

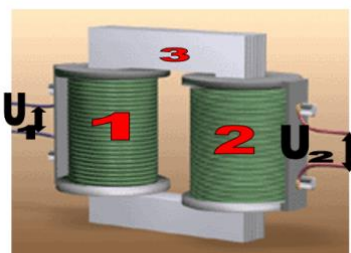
Pavadinimas: Kintamoji ir nuolatinė elektros srovė.		
Dalykas: Inžinerinės technologijos		
Klasė: IV gimnazijos klasė		
Pasiekimų sritis: Problemos identifikavimas, aktualizavimas ir tikslinimas (A)		
Mokymo(si) turinio tema: transformatoriai, kintamosios srovės lygintuvai, elektros energijos perdavimo sistemos, jų panaudojimo pavyzdžiai		
Ilgalaikio plano dalis (nurodoma kokios temos/-ų prieš tai buvo mokomasi): elektros energijos šaltiniai (galvaniniai elementai, akumuliatoriai, generatoriai).		
Valandų skaičius nurodytas ilgalaikiame plane: 3 val. iš 10		
Mokymosi uždaviniai (pamatuojami) ir vertinimo kriterijai		
1.	Žinių apie transformatorius, kintamosios srovės lygintuvus ir elektros energijos perdavimo sistemas įgijimas. Gebės apibūdinti transformatoriaus veikimo principą, sandarą, išvardins rūšis, žinos kam naudojami ir kokie yra, kaip perduodama elektra.	Vertinimo kriterijai: teisingai atsakys į testo ar atvirus klausimus.
2.	Teorinių žinių taikymas ir supratimas. Gebės paaiškinti, kur naudojami transformatoriai, kam reikalingi kintamosios srovės lygintuvai, kodėl reikia keisti perduodamos įtampos didumą. Puoselėdami vertybines nuostatas ir bendruosius gebėjimus, supranta sparčią technologijų kaitą, jų taikymo integralumą ir įtaką žmogaus sociokultūrinei, socioekonominei aplinkai, ekologijai.	Vertinimo kriterijai: teisingai atsakys į atvirus klausimus, parengs projektą apie elektros energijos perdavimo naujoves Lietuvoje. Planuodami ir įgyvendindami inžinerinius sprendimus, mokės kūrybiškai, funkcionaliai, estetiškai, ekonomiškai projektuoti.
3.	Kritiško mąstymo ugdymas. Gebės spręsti uždavinius, panaudodami fizikos formules ir kitus dėsningumus. Vykdydami inžinerines praktines veiklas, atlieka tyrimus, išsiaiškina visuomenės poreikius, identifikuoja problemas skirtinguose socialiniuose, kultūriniuose ir kituose kontekstuose, supranta holistinę inžinerinės minties svarbą.	Vertinimo kriterijai: gebės spręsti pateiktas užduotis. Atsakingai naudodamiesi pažangiomis technologijomis, įvertina jų poveikį ir naudą žmogui.
Galimi mokymo(si) metodai, siūloma veikla:		
Aktyvaus mokymosi metodų taikymas:		
<ul style="list-style-type: none"> • Minčių lietus, • Paskaita, • Darbas grupėmis parengiant projektą ar ieškant naujausios informacijos, • Abipusis mokymas, • Atkaklus klausinėjimas, • Testų ar užduočių sprendimas. 		

Mokymui(si) skirtas turinys, pateikiamas tekstu, vaizdu, su nuorodomis ir pan.

Transformatorius

Veikimo principas. Įtampos transformatorius yra elektromagnetinis prietaisas, kuriuo galima keisti kintamosios elektros įtampos dydį nekintant jo dažniui.

Transformatoriaus veikimas pagrįstas elektromagnetinės indukcijos reiškiniu. Transformatorius sudarytas iš lakštinio plieno pagamintos uždaros šerdies, ant kurios užmautos dvi skirtingą vijų skaičių turinčios apvijos (1 pav.).



1- pirminė ritė
2- antrinė ritė
3- plieninė šerdis

1 pav.

Apvija, prie kurios prijungiamas evj šaltinis, vadinama *pirmine*, o kita, prie kurios prijungiama apkrova, vadinama *antrine*. Šios apvijos elektriškai nėra sujungtos. Jas veria bendras magnetinis srautas Φ , todėl jų ryšys yra magnetinis. Būtina pažymėti, kad transformatorius yra statinis (neturintis judančių dalių) elektromagnetinis įtaisas, kuriuo vieno dydžio kintamos srovės įtampa pakeičiama to paties dažnio kito dydžio įtampa.

Prijungus prie pirminės apvijos įtampos šaltinį, pirminėje grandinėje atsiranda ir teka elektros srovė. Ji sukuria magnetinį lauką, kurio indukcijos srautas Φ yra sutelktas uždaroje šerdyje, ir jis veria tiek pirminę, tiek antrinę transformatoriaus apvijas.

Kadangi pirminėje grandinėje įjungto šaltinio įtampa yra kintama, tai grandine teka kintamoji elektros srovė; ir jos sukurtas magnetinės indukcijos srautas yra kintamas. Dažniausiai technikoje naudojama pagal sinuso funkciją kintanti srovė; tada magnetinės indukcijos srautą galima išreikšti taip:

$$\Phi = \Phi_m \sin \omega t; \tag{1}$$

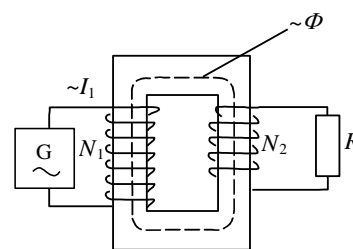
čia Φ_m – srauto amplitudinė vertė, ω – kintamosios srovės kampinis dažnis, ωt – srauto fazė. Šitas srautas kiekvienoje apvijos vijoje, užvertoje ant šerdies, sukelia indukcijos elektrovaros jėgą, kuri pagal Faradėjaus dėsnį yra

$$\varepsilon_1 = -\frac{d\Phi}{dt} = -\Phi_m \omega \cos \omega t = \varepsilon_m \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right); \tag{2}$$

čia ε_m – evj amplitudė, kuri $\varepsilon_m = \Phi_m \omega$. (3)

Evj efektinė vertė yra

$$\varepsilon_{ef} = \frac{\varepsilon_m}{\sqrt{2}} = \frac{\Phi_m \omega}{\sqrt{2}}. \tag{4}$$



2 pav. Transformatoriaus principinė schema.

Iš (2) matyti, kad indukcijos būdu sukuriama evj savo faze atsilieka per $\pi/2$ nuo magnetinės indukcijos srauto.

Transformatoriaus apvijose sukurtų evj efektinės vertės yra tiesiog proporcingos apvijų vijų skaičiui:

$$\frac{\varepsilon_{1ef}}{\varepsilon_{2ef}} = \frac{N_1}{N_2} = k_{12}; \tag{5}$$

čia k_{12} vadinamas transformatoriaus transformacijos koeficientu. Jis, kaip matyti iš (5), yra lygus transformatoriaus pirminės apvijos vijų skaičiaus N_1 santykiui su antrinės apvijos vijų skaičiumi N_2 .

Kadangi energijos nuostoliai transformatoriuje yra nedideli, tai pirminės grandinės galia, t. y. galia, imama iš elektros tinklo, yra lygi antrinės grandinės galiai, t. y. galiai, atiduodamai vartotojui.

$$U_1 I_1 \approx U_2 I_2, \quad (6)$$

arba

$$\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{U_2}{U_1}. \quad (7)$$

Vadinasi, pirminėje ir antrinėje grandinėse tekančių srovių stiprių santykis yra atvirkščias įtampų santykiui.

Tuščioji eiga. *Transformatoriaus tuščiąja eiga* vadinama tokia jo veika, kai prie pirminės apvijos yra prijungtas kintamosios įtampos šaltinis, o antrinė apvija atvira, arba apkrovos nėra (3 pav.) Šiuo atveju pirminėje grandinėje teka labai silpna tuščiosios eigos stiprio I_0 srovė ir pirminėje apvijoje indukuojama saviindukcijos evj ε_{s1} pagal didumą artima šaltinio įtampai U_1 , bet faze atsilieka nuo jos beveik per π :

$$U_1 \approx -\varepsilon_{s1}. \quad (8)$$

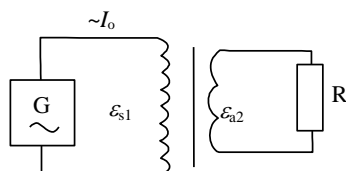
Taigi prie pirminės apvijos prijungta šaltinio įtampa beveik kompensuojama pirminėje apvijoje indukuojamos saviindukcijos evj ε_{s1} . Todėl, esant tuščiajai eigai, šioje grandinėje teka visai silpna tuščiosios eigos srovė I_0 .

Kadangi tuščiosios eigos atveju $\varepsilon_{s1} = U_1$, o antrinėje apvijoje indukuojama ε_{a2} bus lygi antrinės apvijos įtampai U_2 , t.y. $\varepsilon_{a2} = U_2$ (nes $I_2 = 0$), tai iš (5) ir pastarosios lygybės plaukia, kad

$$\frac{\varepsilon_{s1}}{\varepsilon_{a2}} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = k_{12}. \quad (9)$$

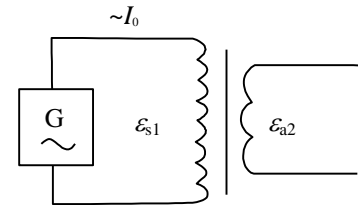
Taigi transformatoriaus tuščiosios eigos veika yra patogi transformacijos koeficientui ir apvijų vijų skaičiui nustatyti. Tuo tikslu reikia voltmetru išmatuoti įtampas U_1 ir U_2 pirminėje ir antrinėje apvijose.

Darbinė eiga. *Transformatoriaus darbine eiga* vadinama jo veika, kai prie antrinės apvijos prijungiama apkrova, tai yra sudaroma uždaroji grandinė (4 pav.).



4. pav. Transformatoriaus darbinės eigos schema.

Tada, esant prijungtam prie pirminės apvijos įtampos šaltiniui, antrinėje apvijoje indukuojama evj ε_{a2} , kuri šioje grandinėje sukuria elektros srovę I_2 . Pastaroji šerdyje sukuria savo magnetinės indukcijos srautą Φ_2 , kuris yra priešingos krypties pirminėje apvijoje tekančios srovės sukurtam srautui. Taip yra todėl, kad pirminėje apvijoje magnetinės indukcijos srautą sukuria įjungtos įtampos U_1 sukelta srovė, tuo tarpu antrinėje grandinėje srautą Φ_2 sukuria indukuojama evj ε_{a2} , kuri pagal Lenco taisyklę yra priešinga įtampai U_1 .



3 pav. Transformatoriaus tuščioji eiga.

Vadinasi, antrinėje apvijoje tekančios srovės magnetinis srautas mažina pirminės grandinės sukeltą magnetinį srautą. Tada pažeidžiama ε_1 kompensavimo U_1 sąlyga, o esant mažiau kompensuotai šaltinio įtampai U_1 , pirminėje grandinėje ima tekėti didesnio stiprio I_1 srovė. Ji didėja tol, kol atkuriamas šerdyje toks pats kaip tuščiosios eigos magnetinės indukcijos srautas ir nusistovi apytikrė U_1 ir ε_1 lygybė. Taigi magnetinės indukcijos srautas šerdyje tiek tuščiosios, tiek darbinės eigos atveju išlieka toks pat, tik pirmuoju atveju jį sukuria pirminėje apvijoje tekanti tuščiosios eigos srovė, o darbinės eigos atveju jį sukuria ir pirminėje, ir antrinėje grandinėje tekančios srovės, arba srautas lygus abiejų srovių sukurtų magnetinės indukcijos srautų sumai:

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2; \quad (10)$$

čia

$$\Phi_1 \sim I_1 N_1, \quad \text{ir} \quad \Phi_2 \sim I_2 N_2. \quad (11)$$

Kadangi srovių I_1 ir I_2 amplitudės yra daug didesnės už tuščiosios eigos srovės amplitudę, todėl (11) galima apytikriai užrašyti taip:

$$|\Phi_1| \approx |\Phi_2|. \quad (12)$$

Atsižvelgiant į (11),

$$\frac{I_2}{I_1} \approx \frac{N_1}{N_2}. \quad (13)$$

Matyti, kad, transformatoriaus darbinės eigos metu padidėjus apkrovai (I_2), tiek pat kartų padidėja ir pirminės grandinės srovės stipris I_1 ir imama iš tinklo galia.

Naudingumo koeficientas. Esant transformatoriaus darbinei eigai, aktyvioji galia, imama iš elektros tinklo, ir aktyvioji galia, atiduodama vartotojui, yra nevienodos. Taip yra todėl, kad, dirbant transformatoriui, persimagnetinant transformatoriaus šerdžiai, t.y. magnetinės energijos dalis dėl vidinės trinties virsta šilumine energija, atsiranda elektros nuostolių: šerdyje – dėl histerezės (plieno permagnetinimo) ir sukurinių srovių, kurios susidaro masyviame ištisiniame metalo gabale, kai kinta magnetinis srautas, o apvijose – dėl jų įšilimo tekant srovei. Nuostoliai šerdyje vadinami plieno nuostoliais, o apvijose – vario nuostoliais.

Histerezės nuostoliams sumažinti šerdis daroma iš minkštos geležies, o sukurinėms srovėms nuslopinti ji sudedama iš plonų izoliacinių plokštelių.

Nustatę pirminės ir antrinės transformatoriaus apvijų galias $P_1 = \varepsilon_1 I_1$ ir $P_2 = \varepsilon_2 I_2$, galime rasti galios, o tuo pačiu, ir energijos nuostolius transformatoriuje:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \varepsilon_1 I_1 - \varepsilon_2 I_2. \quad (14)$$

Didelių transformatorių energijos nuostoliai yra maži ir daugeliu atvejų neviršija 2%. Todėl darome nežymią klaidą, manydami, kad:

$$\varepsilon_1 I_1 \approx \varepsilon_2 I_2. \quad (15)$$

Akivaizdu, kad (15) lygtis geriausiai galioja, kai transformatoriaus energijos nuostoliai yra maži.

Iš (13) ir (15) lygčių gauname:

$$I_2 = \frac{N_1}{N_2} I_1. \quad (16)$$

Transformatoriaus transformacijos koeficientu yra vadinamas antrinės ir pirminės apvijų vijų skaičiaus, įtampų ar srovių stiprių santykis:

$$k = N_2 / N_1 = \varepsilon_2 / \varepsilon_1 = I_1 / I_2. \quad (17)$$

Kitas parametras, charakterizuojantis transformatorių yra jo naudingumo koeficientas η , kuris yra lygus antrinėje apvijoje naudojamos galios ir pirminėje apvijoje naudojamos galios santykiui:

$$\eta = P_2 / P_1 = \varepsilon_2 I_2 / \varepsilon_1 I_1. \quad (18)$$

Arba transformatoriaus atiduodamos vartotojui aktyviosios galios P_2 santykis su iš elektros tinklo imama galia P_1 vadinamas *transformatoriaus naudingumo koeficientu*:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{I_2 U_2 \cos \varphi_2}{I_1 U_1 \cos \varphi_1}. \quad (19)$$

Transformatoriams transformacijos ir naudingumo koeficientai (k ir η) nusako transformatoriaus kokybę, todėl juos ir nustatome, tirdami transformatorių.

Transformatorių naudingumo koeficientai yra gana dideli (0,95 ÷ 0,9995 didelės bei vidutinės galios transformatoriams ir 0,7 ÷ 0,9 mažos galios transformatoriams).

Transformatorių taikymai. Transformavimas – tai, kintamosios srovės įtampos ir srovės keitimas, nekeičiant dažnio. Transformatorius – tai, elektromagnetinis prietaisas, skirtas kintamajai srovei transformuoti.

Transformatorių rūšys:

- 1) aukštinantysis, jeigu antrinėje apvijoje yra daugiau vijų negu pirminėje ($n_2 > n_1$);
- 2) žeminantysis, jeigu pirminėje apvijoje yra daugiau vijų negu antrinėje ($n_2 < n_1$);
- 3) galios transformatorius;
- 4) toroidinis transformatorius;
- 5) autotransformatorius;
- 6) sklaidos lauko transformatorius (Stray field transformer);
- 7) daugiafazis transformatorius (Polyphase transformer);
- 8) įžeminimo transformatorius (Grounding transformer);
- 9) nuotėkio transformatorius (Leakage transformers);
- 10) rezonansinis transformatorius (Resonant transformer);
- 11) pastovios įtampos transformatorius (Constant voltage transformer);
- 12) plokštuminis transformatorius (Planar transformer);
- 13) alyva aušinamas transformatorius (Oil cooled transformer);
- 14) kanifolijos transformatorius (Cast resin transformer);
- 15) srovės transformatorius (Current transformer);
- 16) potencialo transformatorius (Potential transformer);
- 17) energijos transformatorius (Pulse transformer);
- 18) radijo dažnio transformatorius (RF transformer);
- 19) perdavimo linijos transformatorius (Transmission-line transformer);
- 20) audio transformatorius (Audio transformer);
- 21) garsiakalbio transformatorius (Loudspeaker transformer);
- 22) išėjimo transformatorius (Output transformer);
- 23) mažo signalo transformatorius (Small signal transformer) ir t.t.

Vartojant elektros energiją pramonėje, energetikoje ir įvairiose technikos srityse tikslinga pakeisti įtampą ir srovės stiprį, mažai tepakeičiant elektros grandinės galią, nes reikalinga labai įvairi įtampa – nuo keleto voltų žaisliniams traukinukams iki tūkstančių ir šimtų tūkstančių voltų tolumo elektros perdavimo linijose. Todėl reikia transformuoti elektros srovę. Kintamosios srovės

įtampą nesudėtinga keisti beveik neprarandant energijos. Ši jos ypatybė ir nulėmė tai, kad technikoje daugiausia vartojama kintamoji, o ne nuolatinė srovė.

Transformatoriai labai reikalingi prietaisai perduoti elektros energiją į didelius nuotolius. Paprastai, perduodant elektros energiją iš gamintojo vartotojui, srovė transformuojama du kartus: pirmą kartą didinant įtampą ir mažinant srovę, o antrą kartą – mažinant įtampą ir didinant srovę. Šiems tikslams yra naudojami transformatoriai.

Elektros energijos galia tiesiog proporcinga įtampos ir srovės stiprio efektinių verčių sandaugai ($\sim U_{ef}I_{ef}$). Tai reiškia, kad, perduodant elektros energiją, tą pačią galią galima perduoti esant didelei įtampai ir mažam srovės stipriui ar, atvirkščiai, naudojant stiprią srovę, bet esant mažai įtampai. Šiluminiai elektros energijos nuostoliai pagal Džaulio (Joule) dėsnį yra $Q=I^2R$; čia R yra aktyvioji grandinės varža. Taigi aišku, kad perduoti elektros energiją naudojant stiprią elektros srovę dėl didelių elektros nuostolių yra nenaudinga. Todėl, perduodant elektros energiją, generatoriaus sukuriama elektros įtampą reikia transformuoti į aukštą įtampą. Tada, išlaikant tą pačią galią, srovės stipris bus tiek kartų mažesnis, kiek kartų padidinama įtampa. Tačiau sumažėjus srovės stipriui, šiluminiai nuostoliai ($\sim I^2$) pasidaro nedideli. Pažymėtina, kad šitaip neribotai mažinti nuostolių negalima. Didėjant įtampai, atsiranda naujas nuostolių šaltinis – elektros krūvio nuotėkis nuo aukštos įtampos laidų (vainikinė elektros iškrova). Todėl aukštos įtampos linijose elektros įtampa paprastai neviršija 220 kV. Pasiekus elektrai vartotojus, jos įtampa sumažinama iki vartotojų poreikių (220 ar 127 V). Tam vėl naudojami tik jau įtampą žeminantys transformatoriai.

Transformatoriai plačiai naudojami grandinėse, kurios kintamąją srovę paverčia nuolatinę ir apsprendžia grandinėse grįžtamąjį ryšį.

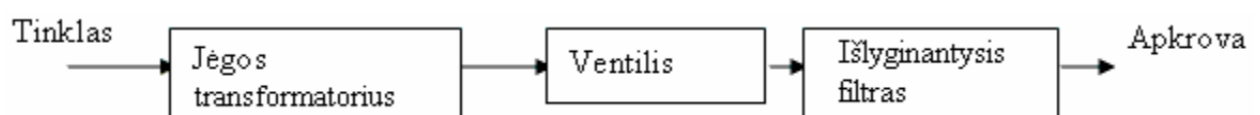
Sūkurinės srovės. Kintant magnetinės indukcijos srautui, indukcijos elektros srovė atsiranda ne tik elektros grandinėse, bet ir masyviuose ištisinčiuose metaliniuose kūnuose. Tokios uždaros srovės, atsirandančios metalo gabaluose, vadinamos sūkurinėmis, ar Fuko (Foucault) srovėmis. Šitos srovės teka uždaru keliu plokštumoje, statmenoje jas sukeliančio magnetinio lauko magnetinės indukcijos vektoriui B . Pagal Lenco taisyklę srovės masyviame laidininke pasirenka tokius tekėjimo kelius ir kryptis, kad kuo stipriau priešintųsi jas sukūrusios magnetinės indukcijos kitimui. Kadangi ištisinio metalo gabalo varža yra maža, todėl Fuko srovės gali būti gana stiprios. Tekant Fuko srovėms, išsiskiria šiluma (I^2R), todėl šios srovės sukelia elektros energijos nuostolius. Taigi Fuko srovės, atsirandančios, pavyzdžiui, transformatorių šerdyse, yra žalingos. Tačiau yra prietaisų ir technologijų, kur sūkurinės srovės yra naudingos; pavyzdžiui, fizioterapijoje atskirų žmogaus kūno dalių šildymas Fuko srovėmis yra skiriamas kaip gydomoji procedūra.

Siekiant transformatorių šerdyse sumažinti dėl Fuko srovių atsirandančios elektros nuostolius, yra didinama šerdies varža. Tuo tikslu šerdys gaminamos ne iš monolitinių plieno gabalų, o iš plonų (0,35 ar 0,5 mm storio), izoliuotų vienas nuo kito plieninių lakštų, sudėtų lygiagrečiai su magnetinės indukcijos jėgų linijomis. Tada sūkurinėms srovėms, tekančioms statmena lakštams kryptimi, varža bus pati didžiausia ir jų stipris minimalus.

Kintamosios srovės lygintuvai jų klasifikacija ir pagrindiniai parametrai

Labiausiai iš nuolatinės srovės šaltinių yra paplitę lygintuvai – prietaisai, verčiantys kintamąją srovę nuolatinę.

Struktūrinė lygintuvo schema pavaizduota 5 paveiksle



5 pav. Struktūrinė lygintuvo schema.

Dažniausiai lygintuvą sudaro tokie elementai :

- jėgos transformatorius (arba autotransformatorius), reikalingas paaukštinti arba pažeminti tinklo įtampai iki reikiamos reikšmės;
- vienas arba keli ventiliai, praleidžiantys srovę viena kryptimi. Jie atlieka svarbiausią lygintuvo funkciją – verčia kintamąją srovę nuolatine;
- išlyginantysis filtras, sumažinantis išlygintos srovės pulsavimą.

Daugelyje įrenginių, kurių įtampa turi būti kiek galima stabilesnė, taip pat tinklo įtampos svyravimams sumažinti drauge su lygintuvais dar naudojami nuolatinės ir kintamosios įtampos stabilizatoriai.

Lygintuvo schemoje dar gali būti įvairūs pagalbiniai įtaisai išlyginti įtampai reguliuoti, lygintuvui įjungti ir išjungti, apsaugai nuo perkrovų, pažeidus normalų darbo režimą, kontroliniai matavimo prietaisai ir kt.

Dabar naudojamos įvairios lygintuvų schemas, kurias galima klasifikuoti, atsižvelgiant į lyginamos kintamosios srovės fazių skaičių, ventilių tipą, jų jungimo schemą ir kitokius duomenis.

Įvairiems elektroninės aparatūros mazgams ir blokams maitinti naudojami nedidelės galios lygintuvai, įjungti į kintamosios srovės vienfazį tinklą. Lygintuvai skirstomi į:

- vieno pusperiodžio lygintuvus, kai srovė per ventilių teka tik vieną kintamosios srovės pusperiodį;
- dviejų pusperiodžių lygintuvus, kai srovė per ventilių teka abu pusperiodžius;
- įtampos dauginimo schemas;
- trifazius lygintuvus.

Šiuolaikinių lygintuvų ventiliai dažniausiai būna puslaidininkiniai diodai.

Svarbiausi lygintuvų parametrai:

1. Vidutinė išlyginta įtampa U ir srovė I . Jų vidutinės vertės yra lygios nuolatinėms dedamosioms:

$$U = U_0; I = I_0.$$

2. Pulsacijos koeficientas:

$$K_p = U_{im}/U_0;$$

čia U_{im} – išlygintos įtampos pirmosios harmonikos amplitudė.

3. Vidutinė tiesioginė diodu tekanti srovė I_{vid} ir didžiausia atgalinė įtampa U_{atg} .

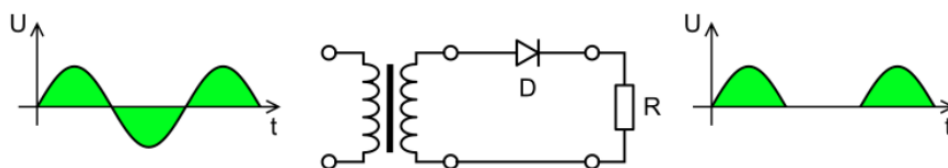
4. Transformatoriaus antrinės apvijos išnaudojimo koeficientas

$$K = P_0/S_2;$$

čia $P_0 = U_0 I_0$ – lygintuvo išėjimo aktyvioji galia, $S_2 = U_2 h$ – transformatoriaus antrinės apvijos pilnoji galia.

Vieno pusperiodžio (angl. half wave) lygintuvus

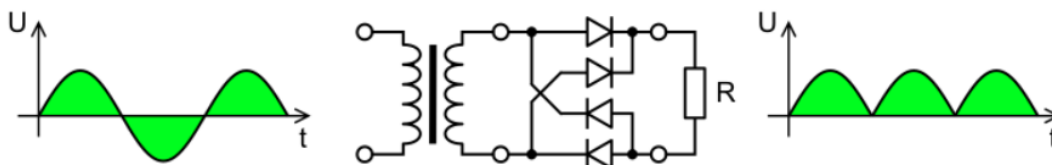
Kadangi diodas praleidžia srovę tik viena kryptimi, jį įjungus į kintamosios srovės grandinę, vieno iš pusperiodžių metu srovė neteka. Gaunama pulsuojanti, tačiau vienos krypties srovė (6 pav.).



6 pav.

Dviejų pusperiodžių (angl. full wave) lygintuvas su keturiais diodais

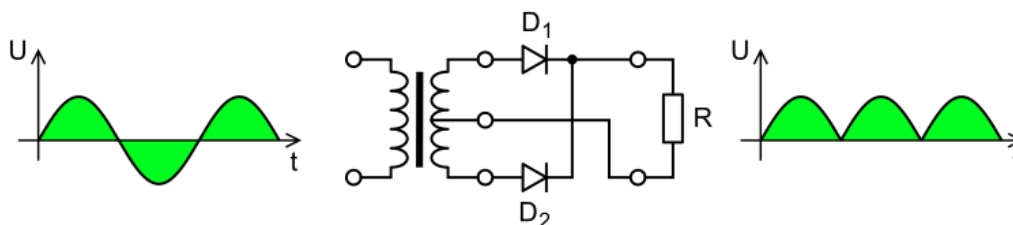
Šio tipo lygintuve keturi diodai sujungti taip, jog abiejų pusperiodžių metu srovė nukreipiama reikiama kryptimi. Gaunama išėjimo nuolatinė srovė irgi pulsuojanti, tačiau pulsavimo dažnis dukart didesnis nei kintamosios srovės dažnis. Tokią įtampą lengviau paversti nepulsuojančia (išlyginta) nuolatinė srove. Šiuo metu tai labiausiai paplitęs lygintuvo tipas (7 pav.).



7 pav.

Dviejų pusperiodžių lygintuvas su dviem diodais ir vidurinę atšaką turinčiu transformatoriumi

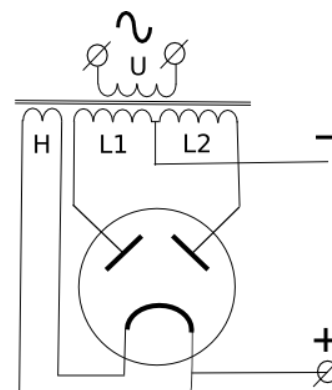
Tokiam lygintuvui pakanka dviejų diodų, tačiau transformatorius turi turėti vidurinę atšaką. Ši schema buvo paplitusi, kai diodai būdavo lempiniai, taigi palyginus brangūs. Kadangi du puslaidininkiniai diodai paprastai kainuoja mažiau nei kainų skirtumas tarp dviejų transformatoriaus tipų, ši lyginimo schema dabar reta (8 pav.).



8 pav.

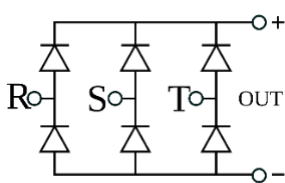
Dviejų pusperiodžių lygintuvas su du anodus turinčiu lempiniu diodu

Buvo gaminami bendrą katodą ir du anodus turintys lempiniai lygintuviniai diodai: tuomet pakakdavo vieno tokio prietaiso. Elektros srovė lempiniu diodu gali tekėti tik tarp anodo ir katodo: tarp dviejų anodų tekėti ji negali. Taigi lempinis diodas su dviem anodais yra analogiškas dviem puslaidininkiams ar lempiniams diodams sujungtais katodais. Kaip ir ankstesniu atveju, šiai schemai reikalingas transformatorius su vidurine atšaka. Paprastai jis dar turėdavo atskirą apviją lygintuvo diodo ir kitų prietaise esančių lempų katodams kaitinti (9 pav.).



9 pav.

Trifazės srovės lygintuvas



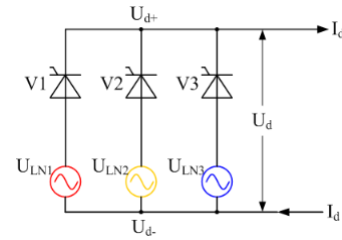
10 pav. Trifazio lygintuvo iš šešių diodų schema.

Vienfaziai lygintuvai paprastai naudojami elektros įrangai, skirtai buitinei įrangai. Tačiau daugeliui pramoninių ir didelės galios įrenginių, trifazių lyginamųjų grandinių yra norma. Kaip ir vienfazių lygintuvų atveju, trifaziai lygintuvai gali būti pusiau bangų grandinės, pilnos bangos grandinė, naudojant centrinį transformatorių arba visą bangos tiltelį.

Tiristoriai paprastai naudojami vietoj diodų, siekiant sukurti grandinę, kuri gali reguliuoti išėjimo įtampą. Daugelis nuolatinės srovės tiekiamų įrenginių iš tikrųjų *sukuria* trifazės kintamosios srovės kintamą srovę Pavyzdžiui, automobilyje varomajame variklyje yra šeši diodai, kurie veikia kaip baterijos įkrovos pilnbangis lygintuvas.



11 pav. Automobilio generatoriaus trifazis lygintuvas.



12 pav. Trifazio lygintuvo su trimis tiristoriais schema.

12 pav. pavaizduota valdoma trifazė pusiau bangos lygintuvo grandinė, kurioje naudojami tiristoriai kaip perjungimo elementai, ignoruojant tiekimo induktyvumą.

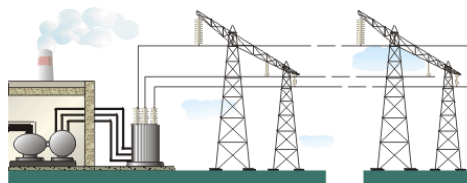
Nekontroliuojamai trifaziai, pusiau bangos vidurio taško grandynai reikalauja trijų diodų, kurių vienas prijungtas prie kiekvienos fazės. Tai paprasčiausias trifazio lygintuvo tipas, tačiau kyla santykinai didelis harmoninis iškreipimas tiek AC, tiek nuolatinės srovės jungtyse. Manoma, kad tokio tipo lygintuvas turi tris impulsų skaičių, nes išėjimo įtampa DC pusėje yra trys skirtingi impulsai vienam tinklelio dažnio ciklui:

Lyginimo efektyvumas

Išlygintos pulsuojančios srovės vidutinė galia (įtampos ir srovės sandauga) yra mažesnė nei įėjimo kintamosios srovės. Lyginimo efektyvumas nustatomas pagal išlygintos ir įėjimo srovių vidutinių įtampų kvadratų santykį: $\frac{U_{DC}^2}{U_{AC}^2}$.

Dviejų pusperiodžių lygintuvo efektyvumas yra lygus $\frac{8}{\pi^2}$ arba apie 81 %. Vieno pusperiodžio lygintuvo efektyvumas lygus $\frac{4}{\pi^2}$ arba apie 40,5 %. Efektyvumas padidėja išėjime prijungus pulsavimą sušvelninantį ar panaikinantį kondensatorių.

<http://lt.gprectifier-ar.com/news/three-phase-rectifiers-12684878.html#:~:text=Jei%20kintamosios%20srov%C4%97s%20maitinimas%20tiekiamas%20per>

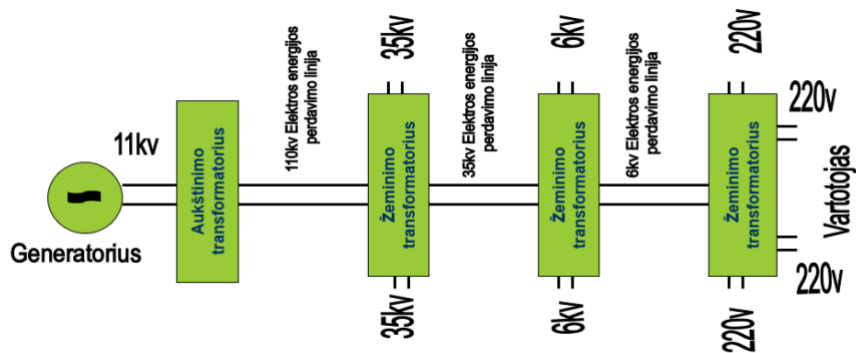


13 pav. Elektros energijos perdavimas.

Elektros perdavimo linija

Aukštos įtampos perdavimo linija – elektros perdavimo linija, skirta elektros energijos perdavimui iš elektros jėgainių generuojančių šią energiją (pvz., vandens, atominių ar šiluminių jėgainių, taip pat saulės, vėjo bei geotermine energiją elektros energiją verčiančių jėgainių ir kitų) į vietas netoliese šios energijos vartotojų, kur vėliau ši elektros energija yra transformuojama, bei

žemos įtampos linijomis (per žemos įtampos tinklą) perduodama galutiniams vartotojams. Aukštos įtampos linija yra laikoma tokia linija, kurioje įtampa yra lygi ar viršija 110 kV.



14 pav. Principinė elektros energijos perdavimo schema.

Lietuvos aukštos įtampos perdavimo tinklas

2010 m. Lietuvos aukštos įtampos perdavimo tinklą sudarė:

- 330 kV elektros perdavimo tinklas – 1670 km elektros linijų, 11 pastočių ir dvi elektrinių skirstyklos;
- 110 kV elektros perdavimo tinklas – 4972 km oro linijų, 39 km kabelių linijų ir 230 skirstyklų;
- 35-10-6-0,4 kV skirstomasis tinklas – bendras elektros linijų ilgis – per 119 tūkst. kilometrų aptarnaujamų vartotojų skaičius – daugiau kaip 1360 tūkstančius;

Šiuo metu Lietuvos elektros tinklai keturiomis 330 kV elektros linijomis yra sujungti su Latvijos, penkiomis – su Baltarusijos ir trimis – su Rusijos Kaliningrado srities 330 kV elektros tinklais. Strateginiai Lietuvos elektros energetikos plėtros planai – naujos elektros energijos tiekimo jungtys LitPol jungtis ir NordBalt, kurios Lietuvos aukštos įtampos perdavimo tinklą sujungs su Lenkijos ir Švedijos tinklais.



15 pav. Lietuvos aukštos įtampos perdavimo tinklas.

<https://www.regula.lt/elektra/Puslapiai/2022-m-elektros-energijos-perdavimo-paslaugos-kainos.aspx> – 2022 m. elektros energijos perdavimo paslaugos kaina.

https://www.lrs.lt/tais-portal/dokpaieska.showdoc?p_id=467690 – Lietuvos respublikos elektros energetikos įstatymas.

<https://www.valstybeskontrole.lt/LT/Product/Download/4565> – elektros energetikos sektoriaus valdymas.

Elektriko papasakojimas, kaip elektra atkeliauja iki kištukinio lizdo: ar žinome, kodėl veikia prietaisai namuose

<https://www.pasirinkitetiekeja.lt/elektrikas-papasakojo-kaip-elektra-atkeliauja-iki-kištukinio-lizdo-ar-zinome-kodel-veikia-prietaisai-namuose/95>

Šviestuvai, arbatinukai, kavos aparatai ir plaukų džiovintuvai, televizoriai, skalbimo mašinos, prietaisų įkrovikliai, netgi modernios šildymo sistemos bei elektromobilių įkrovimo stotelės. „Tuzinas elektros įrenginių – maždaug tiek statistiškai kiekvieną dieną naudoja viena šeima Lietuvoje“, – teigia 40 metų darbo patirtį turintis elektrikas Jonas Šveikys.

„Apsidairykite aplink ir paskaičiuokite, kokia galybė mūsų gyvenimą patogesnę darančių prietaisų yra maitinami elektros energija. O ji kištukinį lizdą pasiekia keliaudama elektromagnetinių bangų vakuume arba tokiu pačiu greičiu kaip šviesa. Tai – beveik 300 tūkst. km/s“, – pabrėžė Kėdainių rajone gyvenantis elektrikas.

Tūkstančių kilometrų žiedas

Savo darbo entuziastas per ilgametę veiklos istoriją ne kartą buvo paklaustas apie tai, kokią kelią elektros energija turi įveikti tam, kad pasiektų mūsų šviestuvus ir buitines priemaisus. Šia tema domisi ne tik būsimieji elektrikai. Anot elektriko, ir eiliniai žmonės neretai paklausia tiesiog dėl bendro išprusimo ar smalsumo vedami.

„Elektros energijos-maitintojos kelias iki kiekvieno iš mūsų namų ar biurų iš tiesų nėra paprastas. Pradėkime nuo to, kad elektros energija yra sugeneruojama šiluminėse arba atsinaujinančių gamtos išteklių jėgainėse. Iš jėgainių elektros energija patenka į Lietuvos aukštos įtampos perdavimo tinklą. Tinklas – tarsi greitkeliai, susipynę į voratinklį, sujungti į bendrą žiedą. Žiedą sudaro tūkstančiai kilometrų linijų“, – pasakojo J. Šveikys.

Įtampą lemia atstumas

Aukštos įtampos perdavimo linijomis elektros energija perduodama į rajonines pastotes. Keliaujanti energija realiu laiku įveikia kelių šimtų kilometrų atstumus, kol iš pagaminimo vietos atkeliauja į rajonų centrus, arčiau faktinių vartotojų.

„Aukštos įtampos linija laikoma ta, kurioje įtampa siekia ar viršija 10 kV. Linijoje įtampa siekti gali ir 330 kV ar 500 kV. Būtent tokia reikalinga elektros energijai „migruojant“ tarp skirtingų valstybių.

Kuo aukštesnė įtampa šioje linijoje, tuo toliau galima perduoti elektros energiją, patiriant mažesnius nuostolius. Iš esmės tai, ar įtampa linijoje siekia 10 kV, ar, pvz., 330 kV, priklauso nuo atstumo, kurį reikia įveikti. Didžiausiai įtampai perduoti būtini ypač dideli stulpai su atitinkamais atstumais tarp laidų, kadangi šie jonizuoja orą. Dėl to nebūtų praktiška perduoti vien 330 kV ar 110 kV įtampos. Be to, tokią įtampą sunkiau transformuoti į mažesnę kitame elektros kelio etape“, – dėstė elektrikas.

Praeina tris tranzito stoteles

Net ir 10 kV įtampa kasdienėms mūsų namų reikmėms būtų pernelyg galinga. Tam, kad ją galėtume naudoti saugiai, galingą įtampą sumažina transformatorinės, sako J. Šveikys.

„Milžinišku greičiu ir ne ką mažesne jėga nebetoli mūsų namų – per tranzitines pastotes iki rajoninių – atkeliavusi elektros energija transformuojama. Ji pažeminama iki skirstomųjų tinklų įtampos ir per žemos įtampos skirstomąjį tinklą perduodama galutiniams vartotojams. Iš sugeneravimo vietos elektros energijai pasiekus rajonines pastotes, jose įtampa žeminama iki 35 kV, vėliau – iki 10 kV“, – kalbėjo specialistas.

Tada elektros energija toliau skirstoma po kiekvieną Lietuvos rajoną: ji patenka į kitas žeminančiąsias pastotes, visai prie pat savo vartotojų namų durų, daugiausia – maždaug 400 metrų atstumu. Galiausiai, jau 0,4 kV tesiekianti įtampa keliauja į mažiausius paskirstymo skydelius ir gyvenamuosius namus. Taigi, nuo pagaminimo vietos iki buitinių vartotojų namų elektros energija atkeliauja praeidama vidutiniškai tris tranzito stoteles“, – pasakojo J. Šveikys.

Prie elektros energijos kelionės jos tiekėjas prisijungia pačioje pabaigoje – elektros apskaitos skydelyje, skirtame kintamosios vienfazės (220 V) ar trifazės (380 V) įtampos elektros energijos apskaitai.

Elektros gamintojas, tiekėjas, perdavėjas ir skirstytojas: kas ir už ką atsakingas?

Prasidėjus elektros rinkos dereguliacijos procesui, paaiškėjo, jog ne visi vartotojai gerai žino, kas yra elektros gamintojai, tiekėjai, perdavėjai ir skirstytojai. *15min* kartu su Kauno technologijos universiteto (KTU) Elektros ir elektronikos fakulteto, Elektros energetikos sistemų katedros dėstytoju dr. Gyčiu Svinkūnu paaiškina, kokias funkcijas kiekvienas jų atlieka.

Gamintojai. Elektros energija gaminama šiluminėse elektrinėse, deginant skirtingas žaliavas: gamtines dujas, biokurą, komunalines ar pramoninės atliekas, ir elektrinėse, naudojančiose atsinaujinančius energijos išteklius. Apie 40 proc. elektros energijos Lietuva pasigamina pati, 60 proc. importuoja. Pusė elektros energijos importuojama iš kitų Baltijos ir Šiaurės šalių. Kita pusė – iš Rusijos ir Baltarusijos.

Lietuvoje šiuo metu daugiausia elektros energijos pagaminama Kruonio hidroakumuliacinėje elektrinėje ir vėjo jėgainėse. Didžiausia Lietuvoje elektros energijos gamintoja yra „Lietuvos elektrinė“, įsikūrusi Elektrėnuose. Ši šiluminė elektrinė yra valdoma bendrovės „Ignitis gamyba“. Ji valdo Kruonio hidroakumuliacinę elektrinę ir Kauno A. Brazausko hidroelektrinę. Pastaroji elektrinė yra didžiausia atsinaujinančius išteklius naudojanti elektrinė Lietuvoje. Kauno HE pagaminamos elektros energijos kiekis priklauso nuo upės vandeningumo ir metų laiko. Elektrinė turi dvi vandens saugyklas: aukštutinį ir žemutinį baseinus, kuriuos jungia slėginis vamzdynas ir keturi hidroagregatai. Kiekvieno iš agregatų galia – 22,5 MW, taigi, elektrinės vardinė galia siekia 90 MW.

1960 m. ant senosios Nemuno vagos pastatyta Kruonio hidroakumuliacinė elektrinė taip pat išlygina elektros energijos vartojimo ir gamybos netolygumus – tai gerina elektros energijos kokybę. Be to, Kruonio elektrinė užtikrina elektros tiekimą atsiradus įvairiems sutrikimams (avarijoms) energetinėje sistemoje, pvz., kilus įtampai ar krizei elektros biržoje, arba dėl politinių ir kitų priežasčių apsisprendus atsisakyti importo iš kai kurių elektrą gaminančių šalių.

„Lietuvos elektros vartotojas šiuo metu gali pasirinkti gamintoją, siūlantį žaliąją energiją. Deja, visa kita, sakyčiau, yra bendras katilas. T.y. tiekėjai neatskleidžia, kokią dalį energijos jie perka iš vieno ar kito gamintojo“, – pažymėjo dr. G. Svinkūnas.

Tam tikra prasme gamintojais gali būti vadinami ir patys elektros energijos vartotojai, jeigu jie dalį buityje naudojamos elektros energijos pasigamina patys, pvz., iš ant stogo esančių saulės kolektorių.

Tačiau jiems, skirtingai nei didiesiems gamintojams, nereikia turėti leidimų. Toks reikalavimas galioja tik toms įmonėms, kurios gamina didesnę nei 10 kW elektros energiją ir ją prekiauja.

Tiekėjai. Prasidėjus elektros rinkos liberalizacijos procesui, buitiniai vartotojai Lietuvoje palaipnui atsisakys monopolinių visuomeninio tiekimo paslaugų ir elektrą galės pirkti iš nepriklausomų elektros tiekėjų. Šiuo metu (t.y. 2021 m.) sudaryti sutartis dėl elektros energijos tiekimo Lietuvoje galima su 7 bendrovėmis: „Elektrum Lietuva“, „Enefit“, „Ignitis“, „Perlas energija“, „EGTO“ energija, „Vilniaus energija“ ir mažąja bendrija „Birštono elektra“.

Kokias funkcijas atlieka šios įmonės? Pasak dr. G. Svinkūno, pirmiausia tai yra tarpininkai tarp gamintojo ir vartotojo. „Tiekėjai perka elektros energiją iš įvairių gamintojų ir pagal su vartotojais sudarytose sutartyse numatytas sąlygas tiekia ją į konkrečią vietą“, – kalbėjo mokslininkas. Jų atsakomybėje – paslaugos kainos, taigi, ir suma, kurią kiekvienas mūsų sumokame kas mėnesį už sunaudotą elektrą. Į tiekėjus reikėtų kreiptis ir tuomet, jei norisi gyventi tvariau, t.y. naudoti tik arba bent dalį žaliosios elektros energijos. Taip pat – norint padidinti suvartojamą elektros kiekį, galią ir panašiais klausimais.

Perdavėjai. Tarpinė grandis tarp elektros gamybos ir skirstymo vartotojams yra elektros perdavimas. Šią funkciją Lietuvoje atlieka perdavimo sistemos operatorius – bendrovė „Litgrid“.

Kalbant paprastai, jos atsakomybėje – stabilus elektros energetikos sistemos darbas tiek mūsų šalyje, tiek ir bendroje Europos elektros rinkoje. „Jeigu Lietuvoje trūksta elektros, „Litgrid“ nurodo gamintojams padidinti gamybą, ir atvirkščiai – jei elektros yra per daug, nurodo sumažinti gamybą. Jei elektros sistemoje elektros trūksta, operatorius perka elektros energiją. Taip pat parduoda, jei jos yra per daug. Šis elektros energijos kiekis vadinamas reguliavimo elektros energija“, – pasakojo KTU atstovas.

Ši veikla yra licencijuojama. Valstybė reguliuoja elektros perdavimo paslaugos kainą, nustatydamą šių paslaugų kainų „lubas“. Elektros perdavimo paslaugos kainas ir tarifus nustato operatorius, o Taryba, patikrinusi jų atitiktį galiojantiems teisės aktams, jas skelbia savo svetainėje www.vert.lt.

Skirstytojai. Nutraukti elektros laidai, netolygus elektros tiekimas, problemos su skaitikliais – šie „kodiniai“ žodžiai apibūdina tai, už ką atsakingi elektros energijos skirstytojai. Lietuvoje šias funkcijas atlieka „Energinės skirstymo operatorius“ (ESO). Bendrovės darbuotojai tvarko ir reaguoja į įvairias situacijas, susijusias su visoje Lietuvoje išsiraizgiusiais elektros tinklais – bendras jų ilgis siekia daugiau nei 133 tūkst. km elektros oro ir kabelių linijomis. Iš jų bendrovė ESO rūpinasi 126 tūkst. km, likusi dalis priklauso „Litgrid“.

Labai nedidelėse (dažniausiai privačiose, gamybinėse) teritorijose skirstymo veiklą vykdo ir šios įmonės: „Achema“, „Akmenės cementas“, „Lifosa“, „Dirbtinis pluoštas“, „E tinklas“.

<https://www.lrt.lt/naujienos/mokslas-ir-it/11/1206711/elektros-perdavimas-be-laidu-ar-toks-scenarijus-imanomas> – Elektros perdavimas be laidų: ar toks scenarijus įmanomas?

http://www.technologijos.lt/n/technologijos/energija_ir_energetika/S-113308/straipsnis/Galingas-proverzis-sugebejo-perduoti-elektros-energija-taip-pat-lengvai-kaip-Wi-Fi – Galingas proveržis: sugebėjo perduoti elektros energiją taip pat lengvai kaip Wi-Fi

<https://jek.lt/paskaitos-elektros-energijos-perdavimo-tinklai-veikimas-sujungimas-ir-valdymas-medziaga/> – Paskaitos „Elektros energijos perdavimo tinklai: veikimas, sujungimas ir valdymas“ medžiaga.

<https://nvsc.lrv.lt/uploads/nvsc/documents/files/Elektros%20perdavimo%20linij%C5%B3%20EML%20vertinimo%20ir%20valdymo%20modelis.pdf> – Elektros perdavimo linijų skleidžiamų elektromagnetinių laukų vertinimo ir valdymo modelis.

<https://epublications.vu.lt/object/elaba:2070460/2070460.pdf> – Žilvinas Ermanas, Bevielio energijos perdavimo tyrimas, magistro baigiamasis darbas.

<https://www.lrytas.lt/it/ismanyk/2023/05/09/news/ekspertai-atsake-kaip greitai-lietuva-gali-tapti-elektros-energijos-eksportuotoja-26975971> – Ekspertai atsakė, kaip greitai Lietuva gali tapti elektros energijos eksportuotoja (2023-05-09).

<https://www.litgrid.eu/> – Lietuvos elektros perdavimo sistemos operatorė LITGRID.

<https://www.delfi.lt/verslas/energetika/vandenyno-sroviu-jegaine-elektra-visa-para-ir-istisus-metus-61520760> – Vandenyno srovių jėgainė: elektra visą parą ir ištikus metus.

Iš Lietuvos elektrifikavimo istorijos:

• <https://www.bing.com/videos/riverview/relatedvideo?q=energetika+lietuvoje&mid=EE6BF291EFE791974D01EE6BF291EFE791974D01&FORM=VIRE>

• <https://www.bing.com/videos/riverview/relatedvideo?q=energetika%20lietuvoje&mid=0B4A83E7F500C17CCC4E0B4A83E7F500C17CCC4E&ajaxhist=0>

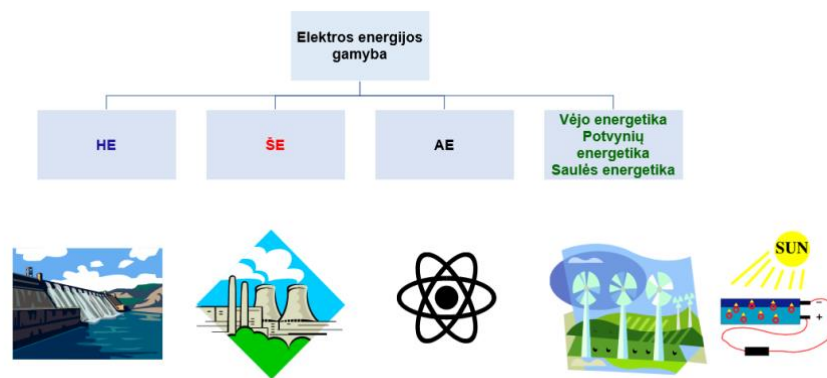
• <https://www.bing.com/videos/riverview/relatedvideo?q=energetika%20lietuvoje&mid=362EF40BF6BB092D7073362EF40BF6BB092D7073&ajaxhist=0>

Apie atsinaujinančios energetikos rinką Lietuvoje:

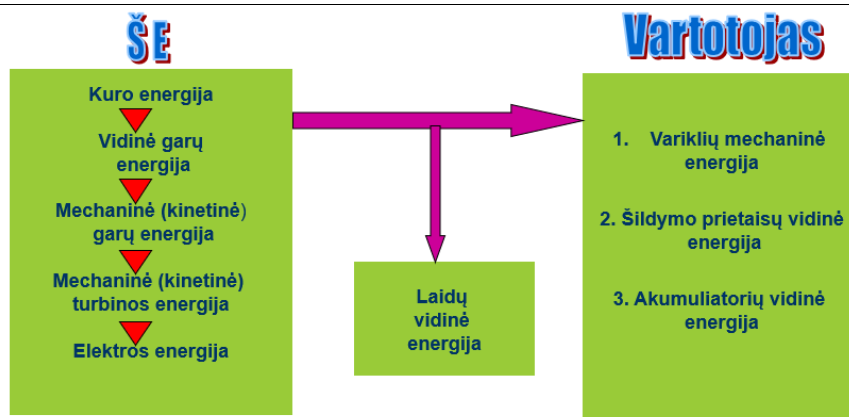
• <https://www.bing.com/videos/riverview/relatedvideo?q=energetika%20lietuvoje&mid=12B77ABFB9DAD4AAD2C912B77ABFB9DAD4AAD2C9&ajaxhist=0>

Pagrindiniai elektrinių tipai

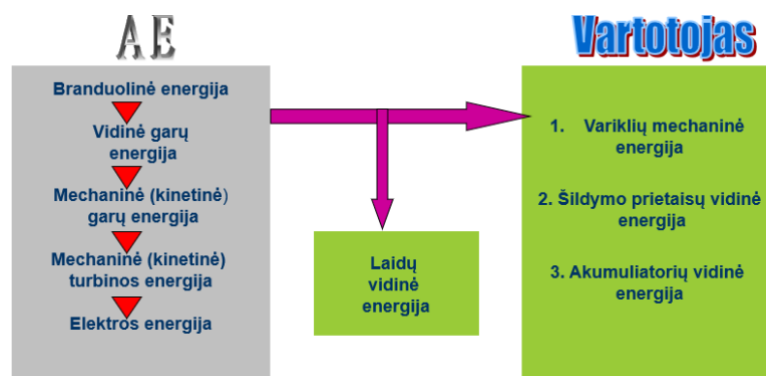
- Hidroelektrinės (vandens energija → elektros energija);
- Šiluminės (kuro energija → elektros energija);
- Atominės (branduolinė energija → elektros energija).
- Atsinaujinančią energiją naudojančios elektrinės (Saulės, vėjo, geoterminė, atliekų, vandens bangų ar kt. energija → elektros energija)



16 pav. Pagrindinių elektrinių tipų schema



17 pav. Energijos virsmi šiluminėje elektrinėje.



18 pav. Energijos virsmi atominėje elektrinėje.

Pagrindiniai saulės elektrinių komponentai:

- Saulės baterijų plokštės (moduliai).
- Saulės energijos inverteriai.
- Baterijos / akumuliatoriai.
- Elektros skirstomieji skydai.



Hibridinės saulės elektrinės supaprastintas išdėstymas

19 pav. Saulės elektrinės principinė schema.

Elektros energijos perdavimo sistemos yra naudojamos tam, kad elektra būtų efektyviai perduodama iš gamybos vietų (elektrinių) vartotojams (namams, pramonės įmonėms,

komercinėms įstaigoms). Štai keletas pagrindinių elektros energijos perdavimo sistemų panaudojimo pavyzdžių:

1. Elektros tiekimas miestams ir gyvenvietėms

Pavyzdys: Didelės galios elektros energijos perdavimo linijos jungia centrinės elektrines (pvz., šiluminės, hidroelektrinės, atominės elektrinės) su miestų ir gyvenviečių elektros paskirstymo tinklais. Tai užtikrina, kad gyventojai ir komerciniai objektai gautų stabilią ir patikimą elektros energiją.

Naudojimas: Miestuose esančios elektrinės paprastai yra per toli nuo vartotojų, todėl naudojamos perdavimo linijos su aukšta įtampa, kuri vėliau per transformatorius yra sumažinama iki tinkamos įtampos.

2. Pramonės objektų energijos aprūpinimas

Pavyzdys: Didelės pramonės įmonės, pvz., metalurgijos gamyklos, automobilių surinkimo fabrikai ar chemijos gamyklos, reikalauja milžiniškos elektros galios, todėl joms elektros energija tiekama tiesiai iš perdavimo linijų, o ne per vietinius paskirstymo tinklus.

Naudojimas: Pramonės objektai dažnai yra arti aukštos įtampos perdavimo linijų, kad būtų išvengta didelių energijos nuostolių.

3. Elektros eksportas ir importas tarp šalių

Pavyzdys: Tarptautiniai elektros energijos perdavimo tinklai jungia skirtingas šalis, leidžiant eksportuoti ir importuoti elektros energiją. Pavyzdžiui, Lietuva jungiasi su Švedija per „NordBalt“ elektros kabelį, o su Lenkija per „LitPol Link“.

Naudojimas: Tai užtikrina, kad šalys galėtų dalintis perteklinės energijos ištekliais arba gauti energijos iš kitų šaltinių, kai trūksta vietinių resursų.

4. Atsinaujančios energijos integracija į tinklą

Pavyzdys: Vėjo ir saulės elektrinės, dažnai nutolusios nuo didelių vartotojų centrų (pvz., vėjo parkai prie jūros arba saulės jėgainės atokiose vietovėse), per aukštos įtampos elektros perdavimo linijas perduoda generuojamą energiją į centrinius elektros tinklus.

Naudojimas: Kadangi atsinaujančių energijos šaltinių generavimas yra toli nuo vartotojų, reikia efektyvių perdavimo linijų, kurios sujungtų šiuos šaltinius su pagrindiniais vartojimo mazgais.

5. Rezervinio energijos tiekimo sistemų panaudojimas

Pavyzdys: Kintamosios elektros energijos perdavimo sistemos užtikrina, kad avarinių situacijų metu (pvz., gedimų ar elektros tiekimo sutrikimų atveju) būtų galima persikirstyti energiją iš kitų šaltinių ar regionų. Pvz., avariniai elektros tiekimo kabeliai tarp valstybių užtikrina energijos tiekimą, jei vietinis šaltinis nepavyksta.

Naudojimas: Tai suteikia tinklo atsparumą gedimams ir padeda užkirsti kelią elektros energijos pertraukimams dideliuose regionuose.

6. Transporto infrastruktūros aprūpinimas energija

Pavyzdys: Elektrinės transporto sistemos, tokios kaip greitaeigiai traukiniai ar metro, yra prijungiamos prie elektros perdavimo tinklų, kurie aprūpina juos energija. Tai ypač aktualu regionuose, kur naudojami elektrifikuoti geležinkeliai.

Naudojimas: Elektros energija tiekama tiesiai iš aukštos įtampos linijų į traukinių sistemas per specialius elektros tiekimo mazgus.

7. Įtampos reguliavimas ir stabilizavimas

Pavyzdys: Elektros perdavimo sistemos naudojamos palaikyti pastovų energijos tiekimą kritiniuose objektuose, pavyzdžiui, ligoninėse, oro uostuose, duomenų centruose ir kitos svarbiose infrastruktūrose, kurioms reikia nenutrūkstanto energijos tiekimo.

Naudojimas: Tokioms vietoms reikalingi specialūs elektros paskirstymo centrai, kurie užtikrina, kad elektros įtampos svyravimai ar nutrūkimai nesukeltų didelių problemų.

Šie pavyzdžiai rodo, kad elektros energijos perdavimo sistemos yra kritinės tiek buitiniams, tiek pramoniniams poreikiams, taip pat užtikrina energetinį saugumą ir patikimumą tarptautiniu mastu.

Lietuvos energetika

2022 m. visų Lietuvoje veikiančių elektrinių:

- instaliuotoji galia – 3891 MW,
- prieinama galia – 1558 MW (hidroelektrinių ir Kruonio hidroakumuliacinės elektrinės – 500 MW, šiluminių elektrinių – 742 MW, vėjo elektrinių – 162 MW, kitų atsinaujinančių išteklių jėgainių – 154 MW),
- nuo 2023 – 2008 MW (dalis elektrinių teikia gamybos pajėgumų rezervo paslaugą, įsijungia, kai reikia pakeisti sugedusią ar remontuojamą elektrinę; atsinaujinančių energijos išteklių jėgainių galia priklauso nuo saulės, vėjo ar vandens lygio, todėl dažnai būna gerokai mažesnė už maksimalią).

Lietuva importuoja apie du trečdalius suvartojamos energijos (per 700 MW galios jungtį su Švedija ir 500 MW galios jungtį su Latvija, Estija ir Suomija).

<https://www.vle.lt/straipsnis/lietuvos-energetika/>

Sparti atsinaujinančios energetikos plėtra Lietuvoje

• Bendra saulės ir vėjo galia Lietuvoje per keturis metus (2020-2024) išaugo daugiau nei keturis kartus ir peržengė simbolinę 3 GW ribą. Tokios galios buvo 2009 m. sustabdyta Ignalinos atominė elektrinė.

• Perdavimo tinklo operatorės „Litgrid“ duomenimis, šiuo metu bendra saulės ir vėjo elektrinių galia yra 3029 MW, iš jų saulės - 1707 MW, vėjo – 1322 MW. Palyginimui, 2020 m. pabaigoje bendra saulės ir vėjo galia Lietuvoje buvo 699 MW.

<https://enmin.lrv.lt/lt/naujienos/saules-ir-vejo-galia-jau-virsija-3-gw-tokios-galios-buvo-ignalinos-ae/>

Elektros energijos gamyba Lietuvoje 2024 m. balandžio–birželio mėnesiais

• Vėjo elektrinės pagamino 0,671 TWh elektros energijos, 70 proc. daugiau nei prieš metus, kai jų gamyba siekė 0,395 TWh.

• Saulės elektrinių generacija išaugo 95 proc. nuo 0,268 TWh iki 0,524 TWh.

• Hidroelektrinių gamyba sumažėjo 1,5 proc. nuo 0,113 TWh iki 0,111 TWh.

• Visos atsinaujinančių energijos išteklių elektrinės per ketvirtį pagamino 1,353 TWh elektros energijos, 64 proc. daugiau nei pernai tuo pačiu metu, kai jų gamyba siekė 0,824 TWh.

• Iš atsinaujinančių išteklių pagaminta energija sudarė 74 proc. visos Lietuvoje antrąjį ketvirtį pagamintos elektros energijos. Palyginti, pernai antrąjį ketvirtį ši dalis buvo 69 procentai.

• Šiluminių elektrinių gamyba per metus išaugo 24 proc., nuo 0,272 iki 0,337 TWh. Hidroakumuliacinių elektrinių gamyba didėjo 27 proc. nuo 0,105 TWh iki 0,134 TWh.

Didžiausios elektrinės Lietuvoje pagal instaliuota elektros energijos galia:

Vieta	Pavadinimas	Miestas	Galia
1	<u>Lietuvos elektrinė</u>	<u>Elektrėnai</u>	1055 MW
2	<u>Kruonio hidroakumuliacinė elektrinė</u>	<u>Kruonis</u>	900 MW
3	<u>Vilniaus elektrinė-3</u>	<u>Vilnius</u>	360 MW
4	<u>Kauno termofikacinė elektrinė</u>	<u>Kaunas</u>	170 MW
5	<u>Orlen Lietuva elektrinė</u>	<u>Mažeikiai</u>	160 MW
6	<u>Kauno hidroelektrinė</u>	<u>Kaunas</u>	101 MW
7	<u>Achemos elektrinė</u>	<u>Jonava</u>	75 MW
8	<u>Lifosos elektrinė</u>	<u>Kėdainiai</u>	37 MW
9	<u>Panevėžio termofikacinė elektrinė</u>	<u>Panevėžys</u>	35 MW
10	<u>Klaipėdos parodomoji geotermine</u>	<u>Klaipėda</u>	35 MW
11	<u>Fortum Klaipėda termofikacinė</u>	<u>Klaipėda</u>	20 MW
12	<u>Vilniaus šiluminė elektrinė</u>	<u>Vilnius</u>	17 MW
13	<u>Šiaulių termofikacinė elektrinė</u>	<u>Šiauliai</u>	11 MW
14	<u>Petrašiūnų šiluminė elektrinė</u>	<u>Kaunas</u>	8 MW

Užduotys, skirtos pasiekti mokymosi uždavinių

Uždavinys 1: Transformatorius turi 100 vijų pirminėje apvijoje ir 200 vijų antrinėje apvijoje. Pirminėje apvijoje taikoma įtampa 120 V. Apskaičiuokite antrinės apvijos įtampą.

Uždavinys 2: Transformatorius turi 400 vijų pirminėje apvijoje ir 100 vijų antrinėje apvijoje. Jei į pirminę apviją tiekama 240 V įtampa, o antrinė apvija prijungta prie 10 Ω varžos, apskaičiuokite srovę, tekančią antrine apvija.

Uždavinys 3: Transformatorius turi 500 vijų pirminėje apvijoje ir 150 vijų antrinėje apvijoje. Jei įtampa pirminėje apvijoje yra 230 V, o antrine apvija teka 5 A srovė, apskaičiuokite pirminėje apvijoje tekančią srovę, jei transformatorius yra idealus.

Uždavinys 4: Transformatorius turi 800 vijų pirminėje apvijoje ir 200 vijų antrinėje apvijoje. Pirminėje apvijoje taikoma 400 V įtampa. Antrinės apvijos srovė yra 4 A, o naudingumo koeficientas yra 95%. Apskaičiuokite pirminėje apvijoje tekančią srovę.

Uždavinys 5: Transformatorius turi 1200 vijų pirminėje apvijoje ir 300 vijų antrinėje apvijoje. Pirminėje apvijoje taikoma 500 V įtampa, o antrinė apvija prijungta prie varžos, kuri sunaudoja 600 W galią. Transformatoriaus naudingumo koeficientas yra 90%. Apskaičiuokite srovę, tekančią pirminėje apvijoje, ir varžos dydį antrinėje grandinėje.

Uždavinys 6: Vieno pusperiodžio lygintuvas yra prijungtas prie 220 V kintamosios srovės šaltinio. Kokia yra vidutinė išlygintos įtampos reikšmė?

Uždavinys 7: Tiltinio (pilno) lygintuvo grandinė yra prijungta prie 120 V kintamosios srovės šaltinio. Lygintuvas maitina varžinę apkrovą, kurios varža yra 10 Ω . Apskaičiuokite vidutinę išlygintos srovės reikšmę.

Uždavinys 8: Vieno pusperiodžio lygintuvas su 50 Hz dažnio kintamosios srovės šaltiniu maitina 15 Ω varžą. Įtampos šaltinio efektyvioji vertė yra 230 V. Apskaičiuokite vidutinę srovės reikšmę, tekančią per varžą, ir išlygintą išėjimo galios vidurkį.

Uždavinys 9: Tiltinis lygintuvas yra prijungtas prie 60 Hz kintamosios srovės šaltinio, kurio efektyvioji vertė yra 110 V. Lygintuvas maitina varžinę apkrovą su $R=20\ \Omega$. Kiek energijos per vieną sekundę yra perduodama varžai?

Uždavinys 10: Tiltinis lygintuvas, prijungtas prie 50 Hz kintamosios srovės šaltinio, kurio efektyvioji įtampa yra 220 V, maitina nuolatinės srovės variklį su vidutine 15 A srove. Transformatoriaus vidinė varža yra 2 Ω , o lygintuvas turi 1 V nuostolių kiekviename diode. Apskaičiuokite vidutinę išlygintos įtampos reikšmę, įtampą, prarastą dioduose, ir vidutinę srovę pirminėje grandinėje.

Uždavinys 11: Elektros energija yra perduodama per 200 km ilgio perdavimo liniją, kurios įtampa yra 110 kV. Linija perduoda 500 MW galią. Apskaičiuokite linijoje tekančią srovę.

Uždavinys 12: 150 kV įtampos elektros energija yra perduodama per 100 km liniją su 1 Ω varža. Jei per liniją perduodama galia yra 400 MW, apskaičiuokite, kiek galios prarandama linijoje dėl varžos.

Uždavinys 13: Elektros energija perduodama per 150 km ilgio liniją, kurios įtampa yra 220 kV. Linijos varža yra 0,5 Ω , o perduodama galia yra 600 MW. Apskaičiuokite, kokia bus įtampa linijos gale dėl įtampos kritimo.

Uždavinys 14: 500 MW elektros energijos perduodama per 300 km ilgio liniją, kurios įtampa yra 400 kV, o varža – 0,3 Ω . Jeigu dėl šios linijos prarandama 2% energijos, apskaičiuokite tikslų linijos varžos poveikį, praradimų galią ir tikrąją galingumą, pateikiamą vartotojams.

Uždavinys 15: Aukštos įtampos perdavimo linija (500 kV) per 200 km turi perduoti 800 MW galią. Linijos varža yra 1,5 Ω , tačiau linijoje yra naudojamas reaktyvusis kompensatorius, kuris sumažina įtampos kritimą 20%. Kiek srovės teka per liniją, ir kiek galios sutaupoma dėl reaktyvaus kompensatoriaus?

Užduotys, skirtos vertinimui ir įsivertinimui

Kontroliniai klausimai

1. Koks prietaisas vadinamas transformatoriumi?
2. Kokia yra transformatoriaus sandara?
3. Koks transformatoriaus veikimo principas?
4. Kokia yra transformatoriaus paskirtis?
5. Kuo skiriasi transformatoriaus tuščioji eiga nuo darbinės?
6. Ką vadiname transformatoriaus transformacijos koeficientu?
7. Ką vadiname transformatoriaus naudingumo koeficientu?
8. Kodėl atsiranda energijos nuostoliai transformatoriuje?

9. Kokios yra transformatorių rūšys?
10. Kur naudojami transformatoriai?
11. Paaiškinkite, kaip priklauso naudingumo koeficientas η nuo antrinės grandinės srovės stiprio.
12. Kodėl reikia transformuoti elektros srovę perduodant ją dideliais atstumais?
13. Ką vadiname Fuko srovėmis?
14. Kada Fuko srovės naudingos, o kada žalingos?
15. Kokia struktūrinė kintamosios srovės lygintuvo schema?
16. Kokie elementai dažniausiai sudaro lygintuvą?
17. Kaip skirstomi lygintuvai?
18. Kokie yra svarbiausi lygintuvų parametrai?
19. Kaip dirba vieno pusperiodžio lygintuvas?
20. Kuo skiriasi dviejų pusperiodžių lygintuvas su keturiais diodais?
21. Kaip atrodo dviejų pusperiodžių lygintuvas su dviem diodais ir vidurinę atšaką turinčiu transformatoriumi?
22. Ar gali būti dviejų pusperiodžių lygintuvas su du anodus turinčiu lempiniu diodu?
23. Kaip lyginama trifazė srovė?
24. Kas dar paprastai gali būti naudojama vietoj diodų kintamosios srovės lygintuvuose?
25. Kaip skaičiuojamas lyginimo efektyvumas?
26. Kaip elektra perduodama dideliais atstumais?
27. Elektros gamintojas, tiekėjas, perdavėjas ir skirstytojas: kas ir už ką atsakingas?
28. Kokie yra pagrindiniai elektrinių tipai?
29. Kokie yra pagrindiniai saulės elektrinių komponentai?
30. Pateikite keletą pagrindinių elektros energijos perdavimo sistemų panaudojimo pavyzdžių.
31. Išvardinkite keletą didžiausių elektrinių Lietuvoje.

Namų darbai (jei reikia, nurodykite, kokius namų darbus mokiniai turėtų atlikti)

1. Projekto parengimas

Užduotis: dirbant komandoje (virtualiai ar susitikus) ir parengti projektą apie elektros energijos perdavimo linijų naujoves Lietuvoje arba automobiliuose naudojamus transformatorius ar kintamosios srovės lygintuvus.

Instrukcijos: pasirinkite temą. Paruoškite pristatymą, kuris bus pateiktas klasėje. Pristatymas turi būti ne trumpesnis kaip 10 skaidrių.

Vertinimas: projekto turinio kokybė, komandinio darbo efektyvumas ir pristatymo aiškumas.

Siūloma papildoma medžiaga / literatūra / skaitmeninės mokymo priemonės (SMP)

<https://m.technologijos.lt/cat/290/article/S-46215> – Ateities elektrinės – augantys žalieji augalai?

<https://prezi.com/r1csfdg5b9m6/kintamosios-sroves-generatorius-ir-elektros-energijos-gamyba-ir-perdavimas/> – kintamosios srovės generatorius ir elektros energijos gamyba ir perdavimas

<https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAP/b9a98670ddca11ecb1b39d276e924a5d> – elektros energijos gamintojų pasinaudojimo elektros perdavimo tinklais tvarkos aprašas

[fizika_iidalis.pdf \(vu.lt\)](#) – J. Butrimaitė, A. Dementjev, R. Gadonas, G. Dikčius, J. Jasevičiūtė, V. Karenauskaitė, V. Sirutkaitis, V. Smilgevičius FIZIKA biomedicinos ir fizinių mokslų studentams II dalis Elektra Magnetizmas Medicininė elektronika Optika

https://m.klaipeda.diena.lt/naujienos/ivairenybes/mokslas-ir-it/mokslininkai-pasieke-naujo-elektros-tipo-perdavimo-rekorda-782117?komentarai#google_vignette – Mokslininkai pasiekė naujo elektros tipo perdavimo rekordą | kl.lt (diena.lt)

<https://www.tv3.lt/naujiena/mokslasirit/netradiciniai-elektros-energijos-perdavimo-budai-n410822> – Netradiciniai elektros energijos perdavimo būdai

<https://eur-lex.europa.eu/LT/legal-content/summary/guideline-on-electricity-transmission-system-operation.html> – Elektros energijos perdavimo sistemos eksploatavimo gairės

Reikalingi materialiniai ir technologiniai ištekliai

1. Mokomasis elektronikos rinkinys su knyga, skirtas modeliuoti elektronines grandines demonstracijai ir praktiniams darbams atlikti.

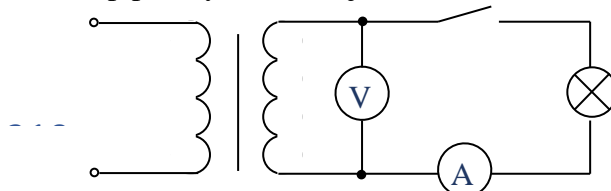
2. Kompiuteriai ar mob. telefonai informacijos paieškai.

Pateikta konkreti medžiaga, kurią galima naudoti pamokoje (užduočių lapai, veiklų planai)

1 variantas (darbas poromis)

1. Transformatoriaus pirmine apvija teka 0,5A stiprio srovė. Antrinė apvija teka 8A stiprio srovė. Pirminės apvijos įtampa 220V, o antrinės apvijos – 12V. Apskaičiuokite transformatoriaus naudingumo koeficientą.

2. Tinklo įtampa kinta pagal dėsnį $u=310\cos 100\pi t$. Į tinklą įjungtas idealus transformatorius, kaip parodyta schemoje:



a) Nustatykite tinklo įtampos efektinę vertę.

b) Žeminančio transformatoriaus antrinė apvija dažniausiai vyniojama iš storesnių laidų.

Kodėl?

c) Paaiškinkite, kodėl transformatoriaus šerdis dažniausiai gaminama iš izoliuotų lakštinio plieno plokščių?

d) Ką rodytų voltmetras, kai transformacijos koeficientas $K = 10$?

e) Ką rodytų į antrinę grandinę įjungtas ampermetras kai įjungsime jungiklį? Lemputės varža 10 Ω?

f) Kokia lempučių galia?

3. Į kintamos srovės grandinę įjungta 50Ω aktyvioji varža. Raskite srovės stiprio amplitudinę ir efektinę vertę, kai įtampos efektinė vertė lygi 220V.

4. EVJ kintamos srovės grandinėje išreiškiama lygtimi $e=110\sin 942t$. Kam lygi elektrovaros jėgos efektinė vertė. Apskaičiuoti jos kitimo dažnį ir periodą.

5. Parašyti harmoningų svyravimų lygtį, kai svyravimo amplitudė lygi 20 cm, o periodas 20 s. Pradinė fazė lygi 0.

6. Prie ritės prijungtas 1 μF talpos kondensatorius, buvo įelektrintas iki 400V įtampos. Eksperimentariai oscilografu nustatė, kad virpesių periodas lygus 3,14 ms.

- Nubraižykite virpesių kontūro elektrinę schemą.
- Kokio induktyvumo ritė buvo panaudota eksperimente?
- Užrašykite kondensatoriaus plokščių krūvio priklausomybės nuo laiko lygtį, tardami, kad virpesiai neslopsta.

2 variantas (darbas poromis)

1. Į $U_1 = 220 \text{ V}$ apšvietimo tinklą įjungto transformatoriaus pirminė apvija teka $I_1 = 0,2 \text{ A}$ srovė. Srovės stipris antrinėje apvijoje $I_2 = 3,8 \text{ A}$. Transformacijos koeficientas $k = 20$. Apskaičiuoti: 1) antrinės apvijos įtampą; 2) transformatoriaus naudingumo koeficientą.

U_2	$U_1 = 220 \text{ V}$
η	$I_1 = 0,2 \text{ A}$
	$I_2 = 3,8 \text{ A}$
	$k = 20$

2. Transformatorius įjungtas į 50 Hz dažnio kintamosios įtampos tinklą. Pirminė transformatoriaus apvija turi 99 vijas, antrinė – 990 vijų. Voltmetras, prijungtas prie pirminės apvijos gnybtų, rodo 110 V įtampą.

- Nubrėžkite kokybinį įtampos kitimo laikui bėgant grafiką.
- Apskaičiuokite transformatoriaus transformacijos koeficientą.
- Apskaičiuokite, kokią įtampą rodytų voltmetras, prijungtas prie antrinės transformatoriaus apvijos gnybtų?
- Kokiomis vertėmis – momentinėmis ar efektinėmis – graduojami kintamosios srovės įtampos matavimo prietaisai?
- Kokia tinklo įtampos amplitudė?

3. Virpesių kontūru tekančios srovės stipris $i = 0,2 \cos(31,4t)$. Kam lygi srovės stiprio amplitudinė vertė? Koks yra elektromagnetinių bangų dažnis ir periodas?

4. Parašyti harmoningų svyravimų lygtį, kai svyravimo amplitudė lygi 10 cm, o periodas 10 s. Pradinė fazė lygi 0.

5. Įtampa kinta pagal dėsnį $u = 120 \cos(40\pi t)$. Įtampa išreikšta voltais, laikas – sekundėmis. Raskite įtampos amplitudę, periodą ir dažnį.

6. Raskite virpesių kontūro ritės induktyvumą, kai kondensatoriaus talpa lygi 5 μF , o virpesių periodas 0,001s.

Testas iš transformatoriaus

1. Kas yra transformatorius?
 - a) Prietaisas, skirtas elektros srovės stiprumui reguliuoti
 - b) Prietaisas, skirtas mechaninei energijai paversti elektrine
 - c) **Prietaisas, skirtas elektros įtampos keitimui**
 - d) Elektros prietaisas, skirtas dažnių reguliavimui
2. Kokia pagrindinė transformatoriaus dalis?
 - a) Varinis ritė
 - b) Magnetinis laukas
 - c) **Magnetinė šerdis**
 - d) Elektros srovės reguliatorius
3. Kokio tipo srovė naudojama transformatoriuje?
 - a) Tiesioginė srovė (DC)
 - b) **Kintamoji srovė (AC)**
 - c) Nuolatinė srovė (AC)
 - d) Neharmoningai kintanti srovė
4. Koks yra pagrindinis transformatoriaus veikimo principas?
 - a) Elektros įtampos ir srovės tiesioginis perdavimas
 - b) **Indukcijos dėsnis**
 - c) Mechaninės energijos perdavimas
 - d) Magnetinio lauko sukūrimas be srovės
5. Kaip vadinamas transformatorius, kuris padidina įtampą?
 - a) Įtampinis transformatorius
 - b) **Aukštinantysis transformatorius**
 - c) Kintamosios srovės transformatorius
 - d) Žeminantysis transformatorius
6. Kokios dvi pagrindinės apvijos yra transformatoriuje?
 - a) Elektromagnetinė ir vario
 - b) **Pirminė ir antrinė**
 - c) Pirminė ir kintamoji
 - d) Aukštos ir žemos įtampos
7. Ką daro žeminantysis transformatorius?
 - a) Padidina srovės stiprumą
 - b) **Sumažina įtampą**
 - c) Transformuoja mechaninę energiją į elektrinę
 - d) Sumažina dažnį
8. Koks yra transformatoriaus naudingumo koeficientas?
 - a) 50%

- b) 60%
- c) 90%
- d) **Artimas 100%**

9. Kaip vadinamas prietaisas, kuris keičia srovės dažnį?

- a) **Keitiklis (inverteris)**
- b) Transformatorius
- c) Įtampos keitiklis
- d) Elektromagnetas

10. Kokioje aplinkoje transformatorius dažniausiai naudojamas?

- a) Automobiliuose
- b) **Elektros energijos perdavimo linijose**
- c) Namų elektronikoje
- d) Mechaniniuose prietaisuose

10 testo klausimų su atsakymais, susijusiais su elektros energijos perdavimo sistemomis:

1. Koks yra pagrindinis aukštos įtampos naudojimo tikslas elektros energijos perdavimo linijose?

- a) Padidinti elektros srovės stiprį
- b) Sumažinti šilumos nuostolius
- c) Padidinti elektros energijos nuostolius
- d) Sumažinti varžos poveikį

Teisingas atsakymas: b) Sumažinti šilumos nuostolius

2. Kuris įrenginys naudojamas įtampai keisti elektros energijos perdavimo sistemose?

- a) Lygintuvas
- b) Transformatorius
- c) Rezistorius
- d) Variklis

Teisingas atsakymas: b) Transformatorius

3. Kuri iš šių formulių teisingai nusako galią elektros perdavimo linijoje?

- a) $P=U I$
- b) $P=U^2/R$
- c) $P=I^2 R$
- d) $P=U/I$

Teisingas atsakymas: a) $P=U I$

Išsamesnis paaiškinimas:

Formulių a ir c atsakymuose skirtumai:

a) $P=UI$ yra teisinga elektros galios formulė, kuri nusako bendrą galią, kai įtampa U ir srovė I yra žinomos. Ši formulė dažniausiai taikoma elektros perdavimo linijose.

c) $P=I^2R$ yra formulė, kuri apibūdina **galios nuostolius dėl šilumos** varžoje. Ji taikoma, kai norima apskaičiuoti, kiek galios prarandama dėl linijos varžos, bet ne bendrą perduodamą galią.

Taigi, atsakymas c) $P=I^2R$ nurodo praradimų galią dėl varžos, o klausimas reikalauja bendros galios, todėl tinkamas atsakymas yra $P=UI$.

4. Kokių būdu reaktyvusis kompensatorius padeda elektros perdavimo sistemose?

- a) Sumažina galios nuostolius dėl šilumos
- b) Padidina srovės stiprį
- c) Stabilizuoja tinklo įtampą
- d) Padidina linijos varžą

Teisingas atsakymas: c) Stabilizuoja tinklo įtampą

5. Koks yra pagrindinis elektros energijos nuostolių perdavimo linijose šaltinis?

- a) Srovės pratekėjimas į žemę
- b) Linijos varža
- c) Įtampos padidėjimas
- d) Netinkami transformatoriai

Teisingas atsakymas: b) Linijos varža

6. Kas nutinka, kai didinamas elektros perdavimo linijos ilgis, jei kitos sąlygos išlieka pastovios?

- a) Sumažėja nuostoliai dėl varžos
- b) Padidėja galios praradimai
- c) Padidėja perduodama galia
- d) Sumažėja perdavimo efektyvumas

Teisingas atsakymas: b) Padidėja galios praradimai

7. Kokių dažnių kinta srovė Europos elektros energijos perdavimo tinkluose?

- a) 50 Hz
- b) 60 Hz
- c) 100 Hz
- d) 120 Hz

Teisingas atsakymas: a) 50 Hz

8. Kokios rūšies srovė daugiausia naudojama elektros energijos perdavimo sistemose?

- a) Nuolatinė srovė (DC)
- b) Kintamoji srovė (AC)
- c) Impulsinė srovė
- d) Sinusoidinė srovė

Teisingas atsakymas: b) Kintamoji srovė (AC)

Išsamesnis paaiškinimas:

- d) atsakymas nėra tinkamas, nes jis apibūdina tik **bangos formą**, o ne srovės tipą. Pagrindinis skirtumas yra toks:

•**Kintamoji srovė (AC)** apibūdina **srovės tipą**, kurio metu srovės kryptis ir dydis periodiškai keičiasi. Tai yra pagrindinis srovės tipas, naudojamas elektros energijos perdavimo sistemose.

•**Sinusoidinė srovė** reiškia specifinę **kintamosios srovės bangos formą**. Nors daugumoje elektros tinklų naudojama sinusoidinė kintamosios srovės banga, pats terminas „sinusoidinė srovė“ apibūdina bangos formą, o ne srovės rūšį. Kintamoji srovė gali turėti ir kitas bangos formas (pvz., trikampinę ar kvadratinę), bet AC apima visas šias formas.

Todėl teisingas atsakymas yra **b) Kintamoji srovė (AC)**, nes šis atsakymas nurodo **srovės tipą**, o ne tik jos bangos formą.

9. Kuriame elektros perdavimo sistemos komponente energija yra „nuleidžiama“ iki vartotojui tinkamos įtampos?

- a) Transformatoriuje
- b) Lygintuve
- c) Perdavimo linijoje
- d) Saugykloje

Teisingas atsakymas: a) Transformatoriuje

10. Kas nutinka elektros energijos perdavimo sistemose, kai įtampa yra per maža, o srovė per didelė?

- a) Energijos praradimai didėja dėl varžos
- b) Perdavimo linijos tampa efektyvesnės
- c) Energija perduodama efektyviau
- d) Sumažėja šilumos nuostoliai

Teisingas atsakymas: a) Energijos praradimai didėja dėl varžos

Pamokos planas. Elektros energijos perdavimas ir gamyba

Išplėstinis pamokos planas

Data:.....

Tema: Elektros energijos perdavimas ir gamyba

Tipas: mišrus.

Tikslai:

- a) supažindinti su kintamosios srovės generatoriaus veikimo principu;
- b) paaiškinti transformatoriaus sandarą ir veikimo principą;
- c) apibūdinti elektros energijos perdavimo ypatumus.

Metodai:

- a) pasakojimas, aiškinimas, pokalbis;
- b) darbas su vadovėliu, užduočių nagrinėjimas.

Pamokos situacija.

Išeita: Kintamoji elektros srovė.

Užduota: Kintamoji elektros srovė.

Užduodama: “Elektros energijos gamyba, perdavimas ir panaudojimas”

Pamokos eiga

Skiriamas laikas: mokytojo veikla (30 min.), mokinių veikla (10 min.)

I. Naujos pamokos aiškinimas

Elektros energijos generavimas

Pažymime, kad elektros srovė gamina generatoriai – įrenginiai, kurie vienos ar kitos rūšies energiją paverčia elektros energija. Prie generatorių priskiriami galvaniniai elementai, elektrostatinės mašinos, termobaterijos, saulės baterijos ir t.t. Sėkmingai kuriami magnetiniai hidrodinaminiai generatoriai (MHD generatoriai), kurie magnetiniame lauke judančių įkaitintų jonizuotų dujų (plazmos) mechaninę energiją paverčia elektros energija.

Dabar svarbiausią reikšmę turi elektromechaniniai indukciniai kintamosios srovės generatoriai.

Kintamosios srovės generatorius

Jis sudarytas iš elektromagneto arba nuolatinio magneto, sukuriančio magnetinį lauką ir apvijos, kurioje indukuojasi kintamoji evj (nagrinėtame generatoriaus modelyje tai besisukantys rėmeliai). Kadangi evj, indukuotos nuosekliai sujungtose vijose, sudedamos, tai indukcinės evj amplitudė rėmeliuose yra proporcinga vijų skaičiui. Ji proporcinga taip pat kiekvieną viją kertančio kintamojo magnetinio srauto amplitudei

$$\Phi_m = BS.$$

Transformatorius. Transformatoriaus paskirtis

Transformatoriumi keičiant tam tikro dažnio kintamąją srovę, įtampa padidinama arba sumažinama keletą kartų, o galia beveik neprarandama.

Transformatoriaus konstrukcija

Transformatorius sudarytas iš uždaros plieninės šerdies, ant kurios užmaunamos dvi ritės su apvijomis. Viena tų apvijų, vadinama pirmine, jungiama prie kintamosios įtampos šaltinio. Prie kitos – antrinės – jungiama “apkrova”, t.y. prietaisai ir įrenginiai, vartojantys elektros energiją.

Transformatoriaus veikimas tuščiaja eiga

Aiškiname, kad transformatoriaus veikimas pagrįstas elektromagnetinės indukcijos reiškiniu. Pirminė apvija tekanti kintamoji srovė sukuria šerdyje kintamąjį magnetinį srautą, kuris kiekvienoje apvijoje indukuoja evj.

Bet kurioje pirminės ar antrinės apvijos vijoje indukuotos evj momentinė vertė e yra vienoda. Pagal Faradėjaus dėsnį ji nusakoma formule

$$e = - \dot{\Phi}'$$

čia Φ' – magnetinės indukcijos srauto išvestinė laiko atžvilgiu.

$$\text{Kai } \Phi = \Phi_m \cos \omega t, \text{ tai } \dot{\Phi}' = - \omega \Phi_m \sin \omega t$$

Vadinasi

$$e = \omega \Phi_m \sin \omega t;$$

Dydis K vadinamas transformacijos koeficientu. Kai $K > 1$, transformatorius vadinamas žeminimo, kai $K < 1$ – aukštinimo transformatoriumi.

Apkrauto transformatoriaus veikimas

Jeigu prie antrinės apvijos galų prijungsime elektros energiją vartojančią grandinę, arba kaip sakoma, apkrausime transformatorių, srovės stiprumas antrinėje grandinėje jau nebebus lygus nuliui. Srovės galia pirminėje grandinėje apytiksliai lygi tos srovės galiai antrinėje grandinėje:

$$U_1 I_1 \approx U_2 I_2$$

$$\text{Iš čia } \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

Vadinasi, kiek kartų transformatorius paaukština įtampą, tiek pat kartų sumažėja srovės stiprumas (ir atvirkščiai).

Elektros energijos gamyba ir panaudojimas

Akcentuojame ir paaiškiname, kokie yra elektrinių tipai. Šiluminėse elektrinėse (ŠE) energijos šaltinis yra kuras: anglis, dujos, nafta, mazutas, degieji skalūnai.

Hidroelektrinėse (HE) generatorių rotoriams sukuti panaudojama vandens potencinė energija.

Vis daugiau elektros energijos tiekia, paprastai nedidelio galingumo, Atominės elektrinės (AE).

Elektros energijos perdavimas

Mokiniams pasakojame, kad elektros energiją tenka perduoti dideliais atstumais, o tai visuomet nuostolinga. Juk srovė, tekėdama elektros perdavimo linijomis, šildo laidus. Pagal Džaulio ir Lenco dėsnį linijos laidams šildyti eikvojama energija

$$Q = I^2 R t;$$

čia R – linijos laidų varža. Labai ilga linija perduoti energiją ekonomiškai nenaudinga. Sumažinti linijos laidų varžą labai sunku. Todėl tenka mažinti srovės stiprumą.

Kadangi elektros srovės galia proporcinga srovės stiprumo ir įtampos sandaugai, galią galima išsaugoti padidinus įtampą perdavimo linijoje.

1) **Sprendžiamas uždavinys.** Turime transformatorių, kurio pirminės apvijos vijų skaičius $N_1=840$, pirminės įtampos vertė $U_1=220$, antrinės įtampos vertė $U_2=660$ V. Reikia rasti vijų skaičių antrinėje apvijoje N_2 ir transformatoriaus perdavimo koeficientą K .

1. Antrinės apvijos vijų skaičiaus radimas

Transformatoriaus veikimas apibūdinamas santykiu tarp įtampų ir vijų skaičiaus pirminėje bei antrinėje apvijoje. Šis santykis nusakomas formule:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Iš šios formulės išreiškiame N_2 :

$$N_2 = N_1 \cdot \frac{U_2}{U_1}$$

Irašome duomenis:

$$N_2 = 840 \cdot \frac{660}{220} = 840 \cdot 3 = 2520$$

Taigi, antrinės apvijos vijų skaičius $N_2 = 2520$.

2. Transformatoriaus perdavimo koeficientas

Transformatoriaus perdavimo koeficientas K nusako įtampų ir vijų skaičiaus santykį ir apskaičiuojamas taip:

$$K = \frac{U_2}{U_1}$$

Irašome duomenis:

$$K = \frac{660}{220} = 3$$

Taigi, transformatoriaus perdavimo koeficientas $K = 3$.

Atsakymai:

- Antrinės apvijos vijų skaičius $N_2 = 2520$
- Transformatoriaus perdavimo koeficientas $K = 3$

Mokiniai užsirašo.
Stebi.
Pasižymi sąsiuviniuose.

TRANSFORMATORIUS, ELEKTROS ENERGIJOS PERDAVIMAS



UŽDUOTYS – 1 var.

1. Transformatoriaus šerdis ir jos apvijos darbo metu įkaista. Paaiškinkite kodėl? Ką daryti turint galingus transformatorius?

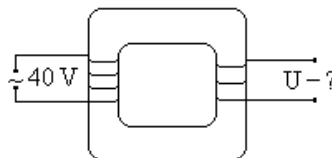
2. Pirminė transformatoriaus apvija teka 0,5A srovė. Įtampa apvijoje 220V. Transformacijos koeficientas $k = 22$. Raskite įtampą antrinėje apvijoje ir ja tekančią srovę.

3. Į gamyklą nutiesta 6600V įtampos linija. Gamyklos transformatoriaus pirminė apvija turi 3300 vijų, o antrinė – 110 vijų. Kokia įtampa gamyklos elektros tinkle? Kokia galia vartojama, kai teka 200A elektros srovė?

4. Srovė pirminėje transformatoriaus apvijoje yra 0,5 A, įtampa apvijos galuose 220V. antrine apvija teka 11 A srovė, įtampa apvijos galuose 9,5 V. Raskite transformacijos koeficientą ir transformatoriaus naudingumo koeficientą.

5. Kam lygi įtampa antrinėje transformatoriaus apvijoje?

- A. 120 V.
- B. 60 V.
- C. 30 V.
- D. 20 V.



UŽDUOTYS – 2 var.

1. Kodėl žeminančiojo transformatoriaus pirminės apvijos laidininkas plonesnis negu antrinės, o aukštinančiojo atvirkščiai?

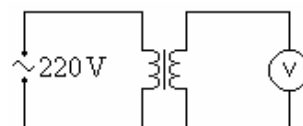
2. Pirminėje transformatoriaus apvijoje yra 20 vijų. Kiek vijų turi būti antrinėje apvijoje, kad transformatorius aukštintų įtampą nuo 220V iki 11000 V. Koks transformacijos koeficientas?

3. Transformatoriaus galia 50kW. Kokia srovė teka pirminė ir antrine apvija, jeigu įtampa pirminėje apvijoje 10kV, o antrinėje 400V ?

4. Transformatoriaus pirminėje apvijoje yra 1440 vijų. Pirminės apvijos įtampa 240 V, o antrinės – 60V. Koks transformacijos koeficientas? Kiek vijų turi antrinė apvija? Kokia (mažiausia) srovė teka pirminė apvija, jei antrine teka 5A ? Koks realus transformatoriaus η (naudingumo koeficientas), jei pirminė apvija teka 1,5 A srovė ?

5. Žeminantis transformatorius, kurio transformacijos koeficientas 10, prijungtas prie kintamosios įtampos šaltinio taip, kaip parodyta paveiksle. Ką rodo voltmetras?

- A. 2200 V.
- B. 220 V.
- C. 22 V.
- D. 0 V.



**Laboratorinio darbo „Transformatoriaus tyrimas“
ataskaita**

I. Tikslas.

Susipažinti su transformatoriaus veikimo principu. Išmatuoti pagrindinius transformatoriaus parametrus, dirbant jam be apkrovos ir su apkrova.

II. Uždutis.

1. Išmatuoti transformatoriaus (be apkrovos) antrinės ritės įtampą ir srovę kaip funkciją:

1.1. Nuo vijų skaičiaus pirminėje ritėje.

1.2. Nuo vijų skaičiaus antrinėje ritėje.

1.3. Nuo prijungtos įtampos pirminėje ritėje.

2. Išmatuoti pirminę srovę, kai transformatorius apkrautas:

2.1. Nuo srovės antrinėje ritėje.

2.2. Nuo vijų skaičiaus antrinėje ritėje.

2.3. Nuo vijų skaičiaus pirminėje ritėje.

III. Darbo rezultatai.

1. Pasinaudodami 1 ir 2 lentelių duomenimis nubraižykite transformatoriaus (be apkrovos) antrinės ritės įtampos priklausomybės nuo vijų skaičiaus pirminėje ir antrinėje ritėse grafikus $U_2=U_2(N_1)$, ir $U_2=U_2(N_2)$ milimetriniame popieriuje.

2. Pasinaudodami 3 lentelės duomenimis nubraižykite antrinės ritės įtampos U_2 priklausomybės nuo įtampos pirminėje ritėje $U_2=U_2(U_1)$ grafiką milimetriniame popieriuje.

3. Pasinaudodami 4 lentelės duomenimis nubraižykite transformatoriaus (su apkrova) pirminės srovės priklausomybės nuo vijų skaičiaus pirminėje ritėje $I_1=I_1(N_1)$ grafiką milimetriniame popieriuje.

4. Įklijuokite nubraižytus grafikus.

1 lentelė

**Transformatoriaus (be apkrovos) antrinės ritės įtampos, srovės stiprio ir stiprinimo koeficiento priklausomybė nuo vijų skaičiaus pirminėje ritėje,
kai $U_1=.....$ V, $N_2=.....$**

Eil. Nr.	N_1	U_2 , V	I_2 , A	k_N	k_U
1	14				
2	28				
3	42				
4	56				
5	70				
6	84				
7	98				
8	112				
9	126				
10	140				

Pasinaudodami lentelės rezultatais, paskaičiuokite transformatoriaus transformacijos koeficientą k . (formulė, skaičiavimas, rezultatas), pvz.:

$$k_N = \frac{N_1}{N_2} = \frac{140}{140} = 1;$$

$$k_U = \frac{U_1}{U_2} = \frac{4.00V}{3.98V} = 1$$

2 lentelė

Transformatoriaus (be apkrovos) antrinės ritės įtampos, srovės stiprio ir stiprinimo koeficiento priklausomybė nuo vijų skaičiaus antrinėje ritėje, kai $U_1 = \dots\dots\dots V$, $N_1 = \dots\dots\dots$

Eil. Nr.	N_2	U_2, V	I_2, A	k_N	k_U
1	14				
2	28				
3	42				
4	56				
5	70				
6	84				
7	98				
8	112				
9	126				
10	140				

Pasinaudodami lentelės rezultatais, paskaičiuokite transformatoriaus transformacijos koeficientą k . (formulė, skaičiavimas, rezultatas), pvz.:

$$k_N = \frac{N_1}{N_2} = \frac{140}{140} = 1;$$

$$k_U = \frac{U_1}{U_2} = \frac{4.00V}{3.98V} = 1$$

3 lentelė

Transformatoriaus (be apkrovos) antrinės ritės įtampos priklausomybė nuo prijungtos įtampos pirminėje ritėje, kai $N_1 = \dots\dots\dots$, $N_2 = \dots\dots\dots$

Eil. Nr.	U_1, V	U_2, V	k_N	k_U
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

Pasinaudodami lentelės rezultatais, paskaičiuokite transformatoriaus transformacijos koeficientą k . (formulė, skaičiavimas, rezultatas), pvz.:

4 lentelė

**Transformatoriaus (su apkrova) I_1 , I_2 , U_2 ir η priklausomybė
nuo vijų skaičiaus pirminėje ritėje,**

kai $I_1 = \dots\dots\dots$ A, $U_1 = \dots\dots\dots$ V, $N_2 = \dots\dots\dots$

Eil. Nr.	N_1	I_2 , mA	U_2 , V	η
1	14			
2	28			
3	42			
4	56			
5	70			
6	84			
7	98			
8	112			
9	126			
10	140			

Pasinaudodami lentelės rezultatais, paskaičiuokite transformatoriaus naudingumo koeficientą η .

Darbo rezultatai ir išvados.

Įklijuokite nubraižytus grafikus.

Užduoties Nr. 1 vertinimo instrukcija / kriterijai

Atsakymo pavyzdys	Taškai	Pastabos
<p>Uždavinys 1: Transformatorius turi 100 vijų pirminėje apvijoje ir 200 vijų antrinėje apvijoje. Pirminėje apvijoje taikoma įtampa 120 V. Apskaičiuokite antrinės apvijos įtampą.</p> <p>Sprendimas: Naudojame transformatoriaus įtampos santykį:</p> $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$ <p>Kur $U_1 = 120 \text{ V}$, $N_1 = 100$, $N_2 = 200$</p> $\frac{120 \text{ V}}{U_2} = \frac{100}{200} \Rightarrow U_2 = 240 \text{ V}$	2	<p><i>Apskaičiuavo teisingai įtampą (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p>

Užduoties Nr. 2 vertinimo instrukcija / kriterijai

Atsakymo pavyzdys	Taškai	Pastabos
<p>Uždavinys 2: Transformatorius turi 400 vijų pirminėje apvijoje ir 100 vijų antrinėje apvijoje. Jei į pirminę apviją tiekama 240 V įtampa, o antrinė apvija prijungta prie 10 Ω varžos, apskaičiuokite srovę, tekančią antrine apvija.</p> <p>Sprendimas: Pirmiausia apskaičiuokite antrinės apvijos įtampą:</p> $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow \frac{240 \text{ V}}{U_2} = \frac{400}{100} \Rightarrow U_2 = 60 \text{ V}$ <p>Dabar apskaičiuokite srovę antrinėje apvijoje naudojant Ohmo dėsnį:</p> $I_2 = \frac{U_2}{R} = \frac{60 \text{ V}}{10 \Omega} = 6 \text{ A}$	4	<p><i>Apskaičiuavo teisingai įtampą (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiuavo teisingai srovės stiprį (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p>

Atsakymo pavyzdys	Taškai	Pastabos
<p>Uždavinys 3: Transformatorius turi 500 vijų pirminėje apvijoje ir 150 vijų antrinėje apvijoje. Jei įtampa pirminėje apvijoje yra 230 V, o antrinė apvija teka 5 A srovė, apskaičiuokite pirminėje apvijoje tekančią srovę, jei transformatorius yra idealus.</p> <p>Sprendimas:</p> <p>Naudojame transformatoriaus srovės ir vijų santykį:</p> $\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$ <p>Kur $N_1 = 500$, $N_2 = 150$, $I_2 = 5$ A:</p> $\frac{I_1}{5 \text{ A}} = \frac{150}{500} \Rightarrow I_1 = 5 \text{ A} \cdot \frac{150}{500} = 1,5 \text{ A}$	2	<p><i>Apskaičiavo teisingai srovės stiprį (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p>

Atsakymo pavyzdys	Taškai	Pastabos
<p>Uždavinys 4: Transformatorius turi 800 vijų pirminėje apvijoje ir 200 vijų antrinėje apvijoje. Pirminėje apvijoje taikoma 400 V įtampa. Antrinės apvijos srovė yra 4 A, o naudingumo koeficientas yra 95%. Apskaičiuokite pirminėje apvijoje tekančią srovę.</p> <p>Sprendimas:</p> <p>Pirmiausia apskaičiuokite įtampą antrinėje apvijoje:</p> $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow \frac{400 \text{ V}}{U_2} = \frac{800}{200} \Rightarrow U_2 = 100 \text{ V}$ <p>Dabar apskaičiuokime galią antrinėje apvijoje:</p> $P_2 = U_2 \cdot I_2 = 100 \text{ V} \cdot 4 \text{ A} = 400 \text{ W}$ <p>Naudojant naudingumo koeficientą, apskaičiuojame galią pirminėje apvijoje:</p> $P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{400 \text{ W}}{0,95} \approx 421 \text{ W}$ <p>Pirminėje apvijoje teka srovė:</p> $I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{421 \text{ W}}{400 \text{ V}} \approx 1,05 \text{ A}$	8	<p><i>Apskaičiuavo teisingai įtampą antrinėje apvijoje (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiuavo teisingai galią antrinėje apvijoje (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiuavo teisingai galią pirminėje apvijoje (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiuavo teisingai srovės stiprį pirminėje apvijoje (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p>

Atsakymo pavyzdys	Taškai	Pastabos
<p>Uždavinys 5: Transformatorius turi 1200 vijų pirminėje apvijoje ir 300 vijų antrinėje apvijoje. Pirminėje apvijoje taikoma 500 V įtampa, o antrinė apvija prijungta prie varžos, kuri sunaudoja 600 W galią. Transformatoriaus naudingumo koeficientas yra 90%. Apskaičiuokite srovę, tekančią pirminėje apvijoje, ir varžos dydį antrinėje grandinėje.</p> <p>Sprendimas:</p> <p>Pirmiausia apskaičiuokime antrinės apvijos įtampą:</p> $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow \frac{500 \text{ V}}{U_2} = \frac{1200}{300} \Rightarrow U_2 = 125 \text{ V}$ <p>Apskaičiuokime srovę antrinėje apvijoje:</p> $P_2 = U_2 \cdot I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{P_2}{U_2} = \frac{600 \text{ W}}{125 \text{ V}} = 4,8 \text{ A}$ <p>Dabar apskaičiuojame varžą antrinėje grandinėje:</p> $R = \frac{U_2}{I_2} = \frac{125 \text{ V}}{4,8 \text{ A}} \approx 26 \Omega$ <p>Galia pirminėje apvijoje:</p> $P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{600 \text{ W}}{0,9} \approx 666,67 \text{ W}$ <p>Pirminėje apvijoje tekančią srovę apskaičiuojame taip:</p> $I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{666,67 \text{ W}}{500 \text{ V}} \approx 1,33 \text{ A}$	10	<p><i>Apskaičiavo teisingai srovės stiprį (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiavo teisingai srovės stiprį (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiavo teisingai antrinės apvijos įtampą (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiavo teisingai srovę antrinėje apvijoje (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiavo teisingai varžą antrinėje grandinėje (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiavo teisingai galią pirminėje apvijoje (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiavo teisingai pirminėje apvijoje tekančią srovę (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p>

Atsakymo pavyzdys	Taškai	Pastabos
<p>Uždavinys 6: Vieno pusperiodžio lygintuvas yra prijungtas prie 220 V kintamosios srovės šaltinio. Kokia yra vidutinė išlygintos įtampos reikšmė?</p> <p>Sprendimas:</p> <p>Vieno pusperiodžio lygintuvo vidutinė išėjimo įtampos reikšmė U_{vid} yra:</p> $U_{\text{vid}} = \frac{U_{\text{maks}}}{\pi}$ <p>Kintamosios srovės šaltinio maksimali įtampa U_{maks} yra:</p> $U_{\text{maks}} = \sqrt{2} \cdot U_{\text{rms}} = \sqrt{2} \cdot 220 \text{ V} \approx 311 \text{ V}$ <p>Vidutinė įtampa:</p> $U_{\text{vid}} = \frac{311 \text{ V}}{\pi} \approx 99 \text{ V}$	4	<p><i>Apskaičiuavo teisingai maksimalią įtampos reikšmę (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiuavo teisingai vidutinę išlygintos įtampos reikšmę (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p>

Atsakymo pavyzdys	Taškai	Pastabos
<p>Uždavinys 7: Tiltinio (pilno) lygintuvo grandinė yra prijungta prie 120 V kintamosios srovės šaltinio. Lygintuvas maitina varžinę apkrovą, kurios varža yra 10 Ω. Apskaičiuokite vidutinę išlygintos srovės reikšmę.</p> <p>Sprendimas:</p> <p>Pirma apskaičiuojame maksimalią įtampą U_{maks}:</p> $U_{\text{maks}} = \sqrt{2} \cdot U_{\text{rms}} = \sqrt{2} \cdot 120 \text{ V} \approx 169,7 \text{ V}$ <p>Vidutinė įtampa po lygintuvo yra:</p> $U_{\text{vid}} = \frac{2 \cdot U_{\text{maks}}}{\pi} = \frac{2 \cdot 169,7 \text{ V}}{\pi} \approx 108 \text{ V}$ <p>Vidutinė srovė:</p> $I_{\text{vid}} = \frac{U_{\text{vid}}}{R} = \frac{108 \text{ V}}{10 \Omega} = 10,8 \text{ A}$	6	<p><i>Apskaičiuavo teisingai maksimalią įtampos reikšmę (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiuavo teisingai vidutinę išlygintos įtampos reikšmę (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiuavo teisingai vidutinę išlygintą srovę (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p>

Atsakymo pavyzdys	Taškai	Pastabos
<p>Uždavinys 8: Vieno pusperiodžio lygintuvas su 50 Hz dažnio kintamosios srovės šaltiniu maitina 15 Ω varžą. Įtampos šaltinio efektyvioji vertė yra 230 V. Apskaičiuokite vidutinę srovės reikšmę, tekančią per varžą, ir išlygintą išėjimo galios vidurkį.</p> <p>Sprendimas:</p> <p>Maksimali įtampa:</p> $U_{\text{maks}} = \sqrt{2} \cdot U_{\text{rms}} = \sqrt{2} \cdot 230 \text{ V} \approx 325,2 \text{ V}$ <p>Vidutinė įtampa po vieno pusperiodžio lygintuvo:</p> $U_{\text{vid}} = \frac{U_{\text{maks}}}{\pi} \approx \frac{325,2 \text{ V}}{\pi} \approx 103,5 \text{ V}$ <p>Vidutinė srovė:</p> $I_{\text{vid}} = \frac{U_{\text{vid}}}{R} = \frac{103,5 \text{ V}}{15 \Omega} \approx 6,9 \text{ A}$ <p>Galia:</p> $P = U_{\text{vid}} \cdot I_{\text{vid}} = 103,5 \text{ V} \cdot 6,9 \text{ A} \approx 714 \text{ W}$	8	<p><i>Apskaičiavo teisingai maksimalią įtampos reikšmę (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiavo teisingai vidutinę išlygintos įtampos reikšmę (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiavo teisingai vidutinę išlygintą srovę (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiavo teisingai išlygintą išėjimo galios vidurkį (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p>

Atsakymo pavyzdys	Taškai	Pastabos
<p>Uždavinys 9: Tiltinis lygintuvas yra prijungtas prie 60 Hz kintamosios srovės šaltinio, kurio efektyvioji vertė yra 110 V. Lygintuvas maitina varžinę apkrovą su $R=20\ \Omega$. Kiek energijos per vieną sekundę yra perduodama varžai?</p> <p>Sprendimas:</p> <p>Pirma apskaičiuojame maksimalią įtampą:</p> $U_{\text{maks}} = \sqrt{2} \cdot U_{\text{rms}} = \sqrt{2} \cdot 110\ \text{V} \approx 155,6\ \text{V}$ <p>Vidutinė įtampa po tiltinio lygintuvo:</p> $U_{\text{vid}} = \frac{2 \cdot U_{\text{maks}}}{\pi} \approx \frac{2 \cdot 155,6\ \text{V}}{\pi} \approx 99,1\ \text{V}$ <p>Vidutinė srovė:</p> $I_{\text{vid}} = \frac{U_{\text{vid}}}{R} = \frac{99,1\ \text{V}}{20\ \Omega} \approx 4,96\ \text{A}$ <p>Galia:</p> $P = U_{\text{vid}} \cdot I_{\text{vid}} \approx 99,1\ \text{V} \cdot 4,96\ \text{A} \approx 491\ \text{W}$ <p>Per vieną sekundę perduodama energija:</p> $E = P \cdot t = 491\ \text{W} \cdot 1\ \text{s} = 491\ \text{J}$	10	<p><i>Apskaičiuavo teisingai maksimalią įtampos reikšmę (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiuavo teisingai vidutinę išlygintą įtampos reikšmę (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiuavo teisingai vidutinę išlygintą srovę (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiuavo teisingai išlygintą išėjimo galios vidurkį (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiuavo teisingai energiją (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p>

Atsakymo pavyzdys	Taškai	Pastabos
<p>Uždavinys 10: Tiltinis lygintuvas, prijungtas prie 50 Hz kintamosios srovės šaltinio, kurio efektyvioji įtampa yra 220 V, maitina nuolatinės srovės variklį su vidutine 15 A srove. Transformatoriaus vidinė varža yra 2 Ω, o lygintuvas turi 1 V nuostolių kiekviename diode. Apskaičiuokite vidutinę išlygintos įtampos reikšmę, įtampą, prarastą dioduose, ir vidutinę srovę pirminėje grandinėje.</p> <p>Sprendimas:</p> <p>1. Maksimali įtampa:</p> $U_{\text{maks}} = \sqrt{2} \cdot U_{\text{rms}} = \sqrt{2} \cdot 220 \text{ V} \approx 311 \text{ V}$ <p>2. Vidutinė įtampa po tiltinio lygintuvo:</p> $U_{\text{vid}} = \frac{2 \cdot U_{\text{maks}}}{\pi} = \frac{2 \cdot 311 \text{ V}}{\pi} \approx 198 \text{ V}$ <p>3. Nuostoliai dioduose: Tiltiniame lygintuve srovė teka per du diodus per kiekvieną pusperiodį, todėl bendri nuostoliai yra:</p> $U_{\text{diodai}} = 1 \text{ V} \cdot 2 = 2 \text{ V}$ <p>4. Efektyvi išlyginta įtampa: Efektyvi įtampa, tiekama varikliui:</p> $U_{\text{ef}} = U_{\text{vid}} - U_{\text{diodai}} = 198 \text{ V} - 2 \text{ V} = 196 \text{ V}$ <p>5. Vidutinė srovė pirminėje grandinėje: Jei antrinėje grandinėje teka 15 A srovė, galia yra:</p> $P = U_{\text{ef}} \cdot I_2 = 196 \text{ V} \cdot 15 \text{ A} = 2940 \text{ W}$ <p>Pirminėje grandinėje vidutinė srovė yra:</p> $I_1 = \frac{P}{U_1} = \frac{2940 \text{ W}}{220 \text{ V}} \approx 13,36 \text{ A}$		<p><i>Apskaičiuo teisingai maksimalią įtampos reikšmę (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiuo teisingai vidutinę išlygintos įtampos reikšmę (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiuo teisingai nuostolius dioduose (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiuo teisingai efektyvią išlygintą įtampą (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiuo teisingai vidutinę srovę pirminėje grandinėje (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p>

Atsakymo pavyzdys	Taškai	Pastabos
<p>Uždavinys 11: Elektros energija yra perduodama per 200 km ilgio perdavimo liniją, kurios įtampa yra 110 kV. Linija perduoda 500 MW galią. Apskaičiuokite linijoje tekančią srovę.</p> <p>Sprendimas:</p> <p>Naudojame formulę:</p> $P = U \cdot I$ <p>kur $P = 500 \text{ MW}$, o $U = 110 \text{ kV}$.</p> <p>Srovė:</p> $I = \frac{P}{U} = \frac{500 \times 10^6 \text{ W}}{110 \times 10^3 \text{ V}} \approx 4545 \text{ A}$	3	<p><i>Apskaičiuavo teisingai srovės reikšmę (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus</i></p> <p><i>Teisingai pavertė SI vienetais (1 taškas)</i></p>

Atsakymo pavyzdys	Taškai	Pastabos
<p>Uždavinys 12: 150 kV įtampos elektros energija yra perduodama per 100 km liniją su 1Ω varža. Jei per liniją perduodama galia yra 400 MW, apskaičiuokite, kiek galios prarandama linijoje dėl varžos.</p> <p>Sprendimas:</p> <p>Naudojame formulę:</p> $P_{\text{praradimai}} = I^2 \cdot R$ <p>Srovė:</p> $I = \frac{P}{U} = \frac{400 \times 10^6 \text{ W}}{150 \times 10^3 \text{ V}} \approx 2667 \text{ A}$ <p>Prarandama galia:</p> $P_{\text{praradimai}} = I^2 \cdot R = (2667 \text{ A})^2 \cdot 1 \Omega \approx 7,11 \text{ MW}$	5	<p><i>Apskaičiuavo teisingai srovės reikšmę (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiuavo teisingai kiek galios prarandama linijoje dėl varžos (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Teisingai pavertė SI vienetais (1 taškas)</i></p>

Atsakymo pavyzdys	Taškai	Pastabos
<p>Uždavinys 13: Elektros energija perduodama per 150 km ilgio liniją, kurios įtampa yra 220 kV. Linijos varža yra $0,5 \Omega$, o perduodama galia yra 600 MW. Apskaičiuokite, kokia bus įtampa linijos gale dėl įtampos kritimo.</p> <p>Sprendimas:</p> <p>Pirma apskaičiuojame srovę:</p> $I = \frac{P}{U} = \frac{600 \times 10^6 \text{ W}}{220 \times 10^3 \text{ V}} \approx 2727 \text{ A}$ <p>Įtampos kritimas linijoje:</p> $U_{\text{kritimas}} = I \cdot R = 2727 \text{ A} \cdot 0,5 \Omega = 1363,5 \text{ V}$ <p>Įtampa linijos gale:</p> $U_{\text{gale}} = U_{\text{pradžioje}} - U_{\text{kritimas}} = 220 \text{ kV} - 1,36 \text{ kV} = 218,64 \text{ kV}$	7	<p><i>Apskaičiuavo teisingai srovės reikšmę (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiuavo teisingai įtampos kritimą linijoje (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiuavo teisingai įtampą linijos gale (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Teisingai pavertė SI vienetais (1 taškas)</i></p>

Atsakymo pavyzdys	Taškai	Pastabos
<p>Uždavinys 14: 500 MW elektros energijos perduodama per 300 km ilgio liniją, kurios įtampa yra 400 kV, o varža – 0,3 Ω. Jeigu dėl šios linijos prarandama 2% energijos, apskaičiuokite tikslų linijos varžos poveikį, praradimų galią ir tikrąją galingumą, pateikiamą vartotojams.</p> <p>Sprendimas:</p> <p>Bendra galia, kuri prarandama:</p> $P_{\text{prarasta}} = 500 \text{ MW} \times 0,02 = 10 \text{ MW}$ <p>Apskaičiuojame srovę:</p> $I = \frac{P}{U} = \frac{500 \times 10^6 \text{ W}}{400 \times 10^3 \text{ V}} = 1250 \text{ A}$ <p>Prarandama galia dėl varžos:</p> $P_{\text{praradimai}} = I^2 \cdot R = (1250 \text{ A})^2 \cdot 0,3 \Omega = 468,75 \text{ kW}$ <p>Vartotojams pateikiama galia:</p> $P_{\text{vartotojams}} = P_{\text{teikiama}} - P_{\text{prarasta}} = 500 \text{ MW} - 10 \text{ MW} = 490 \text{ MW}$	9	<p><i>Apskaičiuavo teisingai galia, kuri prarandama (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiuavo teisingai srovę (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiuavo teisingai kokia galia prarandama dėl varžos (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiuavo teisingai vartotojams pateikiamą galią (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Teisingai pavertė SI vienetais (1 taškas)</i></p>

Atsakymo pavyzdys	Taškai	Pastabos
<p>Uždavinys 15: Aukštos įtampos perdavimo linija (500 kV) per 200 km turi perduoti 800 MW galią. Linijos varža yra 1,5 Ω, tačiau linijoje yra naudojamas reaktyvusis kompensatorius, kuris sumažina įtampos kritimą 20%. Kiek srovės teka per liniją, ir kiek galios sutaupoma dėl reaktyvaus kompensatoriaus?</p> <p>Sprendimas:</p> <p>Pirma apskaičiuojame srovę be reaktyvaus kompensatoriaus:</p> $I = \frac{P}{U} = \frac{800 \times 10^6 \text{ W}}{500 \times 10^3 \text{ V}} = 1600 \text{ A}$ <p>Įtampos kritimas be kompensatoriaus:</p> $U_{\text{kritimas}} = I \cdot R = 1600 \text{ A} \cdot 1,5 \Omega = 2400 \text{ V}$ <p>Įtampos kritimas su kompensatoriumi (20% mažesnis):</p> $U'_{\text{kritimas}} = 2400 \text{ V} \cdot 0,8 = 1920 \text{ V}$ <p>Prarandama galia be kompensatoriaus:</p> $P_{\text{praradimai}} = I^2 \cdot R = (1600 \text{ A})^2 \cdot 1,5 \Omega = 3,84 \text{ MW}$ <p>Prarandama galia su kompensatoriumi:</p> $P'_{\text{praradimai}} = \frac{(U'_{\text{kritimas}})^2}{R} = \frac{(1920 \text{ V})^2}{1,5 \Omega} = 2,46 \text{ MW}$ <p>Sutaupoma galia:</p> $P_{\text{sutaupoma}} = 3,84 \text{ MW} - 2,46 \text{ MW} = 1,38 \text{ MW}$	13	<p><i>Apskaičiavo teisingai srovę be reaktyvaus kompensatoriaus (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiavo teisingai įtampos kritimą be kompensatoriaus (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiavo teisingai įtampos kritimą su kompensatoriumi, kai įtampa sumažinama 20% (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiavo teisingai prarandamą galią be kompensatoriaus (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiavo teisingai prarandamą galią su kompensatoriumi (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Apskaičiavo teisingai sutaupomą galią su kompensatoriumi (1 taškas)</i></p> <p><i>Nurodė teisingus matavimo vienetus (1 taškas)</i></p> <p><i>Teisingai pavertė SI vienetais (1 taškas)</i></p>