ir 4,5 V, labai mažos varžos laidais sujungti su trimis vienodais po 10Ω varžais pagal pateiktą schemą, panašią į kvadratą su dviem šaltiniais įstrižainėse. Schemoje rodyklėmis parodykite grandinėje tekančių elektros srovių kryptis ir raskite:

- 1) srovių stiprius varžuose ir šaltiniuose;
- 2) įtampas tarp laidų sujungimo taškų A ir B, A ir C bei A ir D;
- 3) suminę galią varžuose;
- 4) visų šių fizikinių dydžių pokyčius, 3 V elektrosvaros šaltinį perjungus priešinga kryptimi.

Į šaltinių vidines varžas galima neatsižvelgti.



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 2021 01 25.

Aiškinamasis sprendimas / FT14-10 ▼

Duota: $E_1 = 1,5 \text{ V}$; $E_2 = 3 \text{ V}$; $E_3 = 4,5 \text{ V}$; $R_1 = R_2 = R_3 = R = 10 \Omega$.

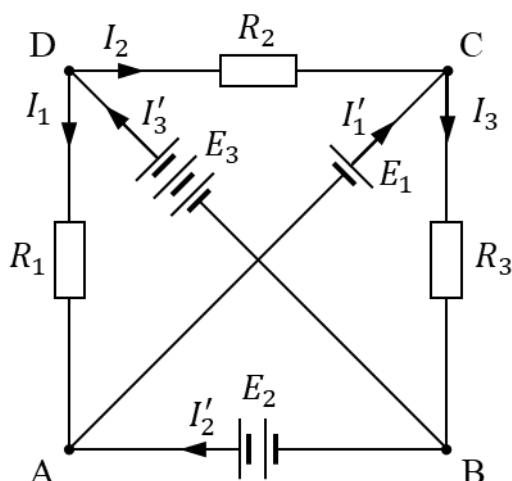
Rasti: I_1 ; I_2 ; I_3 ; I'_1 ; I'_2 ; I'_3 ; U_{AB} ; U_{AC} ; U_{AD} ; P ;

I_{1p} ; I_{2p} ; I_{3p} ; I'_{1p} ; I'_{2p} ; I'_{3p} ; U'_{AB} ; U'_{AC} ; U'_{AD} ; P' .

Elektros srovių kryptis pasirinkus taip, kad jos ištekėtų nuo šaltinių teigiamų polių, pirmuoju ir trečiuoju varžais tekėtų žemyn, o antruoju varžu – į dešinę, kaip parodyta žemiau pateiktame rodyklėmis papildytame paveiksle, pagal pirmąją Kirchhofo taisyklę sujungimo taškams ir pagal antrąją Kirchhofo taisyklę pasirinktiems kontūrams galime parašyti tokias lygtis:

$$I_1 - I'_1 + I'_2 = 0; \quad I_3 - I'_2 - I'_3 = 0; \quad I'_1 + I_2 - I_3 = 0; \quad -I_1 - I_2 + I'_3 = 0;$$

$$I_1 R_1 = -E_2 + E_3; I_2 R_2 = E_3 - E_2 - E_1; I_3 R_3 = E_2 + E_1.$$



Iš tų lygčių randame elektros srovės stiprius:

$$I_1 = \frac{E_3 - E_2}{R_1}; I_1 = \frac{4,5 - 3}{10} = 0,15 \text{ (A)};$$

$$I_2 = \frac{E_3 - E_2 - E_1}{R_2}; I_2 = \frac{4,5 - 3 - 1,5}{10} = 0;$$

$$I_3 = \frac{E_1 + E_2}{R_3}; I_3 = \frac{1,5 + 3}{10} = 0,45 \text{ (A)}.$$

$$I_2 = 0, \text{ tai } I'_1 = I_3 = 0,45 \text{ A}; I'_3 = I_1 = 0,15 \text{ A}; I'_2 = I_3 - I_1; I'_2 = 0,45 - 0,15 = 0,3 \text{ (A)}.$$

Elektrinio potencialo φ atskaitos pradžia patogiu laikyti tašką B, kuriame jis yra mažiausias: $\varphi_B = 0$. Tada $\varphi_A = E_2$; $\varphi_C = E_2 + E_1$; $\varphi_D = E_3$ ir randame įtampas tarp taško A bei kitų trijų taškų:

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = E_2 = 3 \text{ V};$$

$$U_{AC} = \varphi_A - \varphi_C = -E_1 = -1,5 \text{ V};$$

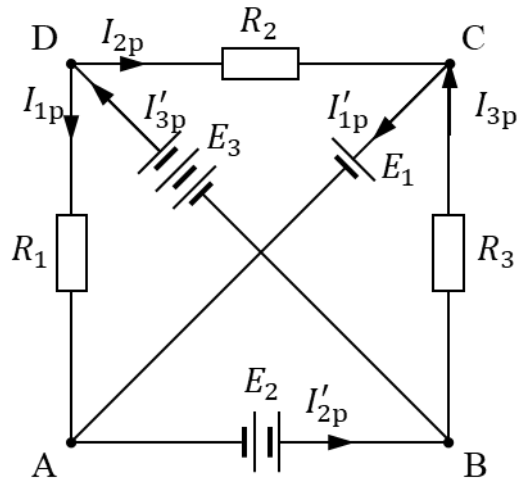
$$U_{AD} = \varphi_A - \varphi_D = E_2 - E_3; U_{AD} = 3 - 4,5 = -1,5 \text{ (V)}.$$

Suminė galia randama sudedant galias varžuose:

$$P = I_1^2 R_1 + I_3^2 R_3; P = (0,15^2 + 0,45^2)10 = 2,25 \text{ (W)}.$$

Antrąjį šaltinį perjungus priešinga kryptimi, elektros srovė jau iš tikrųjų teka antruoju varžų į dešinę, sustiprėja ji pirmajame varže ir susilpnėja bei pakinta į priešingą kryptį nei iš pradžių (teka aukštyn) trečiajame varže. Elektros srovės kryptis pirmajame šaltinyje pakinta, šaltiniuose srovė sustiprėja:

$$I_{1p} = \frac{E_3 + E_2}{R_1}; I_{1p} = \frac{4,5 + 3}{10} = 0,75 \text{ (A)};$$



$$I_{2p} = \frac{E_3 + E_2 - E_1}{R_2}; I_{2p} = \frac{4,5 + 3 - 1,5}{10} = 0,6 \text{ (A)};$$

$$I_{3p} = \frac{E_2 - E_1}{R_3}; I_{3p} = \frac{3 - 1,5}{10} = 0,15 \text{ (A)};$$

$$I'_{1p} = I_{2p} + I_{3p}; I'_{1p} = 0,6 + 0,15 = 0,75 \text{ (A)};$$

$$I'_{2p} = I_{1p} + I'_{1p}; I'_{2p} = 0,75 + 0,75 = 1,5 \text{ (A)};$$

$$I'_{3p} = I'_{2p} - I_{3p}; I'_{3p} = 1,5 - 0,15 = 1,35 \text{ (A)}.$$

Elektrinio potencialo φ' atskaitos pradžia dabar patogiau laikyti tašką A, kuriame jis yra mažiausias: $\varphi'_A = 0$. Tada $\varphi'_B = E_2$; $\varphi'_C = E_1$; $\varphi'_D = E_2 + E_3$ ir vėl randame įtampas tarp taško A bei kitų trijų taškų:

$$U'_{AB} = \varphi'_A - \varphi'_B = -E_2; U'_{AB} = -3 \text{ V};$$

$$U'_{AC} = \varphi'_A - \varphi'_C = -E_1; U'_{AC} = -1,5 \text{ V};$$

$$U'_{AD} = \varphi'_A - \varphi'_D = -E_2 - E_3; U'_{AD} = -3 - 4,5 = -7,5 \text{ (V)}.$$

Suminė galia padidėja:

$$P' = I_{1p}^2 R_1 + I_{2p}^2 R_2 + I_{3p}^2 R_3;$$

$$P' = (0,75^2 + 0,6^2 + 0,15^2) 10 = 9,45 \text{ (W)}.$$

Randame visų fizikinių dydžių pokyčius, po antrojo šaltinio perjungimo pakitusios krypties elektros srovių stiprius imdami su minuso ženklu:

$$\Delta I_1 = I_{1p} - I_1; \Delta I_1 = 0,75 - 0,15 = 0,6 \text{ (A)};$$

$$\Delta I_2 = I_{2p} - I_2; \Delta I_2 = 0,6 - 0 = 0,6 \text{ (A)};$$

$$\Delta I_3 = -I_{3p} - I_3; \Delta I_3 = -0,15 - 0,45 = -0,6 \text{ (A)};$$

$$\Delta I'_1 = -I'_{1p} - I'_1; \Delta I'_1 = -0,75 - 0,45 = -1,2 \text{ (A)};$$

$$\Delta I'_2 = -I'_{2p} - I'_2; \Delta I'_2 = -1,5 - 0,3 = -1,8 \text{ (A)};$$

$$\Delta I'_3 = I'_{3p} - I'_3; \Delta I'_3 = 1,35 - 0,15 = 1,2 \text{ (A)};$$

$$\Delta U_{AB} = U'_{AB} - U_{AB}; \Delta U_{AB} = -3 - 3 = -6 \text{ (V)};$$

$$\Delta U_{AC} = U'_{AC} - U_{AC}; \Delta U_{AC} = -1,5 + 1,5 = 0;$$

$$\Delta U_{AD} = U'_{AD} - U_{AD}; \Delta U_{AD} = -7,5 + 1,5 = -6 \text{ (V)};$$

$$\Delta P = P' - P; \Delta P = 9,45 - 2,25 = 7,2 \text{ (W)}.$$

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2021 03 16.

Turnyro dalyvių sprendimų aptarimas / FT14-10 ▼

Dauguma turnyro dalyvių išsprendė užduotį, taikydami Omo dėsnį ir Kirchhofo taisykles mišriam elektros srovės šaltinių ir varžų junginiui. Penki dalyviai grandinės schemą persibraizė jos elementus išdėstydami sau patogesniu nei duotu kvadrato su įstrižainėmis pavidalu ir tai gerai. Trys dalyviai sprendimuose nepateikė grandinės schemos su pažymėtomis elektros srovių kryptimis ir paliko tai sprendimų vertintojo vaizduotei.

Keletas dalyvių turėjo rūpesčių dėl rastų fizikinių dydžių ir jų pokyčių ženklų, ypač kai jie yra neigiami. Pavyzdžiui, neigiami yra elektrinė įtampa tarp duoto taško A ir kitų taškų, kurių elektrinis potencialas yra didesnis, arba fizikinio dydžio pokytis, kai tas dydis sumažėja, o dar ir pakinta kryptis į priešingą, nei buvo iš pradžių prieš šaltinio perjungimą. Suprantama, jei pradinėje schemoje elektros srovių kryptys buvo pasirinktos teisingai.

Paprasčiau vertėsi tie turnyro dalyviai, kurie neieškojo fizikinių dydžių pokyčių. Buvo ir neatidžiai skubančių pateikti sprendimus - nerodant skaičiavimų, paliekant fizikinius dydžius be matavimo vienetų, o ir su kitais netinkamais vienetais (V - elektros srovės stipriui, J - galiai).

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

▲ Šis tekstas svetainėje www.olimpas.lt nuolat skelbiamas nuo 2021 03 16.

Sprendimų vertinimo kriterijų ir jų verčių lentelė / FT14-10 ▼

Nr.	Sprendimų vertinimo kriterijus	Vertė balais
1.	Elektros srovių stipriai ir jų pokyčiai	5
2.	Įtampos tarp taško A ir kitų taškų bei jų pokyčiai	3
3.	Galia ir jos pokytis	2
4.	Pateikta ne pagal reikalavimus (nerodomi skaičiavimai)	-1(-0,5)
5.	Kiti netikslumai (kiekvienam iš kriterijų Nr.1-3)	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 2021 03 16.