



2004-2006 m. Bendrojo programavimo dokumento 2 prioriteto „Žmogiškųjų išteklių plėtra“ 4 priemonė „Mokymosi visą gyvenimą sąlygų plėtra“

Projekto sutarties numeris: **ESF/2004/2.4.0-K01-160/SUT-261**

Projekto pavadinimas: **Inovatyvūs mokymosi metodai ir naujausios technologijos gamtos mokslų bakalauro rengimui**

FIZ 211 ELEKTRA IR MAGNETIZMAS

Laboratorinis darbas

NUOLATINĖS SROVĖS GRANDINIŲ TYRIMAS

DARBO TIKSLAS:

Patikrinti Kirchhofo dėsnius išsiskakojusioms grandinėms.

DARBO UŽDUOTYS:

1. Išmatuoti srovės visose grandinės atšakose.
2. Naudojantis Kirchhofo dėsniais suskaičiuoti srovės grandinės atšakose ir palyginti su matavimų rezultatais.

TEORIJA:

Elektros srove vadinamas bet koks tvarkingas elektrinių krūvių judėjimas. Elektros srovė, kuri atsiranda laidžiose aplinkose dėl tvarkingo laisvų elektronų judėjimo veikiant elektriniam laukui vadinama *laidumo srove*. Laidumo srovės pavyzdžiai gali būti srovė metaluose ir puslaidininkuose, kuriuose juda laisvi elektronai; srovė elektrolituose, kuriuose tvarkingai juda priešingų ženklų jonai.

Konvekcine srove vadinamas tvarkingas makrodalelių, turinčių elektrinį krūvį, judėjimas erdvėje. Tokios srovės pavyzdys yra Žemės planetos, kuri turi nekompensuotą neigiamą krūvį, judėjimas orbita.

Sąlygos, kurios būtinos atsirasti elektros srovei laidžioje aplinkoje, yra tokios:

1) Srovės nešėjų - krūvininkų, kurie galėtų tvarkingai judėti - egzistavimas. Tokios dalelės metaluose ir puslaidininkuose yra laidumo elektronai ir skylės, skystuose laidininkuose (elektrolituose) - teigiami ir neigiami jonai, dujose - priešingo krūvio jonai ir elektronai.

2) Išorinio elektrinio lauko toje aplinkoje egzistavimas. Elektrinio lauko energija sunaudojama priverčiant elektrinius krūvius tvarkingai judėti. Elektros srovės palaikymui elektros lauko energija turi nuolat pasipildyti. tai reiškia, kad būtinas elektros energijos šaltinis.

Srovės stipriu vadinamas fizikinis dydis, lygus per tiriamą paviršių pernešto krūvio dq ir

trukmės, per kurią tas krūvis buvo perneštas, santykiui:

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

Elektros srovė vadinama *nuolatine*, jei srovės stipris ir jos kryptis nekinta laike. tai yra nuolatinei srovei galioja lygybė $I = q / t$, kur q yra per baigtinį laiko tarpą t perneštas elektros krūvis pro tiriamą paviršių.

Elektros srovės kryptis skirtinguose tiriamo paviršiaus taškuose ir srovės stiprio pasiskirstymas paviršiuje nustatomas srovės tankio pagalba. Srovės tankio vektorius j nukreiptas priešingai elektronų judėjimo kryptčiai ir skaitiškai lygus srovės stiprio dI per mažą paviršiaus, kuris statmenas elektringų dalelių judėjimo kryptčiai, elementą ir to paviršiaus ploto dS santykiui:

$$j = \frac{dI}{dS} \quad (2)$$

Nuolatinės srovės tankis yra vienodas per visą vienalyčio laidininko skerspjūvį, todėl $I=j S$.

Metaliname laidininke yra elektrostatinis laukas, kurį kuria elektronai ir teigiami kristalo gardelės jonai; tai kuloninių jėgų laukas. Kuloninė sąveika tarp krūvių metale sąlygoja tokių elektringų dalelių pasiskirstymą, kad elektrinis laukas laidininko viduje lygus nuliui ir visas laidininkas yra ekvipotencialinis. Tai reiškia, elektrostatinis kuloninis laukas negali būti stacionaraus tvarkingo krūvininkų judėjimo priežastimi, t.y., toks laukas nekurs elektros srovės.

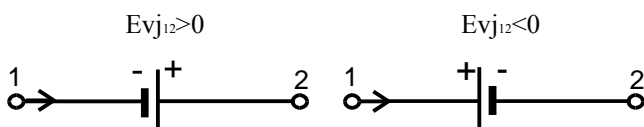
Pašalinėmis jėgomis vadinamos neelektrostatinės jėgos, kurių veikiami elektros krūvininkai pradeda tvarkingą judėjimą laidininke; be to, tokios jėgos palaiko nuolatinį srovės tekėjimą grandinėje. Pašalinės jėgos, skirtingai negu kuloninės jėgos, ne sujungia skirtingo ženklo krūvių, o sąlygoja tų krūvių atsiskyrimą ir palaiko potencialų skirtumą laidininko galuose. Stacionarus pašalinių jėgų elektrinis laukas sukuriamas elektrinės energijos šaltiniais: galvaniniais elementais, elektriniais generatoriais.

Pašalinės jėgos apibūdinamos elektrovaros jėga, kuri skaitiškai lygi darbui, kurį atlieka pašalinės jėgos, pernešdamos vienetinį teigiamą krūvį nuo vieno taško į kitą, t.y.

$$Evj = \int_1^2 E_{pas} dl \quad (3)$$

Darbas atliekamas naudojant šaltinio energiją, todėl Evj vadinamas *elektros energijos šaltinio elektrovaros jėga*.

Evj ženklas nustatomas tokia taisykle: jeigu šaltinio viduje eina nuo katodo į anodą, t.y. pašalinių jėgų stiprumas šaltinyje sutampa su srove toje grandinės dalyje (1 pav.), tai Evj laikoma teigiama. Kai srovė šaltinyje teka nuo anodo į katodą, tai Evj laikoma neigiama.



1 pav. Evj šaltinio ženklo nustatymo taisyklė.

Grandinės dalies 1 2 *įtampa* U_{12} vadinamas fizikinis dydis lygus darbui, kuris atliekamas toje grandinės dalyje pernešant vienetinį teigiamą krūvį: $U_{12} = (\varphi_1 - \varphi_2) + Evj_{12}$. Įtampa grandinės galuose sutampa su potencialų skirtumu tik tuo atveju, jei toje grandinės dalyje nėra Evj šaltinių.

Grandinės dalies 1 2 varža vadinamas integralas $R = \int_1^2 \rho \frac{dl}{S}$. Jeigu ρ - laidininko specifinė varža ir S - laidininko plotas pastovūs, tai

$$R_{12} = \rho l_{12} / S. \quad (4)$$

Realiose grandinėse jungiamųjų laidų varža yra maža, todėl laikoma, kad ji lygi 0. Dažnai naudojami *taisyklingos* formos laidininkai, kurių varža lengvai apskaičiuojama naudojant (4). *Apibendrintas Omo dėsnis* grandinės daliai yra toks:

$$I R_{12} = U_{12} = (\varphi_1 - \varphi_2) + E_{vj12}. \quad (5)$$

Srovės stiprio sandauga su tos dalies varža yra lygi sumai potencialų skirtumo ir visų elektrinės energijos šaltinių E_{vj} , įjungtų toje grandinės dalyje.

Neišsišakojusioje uždaroje elektrinėje grandinėje srovės stipris visuose skerspjūviuose vienodas. Todėl tokio grandinės galuose $\varphi_1 = \varphi_2$ ir $R_{12} = R$, kur R - bendra visos grandinės varža. Tada (5) virsta Omo dėsnio grandinės daliai:

$$I R = E_{vj}. \quad (6)$$

kur E_{vj} - algebrinė visų grandinės elektrinės energijos šaltinių suma.

Jeigu uždara grandinę sudaro E_{vj} šaltinis, kurio vidinė varža r , o išorinės grandinės varža R , tai Omo dėsnis tokiai grandinei yra toks

$$I (R+r) = E_{vj}. \quad (7)$$

Sudėtingų (išsišakojusių) grandinių skaičiavimo tikslas - surasti srovės skirtingose grandinės atšakose, kai žinomos visos grandinės varžos ir E_{vj} šaltiniai. Išsišakojusios grandinės turi taškus, kurie jungia daugiau kaip du laidininkus; tokie taškai vadinami *mazgais*. Pirma Kirchhofo taisyklė yra tokia: algebrinė n srovių, sutekančių į vieną mazgą, suma lygi nuliui:

$$\sum_{i=1}^{i=n} I_i = 0. \quad (8)$$

Čia n - laidininkų skaičius, susitinkančių viename mazge, I_i - srovė laidininke. Teigiama laikoma srovė, kuri įteka į mazgą, o neigiama - kuri išteka.

Antroji Kirchhofo taisyklė (kontūrų taisyklė) yra tokia: bet kuriame laisvai pasirinktame išsišakojusios elektrinės grandinės kontūre algebrinė visų srovių I_i sandaugų su atitinkamų grandinės dalių varžomis R suma lygi visų kontūro E_{vj} algebrinei sumai:

$$\sum_{i=1}^{i=n} I_i R_i = \sum_{i=1}^{i=m} E_{vj_i}. \quad (8)$$

Čia n - kontūro dalių, į kurias kontūrą išdalina mazgai, skaičius; kiekvienoje kontūro dalyje teka skirtingos srovės. Norint taikyti antrą Kirchhofo taisyklę, būtina pasirinkti kontūro apėjimo kryptį. Tada teigiamomis laikomos srovės, kurių kryptis sutampa su kontūro apėjimo kryptimi ir neigiamomis, kurių kryptis priešinga apėjimo kryptčiai. E_{vj} šaltinių ženklas laikomas teigiamu, jei jie kuria srovės, kurių kryptys sutampa su kontūro apėjimo kryptimi.

Išsišakojusi grandinė skaičiavimas vyksta tokia tvarka:

- 1) laisvai pasirenkamos srovių kryptys visose grandinės atšakose;
- 2) jei grandinė turi m mazgų, tai užrašoma $m - 1$ nepriklausoma pirmos Kirchhofo taisyklės lygtis;
- 3) laisvai išskiriami kontūrai grandinėje, pasirenkama kontūro apėjimo kryptis. Kontūrai

sudaromi taip, kad kiekvienas naujas kontūras turėtų bent vieną grandinės dalį, kuris nepateko į prieš tai sudarytus kontūrus;

4) užrašomos antros Kirchhofo taisyklės lygtys. Jei grandinėje yra p dalių tarp mazgų ir m mazgų, tai galima užrašyti $(p - m + 1)$ nepriklausomą antros Kirchhofo taisyklės lygtį.

DARBO PRIEMONĖS:

1. Grandinės maketas.
2. Dėstytojo patekti nurodyto nominalo rezistoriai.
3. Ampermetras.
4. Voltmetras.
5. Jungiamieji laidai.

TYRIMO METODAS:

Tyrimų schema pateikta 2 pav. Norint rasti srovės pateiktoje grandinės atšakose, naudojamės aukščiau pateikta skaičiavimų schema:

1) parenkame srovių kryptis. Pateikta grandinė turi tris atšakas: FEAB, FB, FDCB, srovės jose atitinkamai I_1 , I_2 ir I_3 . Tegul srovių kryptys visose trijose atšakose nukreiptos iš apačios į viršų;

2) pritaikome pirmą Kirchhofo taisyklę. Kadangi grandinė turi du mazgus B ir F, tai galima parašyti vieną nepriklausomą lygtį.

$$\text{Mazgui B: } I_1 + I_2 + I_3 = 0. \quad (9)$$

3) pasirenkame kontūrus. Pateikta grandinė turi tris kontūrus: ABEF, ACDF ir BCDE, todėl galima parašyti dvi nepriklausomas lygtis. Tegul jų apėjimo kryptis: pagal laikrodžio rodyklę.

4) Pritaikome antrąją Kirchhofo taisyklę.

$$\text{Kontūriui ABEF: } I_1 R_1 - I_2 R_2 = -E_1 + E_2; \quad (10)$$

$$\text{Kontūriui ACDF: } I_1 R_1 - I_3 R_3 = -E_1. \quad (11)$$

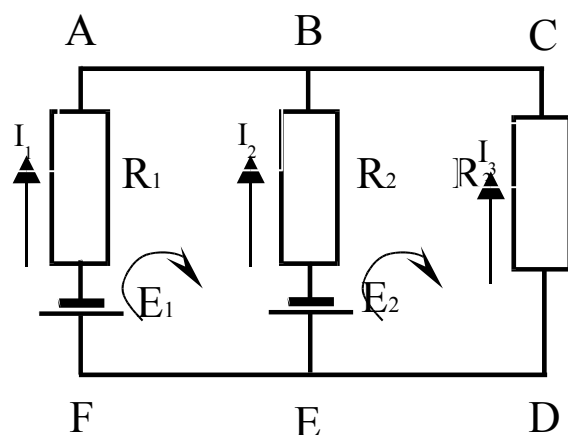
Papildomai naudojant Omo dėsnio (5) išraišką, lygtis (9) - (11) galima išspręsti ir gauti srovių vertes. Jeigu atsakyme gaunasi neigiama srovės stiprumo vertė, tai reiškia, kad srovės kryptis toje grandinės dalyje yra priešinga, negu pasirinkta uždavinio sprendimo pradžioje.

DARBO EIGA:

Tyrimo paruošimas.

1. Surinkti įrenginio elektrinę grandinę.
2. Pakviesti dėstytoją arba laborantą, kurie patikrintų elektrinės grandinės jungimo schemą.
3. Įjungti prietaisus į tinklą.

Eksperimento atlikimas.



2 pav. Elektrinės grandinės schema.

4. Išmatuoti srovės ir įtampas visose grandinės dalyse.

Rezultatų apdorojimas

5. Suskaičiuoti pateiktos grandinės srovės.
6. Įvertinti eksperimento paklaidą.
7. Palyginti skaičiavimų ir eksperimento rezultatus.

KONTROLINIAI KLAUSIMAI:

1. Elektros srovė, srovės tankis.
2. Omo dėsniai grandinės daliai ir uždarai grandinei.
3. Kirchhofo taisyklės.
4. Ampermetro ir voltmetro jungimas į grandinę.
5. Elektrinių matavimo prietaisų tipai ir jų veikimo principai.

LITERATŪRA:

1. A. Tamašauskas, J. Vosylius. Fizika 2d, Vilnius, 1989m.
2. Halliday Resnick. Fundamentals of physics, v.2, 1989.
3. B.Martynėnas, J.Kaulakys, J.Jakimavičius. Fizikos pagrindai, Vilnius, 2000.
4. A. Tamašauskas, S.Joneliūnas Fizikos laboratoriniai darbai, Kaunas, 2002.