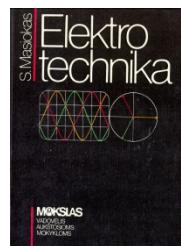




Apie *Elektrotechnikos* vadovėlį (autorius atsiminimai)



Rekomenduotina nustatyti :

[View /](#)
[Page Display /](#)
[Two Page View](#)

Stanislovas Masiokas

2012 03 24

Vadovėlio *Elektrotechnika* pirmoji (1989) laida iš knygynų išpirkta per vieną dieną, tad po keleto metų (1994) išleista II laida, kurią šiek tiek pataisiau ir papildžiau. Praėjus beveik ketvirčiui amžiaus nuo pirmojo leidimo, *Elektrotechnika* tebėra vienas iš paklausiausių techniškujų vadovėlių studentų bibliotekose, o nelegalios jo kopijos net platinamos internetu.

Parašyti atsiminimus apie tai, kaip jis buvo rašomas, paskatino įvairios priežastys. Jis buvo parašytas tuo metu, kai apie kompiuterinę leidybą Lietuvoje dar neturėjome nė menkiausio supratimo. Dabar leidybos technologijos pasikeitė iš esmės – senosios vis greičiau keliauja užmarštin, tad galbūt skaitytojui bus įdomu sužinoti, kaip seniau, kai nebuvo kompiuterių, buvo leidžiamos knygos. Nepretenduodamas į leidybos bei spaudos istorijos analizę, paminėsiu tik kai kurias, mano nuomone, įdomesnes detales.

Kita priežastis, skatinanti apie tai rašyti, tai – vis labiau populiarėjanti skuboto rašymo tendencija ir adekvati tokio pat leidimo kokybė. Manau turįs moralinę teisę apie tai samprotauti, nes daugiau kaip dešimtmetį teko vadovauti Lietuvos bendrujų universitetinių vadovėlių leidybos komisijai¹, planuoti jų finansinę paramą, vertinti kokybę įvairiose jų vertinimo bei premijavimo komisijose. Suprantama, kiekvienas autorius gali pasirinkti jam priimtinausią variantą, tačiau šie atsiminimai galbūt padės naujiems autoriams atkreipti dėmesį į kai kuriuos dalykus ir turės teigiamos įtakos.

Dar tik sumanius tokį vadovėlį rašyti, reikėjo turėti aiškius tikslus ir nuostatas. Elektrotechnikos kursas ne elektrotechniškųjų specialybių studentams buvo sunkus, abstraktus ir mažai patrauklus. Studentų pažangumas buvo menkas, dėl ko dėstytojams dažnai priekaištaudavo įvairaus lygio, ypač kai kurių fakultetų, administracijos vadovai. Bendrosios elektrotechnikos katedra atkakliai stengėsi dėstyti kokybiškai, reikalavimai studentams mažinami nebuvo, nebuvo siekiama populiarumo prastinant kokybę. Autorius, privalėjo ieškoti būdų, kaip padaryti kursą patrauklesnį nemenkinant dėstyto turinio.

Be to, manau, kad universitetinio išsilavinimo pagrindas – fundamentalios žinios, o nuolat gimstančios naujovės gali būti

¹ Tikslus jos pavadinimas – *Lietuvos Respublikos švietimo ir mokslo ministerijos Aukštųjų mokyklų bendrujų vadovėlių leidybos komisija.*

analizuojamos kaip tų žinių taikymo pavyzdžiai. Autoriaus nuostatą galėtų iliustruoti pirmojo leidimo vadovėlio pratarmėje (1)² įrašytos tokios mintys:

„Elektrotechnikoje, kaip ir daugelyje kitų technikos mokslų, galima išskirti dvi sudėtines dalis. Viena iš jų yra pamatinė, kurią sudarantys teiginiai pasitvirtino per ilgą elektrotechnikos, kaip mokslo, egzistavimo laiką. Juk ir sparčiausiai besivystančioje technikos mokslo srityje anksčiau ar vėliau galima išskirti stabilius jos pamatus, tą apatinę ledkalnio dalį, kuri net ir karščiausių naujovių vėjų gairinama ilgai išlieka mažai pakitusi...“

Kita elektrotechnikos dalis yra sparčios mokslo ir technikos raidos rezultatas. Tai teorija ir praktika, susijusi su naujų įrenginių kūrimu tobulinant konstrukciją, technologiją, medžiagas, diegiant kitų mokslo ir technikos sričių laimėjimus. Šios sparčiai kintančios, greitai senstančios ir lėtai besikristalizuojančios informacijos neįmanoma perprasti neišstudijavus pamatinės elektrotechnikos. Antra vertus, dėstant vien tik mokslo naujienas, atsiranda pavojus, kad tik ką baigusio aukštąją mokyklą specialisto žinios gali būti jau senstelėjusi informacija.“

² Mėlynas pabrauktas tekstas reiškia nuorodą į aplanką *Apie Elektrotechnikos vadovėlių pirminiai šaltiniai* (skliaustuose esantis skaičius – to šaltinio eil. Nr.).

Nors vadovėlio autorius vienas, bet neįmanoma neįvertinti tos aplinkos, kurioje autorius dirbo. Pirmiausia, ne tik katedroje, bet ir fakultete, ir KPI buvo darni ir kolegiška atmosfera. Be to, vadovėlio rankraščių aktyviai svarstė ir teikė pastabas kitų aukštųjų mokyklų kolegos, tobulino ir patyrę *Mokslo* leidyklos darbuotojai. Kadangi vadovėlio kokybei įtakos turėjo nemažai įvairaus profilio aukštos kvalifikacijos specialistų, galima teigti, kad vadovėlis atspindi to meto Lietuvos techniškosios inteligentijos nuostatas. Jie dažniausia paminimi knygos pratarmėje ar kuklioje metrikoje, bet laikau savo pareiga čia dar kartą juos prisiminti.

Priešistorė

Elektrotechnikos studijų pirmiesiems poreikiams patenkinti pokaryje buvo išleisti keli verstiniai skirtingo lygio vadovėliai. Tačiau vieni iš jų tiko technikumų bendrojo lavinimo reikmėms, kiti – labiau teorinei elektrotechnikai studijuoti. Bendrosios elektrotechnikos lietuviškų vadovėlių vis dar nebuvo, o esami rusiški, kuriuos buvo siūloma versti į lietuvių kalbą, dažnai būdavo pernelyg didelės apimties, ne visada tiko dėl kitokios dėstymo metodikos ar kitų priežasčių.

Apie 1973 m. Bendrosios elektrotechnikos katedroje buvo nutarta šią spragą užpildyti [paskaitų konspektu](#) (2). Šio konspekto bendraautorai buvo patyrę katedros dėstytojai, jį redagavo ir pats rašė Augustinas Mažeikis. Visi žinojo, kad jis

ne tik puikiai jaučia metodinius niuansus, bet ir neblogai valdo plunksną, o jo žemaitiška kilmė gerai dera su aukšta lietuvių kalbos kultūra. Kruopštus kolektyvinis darbas davė rezultatus – išleistos I ir II konspekto dalys studentams mokslą labai palengvino – konspekte buvo viskas, ko reikia ir nieko pernelyg daug.

Konspektas gerai, bet jau buvo pribrendęs ir vadovėlio poreikis. Bendrosios elektrotechnikos vadovėlius jau buvo išleidę ir latviai, ir estai, ir lenkai, rusiškų išleisdavo vos ne kiekviena didesnė SSRS aukštoji mokykla. Taigi, turėti lietuvišką vadovėlį tapo ne tik būtinybė, bet ir prestižo klausimas.

Vienas iš svarstyty variantų – pasirinkti tinkamiausią vadovėlį ir jį išversti, kaip tuo metu yra padariusi ne viena fakulteto katedra. Deja, tinkamo vadovėlio neradome. Dauguma jų buvo sudaryti iš skyrių, parašytų sutrumpinus specialiujų kursų vadovėlių turinį. Dėl to mūsų studentams, kuriems elektrotechnika reikalinga tik bendram inžineriniam išsilavinimui, juose buvo pernelyg daug ir dažnai ne itin svarbios informacijos.

Kadangi vertimas buvo pats greičiausias kelias nugalėti visas tam laikotarpiui būdingas leidybos kliūtis, buvo nutarta šiek tiek gudraujant išleisti tokį vadovėlį, kuris mums tiktų. Tinkamiausias, nors ir labai storas, atrodė Maskvos energetikos instituto Bendrosios elektrotechnikos katedros kolektyvo

vadovėlis. Kadangi su ta katedra mūsų ryšiai buvo gana glaudūs, kreipiausi į jos vedėją prof. V. G. Gerasimovą patarimo, kokį vadovėlį mums geriausia būtų išsiversti. Žinoma, tikėjausi, kad pasiūlys savąjį. Buvau numatęs pritari ti nuomonei, išsakyti mūsų teigiamą požiūrį ir prašyti sutikimo šio vadovėlio vertimą pritaikyti mūsų reikmėms. O tolesnė vertimo korekcija būtų priklausiusi nuo mūsų diplomatinių sugebėjimų.

Jo atsakymas buvo visai netikėtas ir visai nederėjo su to laiko didžiavalstybine politika. „*Nereikia nieko versti, rašyk pats*“, – kategoriškai pareiškė vienas iš bendrosios elektrotechnikos vadovėlio bendraautorių – V. G. Gerasimovas. Išreikštas toks pasitikėjimas ne tik pamalonino, bet ir įpareigojo.

Tačiau tada dar toli gražu nenumačiau viso to, kas manęs laukia. O laukė 4 metai, skirti vadovėliui rašyti ir dar tiek pat – jam išleisti: iš viso 8 metai triūsingo laisvalaikio, nes darbu to niekas nebuvo linkęs (kaip ir dabar) vadinti. Tik to laisvalaikio sąlygos ir darbo įrankiai buvo kitokie nei dabar; tai – portatyvi rašomoji mašinėlė ir klasikinės braižymo ant popieriaus priemonės. Tokiomis priemonėmis buvo galima rašyti ir sode, ir prie ežero, ir Palangoje.

Neplanavau tokio darbo prisiimti vienas. Jau turėjome kolektyvinio rašymo patirties leisdami paskaitų konspektą. Didelio bendraautorių skaičiaus ne tik nesitikėjau, bet jau turėjau progos įsitikinti, kad gausus jų būrys dažniausiai nepateisina vilčių. Tikėjausi, kad vadovėlio bendraautoris bus

Augustinas Mažeikis. Deja, tenka apgailestauti, kad nepasisekė prikaltinti Augustino kartu rašyti. Jo nenoro nepasisekė įveikti nei man, nei jo artimiesiems. Jokie argumentai apie galimus teigiamus rezultatus Augustino neįtikino. Likau vienas.

Kaip ir pridera, tokiam darbui parengiau viso vadovėlio planą. Buvo galima per daug nesivarginti, o tik konkretizuoti tuo metu galiojančią tipinę mokymo programą. Tačiau pradėjęs sudarinėti planą pajutau, kad programa nėra tobula. Matyt, istoriškai taip susiklostė, kad viskas, kuo tekdavo kursą praplėsti, visada atsidurdavo jo pabaigoje. Taip po elektros mašinų skyriaus atsirado elektros pavarų skyrius, po jo – elektros įrenginių valdymo aparatai. Dar vėliau prijungta elektronika. Toks chronologinis kurso dėstymas buvo netinkamas metodiškai.

Ypač netiko kurso gale, kaip kokį prielipą, dėstyti elektroniką. Kas tai yra elektronika ir kodėl ji turi būti dėstoma pabaigoje? Juk elektronika – tai taip pat elektros grandinės, tik jose atsiranda daug įvairių netiesinių, neretai – valdomų, elementų, iš kurių sudaromi įvairūs įtaisai. Tapo aišku, kad bendrojoje elektrotechnikoje elektronikos skyrius yra natūrali elektros grandinių skyrių tąsa, ypač tinkamas dėstyti po netiesinių grandinių bendrųjų sąvokų. Tokį požiūrį išdėsciau vienoje iš SSRS Mokslinės metodinės tarybos konferencijų ir pasiūliau koreguoti programą. Pasiūlymui buvo pritarta, nors pritarė ne visi ir ne iš karto.

Terminai ir indeksai

Rašant vadovėlį jau buvo nusistovėję dauguma lietuviškų terminų, už ką turime būti dėkingi mūsų pirmtakams. Jau buvome atsisakę paraidinių vertalų iš kitų kalbų, nevartojome ir moderniai skambančių *reaktansų*, *impedansų*, *induktansų* ar *kapasitansų*. Antra vertus, dar buvo neatskirtos sąvokos *galingumas* ir *galia*, *dažnumas* ir *dažnis*. Norėjosi ir daugiau: dar prieškario Lietuviškojoje enciklopedijoje buvo vartotas terminas *laidis*, kuris priimtas ir dabar. Deja, tuomet kalbininkai jo vartoti neleido ir jį pavartojus rankraštyje teko visur atkeisti – į *laidumą*.

Sudėtinga buvo sutvarkyti indeksų ir kitų ženklų sistemą. Nereikia pamiršti, kad šis vadovėlis nagrinėja bent 5 specialiųjų katedrų dėstomų kursų esmingiausius klausimus. Pradžioje norėjau, kad visi simboliai ir indeksai būtų tokie pat, kaip ir originaliuose kursuose. Deja, paaiškėjo, kad nors elektros grandinių ir įtaisų ženklų sistema tarsi vieninga, įvairiuose skyriuose tie patys simboliai žymėtų skirtingus dydžius. Tie skirtumai yra pernelyg dideli, kad tai būtų toleruotina vienoje knygoje. Vis tik, manau, vadovėlyje pasisėkė tai įvairovei sudaryti bendrą simbolių ir indeksų sistemą.

Atsirado vadovėlyje ir kai kurios metodikos naujovės. Atsisakyta kontūrinių srovių metodo, netiesinių grandinių analizė pradedama charakteristikų sukirtimo metodu. Tada dar buvo neįprastas mano pasiūlymas suvienodinti visų

kompleksinių dydžių ženklimą juos pabraukiant (\underline{U} , \underline{E} , \underline{I}) ir atsisakant iki tol įprastų taškų (\dot{U} , \dot{E} , \dot{I}). Tačiau ypač aštrios specialistų reakcijos buvo sulaukta pakeitus indukuotos elektrovaros ženklą formulėje: $e_L = +L di/dt$.

Kompleksiniai skaičiai ir taškas ant \dot{I}

Iki tol buvo įprasta bendrąją elektrotechniką dėstyti taikant vadinamąjį dedamųjų metodą. Tai supaprastintas elektros grandinių tyrimo būdas, kai visi dydžiai (įtampa, srovė, varža, galia) išskaidomi į aktyvųsias ir reaktyvųsias dedamąsias. Taip buvo išvengiama kompleksinių skaičių, kurie būtini apskaičiuojant grandinės parametrus simboliniu, dar 1893 m. Č. Steinmeco pasiūlytu, metodu. Nors simbolinis metodas labai paprastas ir net vaizdus, tačiau ilgą laiką jį taikydavo tik elektrotechnikos inžinieriai. Esmė ta, kad apskaičiuoti kompleksinius dydžius tekdavo logaritmine liniuote, o tai buvo gana sudėtinga. Vėliau, atsiradus skaičiuokliams, galintiems atlikti veiksmus su trigonometriniomis funkcijomis, tie apskaičiavimai tapo visai paprasti.

Išbandžius simbolinį apskaičiavimo metodą per pratybas paaiškėjo, kad studentai šį metodą priima visiškai lengvai. Kai apie tai padariau pranešimą SSRS Bendrosios elektrotechnikos Mokslinėje metodinėje taryboje, sulaukiau priekaištų. Viena, juk studentai neturi tokių kalkuliatorių (atsakiau, kad kas trečias mūsų studentas turi, nes turi giminių ne tik Lietuvoje...); kolegų

užuominą suprato ir labai normaliai reagavo). Ir antra, kad simboliniu metodu galima išspręsti uždavinius vien tik mokant matematiką ir nesuprantant fizikinių elektros grandinės procesų (beliko nusistebėti, kad atliekami tikslūs matematiniai veiksmai gali trukdyti suprasti fizikinius procesus).

Įvedus kompleksinius skaičius norėjosi eiti toliau – supaprastinti ir ženklavimo sistemą. Buvo įprasta elektrinius kompleksinius dydžius simboliais ženklinti skirtingai. Tie kompleksiniai dydžiai, kurie yra laiko funkcijos (įtampa, elektrovara, srovė), buvo rašomi didžiosiomis raidėmis su taškais virš jų – \dot{U} , \dot{E} , \dot{I} . Kiti, nuo laiko nepriklausantys kompleksiniai dydžiai (varža, laidis), buvo rašomi pabrauktomis raidėmis \underline{Z} , \underline{Y} . Dar vienas dydis – kompleksinė galia – buvo rašomas trečiaip – \tilde{S} (su tildės ženklu). Tokia simbolių įvairovė man neatrodė nei svariai argumentuota, nei patogi (ypač dėstant ne elektrikams), todėl pasirinkau vieno tipo ženklimą – pasiūliau kompleksinį dydį tik pabraukti. Tai neprieštaravo tarptautinėms rekomendacijoms ir normoms, panašios nuostatos laikėsi ir kai kurie užsienietišų vadovėlių autoriai.

Sutartinės kryptys ir teigiama elektrovara

Apskaičiuojant elektros grandines simboliniu metodu reikia teisingai matematiškai užrašyti klasikinius elektrotechnikos dėsnius – Omo, abu Kirchhofo ir kitus. Taip spręsti elektrotechnikos uždavinius nesunku, bet labai svarbu teisingai pasirinkti ir įvertinti sutartinės grandinės srovės, įtampos bei elektrovaros kryptis.

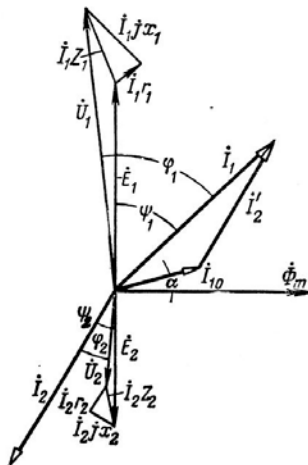
Nuolatinės srovės sutartinė kryptis nustatyta dar XIX a. (pasirinkta teigiamųjų jonų judėjimo kryptis). Kintamoji srovė kryptį keičia, ji kinta tam tikru dažniu. Kintamiesiems dydžiams buvo pradėta taikyti nauja sąvoka – sutartinė teigiama kryptis. Tik nustačius sutartinės teigiamas svarbiausių elektrinių dydžių kryptis, galima matematiškai vienareikšmiškai aprašyti elektrinių grandinių procesus.

Bendrosios elektrotechnikos Mokslinės metodinės tarybos konferencijose nuolat įvairiomis progomis pasisakantis prof. A. V. Netušilas vis keldavo klausimą apie ritėje indukuotos elektrovaros sutartinę kryptį ir jos ženklą formulėje. Sutartinė saviindukcijos elektrovaros kryptis ritėje buvo žymima tokia pati, kaip ja tekančios srovės. Jos formulėje nuo seno neginčijamai buvo rašoma: $e_L = -L di/dt$ (minuso ženklas), taip pabrėžiant vadinamąjį elektrinės inercijos (pasipriešinimo) reiškinį. Taip buvo rašomi visi vadovėliai, niekas dėl to nesuko galvos, o į seno profesoriaus postringavimus tiesiog buvo mandagiai nereaguojama.

Kaip ir daugeliui jaunų dėstytojų, man tai irgi mažiausiai rūpėjo, kol... nepradėjau rašyti vadovėlio. Abejingumas dingo, kai reikėjo paaiškinti reiškinius, kurie įvairiuose vadovėlio skyriuose buvo vertinami skirtingai ir išvados kartais visiškai neatitikdavo realios situacijos.

Vieną iš tokių neatitikimų iliustruoja įprastinė transformatoriaus vektorių diagrama. Žiūrint į ją atrodo, kad vienfazis transformatorius ne tik keičia įtampos didumą ($U_1 \neq U_2$), bet beveik 180° keičia (t.y. paverčia priešinga) jos fazę. Iš tikrųjų pirminės ir antrinės įtampų fazės turi beveik sutapti (nepaisant nuostolių). Kažkodėl niekas nenori to pripažinti, nors faktai akis bado, kad taip nėra. Į tai atkreipė dėmesį net vienas vakarinio skyriaus doc. S. Marazo studentas. Na, bet kas gi reaguos į studento (ir dar vakarinio) repliką?

Tas minuso ženklas man nedavė ramybės. Susiradau prof. A. V. Netušilo straipsnius. Kol skaitau straipsnį, lyg ir viskas aišku, tačiau jaučiu, kad negaliu įveikti savo senų



Įprastinė transformatoriaus vektorių diagrama; pirminė ir antrinė įtampos parodytos beveik priešingų fazių

įsitikinimų, įprastinių nuostatų. Tikėjau, kad tos abejonės turėtų išnykti pasikonsultavus su pačiu pliuso ženklo autoriumi. Iš Maskvos į Mokslinės metodinės tarybos posėdį Ferganoje skridau kartu su prof. A. V. Netušilu. Kelionė neprailgo aiškinantis, kodėl turi būti pliusas. Pokalbiai tęsėsi ir besigrožint Ferganos slėnio peizažu. Viskas lyg logiška ir aišku, matematiškai nepriekaištinga. Tačiau vienam permąstant iš naujo, vėl viskas susijaukia. Grįžus dar ilgai nesisekė pajusti viso to pasikeitimo esmės, kol pagaliau vieną dieną mano minčių „fazė pasikeitė į priešingą“.

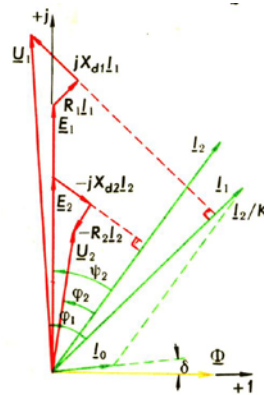
Ar transformatorius pakeičia įtampos fazę priešinga?

Viskas tapo taip aišku, kad beliko tik išaiškinti kolegoms. Pabandžiau susikviesti į pasitarimą daugiau specialistų. Atvažiavo iš Klaipėdos prof. S. Kudarauskas, iš Vilniaus prof. A. Smilgevičius, atėjo kolegos iš gretimų katedrų. Išaiškinau, kiek sugebėdamas, nuosekliau. Parodžiau tuos nesklandumus, kurie atsiranda taip rašant vadovėliuose ir dėstant studentams. Klausimai, atsakymai, diskusijos. Kolegos korektiški, tačiau niekas tuo patikėti negali: *„Kaip gi taip, juk net vokiečiai taip rašo; na maža, kad koks amerikietis rašo kitaip, gal tai koks neišmanėlis“*.

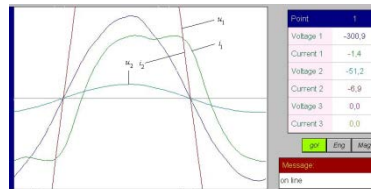
Kitą dieną skambina A. Smilgevičius. Sakosi, tikrai nepatikėjęs, kad transformatorius fazės nepakeičia. Atliko elementarų eksperimentą: suvyniojo apvijas, atidžiai pažymėdamas visus jų galus, nes tai ypač svarbu (!). Prijungęs prie įtampos ir oscilografe pamatęs, kad pirminės ir antrinės įtampos fazės sutampa. Taigi – *eureka!* Matyt, rezultatu dar ilgai buvo abejojama, nes daugiau nei po 20 metų [prof. A. Smilgevičius](#) (3) atsiuntė tokio turinio laišką:

„Turiu gerą progą dar kartą patvirtinti transformatoriaus vektorių diagramos, pateiktos „Elektrotechnikos“ vadovėlyje teisingumą. Dabar, naudodamas firmos METREL prietaisą, pateikiu vienfazio transformatoriaus pirminės ir antrinės grandinės įtampų ir srovių grafikus.

Šios kreivės yra perkeltos iš kompiuterio ekrano. Tai realaus bandymo, o ne kompiuterinės imitacijos rezultatai. <...> Siunčiu tuos grafikus, tikėdamas, kad



Transformatoriaus vektorių diagrama, pateikta Elektrotechnikos vadovėlyje; pirminės ir antrinės įtampų fazės beveik sutampa



Jums bus įdomūs (nors juose ir nieko naujo). 2007 m. kovo 19 d., Vilnius.“

Su savo nuomone įsivėliau į [viešą diskusiją žurnale](#) (4) *Električnostvo* – parašiau šiek tiek bendresnio pobūdžio straipsnį, kuriame išdėstiau savo požiūrį į ženklus. Sunkiai skynėsi kelią *pliusas* Lietuvos padangėje, nors ir kitur buvo ne geriau. Teko matyti rusišką elektrotechnikos vadovėlį, kurio viena dalis parašyta taikant įprastinį *minuso* ženklą, o kita dalis – kito autoriaus – parašyta su *pliusu*.

Kantrus buvo kolega doc. S. Marazas. Ne kartą bandžiau išaiškinti, kodėl negalima rašyti minuso, tačiau kol kalbamės, lyg ir viskas gerai. Po kiek laiko ir vėl tenka iš naujo diskutuoti dėl to, kas atrodo taip akivaizdu. Vieno nuobodaus susirinkimo metu dar kartą ant popieriaus įrodžiau, kodėl senoji sistema klaidinanti. Ir vėl sutariame, kad viskas įrodyta švariai. O kitą rytą sulaukiau pasipiktinusio kolegos skambučio: girdi, visą naktį bluosto nesudėjęs, mintinai išdėstęs visą mašinų kursą su *pliusu*. Ir kas įdomiausia, pasirodo, galima nubraižyti vektorių diagramą ir autotransformatoriui, ko anksčiau nedarydavęs, nes kažkodėl nesigaudavo. Visų tų diskusijų rezultatas – naujame S. Marazo [Elektros mašinu](#) (5) vadovėlyje indukuota elektrovara rašoma su pliuso ženklu.

Ar greitai prigijo naujai atsiradęs pliuso ženklas garsiojoje indukcijos formulėje $e_L = +L di/dt$? Sunkiai. Ir tai paaiškinti nesudėtinga. Kiekvienas dėstytojas, ilgai dėstydamas savo

kursą ir vis kartodamas tuos pačius teiginius, jais taip įtiki, kad sunku mąstyti kitaip. Tikriausiai turi įvykti kažkoks virsmas kaip trigeryje, kuris negali būti jokios kitos tarpinės būsenos. Nors Lietuvoje atsirado jau du vadovėliai su elektrovaros *pliusu*, niekas per daug nepuolė keisti savo įsitikinimų. Dauguma kolegų buvo tolerantiški, kai kas ir viešai pasisakydavo nesutinką su tuo, bet buvo ir kategoriškai nesutinkančių.

Skundas į Maskvą

Vienas iš būdų tuomet padaryti nemalonumų buvo parašyti kokį nors skundą į Maskvą; geriausia, žinoma, anoniminį. Ir toks skundas, parašytas studentų vardu, gera rusų kalba, atsiranda autoritetingo žurnalo *Električestvo* redakcijoje. Kadangi vienas iš redkolegijos narių, prof. O. Michailovas, žurnale jau buvo išspausdinęs labai palankią vadovėlio recenziją, redakcija jam paveda į anoniminį laišką atsakyti ir parašyti, žinoma, ne bet kam, o KPI rektoriui. Įdomu tai, kad prof. O. Michailovas, prieš parodydamas man šį laišką, pateikė keletą klausimų ir pats tiksliai apibūdino autoriaus požymius. Kadangi absoliučių autorystės įrodymų neieškojau, todėl niekada ir neskelbiau savo nuojautos, o šiandien šis klausimas nebeturi jokios prasmės. Belieka tik stebėtis, kad akademinėje bendruomenėje buvo galimas ir toks kovos su kitaip mąstančiais būdas.

Įdomus ne tik pats „[studentų skundas](#)“ (6), bet ir prof. O. Michailovo atsakymas, parašytas su lengvu humoro

atspalviu. Gavęs tokį laišką Rektorius paskambino ir paklausė, ką su juo daryti. Patariau persiųsti fakultetui, tikėdamasis, kad tai sukels rimtesnių diskusijų ir galbūt kas nors užsimanys išsiaiškinti, kas gi tie išprusę studentai. Mandagi Rektoriaus rezoliucija: „...*manau, kad tikslinga padiskutuoti fak. taryboje*“ niekam nepasirodė įdomi.

Spalvos

Prieš man rašant vadovėlį jau turėjome sukaupę didelę patirtį, ekranizuotai dėstydami elektrotechniką – naudojome spalvintas fotografijas skaidres. Rašydamas vadovėlį gerai žinojau skaidrės elementų spalvų paskirtį ir kitus tokio dėstymo ypatumus. Be to, šviesos technikos, kolorimetrijos bei fiziologinės optikos žinios man leido pasirinkti moksliskai pagrįstas spalvas ir kitus iliustracijų parametrus. Visa tai matydama, vyr. redaktorė Elena Juškienė pasiūlė leisti spalvotą vadovėlį. Tuo metu tai buvo neįtikėtinas ir viliojantis pasiūlymas.

Noras parengti tokį vadovėlį, kuriame būtų kuo geriau panaudota elektrotechnikos ekranizavimo patirtis, skatino skirti didesnę dėmesį ir vadovėliui apiforminti. Spalvotas vadovėlis įgavo kitokį statusą, leidykla skyrė daugiau dėmesio visiems jo rengimo etapams. Tik vieną gražią dieną vyr. redaktorė išsigando supratusi, kad dėl mano pasirinktų trijų pagrindinių spalvų (geltonos, žalios ir raudonos) leidykla gali turėti rimtų nemalonumų ar net nukentėti. Kai išaiškinau, kad tas spalvas

galima pagrįsti, nutarėme rizikuoti. Mano argumentai buvo tikrai svarūs ir ne iš piršto laužti. Pirma, mūsų mokslo tyrimai parodė, kad būtent šių spalvų dėka galima pasiekti geriausią negatyvinio vaizdo skaidrių informacijos matomumą, tad vadovėliui parinktas spalvas reikėjo suderinti su spalvomis skaidrėse. Antra, standartuose nurodyta, kad kaip tik tomis spalvomis turi būti žymimos trifazės sistemos fazės. Pagaliau, visų šviesoforų šviesos irgi tik tų spalvų. Parengę tokį gynybos planą, toliau ramiai tęsėme spalvoto vadovėlio leidybą.

Iliustracijos

Teko peržvelgti daug elektrotechnikos vadovėlių, išleistų įvairiose šalyse. Pastebėjau, kad nemaža tokių, kuriuose per mažai dėmesio skiriama grafikai. Pabandžiau iškelti sau tokį maksimalistinį uždavinį – kiekviena teksto pastraipa turi būti iliustruota. Tais atvejais, kai nesisekdavo kuriai nors pastraipai sukurti iliustracijos, dažniausia paaiškėdavo, kad tokioje pastraipoje nėra nieko ypač vertingo ir neretai tokią pastraipą panaikindavau. Žinoma, buvo ir išimčių, taigi šio principo akiai netaikiau. Taip pasiekiau gana didelį vadovėlio ilustratyvumo koeficientą (ilustracijų ir teksto plotų santykį).

Kita nuostata – iliustracija neturi būti vizualiai klaidinanti. Kodėl tokia nuostata atsirado? Elektrotechnikos vadovėliuose dažnai sutinkamos įvairiausios sinusinės ir eksponentinės kreivės. Norėjau, kad skaitytojo pasąmonėje susiformuotų

teisingas tų kreivių vaizdas. Jas nubraižyti teisingai ir kokybiškai senąją braižybos techniką nėra paprasta. Suprantama, kad J. Šliogerio *Paskaitų konspekte* tos kreivės buvo ne itin panašios į sinusines. Tačiau vėliau, 1931 m. išleistame jo kintamosios srovės vadovėlyje, matome sinusines kur kas kokybiškesnes. Malonu pastebėti, kad to laikotarpio leidinių brėžinių kokybė buvo palyginti aukšta.

Deja, pokario metais knygų brėžinių kokybė suprastėjo. Dažnai vadovėliuose matydavau iškraipytas sinusines, nubraižytas tarsi be įrankių (kaip sakoma, *iš rankos*), arba puslankius ar ovalo puses, sujungtus įstrižomis tiesėmis. Prasta brėžinių kokybė tuo metu nieko nestebino: braižytojai buvo neaukštos kvalifikacijos, gerų braižymo įrankių nebuvo, o ir kokybės reikalavimai buvo menki. Tokios iliustracijos negalėjo parodyti tikrojo kreivių vaizdo, neugdė inžinerinės grafikos kultūros.

Mokslo leidyklos leidžiamų vadovėlių grafika buvo pastebimai aukštesnės kokybės, tačiau norėjau dar geresnių brėžinių. Iškraipyta viena iš dinamiškiausių ir gražiausių (bent mano požiūriu) kreivių – sinusinė – man buvo nepriimtina. Laimei, Kalifornijos universiteto knygynėlyje aptikau specialų [trafareta](#) (7), kuriuo vėliau ir buvo nubraižytos visos vadovėlio sinusinės kreivės.

Kita graži, dinamiškus procesus vaizduojanti kreivė – eksponentė, kuri neretai būdavo braižoma panašesnė į

hiperbolę ar parabolę. Eksponentėms braižyti rasti lekalų nepavyko. Teko juos pasigaminti – kiek įmanoma tiksliau nubraižęs, išpjoviau iš plastmasės.

Visus vadovėlio brėžinius spaudai parengė aukštos kvalifikacijos *Mokslo* leidyklos braižytojai. Ypač profesionaliai ir kruopščiai braižė **Juozas Stonys**. Dabar nuskenavus jo darytus brėžinių originalus, galima matyti, kokie tikslūs linijų kontūrai – vos vienas kitas vaizdo taškas (pikselis) išlenda už linijos ribų. Buvo braižoma ne įprastiniais braižikliais (reisfederiais), o labai kokybiškais vokiškais rapidografais. Brėžinių įrašai spaustuvėje buvo surenkami ir atspausdinami, o po to užklijuojami nubraižytame brėžinyje. Tai ypač kruoštus darbas, kuris šiandien jau nebereikalingas, bet tuomet tokia technologija buvo labai pažangi.

Įdomi ir to meto brėžinių rengimo spaudai technologija, kurią žinojo tik gana nedidelis specialistų būrys. Ją čia pateikiu, nes tai jau tapo istorija. Autorius privalėjo nubraižyti bent apytikslį paveikslėlį – eskizą; galėjo – net nenaudodamas braižybos įrankių ir liniuotės. Nepasikliaudamas tuo, visas iliustracijas braižiau tiksliai, reikiamu masteliu, milimetriniame popieriuje. Eskizą nufotografuodavo ir pagamindavo tinkamo dydžio fotografijas. Tos fotografijos buvo specialiai daromos labai blankios ir ant matinio fotopopieriaus. Ant tokios fotografijos buvo braižomas tikslus brėžinys tušu. Po to šis ruošinys buvo dedamas į fotografijos blukalą (dažniausia raudonosios kraujo

druskos tirpalą), kuriame fotografijos vaizdas išnykdavo ir likdavo tik tušu nubraižytas paveikslėlis. Taip apdorotą fotografiją telikdavo užfiksuoti, išplauti ir išdžiovinti. Įdomu, kad dabar tokios technologijos modifikacija taikoma perbraižant brėžinius kompiuteriu. Tik fone esantis brėžinio juodraštis išnaikinamas paspaudus klavišą *Delete*.

Jeigu iliustracija turėjo būti spalvota, atskirai buvo braižoma kiekvienos spalvos paveikslėlio dalis ir dviem kryžiuokais pažymimos sutapdinimo žymės. Taip kiekvienas brėžinys buvo išskaidomas į 4 dedamąsias dalis (juodos ir trijų kitų spalvų – CMYK spalvų skaidymas), kurias vėliau sumontuodavo į spaudos lankų lakštus.

Struktūra

Vadovėlis nėra grožinės literatūros kūrinys, kurio struktūra pasirenkama laisvai. Vadovėlį įprasta suskirstyti į dalis, skyrius, skyrelius ar kitokias informacijos porcijas. Taip medžiaga išdėstoma logiškai susiejamomis dalimis, tad ją lengviau suvokti, pamatyti atskirų dalių ryšius. Iš tikrųjų šis vadovėlis turėtų būti padalytas į dvi dalis. Pirmoji – bendroji dalis, kurioje nagrinėjami pagrindiniai elektros grandinių dėsniai, ir antroji – taikomoji dalis, kurioje daugiau dėmesio skiriama įrenginiams, kuriuose šie dėsniai taikomi praktiškai. Tarp šių dalių nubrėžti griežtą ribą sudėtinga. Pavyzdžiui, trifazė grandinė gali būti nagrinėjama kaip elektros grandinė, tačiau ją galima nagrinėti ir

kaip svarbią energetinės sistemos dalį. Panašiai ir elektronikoje: viena vertus, svarbu išsiaiškinti, kuo ypatingos daugumos elektronikos įtaisų elektros grandinės (netiesinės), ir antra vertus, kaip veikia ir kur tie elektronikos įtaisai taikomi.

Visą kursą suskirsčiau į tradicinius skyrius. Jų susidarė 13 – toks lyg ir neįprastas skaičius. Kiekvieno skyriaus medžiaga padalyta į skyrelius, kurie dar – į skirsnelius. Tokia trijų lygmenų rubrikacija man pasirodė pakankama, nors kai kuriais atvejais norėjosi įvesti dar ir ketvirtąjį. Kad būtų mažiau pavadinimų knygos turinyje, nutariau pastraipos pradžioje kai kurias sąvokas paryškinti pusjuodžiu ar spalvotu šriftu.

Dizainas

Laikiausi nuomonės, jog visos dizaino detalės turi būti funkcionalios, metodiškai tikslingos, kad būtų lengviau ne tik skaityti, bet ir suvokti išdėstytą medžiagą. Leidyklos specialistai geranoriškai atsižvelgė į mano pageidavimus ir savo žiniomis prisidėjo, kad tie tikslai būtų kuo geriau įgyvendinti.

Pasirinkus knygos formatą buvo nutarta puslapį padalyti į dvi dalis – teksto ir grafikos. Dėl to atsirado ir tam tikrų nesklandumų: grafikai skirtą plotą ne visur pavyko gerai panaudoti. Kai kur likdavo tuščios paraštės³, o kai kuriuose

³ Tuo metu toks neracionalus popieriaus naudojimas buvo smerkiamas, tačiau prof. A. Avižienis, atsižvelgdamas į užsienietiškas leidybos tradicijas, išreiškė apgailėstą, kad šiai knygai popierius buvo pernelyg taupytas.

skyriuose brėžinių buvo per daug. Teko net pažeisti vieną iš labai svarbių dizaino reikalavimų, kad tekste pirmą kartą paminėtas paveikslas turi būti tame pačiame puslapyje. Net patyrusi knygos techninė redaktorė **Elvyra Volkienė** šios problemos 3 skyriuje neįveikė.

Tiek dizaino, tiek turinio išdėstymo požiūriu norėjau, kad vadovėlis būtų galimai universalesnis. Lietuvoje negalėjome leisti atskirų elektrotechnikos vadovėlių įvairių specialybių studentams: pavyzdžiui, vieną – mechanikams, kitą – statybininkams ar technologams, nors jų kurso apimtis kartais skyrėsi daugiau nei dvigubai. Vadovėlis turėjo tikti visiems elektrotechnikos klausytojams. Stengiausi kiekvieną skyrių dėstyti taip, kad būtų galima pradėti studijuoti kitą mažesnės apimties kurso skyrių, išstudijavus tik dalį ankstesniojo. Tai padaryti nebuvo sunku, nes panašiai buvo sudarytos ir elektrotechnikos programos. Labai keisti kurso nuoseklumo nereikėjo, tačiau buvo skyrelių, kuriuos dėstydavome tik daliai studentų ar kurie buvo įdėti tik dėl išlikusių tradicijų, ar jų reikalavo tipinė programa. Nusprendėme, kad tokie skyreliai bus spausdinami smulkiu (8 punktų) šriftu – petitu.

Vadovėliuose turi būti pavyzdžių, išspręstų uždavinių, kontrolinių klausimų ir užduočių. Visa tai didina knygos apimtį, tad šią papildomą informaciją irgi įprasta spausdinti petitu.

Viršelio dizaino paskirtis ypatinga. Viršelis turi būti ne tik estetiškas ir patrauklus, bet ir lakoniškai informatyvus, kad iš

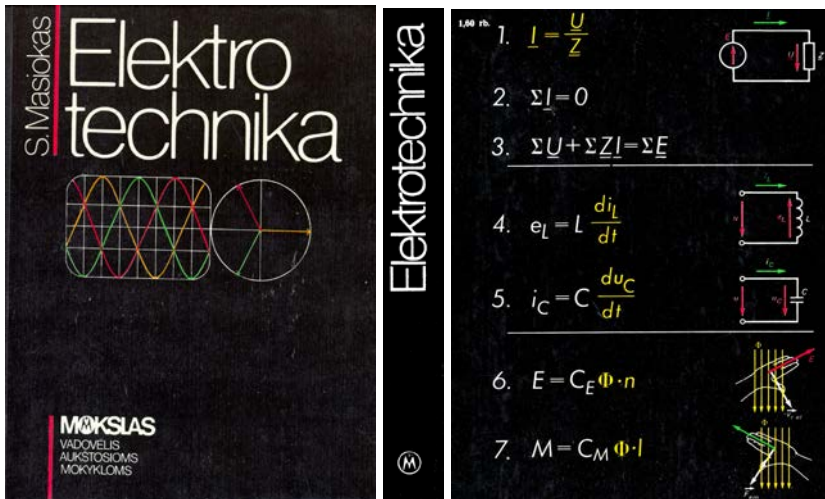
pirmo žvilgsnio būtų lengva suprasti, kas tai per knyga. Labai pasisekė, kad knygos viršelio dizainą parengė vienas iš žinomiausių to meto knygos dizainerių **Isakas Zibucas**. Viršelio juoda spalva suteikė knygai tam tikrą solidumą. Antra vertus, derėjo su mūsų sukurtomis ir naudojamomis fotografinėmis skaidrėmis, kurios taip pat buvo negatyvinės – jų fonas buvo juodas.

Pavadinimui pasirinktas groteskinis šriftas, artimas Helveticos stiliui, pabrėžia lakoniškumą ir leidžia greitai perskaityti. Po ilgų svarstymų buvo sutarta knygos pavadinimą laužti į dvi eilutes, o autoriaus pavardę pasukti 90°.

Ilgiau ieškota viršeliui tinkama iliustracija. Pagaliau pasirinkome oscilografo ekrane matomas tris sinusines kreives – trifazės grandinės įtampas. Šis paveikslėlis tarsi sujungė ir elektrifikacijos, ir galios elektronikos, ir elektros mašinų, ir elektros pavarų įvaizdį. Kreivių spalvos buvo užuomina, jog knyga spalvota, ir dar daugiau, – kad knygoje panaudotos būtent tos trys spalvos, kuriomis koduojama trifazė sistema.

Šalia šio paveikslo nubrėžtame apskritime parodyta trifazių įtampų vektorių diagrama. Pažymėtina, kad *A* fazės įtampos vektorius horizontalus; tuo pabrėžiama, kad šiame vadovėlyje, kitaip negu dažniausia, faziniai kampai atskaitomi nuo horizontalaus vektoriaus – taip pat, kaip ir vienfazių grandinių vektorių diagramose.

Kitai viršelio pusei dizaineris ypatingų reikalavimų nekėlė. Nutariau, kad ji gali būti informatyvesnė, tarsi *paruoštukė*. Išrinkau 7 reikšmingiausias ir universalias lygtis, nurodančias visą vadovėlio esmę. Pirmosios trys – elektros grandinių lygtys, užrašytos kompleksiniais dydžiais. Mokant jas taikyti, galima išspręsti visus išdėstyto apimties kurso elektros grandinių uždavinius. Kitos dvi formulės aprašo procesus induktyviajame ir talpiniame imtuve. Tai ypač svarbios išraiškos nagrinėjant pereinamuosius procesus. Čia gana iššaukiančiai atsiranda



Viršelis turėtų pabrėžti knygos ypatumus

indukuota elektrovara be minuso ženklo. Tokia viršelio formulės „klaida“ galėjo ne vienam profesionalui sukelti šoką – „*net ant*

viršelio klaida“! Greta pateiktoje iliustracijoje nurodytos sutartinės teigiamos elektrinių dydžių kryptys.

Paskutinės dvi lygtys – laidininke (mašinos apvijose) indukuotos elektrovaros ir sukimo momento išraiškos. Jos svarbios aiškinant elektros mašinų veikimo principą. Greta pateikiamos populiarių dešinėsios ir kairiosios rankos taisyklių iliustracijos. Jos tarsi turėtų pasakyti, kad aiškinant elektros mašinos veikimo principą reikalingos abi rankos.

Knygos nugarėlė turėjo būti skirta tik knygos paieškai lentynoje, todėl buvo įprasta, kad lentynoje stovinčios knygos tekstas būtų skaitomas iš apačios į viršų, t.y. pasukus galvą į kairę (taip kaip brėžiniuose).⁴

Parinkus išorinio viršelio dizainą, reikėjo sukurti ir priešlapius. Norėjau, kad jie tiktų ne tik patogiai informacijos paieškai, bet ir būtų kaip dar viena visų elektros grandinių paruoštukė. Pirmame priešlapyje



1		Nuolatinės srovės grandinės
2		Kintamosios srovės vertėžais grandinės
3		Kintamosios srovės trifazės grandinės
4		Pereinamąją procesą tiesinėse elektrinėse grandinėse
5		Magnetinės grandinės ir elektromagnetiniai laisai
6		Elektronikos elementai
7		Elektronikos laisai
8		Elektriniai transformatoriai
9		Transformatoriai
10		Nuolatinės srovės mašinos
11		Asinchroninės mašinos
12		Sinchroninės mašinos
13		Elektrinis pavara

Patogi informacijos paieška susiejant jos turinį su ženklais, matomais knygos bloke

⁴ Dabar dažnai knygos nugarėlės užrašas rašomas kita kryptimi tam, kad normaliai būtų skaitomas gulinės ant stalo knygos pavadinimas. Tai amerikietiškas knygos dizainas.

išdėstyta knygos turinio santrauka – nurodyti 13-kos skyrių pavadinimai ir jų turinio simboliniai paveikslėliai. Skyriams (ar jų grupėms) priskirtas spalvos kodas. Vadovėlio tekste kiekvieno skyriaus pradžioje ties jo pavadinimu, puslapio pakraštyje, įterptas spalvinis blokelis, kuris matomas ir užverstoje knygoje. Tai nebuvo knygų dizaino naujiena.

Paskutiniai priešlapiai skirti elektros ir magnetinių grandinių esmės suvestinei. Galima laikyti, kad tai dar viena paruoštukė,⁵ bet ji labai naudinga ir geram studentui, nes tai yra apibendrinanti svarbiausių kurso dalių santrauka.

<p>Ekvivalentinis šaltinis</p> <p>$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$ $R_p = \sum R_i$</p>	<p>Trikampiai: tamprai</p> <p>varžai</p>	<p>$U = U_R + U_L$ $Z = R + jX$</p>
<p>$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$ $G_p = \sum G_i$ $R_p = 1/G_p$</p>	<p>stygys</p> <p>hidulmų</p>	<p>$I = I_R + I_L$ $Y = 1/R + jB$ $Z = 1/Y$</p>
<p>$R_p = \sum R_i$</p>	<p>galis</p>	<p>$S_p = \sum S_i = \sum P_i + j \sum Q_i$</p>

<p>Omo dėsnis</p> $I = \frac{U}{Z} = GU$	<p>$I = \frac{U}{Z} = YU$</p>	<p>$\Phi = \frac{U}{R_m}$</p>
<p>I Kirchofo dėsnis</p> $\sum I = 0$	<p>II Kirchofo dėsnis</p> $\sum U = \sum E$	<p>$\sum I_N = \sum I_{mN}$</p>
<p>Varža</p> $R = \frac{1}{G}$	<p>Laidumas</p> $G = \frac{1}{R}$	<p>Galios</p> $P = UI$ $P = RI^2$ $P = GU^2$
<p>Varža</p> $Z = R + jX$ $X = X_L - X_C$ $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ $\varphi = \arctg \frac{X_L - X_C}{R}$	<p>Laidumas</p> $Y = \frac{1}{Z} = G - jB$ $B = B_L - B_C$	<p>Galios</p> $S = UI^* = ZI^2 = YU^2$ $S = P + jQ = S^2 \varphi$ $Q = Q_L - Q_C$ $S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$ $\varphi = \arctg \frac{Q_L - Q_C}{P}$ $P = UI \cos \varphi = RI^2 = GU^2 [W]$ $Q = UI \sin \varphi = X I^2 = BU^2 [var]$ $S = UI = ZI^2 = YU^2 [VA]$
<p>Oydis = x metrai</p>	<p>$\Phi = SB [Wb]$ $R_m = \frac{l}{\mu A} [A]$ $U_m = IH [A]$ $B = \mu H [T]$ $H_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} [H/m]$ $H_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} [H/m]$</p>	

Priešlapiuose – svarbiausios iliustracijos ir formulės

⁵ Šiuo metu internete platinamos paruoštukės labai prastos, nes dažniausiai tai – tik nuskaityti mano vadovėlio puslapiai.

Žalias tekstas

Kolega docentas Jonas Jasinskas studentams dažnai kartodavo savo kalambūrą: „Skaitykite Masioko *Elektrotechnikoje, kas yra žalia, ir nebūsime „žali“ elektrotechnikoje*“. Iš tikrųjų, tokio tikslo ir buvo siekta. Norėta parengti vadovėlį taip, kad skaitant tik įvairiai paryškintą tekstą (spalva, šriftu, įtrauka, pabraukiant, aprėminant ar dar kitaip) būtų gaunamas lyg ir paskaitos konspektas, kitaip tariant, būtiniausia santrauka, kuri labai naudinga kartojant, rengiantis egzaminams ar skubiai ieškant svarbiausios informacijos. Galima sakyti, kad tuo būdu pasisekė knygą paversti ir išsamiu vadovėliu, ir paskaitų konspektu. Tenka pripažinti, jog ne visur pavyko pasiekti, kad žalią tekstą sudarytų tik taisyklingi sakiniai.

2.3

Kintamosios srovės grandinių imtuvai

2.3.1. Idealių imtuvų savybės. Kintamosios srovės grandinių imtuvai gali būti aktyvieji ir reaktyvieji. Aktyviaisiais vadiname tokius imtuvus, kuriuose elektros energija negrįžtamai paverčiama kitos rūšies energija: šiluma, šviesa, mechaniniu darbu, chemine energija. Aktyvūs imtuvai elektrinėse atstojamosiose schemose paprastai vaizduojamas sutartiniu ženklu rezistoriaus, kurio varža R . Prijungus idealų aktyvųjį imtuvą prie kintamosios įtampos $u(t)$, juo teka srovė:

$$i_R = u/R. \quad (2.16)$$

Reaktyviaisiais imtuvais vadiname tokius, kuriuose vyksta periodinė energijos kaita tarp jų magnetinio ar elektrinio lauko ir šaltinio. Reaktyvieji imtuvai gali būti induktyvieji ir talpiniai.

Induktyvūs imtuvai turi induktyvumo ritės savybes, todėl elektrinėse schemose vaizduojamas sutartinu induktyvumo ritės ženklu. Tekėdama induktyviuoju imtuvu kintamoji srovė $i_L(t)$ sukuria kintamąjį magnetinį lauką, kurio pilnutinis srautas

$$\Psi_L = Li_L; \quad (2.17)$$

čia L – induktyvumas, kurio matavimo vienetas – henris (H).

Kai $L = \text{const}$, imtuvo vėberamperinė charakteristika $\Psi = f(i)$ yra tiesė. Toks induktyvūs imtuvas vadinamas tiesiniu.

Dėl kintamojo magnetinio lauko poveikio induktyviame imtuve indukuojama savindukcijos EVJ:

$$e_L = d\Psi_L/dt = Ldi_L/dt. \quad (2.18)$$

Ši savindukcijos EVJ priešinasi kintamosios srovės kitiui*; pasipriešinimo stiprumas įvertinamas induktyviaja varža. Kai srovė nuolatinė, $di_L/dt=0$, $e_L=0$, todėl idealus induktyvūs imtuvas šiai srovei varžos nesudaro.

* Tai, kad savindukcijos EVJ priešinasi rite tekančios srovės kitiui, įvertinsime, laikydami e_L sutartinę teigiama kryptį priešinga srovės i_L kryptiai. Kai šiam pasipriešinimui įvertinti EVJ išraiškoje (2.18) rašomas minuso ženklas, e_L sutartinė teigiama kryptis turi būti tokia tap kaip srovės.

Talkininkai

Kaip ir kitos knygos, *Elektrotechnika* negalėjo būti išleista be talkininkų, prisidėjusių ją rengiant. Jiems knygoje išreikšta padėka, tačiau apie jų indėlį norėčiau parašyti bent šiek tiek išsamiau, nors kai kuriuos iš jų jau minėjau.

Kristina Masiokienė Elektrotechnikos katedroje pradėjo dirbti anksčiau, todėl turėjo didesnę elektrotechnikos dėstymo patirtį. Ji buvo pirmoji principinga rankraščio oponentė. Kadangi turėjo ir redaktoriaus darbo įgūdžių, buvo ir pirmoji vadovėlio redaktorė. Kartais ji perrašydavo atskiras vadovėlio vietas ir net parašė beveik visą Elektrinių matavimų skyrių. Ji patikrino visų uždavinių sprendimus, kai kuriuos pati parengė naujai. Atsižvelgdama į recenzentų rekomendacijas, kurioms pritarė autorius, Kristina pataisė ir kai kuriuos vadovėlio fragmentus.

Rūta Masiokaitė ne vieną kartą mašinėle perspausdino visą rankraštį ir parengė jį spaudai. Nemažą dalį rankraščio pats parašiau mašinėle, nes mano ranka rašytą tekstą nedaug kas galėjo įskaityti. Galutinis mašinraštis spaudai turėjo būti parengtas pagal to meto reikalavimus. Rūta ne tik atspausdino, bet turėdama gerą kalbos pojūtį, dar tekstą ir pataisydavo. Kadangi buvo baigusi sustiprintos matematikos profilio *Saulės* vidurinę mokyklą ir KPI Automatikos fakultetą (jame dėstoma teorinė elektrotechnika), ji išsprendė kai kuriuos uždavinius bei pavyzdžius ir radusi klaidų jas ištaisė. Tokios mašininkės kiti autoriai man galėjo pavydėti.

Elena Juškienė buvo *Mokslo* leidyklos Fizikos leidinių skyriaus vedėja. Su ja pradėjau bendrauti vos pradėjęs rašyti vadovėlį, nors pažinau ją, kai ji dar buvo moksleivė. Ji, baigusi VU Fizikos fakultetą, ne tik puikiai orientavosi įvairiose technikos srityse, bet ir gerai suprato pedagoginius vadovėlių niuansus. Jos patarimai buvo itin vertingi ne tik leidybos, bet ir metodikos atžvilgiu. Būtent ji pasiūlė leisti vadovėlį spalvotą. Jos iniciatyva vadovėliui rengti buvo pakviesti labiausiai kvalifikuoti leidyklos darbuotojai – redaktorė, meninis redaktorius, dizaineris, braižytojai, techninė redaktorė.

Rita Klimkienė – vadovėlio redaktorė, kuri turėjo suprasti viso redaguojamo leidinio turinį⁶. Jai reikėjo patikrinti visas nuorodas į paveikslėlius bei formules, paveikslėlių turinį ir derinimąsi su tekstu, sužiūrėti, ar vartojami taisyklingi terminai ir dar daug kitokių svarbių dalykų. Mane dažnai kolegos, ne tik iš Lietuvos, klausdavo, kaip sekėsi bendrauti su redaktoriumi. Tai ne atsitiktinis klausimas, nes dažniausiai autorius, įsitikinęs savo teisumu, priešgyniauja redaktoriaus taisymsams, o redaktorius, ne visada suprasdamas esmę, iškreipia turinio prasmę. Man šiuo požiūriu ypač pasisekė, nes redaktorė, turėdama radiotechnikos inžinierės diplomą ir didelę praktinę redaktoriaus darbo patirtį, sugebėjo redaguoti knygą taip, kad man telikdavo tik sutikti su jos taisymais. Šis bendravimas

⁶ Tenka tik apgailestauti, kad dabar dažnai redagavimas suprantamas tik kaip kalbos taisyms ir tas darbas pavedamas stilistui.

paliko ne tik šiltus prisiminimus, bet ir pamokas, kaip nereikia rašyti.

Recenzentų buvo daug. Pirmasis – katedros doc. **Jonas Jasinskis**, labai patyręs dėstytojas, ilgus metus dėstęs elektrotechniką. Jis perskaitė visą vadovėlį, prirašė ir išsakė daug vertingų pastabų ir abejonių.

Kadangi vadovėlis apima penkių kitų katedrų dėstomus dalykus, paprašiau, kad tų katedrų dėstytojai recenzuotų atskirus vadovėlio skyrius. Doc. **Povilas Vaidotas Pukys**, ypač preciziškai dėstantis teorinę elektrotechniką, recenzavo Elektros grandinių bei Elektrinių matavimų skyrius (1–5 ir 8). Elektronikos skyrius (6–7) recenzavo reikioji prof. **Genovaitė Jasinevičienė**. Elektros mašinų skyrius (9–13) recenzavo doc. **Stasys Marazas**, patyręs specialistas ir puikus pedagogas. Elektros pavaras (13 skyrius) recenzavo doc. **Vilius Geleževičius**. Po tokio profesionalų filtro galėjau pasikliauti, kad dalykinių klaidų likti neturėtų.

Formaliai buvo reikalaujama, kad leidykla dar skirtų vadinamuosius išorinius recenzentus. Lietuva ne tokia didelė. Galėjome pasirinkti tik VISI ir KPI Klaipėdos fakultetą (nors tai ne visai išorinis padalinys). VISI parašė kolektyvinę recenziją. Docentai **Gediminas Valiukėnas**, **Jurgis Šliogeris**, **Valentinas Zaveckas** ir **Zigmas Jankauskas** parašė labai geranorišką recenziją, be esminių pastabų. Kai vienas mano kolega sužinojo, kad man sutikus recenzentu pasirinktas

prof. **Sigitas Kudarauskas**, išreiškė man užuojautą. Jo nuomone, šis recenzentas yra ypač priekabus ir knyga dar ilgai neišvys dienos šviesos. Laimei, jis apsiriko. Nors vos ne kas savaitę S. Kudarauskas man atveždavo didžiulį pluoštą pastabų, mes tas pastabas tuojau pat išlukštendavome ir išsiskirdavome visiškai susitarę. Taip knygoje liko mažiau netikslumų ir nesklaidumų, už ką dėkingas ne tik autorius, bet ir skaitytojai.

Spaustuvė

Tokį sudėtingą vadovėlį spausdinti pasirinkta Kauno **Spindulio** spaustuvė. Įprasta, kad visą spaudos procesą seka leidyklos atstovas, tačiau stebėti šio vadovėlio spausdinimą visi įgaliojimai buvo suteikti autoriui. Ir tam buvo pagrindo. Dar rašydamas vadovėlį pradėjau domėtis poligrafija ir jos technologijomis. Tai man buvo įdomu dar ir todėl, kad norėjau geriau išnaudoti spaustuvės galimybes. Asmeninių kontaktų dėka dažnai užeidavau į spaustuvę, domėjausi įvairiais gamybos etapais, susipažinau su technologais, darbininkais. Taigi, vadovėlio spausdinimą galėjau kuruoti gal ir ne ką blogiau negu leidyklos atstovas. Nemaža spaustuvės darbuotojų dalis buvo patyrę ir ilgus metus dirbantys specialistai, labai kruopštūs ir pareigingi. Nenuostabu, kad jie buvo man labai palankūs ir stengėsi išleisti kuo geresnės spaudos kokybės vadovėlį. Kiekvieną spaudos lanką poligrafijos darbininkai perskaitydavo,

net bandydami suprasti jo turinį. (Gal todėl nuo seno spaustuvės darbininkai buvo laikomi labiausiai išsilavinę). Ir štai kartą naktį pastebėta, kad vieno lanko vienoje eilutėje atsirado tuščia vieta. Palyginus su originalu paaiškėjo, kad toje vietoje nukrito vieno žodžio užklija, skirta atspausdinti tą žodį žalia spalva. Šiandien sunku tą suprasti, bet tada darbininkai sustabdė galingą keturspalvę spaudos mašiną, pagamino naują(!) spaudos plokštę ir iš naujo atspausdino tą pataisytą lanką. Taip buvo suprasta išskirtinio leidinio kokybė ir pareiga.

Įvertinimas ir populiarumas

Iš karto pažymėkime, kad šis vadovėlis nėra įvertintas kokia nors premija ar kitaip. Tam buvo daug objektyvių priežasčių. Dažniausiai paaiškėdavo, kad dar „*per anksti*“ arba jau „*per vėlai*“. Dar dažniau būdavo vengiama įvairių galimų „*interesų konfliktų*“, nes pats autorius dažniausia būdavo įvairių premijavimo (vertinimo) komisijų pirmininkas ar kitaip galėjo paveikti premijuotojus.

Didžiausias įvertinimas, mano nuomone, buvo to vadovėlio populiarumas. Nors tuo metu grožinės literatūros knygos buvo labai paklausios, tačiau techniškųjų dalykų vadovėliai nebuvo itin populiarūs, todėl šio vadovėlio populiarumas, jam pasirodžius knygynuose, buvo netikėtas. Tiražas (7000 egz.) buvo išpirktas per dieną. Laimei, nemaža dalis tiražo pateko į bibliotekas, dar dalį tiražo pasiliko Aukštojo ir spec. viduriniojo

mokslo ministerija. Išprašiau tą dalį atiduoti į vieną Kauno knygyną, kuriame sutarėme su vedėja pardavinėti vadovėlį tik pagal talonus⁷. Grupė studentų iš mūsų katedros vedėjo gaudavo taloną ribotam vadovėlių skaičiui pirkti. Tai tikriausiai unikalus atvejis, kurį šiandien sunku net suvokti.

Nors vadovėlis buvo adresuotas ne elektrotechniškųjų inžinerinių specialybių (aukštųjų mokyklų) studentams, tačiau jis greitai paplito ir tada buvusiuose technikuose. Juo pradėjo domėtis ir aukštesnės kvalifikacijos elektromonteriai. Kadangi vadovėlis buvo tam tikras kelių elektrotechniškųjų dalykų konspektas, jis tapo dažna ne vieno inžinieriaus elektriko stalo knyga. Neniekino šios knygos lietuviškų terminų ir naujų techniškųjų žodynų sudarytojai.

Vadovėlis paliko ryškų pėdsaką ir tuometinėje SSRS. Žymiausiame specialiajame žurnale *Električestvo* buvo išspausdinta ypač teigiama [prof. O. P. Michailovo](#) (8) recenzija. Tokio dėmesio sulaukti nesitikėjau.

Įdomus [prof. A. S. Karymovo](#) (9) (Uzbekija) atsiliepinimas. Jis rašo, kad naujo vadovėlio pasirodymas yra šventė, bet tai dviguba šventė, jei vadovėlis skirtas nacionalinei aukštajai mokyklai ir nacionaline kalba. [Prof. E. S. Traubė](#) (10) (Ukraina) šį vadovėlį įvertina kaip vieną iš geriausių pasaulyje ir sakosi

⁷ Tuo metu taip skirstydavo deficitines prekes. Pirkėjas darbovietėje gauna taloną, kurį pateikęs parduotuvėje, tokią prekę gali nusipirkti. Paprastai talonus maisto ir kitoms prekėms skirstydavo darbuotojų profsąjungos.

turįs teisę taip rašyti, nes žino JAV, Anglijos, Čekoslovakijos, Bulgarijos ir kitų šalių šiuolaikinius elektrotechnikos vadovėlius. Trumpai, bet labai gerai apie vadovėlį ir autorių atsiliepė [prof. J. S. Perfiljevas](#) (11) (Krasnojarskas).

Visose recenzijose pageidaujama, kad vadovėlis būtų išverstas ir išleistas rusų kalba. SSRS Mokslinės metodinės elektrotechnikos tarybos iniciatyva buvo užplanuota tai padaryti ir nurodyta, kad pageidautina jį spausdinti Lietuvoje. Buvo rastas labai kvalifikuotas vertėjas. Toks vertimas netgi buvo parengtas, tačiau situacijai pasikeitus liko tik vertimo rankraštis.

Antroji laida

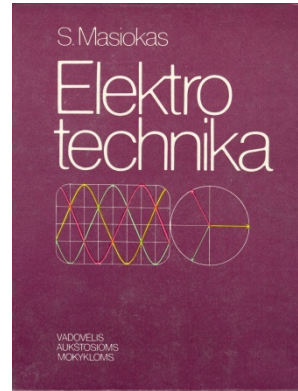
Gal ir gerai, kad vadovėlio tiražas buvo taip greitai parduotas. Tai paskatino pradėti rengti II laidą. Dėl vadovėlio naujos laidos katedros vedėjas doc. Jonas Koryzna [rašo ministru](#)i (12) prof. Henrikui Zabuliui nurodydamas, kad vadovėlio tiražas buvo per mažas (reikėjo 18 000, buvo planuota 10 000, tačiau išleista 7 000 egz.).

Nors vadovėlis spaudai buvo rengiamas labai kruopščiai ir po paskutinių pataisų dirbo korektorės, tačiau pirmojoje laidoje dar liko įvairiausių klaidelių. Autoriui buvo proga jas surasti ir ištaisyti. Kadangi skaitytojų buvo daug, tai daug akių atrado ir nepastebėtų klaidų. Atsirado ir viena kita vietelė, kelianti abejonių dėl turinio korektiškumo. Ne viskas pasisekė ir techninei redaktorei, kai kur norėjosi koreguoti ir patį maketą.

Dviems mėnesiams užsidaręs nuo išorinio pasaulio, žirkklėmis ir kilijais (apie kompiuterinį maketavimą dar nebuvo žinoma), viską ištaisiau ir jau leidyklos *Candela* vardu užsakėme išleisti II laidą (13).

Knygoje atsirado ir *Keletas patarimų, kaip mokytis elektrotechniką (ir ne tik ją).*

(14). Šiandien, kai tapo įprasta lyg iš naujo atradinėti tai, kas seniai buvo žinoma, norėčiau priminti kai kurias nuostatas, kurios mums buvo suprantamos ir tada. „...*Aukštoji mokykla turi ne tik suteikti konkrečių žinių, bet ir išmokyti optimaliai jų siekti. Deja, dažnai nekreipiama dėmesio į tai, kaip svarbu studentui išmokti studijuoti. Norėčiau, kad elektrotechnikos studijos Jums būtų kartu ir studijų metodikos pamokos, kad elektrotechnikoje sugebėtumėte pamatyti bendresnius dalykus: ne tik išmoktumėte Omo ar Kirchhofo dėsnius, bet ir suprastumėte, jog tai – ne vien elektrotechnikos dėsniai, o pereinamieji procesai vyksta ne tik elektrinėse grandinėse.*“
Nebuvo skatinama mokytis mintinai, tačiau senas posakis *Repetitio est mater studiorum* negalėjo būti ignoruojamas: *Kartojimas – studijų motina. Beje, kartoti taip pat reikia mokėti. Kiek kartų, kada ir kaip kartoti, kad kartojimas nevirstų įkyriju „kalimu“? Apie tai buvo pagalvota, rašant šią knygą, todėl*



brėžiniai spalvoti ir jų daug, o tekstas ir formulės įvairiai paryškinti. Labai svarbus kartojimas – studento pasirengimas paskaitai. Žinau, kad mūsųose tai neįprasta, bet kuo anksčiau įprasite, tuo mažiau laiko reikės studijoms. Paskaitai rengtis geriausia išvakarėse ir tam reikia skirti 15–20 minučių.

Peržvelkite paskaitos turinį vadovėlyje: perskaitykite pavadinimus, pažiūrėkite į paveikslėlius, paskaitykite parašus po jais ir, žinoma, žalia spalva išryškintą tekstą. Taip pasirengus paskaita bus žymiai naudingesnė, nes iš karto suvoksite visumą.“

Po detalesnių patarimų kaip studijuoti elektrotechniką buvo dar kartą primenama, kad elektrotechnikos studijos nėra vien tik siauros specifinės žinios, kad per elektrotechniką galima išmokti mokytis: „*Taip reikėtų studijuoti ne tik elektrotechniką, bet ir kitus inžinerinius dalykus. Tada Jūsų žinios nebus laikinos, erudicija plėsis, mąstysena tobulės. <...> Jūs sugebėsite tobulėti savarankiškai. O toks ir yra studijų tikslas.“*

Po daugelio metų

Dabar kai ką rašyčiau šiek tiek kitaip, kai ką reikėtų pakeisti kitais pavyzdžiais, kai ką – ir išbraukti. Tikriausia būtų pravartu keisti dizainą netaupant puslapių – knyga atrodytų solidesnė ir jos masė prilygtų užsienietiškomis. Tačiau didžioji dalis turinio išliktų: visi klasikiniai dalykai lieka stabilūs. [Pirmosios laidos](#)

[ivade](#) (15) buvo įrašytos mintys, kurių dalį jau esu pateikęs šių atsiminimų pradžioje.

Tuo metu buvo labai pageidautina net ir techniškųjų mokslų vadovėliams suteikti tam tikrą ideologinį pamušalą. Pirmoji laida buvo parengta dar sovietmečiu, bet jau artėjant prie tos sistemos griūties. Taigi, pavyko išvengti tuo metu įprasto politinės sistemos pagarbinimo su nuorodomis į partijos suvažiavimų ar plenumų svarbą. Tam turėjo įtakos ir vyr. redaktorės E. Juškienės, ir recenzentų sugebėjimas nepastebėti tokio svarbaus „trūkumo“.

Tačiau vienas paveikslėlis ([0.2 pav.](#)) (16) užkliuvo ne vienam. Tuo metu sparčiai raidai iliustruoti buvo pasitelkiami grafikai, kuriuose kreivės įspūdingai sparčiai kildavo į viršų. Tas kreives nubrėžus pusiau logaritminiame mastelyje jos tapdavo dažniausiai tiesėmis, kas ir rodė normalią procesų raidą. Buvo įprasta, kad pagaminamos elektros energijos kiekis per 10 metų padvigubėja, arba per 5 metus padidėja 1,4 karto. Ir štai viename iš paskutiniųjų penkmečio planų atsiranda lyg ir nekaltas skaičius: „*1,2–1,3 karto padidės elektros energijos (ir popieriaus) gamyba*“. Mes inžinieriai suklusome – ką tai reiškia? Nubrėžę kreives pagal tuos skaičius, 0.2 pav. matome, kad kreivė nulinksta gamybos lėtėjimo kryptimi. Ne vienas kolega, tai pastebėjęs, dviprasmiškai šypteldavo. Tai buvo ne tik ekonomikos stagnacijos pradžia, tai buvo pranašingas grafikas.

Tikriausiai nedaug ką keisčiau ir įvado paskutinėje pastraipoje apie energetikos vystymosi tendencijas: „XX šimtmečio antroje pusėje mokslininkų jėgos yra nukreiptos spręsti įvairioms energetinėms ir ekologinėms problemoms, iš kurių svarbiausiomis galime laikyti tokias: 1) kaip racionaliau paversti šiluminę energiją elektros energija; 2) kaip panaudoti valdomąją termobranduolinę lengvųjų elementų sintezės reakciją elektros energijai gaminti; 3) kaip racionaliau išnaudoti atsinaujinančius elektros energijos šaltinius. Išsprendus pirmąsias dvi problemas, energetiniai Žemės išteklių būtų neriboti, bet tai nesumenkina šiluminio teršimo ekologinės grėsmės. Manoma, kad tai būtų tik tarpinė pakopa ir laikina išėitis, kol žmonija sugebės tiesiogiai panaudoti Saulės energiją savo energetiniams poreikiams tenkinti. Bet tai jau XXI šimtmečio mokslo problema ...“

Nuo vadovėlio pirmojo leidimo praėjo beveik ketvirtis amžiaus. Pridėjus 4 metus, kuriuos knyga buvo rašoma, ir dar 4 metus, skirtus leidybai, galima skaičiuoti, kad nuo vadovėlio rašymo pradžios jau praėjo daugiau kaip 30 metų. Per tą laiką keitėsi pasaulio žemėlapiai ir politinės sistemos, moksle ir technikoje įvyko didžiuliai pokyčiai, keitėsi dėstymo metodikos, atsirado naujos pedagoginės galimybės.

Visą tai įvertinus reikia tik pasidžiaugti, kad *Elektrotechnikos* vadovėlis ir dabar lieka populiarus ir paklausus, kad daugumoje įvairiausių elektrotechnikos mokymo programų ir modulių šis

vadovėlis nurodomas kaip pagrindinis literatūros šaltinis, o bibliotekose sukauptos knygos pasklidę tarp skaitytojų. Tai ir yra pats geriausias jo įvertinimas.

Ir vis dėlto svarbiausias yra šio vadovėlio skaitytojų – studentų įvertinimas. Jų teigiami atsiliepimai dar neužgęsta ir dabar.⁸

Tai, kad jis dar ir dabar paklausus, rodo, jog pasitvirtino to meto universitetinių studijų fundamentalumo nuostata. Galima drąsiai konstatuoti, kad mūsų pirmtakai mus išmokė atrinkti esminę informaciją, didžiausią dėmesį skirti fundamentalioms ir lėčiausiai senstančioms žinioms. Jie mus išmokė mokytis visą gyvenimą, domėtis ne tik siauromis profesinėmis žiniomis. Galbūt todėl ne vienas mūsų kartos specialistas, būdamas jau garbaus amžiaus, puikiai orientuojasi dabarties technikoje, daugelis iš jų puikiai naudojasi šiuolaikiais skaitmeniniais įtaisais. Jų parengti jauni inžinieriai ne tik puikiai įvaldo naujas technologijas, dirba kaip specialistai Lietuvoje ar išvykę į kitas šalis, bet pasikeitus situacijai nesunkiai specializuojasi kitose srityse. Tai ir yra, mano manymu, universitetinių studijų esmė.

Redagavo Kristina Masiokienė

⁸ Įvedus paiešką *s.masioko elektrotechnika*, Google.lt pateikia 2 730 nuorodas. Vadovėlis dauginamas internete, atsiranda net naujos „autorinės teisės“ ([Copyright © 2012 S.Masiokas, -, Elektrotechnika.rar, Failas parsisiųstas 535 kartų](#)). Vadovėlio iškarpos platinamos kaip paruoštukės. Apie vadovėlį diskutuojama įvairiuose interneto forumuose.