

**ÕPPEAINE ATE3150 ELEKTRIAHELAD I
INTERAKTIIVSE ÕPIMATERJALI LOOMINE
MOODLE KESKKONDA**

**CREATION OF INTERACTIVE MOODLE STUDY
MATERIALS FOR THE SUBJECT ATE3150 ELECTRIC
CIRCUIT THEORY I**

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Rauno Kiviberg

Üliõpilaskood: 206144

Juhendaja: Aleksander Kilk, vanemlektor

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"18" mai 2023

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetööle esitatud nõuetele

"....." 20.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."20.....

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Rauno Kiviberg

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Õppeaine ATE3150 Elektrialhelad I interaktiivse õpimaterjali loomine Moodle keskkonda,

mille juhendaja on Aleksander Kilk,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

18.05.2023

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE

Autor: Rauno Kiviberg

Lõputöö liik: Bakalaureusetöö

Töö pealkiri: Õppeaine ATE3150 Elektriahelad I interaktiivse õpimaterjali loomine Moodle keskkonda

Kuupäev:
18.05.2023

52 lk (lõputöö lehekülgede arv koos lisadega)

Ülikool: Tallinna Tehnikaülikool

Teaduskond: Inseneriteaduskond

Instituut: Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

Töö juhendaja(d): vanemlektor Aleksander Kilk

Sisu kirjeldus:

Lõputöö eesmärgiks on toetada energeetika ja mehhatroonika eriala tudengeid "Elektriahelad I" aine läbimisel ja erialaste teadmiste omandamisel. Eesmärgi saavutamiseks viidi läbi küsitlus aine läbinud tudengite seas ja teostati õppekava analüüs selle kitsaskohtade tuvastamiseks. Toetuti ka J.Hattie ja G.C.R. Yates'i raamatule "Visible Learning and the Science of How We Learn" kaasaegsete õpetamismeetodite mõistmiseks.

Lõputöö põhirõhk on elektriteooria seoste seletamisel ja lahendusmeetodite samm-sammulisel selgitusel. Lisaks teooriale keskenduti ka tudengite progressi jälgimisele läbi Moodle's lahendatavate harjutusülesannete koostamise. Kasutatud meetodite hulka kuulusid õpilasküsitlus, olemasoleva õppekava analüüs ja uute õppematerjalide väljatöötamine. Leiti inspiratsiooni eesti ja ingliskeelsetest õppevideodest.

Töö tulemusena on valminud küsitlusele põhinevad täiendavad elektriahelate õppematerjalid, mis sisaldavad teooriat, näidisharjutusi, harjutusülesandeid ja teste. Lisamaterjal aitab tudengitel paremini mõista ja rakendada loengus õpitut ning valmistab neid ette edasisteks kursusteks ja praktiliseks tööks energeetika ja mehhatroonika valdkonnas.

Märksõnad: Moodle, Täiendav õppematerjal, Digitaalsed õppevahendid, Teadmiste kontrollimine, Õpetamise strateegiad.

ABSTRACT

Author: Rauno Kiviberg

Type of the work: Bachelor Thesis

Title: Creation of Interactive Moodle Study Materials for the Subject ATE3150 Electric Circuit Theory I

Date: 18.05.2023

52 pages (the number of thesis pages including appendices)

University: Tallinn University of Technology

School: School of Engineering

Department: Department of Electrical Power Engineering and Mechatronics

Supervisor(s) of the thesis: Senior Lecturer Aleksander Kilk

Abstract:

The aim of this thesis is to improve and refine the knowledge and skills of power engineering and mechatronics students in the analysis of electrical circuits. To achieve this goal, a survey was conducted among students who had completed the course and an analysis of the curriculum was carried out to identify its weak points. The book "Visible Learning and the Science of How We Learn" by J.Hattie and G.C.R. Yates was also referenced to better understand modern teaching methods.

The main focus of the thesis is on explaining the different connections in electrical circuit theory and on a step-by-step explanation of the different solution methods. In addition to theory, focus was also placed on tracking student progress through the creation of practice tasks that could be solved in Moodle. Methods used included student surveys, analysis of the existing curriculum, and the development of new educational materials. Inspiration was also drawn from both Estonian and English language educational videos.

As a result of this work, additional educational materials on electrical circuits based on the survey have been created. The materials include theory, example exercises, practice tasks, and tests. The additional material helps students better understand and apply what they have learned in lectures, preparing them for future courses and practical work in the field of power engineering and mechatronics.

Keywords: Moodle, Additional learning material, Digital learning tools, Knowledge testing, Teaching strategies.

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõputöö teema: **Õppeaine ATE3150 Elektrialelad I interaktiivse õpimaterjali loomine Moodle keskkonda**

Lõputöö teema inglise keeles: **Creation of Interactive Moodle Study Materials for the Subject ATE3150 Electric Circuit Theory I**

Üliõpilane: **Rauno Kiviberg, 206144 EAAB**

Eriala: **Elektroenergeetika ja mehhatroonika**

Lõputöö liik: **bakalaureusetöö**

Lõputöö juhendaja: **Aleksander Kilk**

Lõputöö kaasjuhendaja:

(ettevõtte, amet ja kontakt)

Lõputöö ülesande **2022 / 2023 Kevad**

kehtivusaeg:

Choose an item.

Choose an item.

Lõputöö esitamise tähtaeg: **18.05.2023**

Üliõpilane (allkiri)

Juhendaja (allkiri)

Õppekava juht (allkiri)

Kaasjuhendaja (allkiri)

1. Teema põhjendus

Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika ja mehhatroonika erialale asub igal aastal õppima umbes 90 üliõpilast. Eriala lõpetab igal aastal vaid kolmandiku sisseastunutest. Hoolimata sellest, et inseneritöö on hästi tasustatud ja eriala lõpetajaid ootab ees kindel töökoht ei suudeta tööturu nõudlust täita. Inseneride puudus pärsib energeetika valdkonna praeguseid ja tulevasi väljakutseid kogu Eesti tehnoloogilisel arengul ja konkurentsivõimel.

Üheks üliõpilaste vähesuse ning erialaste õpingute pooleli jätmise põhjuseks võib olla õpingute keerukus. Tänapäevases digitaliseerivas maailmas on teadmiste omandamise meetodid kiires muutumises ning sellest tulenevalt peavad ka ülikoolid üliõpilaste koolitamisel paindlikud olema. Käesoleva töö raames analüüsib autor üht elektroenergeetika ja mehhatroonika eriala esimesel õppeaastal õpetatava aine Elektriahelad I õppemeetodeid ja õppetulemusi ning töötab välja lahendusi erialaste teadmiste edasiandmise lihtsustamiseks.

Elektriahelad I aine on käesoleva töö koostamiseks välja valitud koostöös juhendaja ja õppejõud Aleksander Kilk'iga. Esimesel aastal õpetatava 6 EAP mahuga õppeaine sisaldab väga palju teoreetilist ja praktilist õppematerjali, mille iga peatükk on oluline elektrist tervikliku arusaama arendamiseks. Seejuures on aines käsitletavate teemade maht eelneva erialase ettevalmistuseta esimese aasta tudengitele keeruline hoomata ning tudengite eksamitulemused Elektriahelad I õppeaines on nõrgad.

Elektriahelad I õppeaine õppematerjalide ja meetodite analüüs arendab pedagoogilisi praktikaid, võttes arvesse semestri piiratud õppeaega ning soovib toetada tulevasi elektriinsenere vajalike teoreetiliste ja praktiliste oskuste omandamisel. Üliõpilaste õppeedukuse kasv ja tugevad baasteadmised loovad eeldused tudengite erialase väljalangevuse vähendamiseks ja erialaste spetsialistide järelkasvuks energeetika ja mehhatroonika valdkonnas.

2. Töö eesmärk

Töö eesmärgiks on elektroenergeetika ja mehhatroonika tudengite õppeedukuse kasv läbi Elektriahelad I aine õppematerjalide ja -meetodite täiustamise.

3. Lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

Elektriahelad I õppeaine programmi analüüs.

Elektriahelad I aine läbinud tudengite seas läbi viidud küsitluse tulemuste analüüs.

Uute õppematerjalidega täiendavatete teemade analüüs.

Teooria ja harjutusülesannete metoodika koostamine.

4. Lähteandmed

Peamine allikas lõputöö koostamisel on Elektriahelad I ATE3150 programm, juhendmaterjalid, kodutööd ja õppeaine õppejõu juhised. Lisaks toetutakse analüüsil tudengite seas läbi viidud küsitlusele. Teooria ja harjutusülesannete koostamise metoodika ülesehitusel juhendatakse J.Hattie and G.C.R. Yates'i raamatust "Visible Learning and the Science of How We Learn".

5. Uurimismeetodid

Lisamaterjali koostamiseks analüüsitakse olemasolevaid Elektriahelad I õppematerjale, Moodle keskkonna võimalusi ja õppimisprotsessi analüüsivat kirjandust. Analüüsi ja materjali koostamise aluseks kasutatakse tudengite seas läbi viidud küsitluse tulemusi. Küsitlus ja andmete analüüsiks vajalikud graafikud on koostatud kasutades Google Forms veebivormide loomise rakendust.

6. Graafiline osa

Joonis 1.1. Tudengiküsitluse esimese küsimuse vastused

Joonis 2. Alalisvoolu sissejuhatuse näiteharjutuse ekraanitõmmis

Joonis 3. Alalisvoolu ahelate sõlmepinge meetodi seletamine

Joonis 4. Kontuurvoolude meetodi kontuuride kasutamine

Joonis 5. Siinuselise graafiku mõisted

Joonis 6. Mahtuvuse mõju pinge faasinihkele

Joonis 7. Vahelduvvoolu ahela analüüs kahe sõlme meetodil

Joonis 8. Vahelduvvoolu kontuurvoolude meetodi harjutus moodle keskkonnas

Joonis 9. Kolmeefaasilise tähtühenduse selgitus

7. Töö struktuur

Lõputöö esimeses osas analüüsitakse olemasolevat aineprogrammi, tudengite seas läbi viidud küsitluse tulemusi ning uute õppematerjalide koostamise meetodikat. Tudengitelt saadud sisendi ja pedagoogilist õppimisprotsessi käsitleva kirjanduse analüüsi tulemusel töötatakse välja aineprogrammi täiendavad õppematerjalid.

Lõputöö järgmistes osades tuuakse teemade kaupa välja näiteid iga aineprogrammi täiendava õppematerjali loomise kohta. Igas peatükis selgitatakse õppematerjali loomise eesmärki, saavutamise meetodit ja esitletakse näiteid loodud õppematerjalist.

8. Kasutatud kirjanduse allikad

[1] J. Hattie ja G. C. R. Yates, *Visible Learning and the Science of How We Learn*, Routledge, (2013), 350 pp

[2] The Organic Chemistry Tutor (2015, märts 1). *Electronic Circuits*. Kasutatud oktoober 20 2022. [Võrgumaterjal]. Saadaval: https://www.youtube.com/playlist?list=PL0o_zxa4K1BV9E-N8tSExU1djL6slnjbL

[3] TalTech - Tallinna Tehnikaülikool (2021, märts 16). *Tasuta Ettevalmistus matemaatika riigieksamiteks 2021*. Kasutatud oktoober 20 2022. [Võrgumaterjal]. Saadaval: https://www.youtube.com/watch?v=ns_y2jIbTCg

[4] L. Neuman ja P. Kalantarov, *Elektrotehnika teoreetilised alused I, II osa*, Tallinn, 1964, 1967.

[5] S.N.Makarov ja R Ludwig, S.J.Bitars, *Practical Electrical Engineering*. Springer, USA, 2016, 990 pp.

9. Lõputöö konsultandid

Konsultante ei kaasatud.

10. Töö etapid ja ajakava

1. Tutvumine õppeaine Elektrialahelad I programmi kava ja ülesannetega (11.11.2022).
2. Tutvumine Moodle keskkonna võimaluste ja liidestega (25.11.2022).
3. Lõputöö tegevuste teooriaplaani loomine (09.12.2022).
4. Alalis ja vahelduvvoolu ahelate õpetusmetoodika koostamine (28.01.2023).
5. Kolmefaasilise ahela õpetusmetoodika koostamine (17.02.2023).
6. Harjutusülesannete ja testide metoodika koostamine (24.03.2023).
7. Teooriavideode ja harjutusülesannete koostamine (22.04.2023).
8. Lõputöö teksti esimese versiooni koostamine ja esitamine juhendajale (29.04.2023).
9. Lõputöö eelkaitsmine (05.05.2023).
10. Lõputöö kaitsmistatuse esitamine (09.05.2023).
11. Eelkaitsmise põhjal lõputöös täienduste ja paranduste tegemine (15.05.2023).
12. Lõplikult vormistatud lõputöö esitamine (18.05.2023).
13. Kaitsmiseks esitluse faili esitamine (02.06.2023).

SISUKORD

LÕPUTÖÖ LÜHIKOKKUVÕTE	4
ABSTRACT	5
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE	6
SISSEJUHATUS	9
1. ELEKTRIAHELAD I AINEPROGRAMMI- JA ÕPETAMISMEETODITE ANALÜÜS	10
1.1 Õppeaine Elektriahelad I programmi analüüs	10
1.2 Õppeaine Elektriahelad I küsitluse analüüs	12
1.3 Rakendatavad õpetusviisid	14
1.4 Harjutuste ja testide koostamise meetodika	15
1.4.1 Varasemad teadmised	16
1.4.2 Eesmärkide seadmine	16
1.4.3 Õpetamismeetodite valik	17
1.4.4 Videomaterjali arendamine	18
1.4.5 Harjutuste koostamine	18
1.4.6 Moodle valikud	19
1.5 Analüüsi põhjal valitud teemad	19
1.6 Lisamaterjali loomise protsess	20
2. ELEKTRIAHELAD I ALALISVOOLU LISA ÕPPEMATERJALI NÄITED	22
2.1 Alalisvoolu sissejuhatus	22
2.2 Kirchhoffi esimene seadus ja sõlmepinge meetod	23
2.3 Kirchhoffi teine seadus ja kontuurvoolude meetod	25
3. ELEKTRIAHELAD I VAHELDUVVOOLU LISA ÕPPEMATERJALI KOOSTAMINE	26
3.1 Vahelduvvoolu sissejuhatus	26
3.2 Vahelduvvoolu mahtuvus ja induktiivsus	27
3.3 Vahelduvvoolu sõlmepingemeetod	28
3.4 Vahelduvvoolu kontuurvoolu meetod	29
4. ELEKTRIAHELAD I KOLMEFAASILISE VAHELDUVVOOLU LISA ÕPPEMATERJALI KOOSTAMINE	31
4.1 Kolmefaasilise vahelduvvoolu täht ja kolmnurkühendus	31
4.2 Vahelduvvoolu sümmeetriline tähtühendus	32
KOKKUVÕTE	33
SUMMARY	35
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	37
LISAD	38

SISSEJUHATUS

Elektroenergeetikas on alalisvoolu ja vahelduvvoolu ahelate mõistmine insenerihariduse oluliseks osaks ning vajalik teadmiste edasiarendamiseks. Paljud tudengid on enne Elektriahelad I õppeainet elektri teooriaga kokku puutunud vaid Elektrotehnika ja elektroonika alused õppeaines ning seetõttu puuduvad neil eeldused keeruliste elialaste toimemehhanismide mõistmiseks. Lühikese ajaga tuleb omandada väga palju infot ja mahajäämine õppeprogrammist mõjutab eksamitulemusi ja edasist õpiedukust. Käesoleva lõputöö eesmärk on teadlikult arendada õppematerjale ning harjutusi, mis aitaksid tudengitel elektriahelaid ja seonduvaid teemasid paremini mõista ning omandada.

Lõputöö esimeses osas tegeletakse küsitluse, aineprogrammi ja õpetamismeetodite analüüsimise ja arendamisega. J. Hattie ja G. C. R. Yates'i (2013) raamatu "Visible Learning and the Science of How We Learn" abil süvenetakse õpetusmeetoditesse ja analüüsitakse Moodle võimalusi õppematerjalide interaktiivseks tegemisel.

Teises osas tuuakse välja analüüsi põhjal koostatud materjalide fookused peatükkide kaupa. Õppeprogramm on üles ehitatud eelnevatele sammudele ja see tähendab, et iga uus teema püüab tudengile midagi uut selgeks teha. Seetõttu peavad ka õppematerjalid just uue info selgitamisele keskenduma. Fookuse seadmise ja meetodite rakendamise valikuid põhjendatakse valminud töö visuaalsete näidete põhjal, mis on töö selgitamise lihtsustamiseks esitatud Lisa 1 all.

Peale meetodite valimist kasutati harjutuste visualiseerimiseks ahelasimulaator programmi Falstad, mille abil koostati näite-, harjutuste- ja testide ahelad. Seejärel lisati algandmed ja graafilised lisad Photopea disainiprogrammis. Näitevideode tegemisel sai aluseks Microsoft Whiteboard, kus teooriat jooniste ja rääkimisega seletati. Video lõplik töötlus tehti Adobe Premier Pro programmis.

1. ELEKTRIAHELAD I AINEPROGRAMMI- JA ÕPETAMISMEETODITE ANALÜÜS

Esimene osa käsitleb olemasoleva aine programmi ja analüüsib hetkel Elektriahelad I kasutusel olevaid õppematerjale. Analüüs põhineb kohati autori enda kogemustel, kuid tema seisukohtade võrdlemiseks viidi läbi ka aine läbinud tudengite seas küsitlus, et saada otsest tagasisidet nende kogemuste ning potentsiaalsete paranduste osas. Tuleb märkida, et õppematerjalide koostamise meetodika nõudis süvenenud analüüsi, et tagada tudengite soovide ja akadeemiliste eesmärkide kooskõla. Esimese osa lõppu on paigutatud ülevaade eesmärgi täitmiseks kasutatud tarkvaradest ning õppematerjalide koostamise protsessist.

1.1 Õppeaine Elektriahelad I programmi analüüs

Elektriahelad I aine ametlik programm koosneb 11 peatükist, mille teooria õpetamiseks on aega 32 akadeemilist tundi. Peatükkide nimekiri ja nendele kuluv aeg on välja toodud Lisas 1. Lisaks loengutele toimub ka samas mahus harjutus ja laboratoorse töö tunde. Kuna ainekava koosneb eelnevalt kahe - Elektrotehnika I ja II - kokkuvõetud teemadest, on iga õppenädal väga sisutihe. Aine hinde määrab eksami sooritus, millele pääsemiseks on vaja esitada 7 laboratoorset tööd, 3 kodutööd ja edukalt sooritada kaks kontrolltööd.

Iga peatüki eraldi analüüsimine võtaks liiga suure osa lõputöö sisust, mistõttu on keskendutud programmi üldisele analüüsile nii positiivsete kui ka negatiivsete näidete abil. Järgnev analüüs selles põhiosa alatükis põhineb autori enda kogemustel.

Õppeprogrammi sisu on väga hea ja teemakohane. Peatükkide nimekirja vaadates ei ole seal tegelikult mitte midagi ülearust. Kõik teemad on elektriinsenerile tähtsad ja nende peale on üles ehitatud ka järgnevad semestrid elektroenergeetika ja mehhatroonika erialal. Järelikult on väga tähtis, et tudeng antud aine raames kõigi peatükkidega kokku puutuks.

Programmi struktuur on loogiliselt ja arenevalt üles ehitatud. Alustatud on alalisvoolust, mida on objektiivselt kõige lihtsam mõista ja milles õpitut saab otseselt vahelduvvoolus rakendada. Iga peatükk alustab sissejuhatuse ja mõistetega, ning liigub sujuvalt edasi valemite rakendamisest erinevate arvutusmeetodite kasutamiseni.

Õppeaine eesmärgid on samuti välja toodud lisa 1 all ja nende põhjal võib öelda, et aine programm on tõepoolest antud eesmärkide saavutamiseks kokku pandud. Eesmärgid on selgelt välja toodud ning oma ootustelt mõistlikud.

Õpetamiseks kasutatakse teorialoenguid, harjutustunde ja laboratoorset tööd. Väga suur rõhk on ka kolmel kodutööl ja kahel testil. Kodutööd käsitlevad alalisvooluahelate, vahelduvvooluahelate ja kolmefaasiliste vahelduvvooluahelate arvutamist. Teorialoengud on teorias head, aga nende tiheda sisu tõttu ei õpi tudeng sealt kuigi palju. Peamine õppimine toimub harjutustundides, aga neis oleks vaja keskenduda rohkematele harjutustele, mis kodutöödega aitavad. See aga tähendab rohkemate harjutustundide läbiviimist, mis koormab tudengeid veelgi. Laboratoorsed- ja kodutööd on head, aga programmi tempo ja vähese mõistmise tõttu tudengile tähtajaks esitamisel üle jõu käivad. Testide tulemused väljendavad samuti programmi tempos mitte püsivust.

Teoriamaterjal on Moodle keskkonnas kättesaadav ja ka iganädalased loengud salvestatakse ja tehakse Moodle keskkonnas kättesaadavaks semestri lõpuni. Kogemustega inseneri jaoks on teoriamaterjal täiesti piisav ja ta oskab sealt leida asjakohase informatsiooni. Elektrialahelaid õppivale tudengile ei ole loengutest ega teoriamaterjalist kahjuks väga palju kasu, kuna tempo on kiire ja nad vajavad pigem aeglast ja detailset seletust. Ka näidisharjutused on Moodles olemas, kuid nad on ainult skeemi ja arvutus põhised ilma lisa kommentaarideta, mida on võimalik kuulda vaid harjutustunnis osaledes. Harjutustundide miinuseks on ka sealne kiire tempo, kuna ahelate arvutused on pikad ja antud aja sisse on vaja võimalikult palju näiteid mahutada. Tähelepanu hajumisel on raske seda tagasi saada ja harjutustund muutub tahvlilt maha kirjutamiseks.

Tudengi teadmiste hindamine testide ja eksami põhjal on eesmärkidega kooskõlas ja ka ainukene viis omandatud teadmiste kontrolliks. Moodle teste ja kodutöid ei saa omandatud teadmiste kontrolliks kasutada kuna neid tehakse gruppides. Grupitöö on tegelikult ka soovitatav, kuna toimub õppimine.

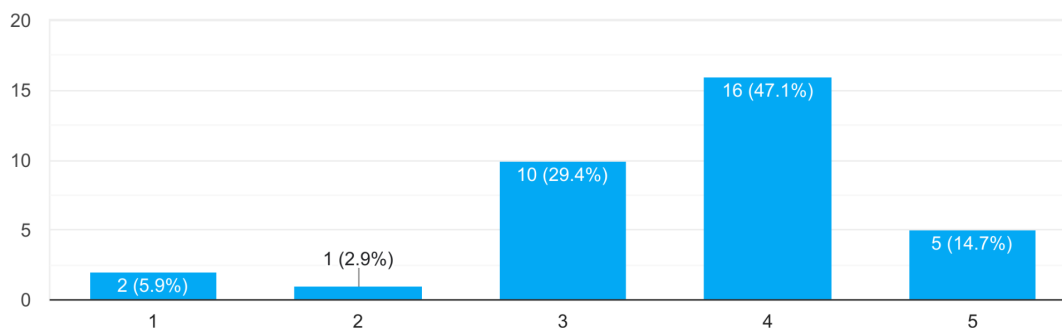
1.2 Õppeaine Elektriahelad I küsitluse analüüs

Selleks, et antud lõputöö analüüs ei põhineks ainult autori enda arvamusel, viidi läbi lühike küsitlus Elektroenergeetika ja mehhatroonika bakalaureuseõppe esimese, teise ja kolmanda aasta tudengite seas. Küsitlus koostati Google Vormid vahendusel ja jagati vastamiseks 2020, 2021. ja 2022. aasta kursuste võrgu grupivestlustes. Gruppidele küsimustiku jagamine toimus ka erinevatel aegadel, et võimalusel leida ka erinevusi erineval tasemel tudengite vahel. Bakalaureuseõppe tudengid on enamuses 19 kuni 21 aastased mehed, kellel puudub enne ülikooli astumist kokkupuude elektriahelatega. Lõputöö valmimise tähtajaks 18.05.2023 oli küsitlusele vastanud 33 tudengit. Küsitluse küsimused ja vastused on välja toodud lisa 2 all.

Esimene küsimus puudutas Elektriahelad I aine raskust skaalal ühest viieni vastaja jaoks. Üks tähistas kergesti arusaamist ja 5 raskesti arusaamist. Vastuste koondkokkuvõtte põhjal hindasid 64,7% aine läbinutest protsessi raskeks. Vaid 3 inimest, ehk 7,1% vastanutest hindasid Elektriahelad I õppimise väga kergeks ja arusaadavaks. Individuaalsete vastuste põhjal kinnitada, et kolmanda kursuse tudengite jaoks ahelate teemalist arengut bakalaureuse vältel. Esimesena vastasid 2020. aasta tudengid (kolmas bakalaureuseaasta), kes andsid esimese vastuse väärtuseks 75% ulatuses 3, mis on kõrgem tulemus, kui eelneva kahe aasta tudengitel. Sellest võib järeldada, et elektriahelate mõistmine on tänu järgmiste ainete raames õpitule lihtsustunud, kuid ka hilisemate, raskemate aineteaga võrreldes oli Elektriahelate aine läbimine keeruline.

Kui raske oli sinu jaoks Elektriahelad I aine teemade omandamine

34 responses



Joonis 1.1. Tudengiküsitluse esimese küsimuse vastused

Teises küsimuses uuris autor täiendavate õppemeetodite kohta: millised lisameetmed võiksid tudengite arvates aine õppeedukust tõsta? Vastuste koondkokkuvõttes on selgeks favoriidiks täiendavad harjutustunnid, st tudengid tunnevad end kõige nõrgemalt harjutuste lahendamises. Harjutustundide populaarsus tuleb kindlasti sellest, et just seal toimub põhiline õppimine ja sealt saadakse materjalid, mille põhjal kodus harjutatakse. Teisel kohal on ahelate simulatsioonid. See tähendab, et tudengid tahavad päriselt näha, kuidas ahelad erinevate parameetrite korral käituvad ja missugused graafikud tekivad. Võrdselt populaarsed olid ka Moodle põhised lisaharjutused ja näidisharjutuste seletamine videomaterjalina. Ära tuleks ka märkida, et iganädalaste Moodle testide lisamine programmi ei olnud populaarne valik ja täiendavaid ettepanekuid, mille peale autor ei tulnud, välja ei pakutud.

Kolmas küsimus uuris programmi peatükke, mille puhul tudengid tundsid, et nad vajavad täiendavaid selgitusi. Kõige rohkem hääli (63,6%) sai kolmeefaasiline mittesümmeetriline ahel. See on ka küllaltki oodatud tulemus, kuna selles punktis lähevad teemad jälle sammu võrra raskemaks. Ühiselt tekitavad muret teoreemid, resonants ja vastastikune induktiivsus. Resonantsini jõudes peab kõik eelnev selge olema, et tudeng oskaks teemasse üldse siseneda. Vastastikune induktiivsus toob sisse veelgi keerulisemad arvutused. Positiivselt võib hinnata kolme peateema sissejuhatusi ja kontuurvoolu meetodi kasutamist. Küsitluse põhjal on just need kõige paremini selgeks saadud, kuigi 15% tudengitest tunnevad, et mõistete selgitamisele ei ole piisavalt rõhku pandud. Kursusi võrreldes võib välja tuua, et kolmanda aasta tudengitele sissejuhatused ega arvutusmeetodid enam pinget ei pakkunud. Pigem sooviti lisamaterjali aine viimaste teemade nagu resonants, vastastikune induktiivsus, mittesümmeetriline kolmeefaasiline ahel ja siirdeprotsessid kohta. Peab ka välja tooma, et päris lõpu teemasid nagu ferrosresonants, fourier teisendus ja homogeenised liinid küsitlusesse ei lisatud, kuna nendeni jõutakse õppetöö käigus harva.

Neljanda küsimusega uuriti harjutusülesannete parandamise viise. Üllatuslikult ei olnud automaatselt genereerivad harjutused kuigi populaarsed. Selle asemel nähti harjutuste väärtust kodutöödeks ettevalmistamisel ja seda progressiivselt kergematest skeemidest raskemate skeemideni arenedes. Antud küsimusega prooviti ka harjutustele lähenemise viise võrrelda, kuid nii etapiviisiline lahendamine kui ka ahela otsast lõpuni lahendamine said palju punkte. Sellest võib järeldada, et harjutuse ülesehitus ei olegi nii oluline kui see, et olemas oleksid detailsed näidisharjutused ja võimalus enne teste ja eksamit tagasisidega harjutusi läbi teha. Lisa detailina saab välja tuua huvi Falstadi kasutamise vastu õppeprotsessis.

Viies küsimuse eesmärgiks oli välja selgitada tudengite arvamuse peatükkide põhiste Moodle testide loomise kohta. Eelnevalt juba mainiti, et Moodle testide tegemine ei ole põlevalt populaarne, kuid tudengid töid välja testide sooritamise positiivseks küljeks eksamipunktide kogumise. Autorit huvitas ka ajaliselt piiratud testide populaarsus ja siinkohal tuli selge negatiivne vastus. Üks tudeng tõi välja ka Moodle testide õigete vastuste näitamise, mida pooldab ka lõputöö autor.

Viimane, kuues küsimus uuris tudengite arvamust näidisharjutuste lahendamist toetavate videomaterjalide loomise kohta loodava õppematerjalina. Tudengite poolt soovitud õppemeetodina hinnati kõrgelt samm-sammult ülesannete lahendamist seletavate videode loomist, mis sisaldaksid ka skeemide, valemite ja graafikute kasutamist. Video pikkust ei peetud kuigi oluliseks. Pigem on tähtis, et seletav video ei oleks liiga akadeemiline, videod oleksid eesti keeles ja sisaldaksid kasulikke praktilisi näiteid reaalsest inseneri tööst.

1.3 Rakendatavad õpetusviisid

Lõputöö eesmärgiks on aidata tudengitel paremini mõista ja omandada elektriahelate teooriat ja harjutuste lahendamist. Seetõttu oli oluline leida sobiv õpetamismeetod, mis toetaks tudengeid ja aitaks neil saavutada paremaid tulemusi. Õpetamismeetodi valimise protsessi käigus analüüsiti Hattie ja Yates'i raamatut "Visible Learning and the Science of How We Learn", mis pakub praktilisi näpunäiteid ja soovitusi õpetamismeetodite valimiseks. Nende hulgas on näiteks:

1. Õpilaste eelteadmiste arvestamine
2. Selgete eesmärkide seadmine
3. Selgituste ja näidete kasutamine
4. Lahenduskäigu visualiseerimine
5. Õpistrateegiate ja -stiilide mitmekesistamine

Raamatu ja küsitluse analüüsi põhjal otsustati teooria ja näidisülesannete õpetamiseks õpetusvideode meetodit kasutada. Selline valik tugines Hattie ja Yates'i soovitusele, mis rõhutab õpetaja selgituste ja praktiliste harjutuste olulisust uute teadmiste omandamisel. Video vahendusel saab õpetaja teooriat visuaalselt ja samas lihtsa sõnastuse abil edasi anda. Selline lähenemine aitab tudengitel mõista keerulisi kontseptsioone ja nende omavahelisi seoseid. Lisaks teooriale demonstreerib õpetaja videotest harjutusülesannete igat sammu ja seletab loogikat, mis võimaldab tudengitel igal hetkel arusaamatuks jäänud kohta uuesti vaadata. Videomaterjalide loomise

eeliseks on nende paindlikkus ja kättesaadavus. Need kaks tegurit võimaldavad tudengitel omas tempos progresseeruda [1].

Lisaks videomaterjalidele otsustati kasutada Moodle keskkonnas lahendatavaid harjutusülesandeid. Harjutusülesannete mahu suurendamine oli vaieldamatult käsitletute peamine soov. Moodle keskkond on selleks ideaalne, sest ta on juba tuttav ja mugav keskkond, ning võimaldab anda tudengile kohest tagasisidet. Lisaks saab aine õpetaja jälgida tudengite progressi ja korduvaid vigu, millele harjutustundides tähelepanu juhtida. Moodle'i harjutusülesanded tuleb koostada nii, et need toetavad videomaterjalides käsitletud teemasid ja võimaldavad tudengitel saadud teadmisi järk-järgult erinevate ahelate lahendamises arendada.

Lisaks raamatus "Visible Learning and the Science of How We Learn" toodud põhimõtetele sai käesoleva lõputöö autor inspiratsiooni ka YouTube'i kanalist nimega "The Organic Chemistry Tutor" [2]. See kanal pakub õpetlikke videosid füüsika, keemia ja matemaatika teemadel, mis on sarnaselt käesoleva tööga suunatud keeruliste teaduslike teemade mõistmise lihtsustamisele. "The Organic Chemistry Tutor" kasutab selget ja arusaadavat stiili, teooria seletamist lihtsate sõnade, praktilisi näiteid ja samm-sammult harjutuste läbiviimist. Videode stiili valikule andis hoogu ka TalTechi enda 2021. aasta kevadine matemaatika riigieksami kursus [3], kus kasutati samuti tahvlile valemite joonistamist ja samal ajal suulist seletust.

1.4 Harjutuste ja testide koostamise meetodika

Tehtud piisavalt eeltööd, et hakata lisamaterjali meetodikat koostama. Arvesse tuleb võtta aine programmi analüüsi, küsitluse analüüsi ja "Visible Learning and the Science of How We Learn" raamatus välja toodud õpetamise elemente. Järgnevalt tuuakse välja harjutuste, testide ja teooriavideode keskenduspunktid, mida peab materjali koostamisel arvesse võtma.

1.4.1 Varasemad teadmised

Nagu sissejuhatuses on välja toodud, siis Hattie ja Yates soovivad õpetamisel arvesse võtta tudengi varasemaid kogemusi ja teadmisi. Kuna tudengid on enamasti 20-aastased, siis neil võib varasem isiklik kokkupuude elektrialahelatega täiesti

puududa. Elektroenergeetika ja mehhatroonika eriala esimesel semestril on Elektrotehnika ja elektroonika alused aine, mille käigus alalisvooluga ja vahelduvvooluga ning nende iseärasustega tutvutakse. Küsitluse tulemustes väljendus esimese aasta tudengite selge soov kordamismaterjali järele. Seetõttu on antud lõputöö raames eelnevalt läbitud aine materjali otsustatud korrata, kuna ilma väga tugevate baasteadmisteta on elektriahelates oluliselt raskem järgmisi teemasid omandada. Peale kordamise on sissejuhatus ka hea koht lisainfo andmiseks. Küsitluses oli populaarne teemade sidumine eluliste näidetega, mida saab antud kohas väga edukalt sisse tuua [1].

Näiteks saab alalisvoolu sissejuhatuses tuua näiteks liitium - ioon akude kasutamisest mobiiltelefonides. Kuigi inimesed ei mõtle selle peale on akud alalisvoolu allikad ja ka mobiiltelefoni komponendid töötavad alalisvoolu peal. Seetõttu võib elektriinseneri üks ülesannetest olla mobiiltelefonide toite- ja signaali ahelate disainimine, mille jaoks on vaja tunda pinget, voolu ja takistuse omapärasid alalisvooluahelas.

Varasemate teadmiste arvesse võtmisel peab valima kas elektrit tundva tudengi - (näiteks on varem kokku puutunud robotikaga) või vähese erialase kokkupuutega tudengi (ei ole isegi auto akut vahetanud). Autor otsustas õppematerjal üles ehitada elektrile võõra tudengi jaoks, sest antud lõputöö eesmärkide täitmiseks on vaja tõsta üldiste teadmiste taset kogu kursusel.

1.4.2 Eesmärkide seadmine

Eesmärk on varasema kogemusega seotud, sest näiteid teema rakendusest peab tudeng ka mõistma. Materjalid tuleb koostada nii, et iga teema alguses räägitakse läbi, mida järgnevalt õppima hakatakse. Näiteks sissejuhatus alalisvooluahelatesse peaks algama järgmiselt: "Selles videos tutvustame Takistuse R, Pinget U ja Voolu I olemust. Seome nad Ohmi seaduse abil kokku ja leiame paari lihtsa ahela voolu ja võimsuse." Eesmärgi alla käib ka reaalsete olukordade selgitamine. See tähendab, et tudengile antakse kohe peatüki alguses põhjus, miks neid teadmisi vaja on ja kuidas neid päriselus rakendatakse [1].

Hea on välja tuua ka erinevused harjutuste lihtsustustel ja päriselul. Näiteks on kõik takistused harjutustes konstantsed. Päriselus sõltub elektrijuhi takistus ka tema temperatuurist. Eritakistused on tabelis antud 20°C juures. Aga mis juhtub siis kui ahelas on vool sees olnud ning seetõttu on antud hetkel elektrijuhi temperatuur hoopis 40 kraadi. Kuidas päriselu inseneri tööd mõjutab?

Teema lõpus tuleb alguses püstitatud eesmärgid uuesti üle vaadata ja veenduda, et kõigest sai räägitud.

1.4.3 Õpetamismeetodite valik

Antud lõputöös on otsustatud lisamaterjali näol keskenduda lisaharjutustele. Seda seetõttu, et küsitluse põhjal sai just harjutuste arendamine kõige rohkem punkte ja ka sellepärast, et nagu programmi analüüsis on välja toodud, siis aine eesmärk on erinevate elektriahelate analüüs, mida saab harjutada ainult neid läbi tehes. Videomaterjal sobib hästi näidisharjutuste seletamiseks, sest seal saab harjutusülesande ka teooria ja eluliste näidetega siduda. Video ja heli valik justkui simuleerib harjutustunnis olemist ja mängib hästi mitmekülgse ja interaktiivse õppemeetodi rakendamisse. Videod võimaldavad õpilastel õppida oma tempos, video peatada, et üle vaadata keerulisi samme. Samuti on videoid ideaalsed illustreerivate näidete ja demonstratsioonide jaoks, mis aitavad keerulisi kontseptsioone selgitada [1].

Lisaks näidisharjutustele soovisid tudengid ka harjutamisülesandeid millele on võimalik kohest tagasisidet saada. Nende nõuete täitmiseks sobivad ideaalselt Moodle harjutused, mis lisaks eelnevalt mainitule pakuvad ka aine õpetajale viisi tudengite progressi jälgimiseks. Moodle võimaldab harjutustega siduda ka küsitluses välja tulnud simulatsioonide osa ja seeläbi arendada tudengites erinevate signaalide jälgimist ja analüüsi.

Harjutusülesannetele on väga sarnased testid. Tegelikult ongi testid harjutustega täpselt samamoodi üles ehitatud. Ainuke vahe on see, et algandmetes ei ole lahenduskäiku ette antud ja neid saab teha ainult ühe korra. Ka testide juurde kuulub kohene tagasiside.

Alternatiividena kaaluti ka mitmeid teisi lähenemisviise. Näiteks võib kasutada lisa loenguid ja seminare, kuid need ei paku sama paindlikkust ja isikupärastamist, ning vajavad aine tunniplaani muutusi. Samuti võib kaaluda õppematerjalide pakkumist trükitud õpikute või töölehtede kujul, kuid need ei pruugi pakkuda sama interaktiivsust ja mugavust ning erialane kirjandus ei saanud küsitluses poolehoidu.

Teiste lähenemisviiside hulka kuuluvad ka grupitöö, projektipõhine õpe, rollimängud, juhtumiuuringud, virtuaalreaalsuse (VR) kasutamine ja veebipõhised diskussioonifoorumid. Need võivad olla kasulikud õpilaste kaasamiseks ja teadmiste süvendamiseks, kuid hinnates nende sobivust antud kursusesse ja praktilist teostatavust ei osutunud nad perspektiivikateks valikuteks.

1.4.4 Videomaterjali arendamine

Videomaterjali koostamisel peab keskenduma väga aeglasele ja lihtsale seletusele. Elektriinseneril on väga rikkalik erialane sõnavara, mis teeb algselt õppimise keerulisemaks kui ta tegelikult on. Seetõttu tuleb alustada lihtsamate väljenditega ning tuua sisse erialast terminoloogiat järk-järgult. Videod peavad arvestama varasemaid teadmisi ja peatüki eesmärke. Palju aega peab panustama näiteharjutuse sammude ja mõistete järjekorrale, sest kõige parem on selline lahendus, kus iga uus mõiste on ehitatud eelmise peale. Lisaks võetakse iga uus valem, mida kasutada saab koheselt uurimise alla ja tehakse nende kasutamisest mitu näidet. Teemade järjekord peab olema valitud nii, et teoreetilisele informatsioonile järgneks praktiline harjutus, kus teooriat saab rakendada [1].

Disaini poolest tuleks joonistamise taust teha musta värvi. Selline valik sellepärast, et paljud inimesed kasutavad internetis tumedat reziimi ja ühtlane must taust näeb hea välja igal resolutsioonil. Skeemide ja valemite joonistamiseks sobib valge joon ning elementide väärtuste ja arvutuste tegemiseks kollane joon. Värvide valiku aluseks on The Organic Chemistry Tutor'i [2] õppevideod. Lisaks tuleks eraldi välja tuua voolud - sinise värviga. Seda sellepärast, et enamasti on just vool see, mida otsitakse ja ka voolu suund on väga tähtis.

1.4.5 Harjutuste koostamine

Tudengi küsitluse põhjal on eelistatud progresseeruva raskustasemega harjutused, mis täidaksid lünga näidisharjutuste ja kodutööde vahel. Harjutused algavad etteantud skeemi ja algandmetega ning vastuseks küsitakse vahearvutusi ja lõppvastuseid. Kuna antud töö eesmärgiks on õppemetoodika ja selle põhjal õppematerjali koostamine, siis harjutuste kogusele ei saa väga suurt rõhku panna. Seetõttu on autor iga teema kohta piisavaks koguseks hinnanud 5 erinevat harjutust.

Disaini poolest peavad Moodle keskkonna harjutused sarnanema näidisharjutustele. See tähendab musta tausta, valge värviga skeeme ja kollasega tähistatud andmeid. Skeemid esitatakse pildina ja võimalikult palju algandmeid on lisatud skeemi elementidele. See otsus on tehtud sellepärast, et tudeng süveneks rohkem visuaalsele skeemile ja tema elementide paigutusele. Skeemi lugemine ja ka koostamine on elektriinseneri jaoks kriitiliselt tähtis oskus. Lisaks algandmetele on autor otsustanud ka harjutuses kasutatavad valemid ette anda. Seda seetõttu, et tudengil oleks harjutusse süvenemiseks kõik vajalik olemas ning tekitada tunne, et skeemide

analüüsimine ei ole üldse raske. Lisaks tekib tudengile kindel koht, kust ta saab meetodi kasutamist kiirelt meelde tuletada.

1.4.6 Moodle valikud

Lõputöö käigus koostatud lisamaterjalid on mõeldud Moodle vahendusel kättesaadavateks ja seetõttu tuleb ka moodle võimalusi ja valikuid hinnata. Videomaterjalide lisamise iga teema juurde saab korraldada läbi URL töövahendi mis viitab vastavale *Youtube*´i videole.

Harjutusülesannete lisamiseks saab kasutada testi töövahendit, mis pakub mitut erinevat sorti vastustega malle. Antud lõputöö eesmärke täitvate harjutuste loomiseks sobivate mallide valikus on 3 võimalust: lihtsate arvuliste vastustega küsimused, lühikesed teksti küsimused või lünktekstiga küsimused. Lünktekst on hea, sest seal saab väga lihtsalt ja arusaadavalt küsida vastuseid kindlates ühikutes. Miinuseks on lünkteksti puhul tagasiside andmine, mis on väga piiratud. Seetõttu tuleb valida arvuliste vastustega ja lühiteksti vastustega küsimused. Mõlemal juhul saab iga vastuse eraldi lahtrisse kirjutada ja vastustele ka eraldi tagasisidet anda.

1.5 Analüüsi põhjal valitud teemad

Eelneva analüüsi põhjal on lisamaterjalide koostamiseks välja valitud järgnevad teemad [4, 5, 6]:

- Alalisvoolu sissejuhatus - Ohmi seaduse ja ahelate teisendamiste kordamine, et järgmisteks teemadeks valmis olla.
- Alalisvoolul Kirchhoffi I seadus ja sõlmepingemeetod - tähtis meetod, mida on vaja esimeses kodutöös ja ka vahelduvvoolu puhul osata.
- Alalisvoolul Kirchhoffi II seadus ja kontuurvoolude meetod - tähtis meetod, mida on vaja esimeses kodutöös ja ka vahelduvvoolu puhul osata.
- Vahelduvvoolu sissejuhatus - eesmärk on siinuselise signaali mõisted ja suurused selgeks teha, sest efektiivväärtuse ja keskväärtuse vahest peab aru saama.
- Vahelduvvoolu mahtuvus ja induktiivsus - Mahtuvuse ja induktiivsuse iseloom tuleb kindlasti põhjalikult selgeks teha, sest nendega ei tohi eksida. Kõik vahelduvvoolu teemad katavad ka vektordiagrammide kasutamist.
- Vahelduvvoolu sõlmepingemeetod - valiti kuna teema esineb nii kodutöös kui ka eksamil.

- Vahelduvvoolu kontuurvoolu meetod - valiti kuna teema esineb nii kodutöös kui ka eksamil.
- Kolmefaasilise ahela täht ja kolmnurkühendus - kolmefaasiline ahel on väga tähtis ja mida paremini tudeng aru saab kus ja miks neid ühendusi kasutatakse seda lihtsam on tal tulevikus.
- Kolmefaasilise ahela sümmeetriline tähtühendus - Teema on kodutöös esindatud ja õppejõu soovitusel lisatud.

1.6 Lisamaterjali loomise protsess

Enne materjalide koostamist on vaja ka kogu protsessi iseärasused läbi mõelda ja üksteisega sobitada, et lõpptulemus vastaks lõputöö alguses püstitatud eesmärkidele. Järgnevalt on kirjeldatud kasutatud programmide eripära ja valikuid, mis protsessi käigus teha tuleb.

Esimese sammuna koostatakse eelnevale analüüsile tuginedes olemasoleva õppematerjali põhjal ja nende koostamiseks kasutatud alusraamatute [4, 5, 6] abil näiteharjutuste kava. Seejärel hakatakse looma näiteharjutusi selgitavat teksti ja märkusi, mis kogutakse *Google Documents* faili. Koostatud tekste täiendatakse vastavalt analüüsi tulemustele kuni ollakse valmis videode salvestamiseks. Videod salvestatakse *Microsoft Whiteboard* abil, mis täidab kõik videomaterjalile seatud tingimused. *Xbox Game Bar* funktsiooniga salvestatakse arvuti ekraanil toimuv ja samal ajal mikrofoni räägitud selgitus. Video töödeldakse *Adobe Premier Pro* programmis, kus lõigatakse parimad võtted kokku ja lisatakse graafilised elemendid. Seejärel laetakse video *Youtube'i* üles ja avalikustatakse. *Youtube'i* link lisatakse *Moodle'sse* vastava nädala materjalide hulka.

Harjutuste puhul kasutatakse alusena harjutustunni näiteid, millest tehakse Falstadi abiga kergemad ja raskemad variandid. Falstadis koostatud ahelate graafikat kasutatakse harjutusskeemides. Lisaks ahelale lisatakse *Photopea* disainiprogrammis vajalikud algandmed ja muu graafika nagu näiteks kontuuride suunad ja valemid. Falstadi kasutatakse ka käsitsi tehtud arvutuste kontrollimiseks. Kui harjutuse pilt koos algandmete ja vastustega on valmis, lisatakse ta *Moodle'sse* vastava teema harjutuste ploki alla ja kirjutatakse erinevate vigade või õnnestumiste puhul tagasiside variandid.

Testide koostamise protsess on harjutustega täpselt sama kuni *Moodle'sse* lisamiseni. Testide ainuke erinevus seisneb nende ühekordses lahendamisvõimaluses.

2. ELEKTRIAHELAD I ALALISVOOLU LISA

ÕPPEMATERJALI NÄITED

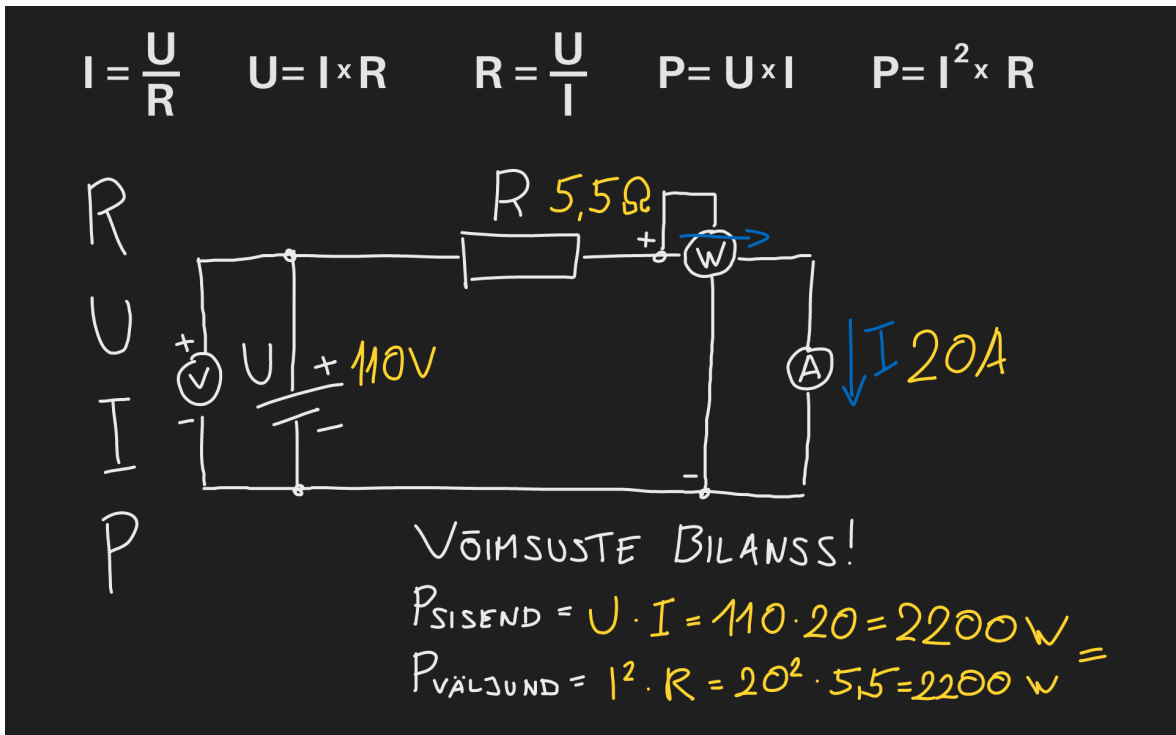
Alalisvoolust alustamine on hea valik elektriahelate õpetuse alustamiseks, sest alalisvool on vahelduvvoolust palju lihtsam, kuid harjutuste lahendamise põhimõtted kanduvad suuresti üle vahelduvvoolule. Peatükk käsitleb kolme õppevideo teemasid ja sisaldavad nii harjutuste kui ka testide näiteid. Järgnevad iga teema kokkuvõtted ning videode tähtsamad hetked mis on illustreeritud joonistega. Nõnda on välja toodud analüüsil koostatud metoodikate rakendamine.

2.1 Alalisvoolu sissejuhatus

Alalisvoolu sissejuhatus on esimene teema millele otsustati lisamaterjali teha. Õppevideo sisaldab takistuse, pinge ja voolu olemust ning näitab nende erinevaid seoseid Ohmi valemis. Ohmi valemi abil leitakse lihtsa ahela vool, pinge ja takistus ning tuuakse kohe sisse ka võimsus ja võimsuste bilanss. Lisaks Ohmi seadusele on tegelikult antud teema tausta fookus mõõteriistadel. Kuidas voltmeetrit, ampermeetrit ja vattmeetrit ahelasse paigaldada, et õige väärtus kätte saada. Selle lähenemise läbi selgitatakse üle ka pinge mõõtmise rööbiti olemus ja voolu mõõtmise jadamisi olemus. Mõõteriistade seletus toob vaikselt teemasse ka Falstadi kasutamise, mis aitab ahelate analüüsiga lihtsamini sõbruneda [4, 5, 6].

Joonis 1 on visuaalne näide lõputöö analüüsi põhjal koostatud näiteharjutust sisaldavast teooria videost. Seletuste jälgimiseks on ekraani ülaosas välja toodud kõik antud harjutuses kasutatud valemid, et tudengil oleks kerge kaasa mõelda. Joonisel on näha alalisvoolu ahela skeemi koos tema elementidega valges värvis. Kõik arvulised väärtused on välja toodud kollase värviga, et arvutuseks vajalikke andmeid oleks kerge eristada. Voolu suund on eristatud sinise värviga, sest tulevikus tulevad mängu erinevate harude voolud, ning hea ülevaate säilitamiseks on hea voolusid juba algusest peale eristada. Aine programmis seletatakse võimsuste bilanssi alles ahelate lahendamise meetodite juures, kuid autor otsustas ta kohe sissejuhatuses välja tuua. Võimsuse valem põhineb nagu Ohmi valemgi pinge, voolu ja takistuse rakendamisel,

mistõttu ei ole see liiga suur samm edasi. Võimsuse bilansi selgitamisel tuuakse ka sisend- ja väljundvõimsuse kohta päriseluline ja antud skeemi põhine näide.

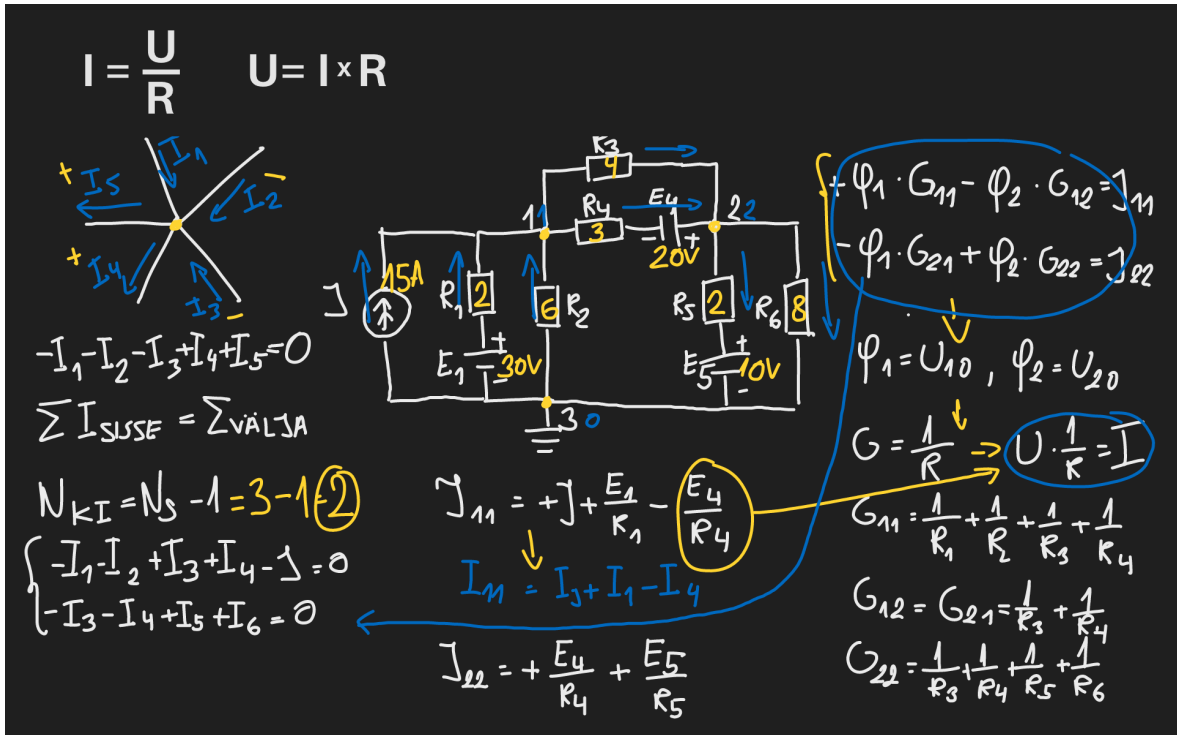


Joonis 2. Alalisvoolu sissejuhatuse näiteharjutuse ekraanitõmmis

2.2 Kirchhoffi esimene seadus ja sõlmepinge meetod

Selles harjutusvideos on kokku võetud mitu erinevat teemat. Videot alustatakse sõlmepingete määramisega Ohmi seaduse abil. Sõlmepunkti pingetest aru saamine käib sõlmepinge meetodiga kaasas ja autor leidis, et ka seda tuleks seletada enne Kirchhoffi esimese seadusega alustamist. Kirchhoffi I seadus ise on järgmine põhiteadmine elektri ahela analüüsil. Aine programmis on Kirchhoffi seadustele meetoditest eraldi lähenetud ja enne veel ka kergemad näiteülesandeid tehtud. Antud videomaterjali jaoks otsustati Kirchhoffi esimene seadus kohe sõlmepinge meetodiga siduda, sest nii on näidetel ja rakendusel parem voolavus ning vahepealne segadust tekitav võrrandisüsteemide kasutamine jääb ära. Sõlmepinge meetodi õpetamisel on rõhk võrrandite koostamisel. Kui algvõrrandid saavad õigesti välja kirjutatud, siis sealt edasi toimub vaid matemaatika rakendamine, mistõttu pannakse põhirõhk Kirchhoffi esimese seaduse seletamisele ja temast sõlmepinge võrrandite tuletamisele. Koostatud võrrandid tuleb omakorda Ohmi seaduse abil lahti seletada. Taustal

rõhutatakse ka juhtivuse kasutamist. Juhtivus võib tudengile alguses veider tunduda ja pigem kasutatakse rööbiti harude teisendamiseks takistuste liitmise valemeid, kuid just sõlmepingemeetodi jaoks on kasulik võimalikult kiiresti juhtivuste kasutamine tudengile mugavaks teha. Seetõttu keskendutakse näiteharjutuse lahendamisel juhtivuse selgitamisele. Joonis 2 on illustratsioon Kirchhoffi esimese seaduse teisendamisest sõlmepingemeetodi võrranditeks [4, 5, 6].



Joonis 3. Alalisvoolu ahelate sõlmepingemeetodi seletamine

Välja on toodud kogu protsessi seletus: kuidas tegelikult on kõik peale sõlmepingete ette antud, kui sa oskad Ohmi valemit rakendada. Kirchhoffi esimene seadus annab meile võrrandi ja vajalike võrrandite arvu. Kirchhoffi võrrandite põhjal saab koostada sõlmede voolu võrrandid pannes elektromotoorjõu- ja voolu allikate voolud võrduma takistustel olevate vooludega. Nagu joonisel näha, siis rõhk on pandud omavaheliste seoste seletamisele, mistõttu on ekraanile palju võrrandeid kogunenud.

2.3 Kirchhoffi teine seadus ja kontuurvoolude meetod

Kontuurvoolude meetod on teine oluline ahelate analüüsi viis. Seda kasutatakse õppeaine raames nii alalis- kui ka vahelduvvoolu harjutustes ja kontrolltöodes. Lisamaterjali koostamisel otsutati teema paremaks voolumiseks Kirchhoffi teine seadus otse kontuurvoolu meetodiga siduda. Vaatamata sellele, et tudengitele jääb tavaliselt kontuurvoolude meetodika kergemini meelde kui sõlmepinge meetodika, omab see piisavalt suurt tähtsust, et koostada lisamaterjal sellel teemal. Kontuurvoolude meetodika õppevideo keskendub peamiselt kontuuride definitsioonile ja nende rakendamisele. Kontuuride valimisel tuleb järgida teatud reegleid ja võrrandite koostamisel tuleb hoolikalt jälgida ahela voolude suunda, pingeallikate suunda ja valitud kontuuri enda suunda. Joonis 3 illustreerib kontuuri valiku protsessi ja võrrandite koostamist suundade põhjal. Korrektsete võrrandite koostamise järel saab jätkata matemaatilise lahendusega.

$U = I \times R$

$U_1 + U_2 + U_3 = U_{\text{SISEND}} = (E_{\text{KOGU}})$

+ ja - märgid

vasakul pool:
peadiagonaalil alati +
Teiste kontuurvoolude märgi jaoks tuleb kontuuride suundi võrrelda:
Samasuunaline -> +
Vastassuunaline -> -

Paremal pool:
Võrdled pingeallika suunda kontuuri suunaga.
Samasuunaline -> +
Vastassuunaline -> -

Kontuuri valimine

1. Suletud ring
2. Komponentid on jadamisi
3. Komponenti läbid ainult 1 kord
4. Suuna valik haru voolude ja pingeallikate järgi
5. Väikesed kontuurid
6. Iga komponent peab olema kontuuris esindatud

$\sum U_S = \sum U_V$

$U_S = U_1 + U_2 + U_3$

$U = I \cdot R$

$N_{KI} = N_H - (N_S - 1) - J = 4 - (2 - 1) - 1 = 2$

$$\begin{cases} +I_{11} \cdot (R_1 + R_2 + R_3) - I_{22} \cdot R_3 = +E_1 + E_3 \\ -I_{11} \cdot R_3 + I_{22} \cdot (R_3 + R_4 + R_5) + J \cdot R_5 = +E_3 + E_5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} +I_{11} \cdot (5+3+4) - I_{22} \cdot 4 = \\ = 4 - (2 - 1) - 1 = 2 \end{cases}$$

Joonis 4. Kontuurvoolude meetodi kontuuride kasutamine

3. ELEKTRIAHELAD I VAHELDUVVOOLU LISA

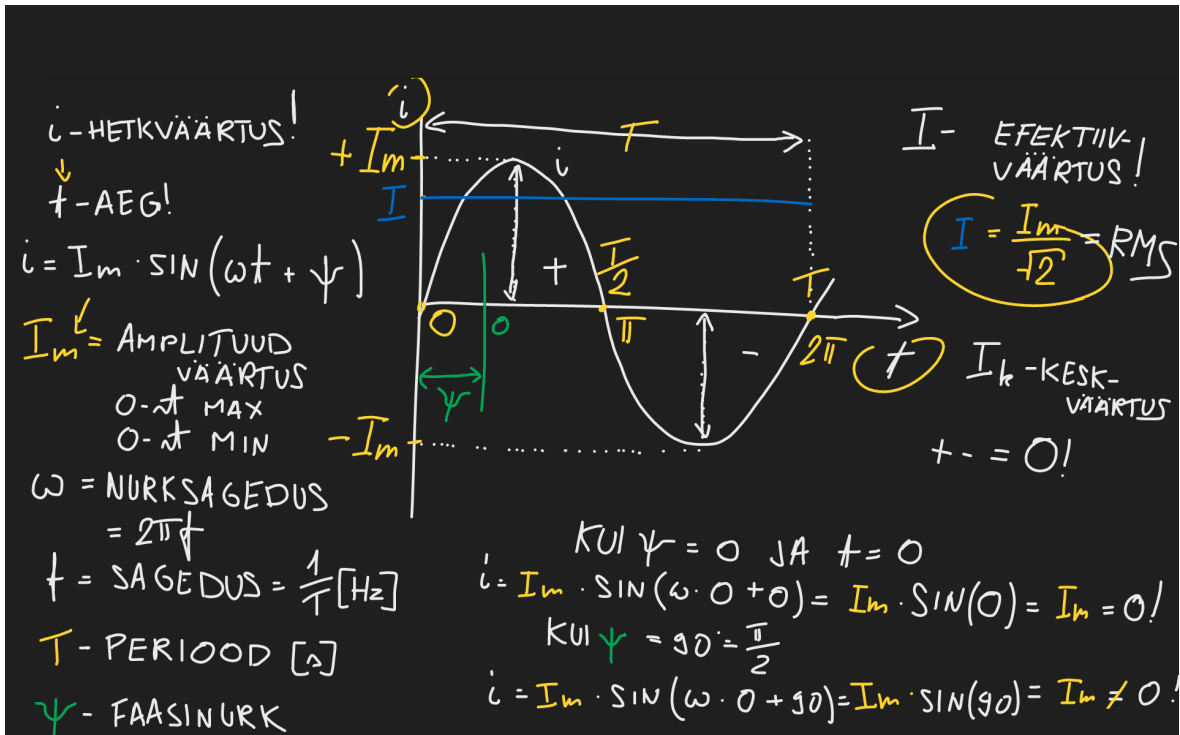
ÕPPEMATERJALI KOOSTAMINE

Alalisvoolu selge edasiarendus elektriahelate teemal on vahelduvvool. Vahelduvvoolu teisena õpetamise eeliseks on see, et läbi alalisvoolu on vahelduvvoolu aktiivosa juba selge. Vahelduvvoolu keerulisus seisneb ahelatesse juurde tulevates reaktiivkomponentides. Tudengi jaoks on vaja Kõrgem matemaatika I aines õpitud imaginaararvud vahelduvvoolu ahelates kasutatavate mahtuvuste ja induktiivsuste kirjeldamisega siduda. Selleks keskendutakse vahelduvvoolu peatükis eelkõige just kahele teemale. Siinuselise voolu mõistete, parameetrite ja diagrammide tundma õppimisele ning induktiivsuse ja mahtuvuse põhjalikule seletamisele.

3.1 Vahelduvvoolu sissejuhatus

Vahelduvvoolu sissejuhatava peatüki fookus on siinuse graafiku ja vektordiagrammi mõistmine. Alalisvoolu kirjendamine on palju lihtsam, sest voolud ja pinged on sama nurgaga ning mõisteid on vähe. Selleks, et vahelduvvoolu kõiki mõisted ja nurkade olemust selgitada tuleb graafikute ja diagrammide seletamisele terve peatükk pühendada. Aluseks on võetud siinuse graafiku tundma õppimine, millele toel hakatakse järgmistes materjalides järk-järgult mahtuvuse ja induktiivsuse mõju illustreerima. Õppevideos alustatakse voolu graafiku uurimisest (Joonis 4), kus püütakse tudengile seletada hetkväärtuse, amplituudväärtuse ja efektiivväärtuse erinevusi.

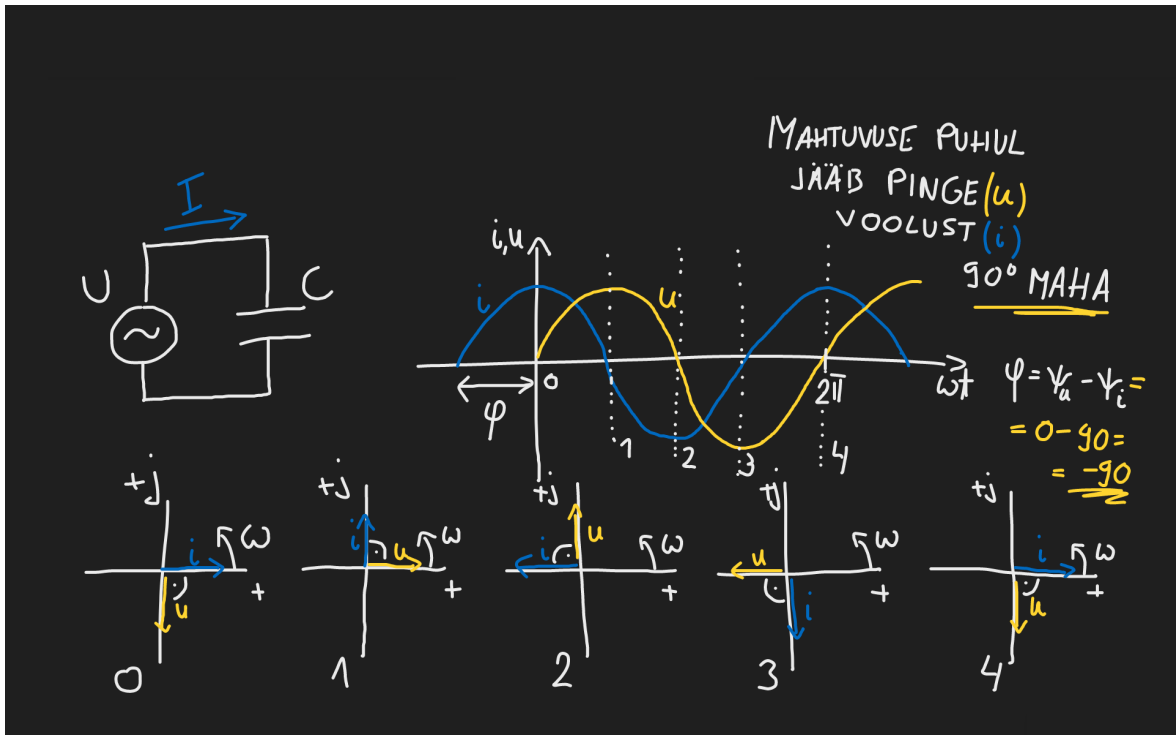
Seejärel lisatakse graafikule pinge väärtused ja seletatakse pinge hetkväärtuse valemit. Kahe graafiku abil saab hakata nende väärtusi ka vektordiagrammil võrdlema. Räägitakse komplekstasandist ja näidatakse kuidas teda vektordiagrammide koostamisel kasutatakse. Video lõpus tuuakse sisse ka võimsuse graafik ning tehakse läbi hetkväärtuste ja efektiivväärtuste arvutamised.



Joonis 5. Siinuselise graafiku mõisted

3.2 Vahelduvvoolu mahtuvus ja induktiivsus

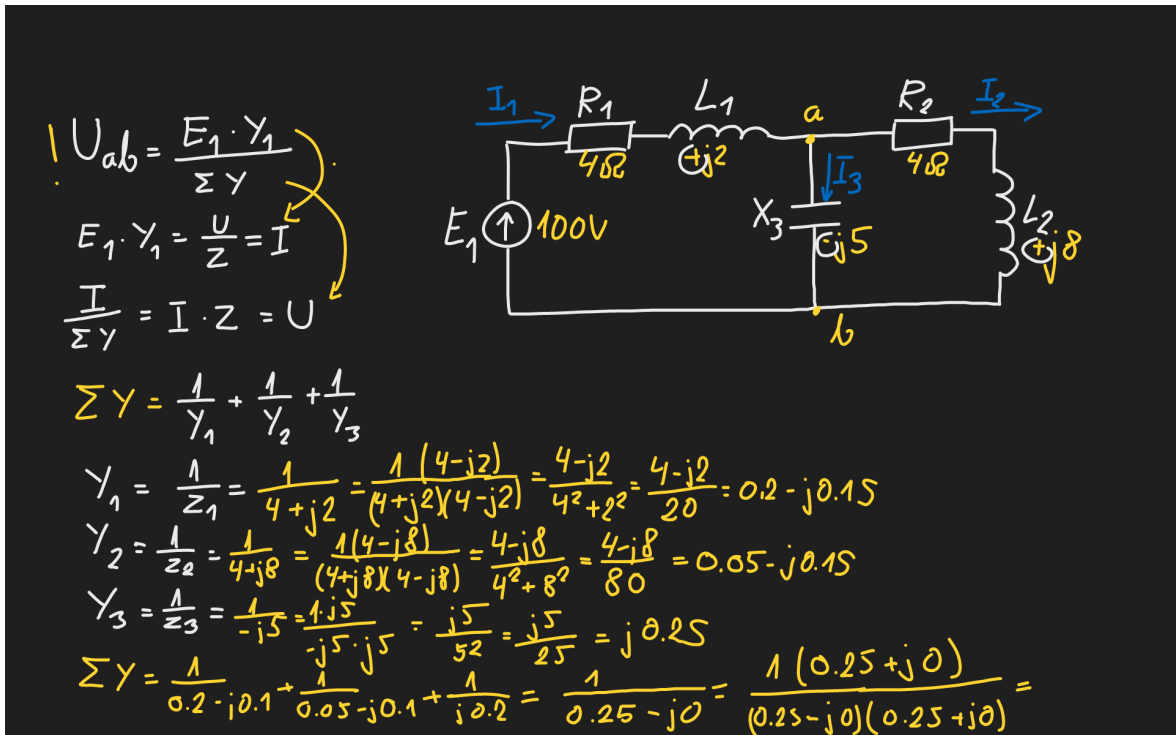
Peale vahelduvvoolu graafikute ja diagrammidega tutvumise on tähtis rääkida mahtuvusest ja induktiivsusest. Reaalses elus on mahtuvus ja induktiivsus igas vahelduvvoolu ahelas olemas ja seetõttu peab insener oskama neid arvesse võtta. Mahtuvus ja induktiivsus toovad arvutustesse lisaks aktiivtakistusele ka reaktiivtakistuse. Enne kui aktiiv- ja reaktiivtakistust ahelate lahendamise meetoditel kombineerima hakata, soovib autor mahtuvuse ja induktiivsuse eraldi põhjalikult läbi käia. Reaktiivtakistuste erinevuste ja valemite peast teadmine on antud peatüki põhieesmärk. Eesmärk saavutatakse läbi graafikute, diagrammide ja näiteharjutuste aeglase seletamise ja tudengi iseseisva harjutus ülesannete lahendamise Moodle keskkonnas. Joonis 5 toob loodud videomaterjalist välja hetke, kus seletatakse ahela mahtuvusliku komponendi mõju pingele läbi faasinurga muutuse. Peale seda selgitatakse mahtuvuse takistuse olemust ning tehakse läbi näiteharjutusi mahtuvustakistuse ja ahela voolude leidmiseks. Sama ülesehitust korratakse ka induktiivsusega.



Joonis 6. Mahtuvuse mõju pinge faasinihkele

3.3 Vahelduvvoolu sõlmepingemeetod

Vahelduvvoolu puhul töötab sõlmepinge meetod alalisvoolu ahelaga sarnaselt. Aktiivtakistused on asendunud näivtakistustega, kuid samad ohmi seaduse teisendused kehtivad edasi. Peatükk on lisamaterjalide koostamiseks valitud, et tudengid saaksid võimalikult palju sõlmepingemeetodi harjutusi lahendada. Sõlmepinge teema esineb nii kodutöös, kontrolltöös kui ka eksamil. Videos tehakse läbi algandmete teisendamine, kahe sõlme meetodil lahendamine, võimsuste bilanss, potentsiaalide leidmine ja diagrammi koostamine.



Joonis 7. Vahelduvvoolu ahela analüüs kahe sõlme meetodil

3.4 Vahelduvvoolu kontuurvoolu meetod

Vahelduvvoolu ahelates on ka kontuurvoolu meetod alalisvoolule äärmiselt sarnane. Ainuke muutus on see, et aktiivtakistuse asemel peab kasutama näivtakistusi. Seetõttu on peatüki rõhk näite- ja Moodle harjutustel. Visuaalse näitena toob autor seekord pildid teema kohasest harjutusest Moodle keskkonnas. Antud andmed ja ahela skeem koos esimese kahe küsimusega on välja toodud joonisel 7. Iga otsitava vastuse eraldi küsimusena vormistamine võimaldab täpsemat tagasisidet anda. Samuti saab õppejõud detailse ülevaate meetodi valdamisest. Ülejäänud 14 küsimust, mis harjutuse õigesti lahendamist kontrollivad on leitavad lisa 3 all. Harjutuse üles seadmisel on kasutatud testi põhja, mida saab lõpmatu arv kordi uuesti teha. Lisaks on lubatud testi sooritamise ajal vastuste kontrollimine. Peatüki lõputest näeb harjutustega täpselt samasugune välja. Erineb vaid soorituskordade poolest. See tähendab, et ka testi tehes saab oma vastuseid kohe kontrollida ja näha õiget vastust.

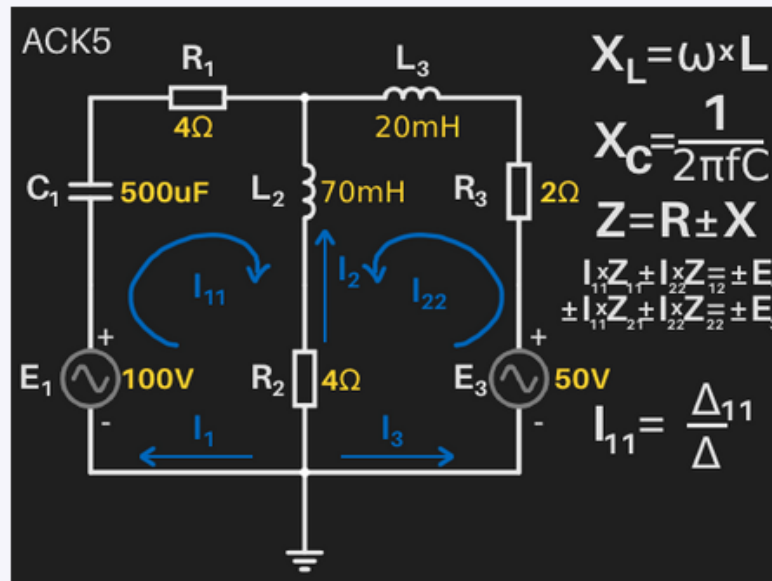
Küsimus 1

Pole lõpetatud

Võimalik punktisumma: 10,00

Märgi küsimus lipuga

Muuda küsimust



Leia skeemi põhjal kontuurvoolumeetodit kasutades allpool küsitud suurused. Mis on X_{c1} väärtus oomides? ±j ei pea lisama.

Vastus:

Kontrolli

Küsimus 2

Pole lõpetatud

Võimalik punktisumma: 10,00

Märgi küsimus lipuga

Muuda küsimust

Mis on X_{L2} väärtus oomides? ±j ei pea lisama.

Vastus:

Kontrolli

Joonis 8. Vahelduvvoolu kontuurvoolude meetodi harjutus moodle keskkonnas

4. ELEKTRIAHELAD I KOLMEFAASILISE VAHELDUVVOOLU LISA ÕPPEMATERJALI KOOSTAMINE

Kolmefaasiliste süsteemide suur eelis ühefaasiliste ees on elektrienergia efektiivsem ülekandmine, minimeerides samal ajal vajaliku juhtmestiku kogust. Kolmefaasilise ahela mõistmine aitab tulevasel elektriinseneril elektrisüsteeme disainida ja optimeerida. Kolmefaasilisel süsteemil vajavad märkimist täht- ja kolmnurkühendused, millel on erinevad plussid ning esinevad elektrimootorites, generaatorites ja võimsustrafodes. Samuti hakkab kolme faasi kokku panemisel mängima rolli faaside sümmeetrilisus ja ebasümmeetrilisus. Kadude poolest on kõige parem hoida kogu elektrisüsteemi võimalikult sümmeetrilise ja stabiilsena, mistõttu on lõputöö viimaseks peatükiks just sümmeetriline tähtühendus valitud.

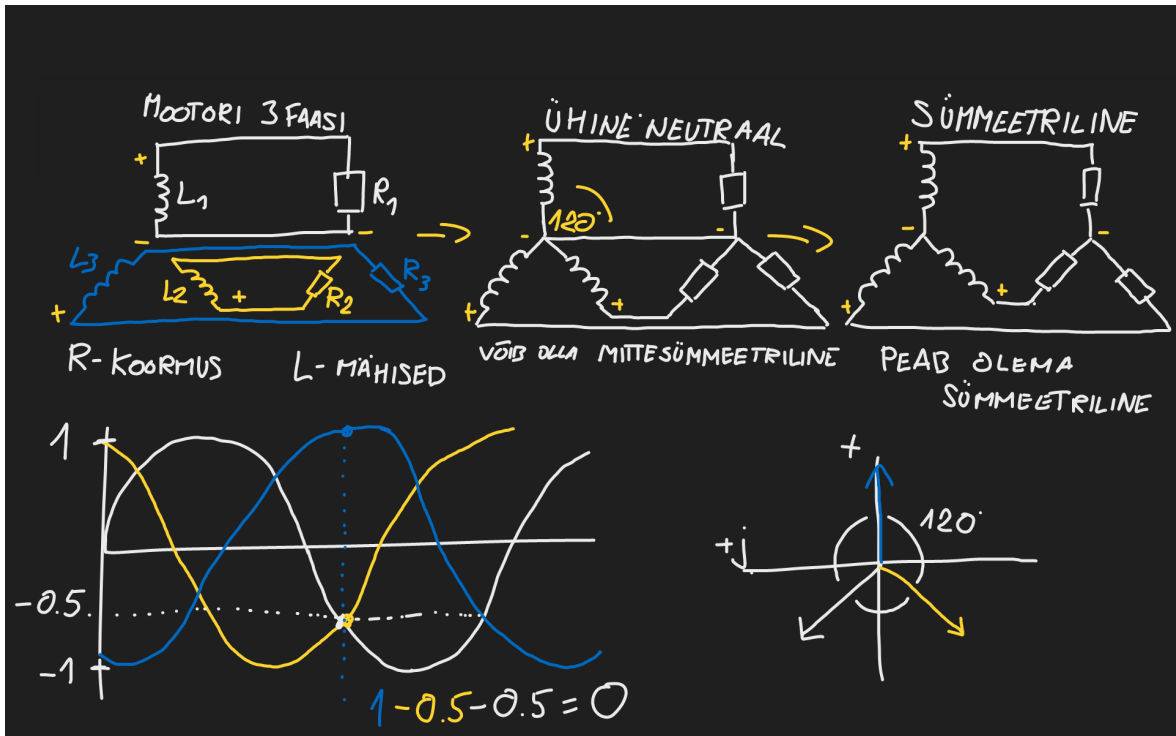
4.1 Kolmefaasilise vahelduvvoolu täht ja kolmnurkühendus

See peatükk keskendub kolmefaasilise vahelduvvooluahela täht- ja kolmnurkühenduste teooria seletamisele. Täht- ja kolmnurkühendused on kaks kõige tavalisemat kolmefaasilise süsteemi konfiguratsiooni, mille erinevustel on oluline roll elektrienergia ülekandel ja jaotamisel. Erinevate ühenduste eelised ja nende mõju ahela võimsusele mõjutavad süsteemi disaini ja jõudlust. Faas-faasi ja faas-neutraali pingete ja voolude mõistmine on samuti hädavajalik, kuna need näitajad on seotud elektriseadmete ohutu ja efektiivse tööga. Õppevideo alustab mootorite ja generaatorite ülesehitusest, kuna nemad on kolmefaasilise süsteemi aluseks, ning on oluline mõista, kuidas nad töötavad.

Lisaks keskendutakse kolmefaasilise süsteemi neutraali juhtmele. Neutraaljuhe kasutamine tähtühenduses aitab säilitada süsteemi tasakaalustatust ja vähendada seadmete ülekoormamist. Samuti on neutraaljuhe oluline ohutuse seisukohast, pakkudes elektrienergia tasakaalustatud jaotust ja vähendades elektrilöögi riski.

Tarbimine ehk koormus on veel üks oluline teema, mis on seotud kolmefaasilise vahelduvvooluahela ühendustega. Elektrienergia koormus määrab suuresti süsteemi võimsuse, efektiivsuse ja ohutuse. Selles peatükis korratakse üle, mis on koormus, kuidas see mõjutab kolmefaasilise süsteemi tööd ja kuidas seda efektiivselt hallata.

Harjutused käsitlevad kolmefaasilise ahela faasi- ja liinipingete ning voolude leidmist.



Joonis 9. Kolmefaasilise tähtühenduse selgitus

4.2 Vahelduvvoolu sümmeetriline tähtühendus

Eelmises punktis sai kolmefaasiline vahelduvvool selgitatud ja nüüd minnakse edasi sümmeetriiste tähtühenduste ahelate analüüsiga. Räägitakse pingete, voolude ja võimsuse arvutamisest. Peatüki Moodle keskkonna harjutused jätkavad näiteharjutuse arvutuskäiku tuues sisse järjest keerulisemaid skeeme, mis lõppevad kodutöö ja eksami taseme harjutusega.

KOKKUVÕTE

Elektroenergeetika õppes on alalisvoolu ja vahelduvvoolu ahelate mõistmine kõige aluseks. Käesoleva lõputöö eesmärk on luua õppematerjale ja harjutusi, mis aitaksid tudengitel elektriahelaid ja seonduvaid teemasid paremini mõista ja omandada. Töö tugineb J. Hattie ja G. C. R. Yates'i raamatule "Visible Learning and the Science of How We Learn" ning keskendub õppeprogrammi ja tudengiküsitluse põhjal õppevideode sarja ja harjutusülesannete loomisele.

Enne õppematerjalide koostamist analüüsiti olemasolevat õppeprogrammi, aine lõpetanud tudengite arvamusi ja kaasaegsete õpimeetodite rakendamist. Analüüsi põhjal koostati kriteeriumid, millele loodav sisu peab vastama. Elektriahelad I õppeaine programmi analüüsil selgus, et aine on väga sisutihe, sest ta peab ühe semestriga andma põhjalikud teadmised ja praktilised oskused elektriahelate teoorias ja analüüsis, toetades tudengite edasist õppetööd elektroenergeetika ja mehhatroonika valdkonnas. Lisaks veenduti, et programmist ei saa ka midagi välja jätta, kuna järgnevad semestrid toetuvad just antud aines õpitule.

Tiheda õppeprogrammi kitsaskohtade leidmiseks koostati küsitlus, mille kaudu varem aine läbinud tudengid erinevaid lähenemisi hindasid. Kokkuvõtlikult näitas küsitluse tulemus, et kolmanda aasta tudengid on ahelate põhitõed lõpuks selgeks saanud, aga esimese ja teise aasta õpilased soovivad iga teema kohta käivaid näiteharjutusi. Kõige rohkem tunti huvi just harjutusülesannete vastu.

Ka Moodle'sse lisamise eripärad ja materjalide koostamise etapid, ning disainiküsimused mõeldi läbi, enne kui asuti lõputöö eesmärke ellu viima.

Lõputöö raames valiti fookusesse 9 teemat, mis tuginevad tudengite vajadustele, õppejõu soovitudele ja olemasolevate õppematerjalide analüüsile. Valitud teemad hõlmavad sissejuhatust alalis- ja vahelduvvoolu ahelatesse, erinevate ühenduste ja teisenduste tutvustamist, elektriahelate analüüsi meetodeid (sõlmepingemeetod ja kontuurvolummeetod) ning kolmefaasilise vahelduvvoolu süsteemi omadusi ja analüüsi meetodeid. Valitud peatükid toetavad otseselt aine eesmärkide saavutamist.

Peale esimest peatükki, mis keskendus eeltööle ja analüüsile on ülejäänud peatükid jaotatud koostamiseks valitud teemade järgi. Teine põhiosa käsitleb alalisvoolu ahelate teemasid kus toodi iga peatüki kaupa välja tükikene koostatud materjalidest. Kuna iga

teoriavideo kestab vahemikus 20 kuni 40 minutit, siis keskenduti vaid ühele illustreerivale ekraanitõmmisele, mille põhjal loodud materjalist ülevaade tehti.

Kolmas ja neljas peatükk käsitlevad vahelduvvoolu ja kolmefaasilise vahelduvvoolu selgitusi ja näiteharjutusi, mida on samuti ühe näite põhjal lahti seletatud. Kogu töö mahust arusaamiseks tuleb siiski videoid vaadata.

Arvestades, et Elektriahelad I õppeaine maht on tohutult suur, siis lõputöö raames tuldi edukalt toime just lisamaterjalide koostamisega, mitte uue programmi kirjutamisega.

Lõputöö tulemusena loodi teooriat ja näiteid selgitav videomaterjal ja Moodle keskkonda tagasisidega harjutused mis toetavad olemasolevat õppeprogrammi. Seeläbi aidates tudengitel elektriahelad I aine jooksul õpitud infot kinnistada ja toetada paremate õpitulemuste saavutamist elektroenergeetika erialal.

SUMMARY

In the study of electrical engineering, understanding direct current (DC) and alternating current (AC) circuits forms the foundation upon which to build. The objective of this thesis is to create learning materials and exercises that would aid students in better understanding and mastering electrical circuit analysis and related topics. The work seeks help from the book "Visible Learning and the Science of How We Learn" by J. Hattie and G. C. R. Yates and focuses on the creation of a series of educational videos and exercise tasks, based on the curriculum and student survey.

Before creating the learning materials, an analysis of the existing curriculum, the opinions of students who have completed the course, and the implementation of modern learning methods was conducted. Based on the analysis, criteria were established for the content to be created. The analysis of the curriculum for the Electrical Circuits I course revealed that the course is very content-intensive, as it must provide comprehensive knowledge and practical skills in electrical circuit theory and analysis within one semester, supporting students' further studies in the field of power engineering and mechatronics. In addition, it was confirmed that nothing can be removed from the program, as subsequent semesters rely on what is learned in this course.

To identify bottlenecks in the dense curriculum, a survey was created through which students who had previously completed the course evaluated different approaches. In summary, the survey results showed that by the third year, students have mastered the basics of electrical circuits, but first and second year students wanted more practice examples for each topic. The most interest was shown specifically in more practice assignments.

The peculiarities of adding the new material to Moodle, the stages of creating materials, and design issues were all considered before starting to implement the objectives of the thesis.

Within the framework of the thesis, 9 topics were chosen as the focus, based on student needs, teacher recommendations, and an analysis of existing study materials. The selected topics include an introduction to direct and alternating current circuits, an introduction to different connections and transformations, methods of circuit analysis (node voltage method and loop current method), and the properties and analysis

methods of the three-phase alternating current system. The chosen chapters directly support the achievement of the course objectives.

After the first chapter, which focused on preliminary work and analysis, the remaining chapters are divided according to the topics selected for composition. The second chapter covers topics on direct current circuits where all the created exercises were discussed chapter by chapter. Since each of the videos last between 20 and 40 minutes, focus was given to only one illustrative screenshot, based on which an overview of the created material was provided.

The third and fourth chapters cover explanations and example exercises of alternating current and three-phase alternating current, which are also explained based on one example. To fully understand the scope of the work, however, the theory videos must be watched.

Considering that the volume of the Electrical Circuits I course is immensely large, the thesis successfully dealt with the creation of supplementary materials, not the writing of a new program. As a result of the thesis, video materials explaining theory and examples and Moodle exercises with feedback were created to support the existing curriculum. This helps students consolidate the information learned during the Electrical Circuits I course and support better academic results in the field of electrical engineering.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

[1] J. Hattie ja G. C. R. Yates, *Visible Learning and the Science of How We Learn*, Routledge, (2013).

[2] The Organic Chemistry Tutor (2015, märts 1). *Electronic Circuits*. Kasutatud oktoober 20 2022. [Võrgumaterjal]. Saadaval: https://www.youtube.com/playlist?list=PL0o_zxa4K1BV9E-N8tSExU1djl6slnjbl

[3] TalTech - Tallinna Tehnikaülikool (2021, märts 16). *Tasuta Ettevalmistus matemaatika riigieksamiteks 2021*. Kasutatud oktoober 20 2022. [Võrgumaterjal]. Saadaval: https://www.youtube.com/watch?v=ns_y2jIbTCg

[4] L. Neuman ja P. Kalantarov, *Elektrotehnika teoreetilised alused I, II osa*, Tallinn, 1964, 1967.

[5] S. N. Makarov ja R. Ludwig, S. J. Bitar, *Practical Electrical Engineering*. Springer, USA, 2016.

[6] James W. Nilsson, Susan A. Riedel. *Electric circuits*, fifth edition. Addison-Wesley Publishing Company, 1996.

LISAD

Lisa 1. Õppeprogramm

Õppeaine loengukursuse sisu (teemad ja orienteeruv loengutundide maht):

1. Elektriahelate elemendid ja põhimõisted ning põhiseosed - 1 tund.
2. Lineaarsete alalisvooluahelate arvutamine, elektrimõõtmised - 3 tundi.
3. Lineaarse elektriahela arvutamine vahelduvvoolu korral - 6 tundi.
4. Resonantsnähtused elektriahelas, sageduskarakteristikud - 2 tundi.
5. Vastastikuse induktiivse sidestusega ahelate arvutamine - 2 tundi.
6. Kolmefaasilised elektriahelad - 4 tundi.
7. Siirdeprotsesside analüüs koondparameetrilistes ahelates - 6 tundi.
8. Perioodilised mittesiinuselised voolud ja pinged ahelates - 2 tundi.
9. Mittelineaarsed elektri- ja magnetahelad, aseskeem, analüüs - 3 tundi.
10. Jaotatud parameetritega elektriahelate seosed ja arvutamine - 2 tundi.
11. Elektriahelate süntees - 1 tund.

Õppeaine laboratoorsed tööd (teemad ja orienteeruv laboratoorsete tundide maht):

1. Vahelduvvoolu jadaahel - 2 tundi.
2. Vahelduvvoolu rööpahel - 2 tundi.
3. Vastastikuse induktiivsusega elektriahel - 2 tundi.
4. Kolmefaasiline elektriahel - 2 tundi.
5. Siirdeprotsesside uurimine - 2 tundi.
6. Mittesiinuselised perioodilised protsessid - 2 tundi.
7. Ferroresonantsi nähtuse uurimine - 2 tundi.

Laboratoorse töde aruannete arutelu ja kaitsmine - 2 tundi.

Õppeaine eesmärk:

1. Elektriahelates esinevate elektriliste ja energeetiliste protsesside ning neid iseloomustavate seoste tundmaõppimine.
2. Elektriahelate arvutamise põhiliste meetodite tundmaõppimine ja praktilise arvutusmeetodite kasutamise oskuse omandamine.
3. Elektriahelate katselise uurimise ja põhiliste elektriliste suuruste mõõtmise ning katseandmete töötlemise baaskogemuste omandamine.
4. Lineaarsete ja mittelineaarsete ning jaotatud parameetritega elektriahelate püsi- ja siirderežiimide arvutamise põhiliste meetodite tundmaõppimine ja praktilise kasutamise oskuste omandamine.
5. Edasiseks elektriala erialaainete õppimiseks vajalike baasteadmiste ja -oskuste omandamine elektriliste nähtuste ja suuruste ning nendevaheliste seoste osas, samuti elektriahelate arvutamise ja mõõtmise alal.

Lisa 2. Tudengiküsitluse küsimused ja vastused

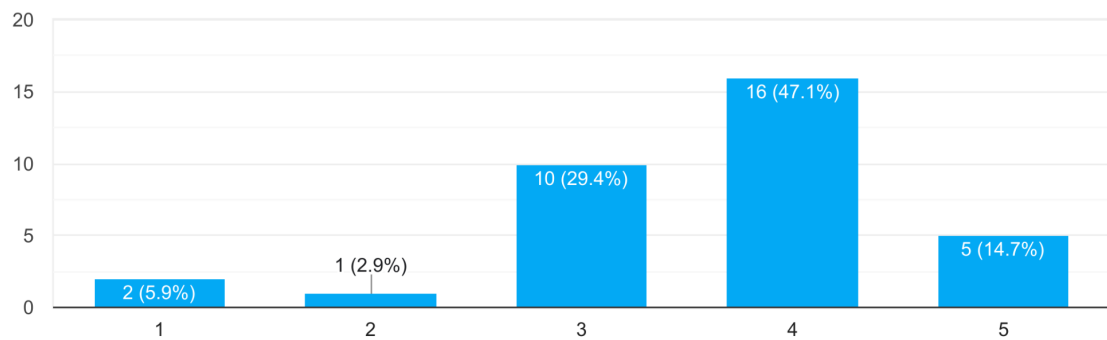
Kui raske oli sinu jaoks Elektriahelad I aine teemade omandamine *

1 2 3 4 5

Väga kerge ja arusaadav Raske

Joonis 1

Kui raske oli sinu jaoks Elektriahelad I aine teemade omandamine
34 responses



Joonis 1.1

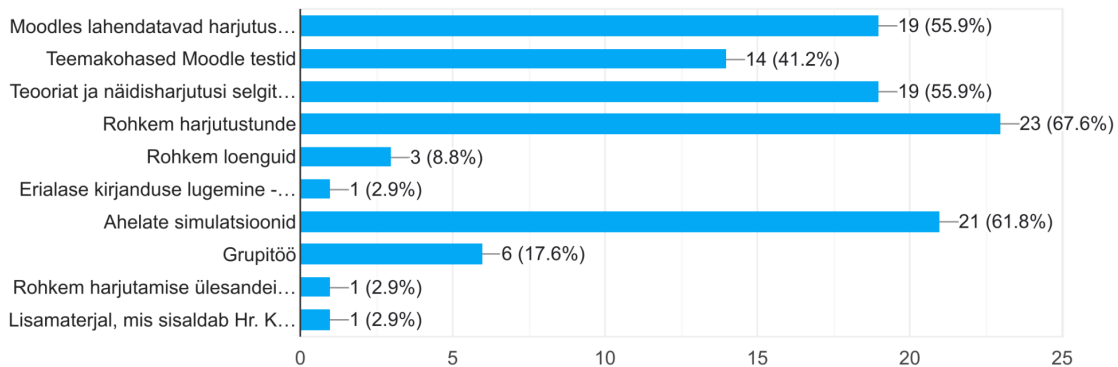
Milliseid täiendavaid õppemeetodeid eelistaksid kasutada õppeaine omandamisel? *

- Moodles lahendatavad harjutusülesanded
- Teemakohased Moodle testid
- Teooriat ja näidisharjutusi selgitavad videod
- Rohkem harjutustunde
- Rohkem loenguid
- Erialase kirjanduse lugemine - raamatud
- Ahelate simulatsioonid
- Grupitöö
- Other...

Joonis 1.2

Milliseid täiendavaid õppemeetodeid eelistaksid kasutada õppeaine omandamisel?

34 responses



Joonis 1.3

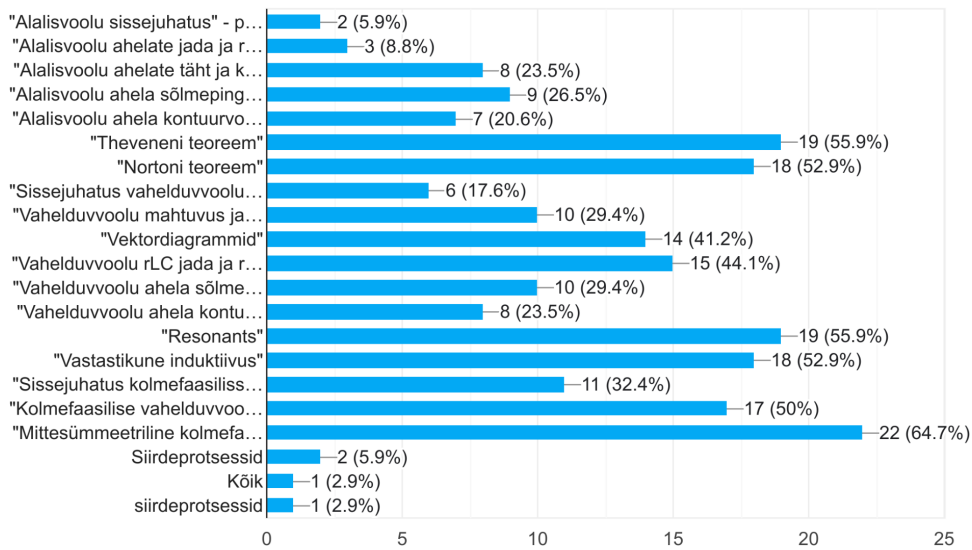
Milliste teemade kohta oleksid soovinud täiendavat õppematerjali? *

- "Alalisvoolu sissejuhatus" - pinged, vool, takistus, ohmi seadus, võimsuste bilanss
- "Alalisvoolu ahelate jada ja rööpühendus"
- "Alalisvoolu ahelate täht ja kolmnurk teisendused"
- "Alalisvoolu ahela sõlmepingemeetod" - pingelang + kirchoffi esimene + sõlmepingemeetod
- "Alalisvoolu ahela kontuurvoolu meetod" - kirchoffi teine + kontuurvool
- "Theveneni teoreem"
- "Nortoni teoreem"
- "Sissejuhatus vahelduvvoolu" - Amplituud, sagedus, keskväärts, kompleksarvud jne.
- "Vahelduvvoolu mahtuvus ja induktiivsus"
- "Vektordiagrammid"
- "Vahelduvvoolu rLC jada ja rööpühendus, juhtivus"
- "Vahelduvvoolu ahela sõlmepingemeetod"
- "Vahelduvvoolu ahela kontuurvoolumeetod"
- "Resonants"
- "Vastastikune induktiivsus"
- "Sissejuhatus kolmefaasilisse vahelduvvoolu"
- "Kolmefaasilise vahelduvvoolu täht ja kolmnurkühendused"
- "Mittesümmeetriline kolmefaasiline ahel"
- Other...

Joonis 1.4

Milliste teemade kohta oleksid soovinud täiendavat õppematerjali?

34 responses



Joonis 1.5

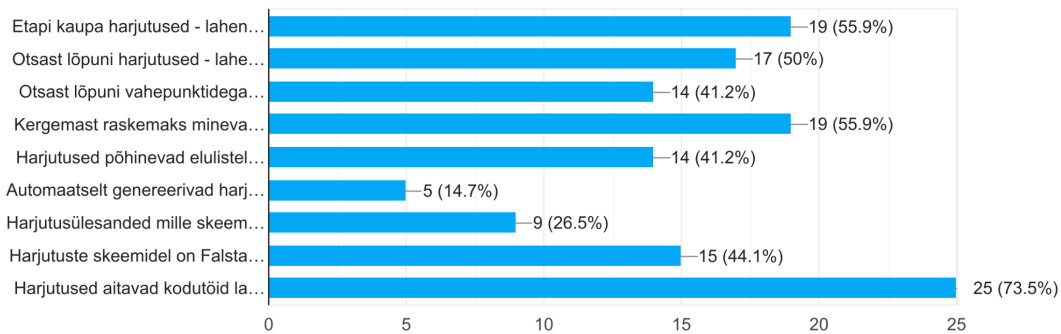
Millised omadused teeksid Moodle HARJUTUSTE lahendamist produktiivsemaks? *

- Etapi kaupa harjutused - lahendad mitut erinevat harjutust sammude kaupa (kõigepealt harjutad võrrandi ...
- Otsast lõpuni harjutused - lahendad ühe harjutuse algandmetest lõppvastuseni
- Otsast lõpuni vahepunktidega harjutused - peale algandmete andmise küsitakse lisaks lõppvastustele ka ...
- Kergemast raskemaks minevad harjutused
- Harjutused põhinevad elulistel näidetel
- Automaatselt genereerivad harjutusülesanded
- Harjutusülesanded mille skeeme saab ise koostada
- Harjutuste skeemidel on Falstadi skeemi link
- Harjutused aitavad kodutöid lahendada
- Other...

Joonis 1.6

Millised omadused teeksid Moodle HARJUTUSTE lahendamist produktiivsemaks?

34 responses



Joonis 1.7

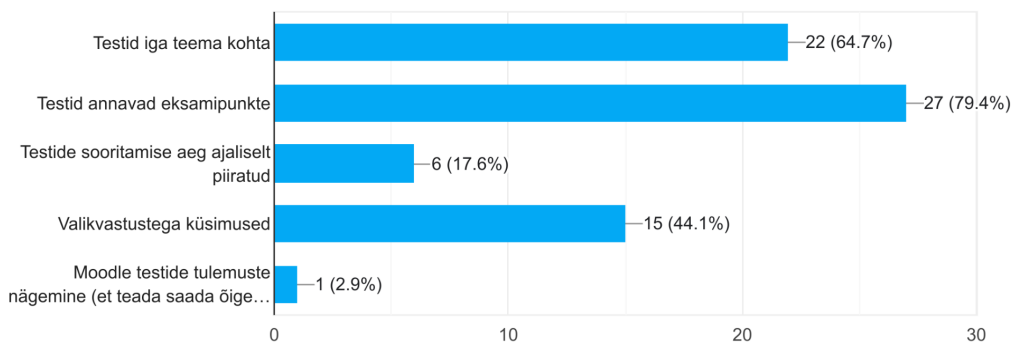
Millised omadused teeksid Moodle TESTIDE lahendamist produktiivsemaks? *

- Testid iga teema kohta
- Testid annavad eksamipunkte
- Testide sooritamise aeg ajaliselt piiratud
- Valikvastustega küsimused
- Other...

Joonis 1.8

Millised omadused teeksid Moodle TESTIDE lahendamist produktiivsemaks?

34 responses

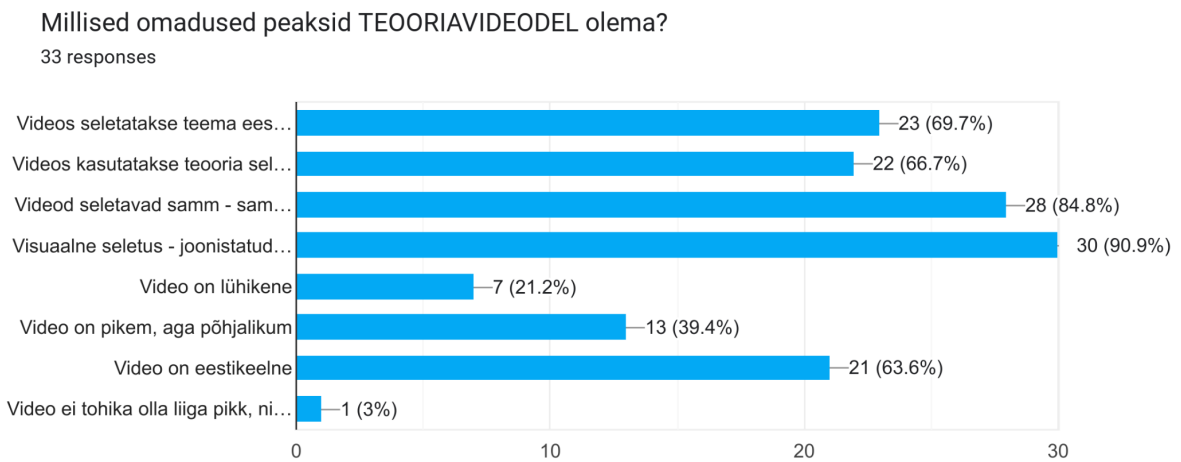


Joonis 1.9

Millised omadused peaksid TEOORIAVIDEODEL olema? *

- Videos seletatakse teema eesmärki ja kasulikkust elektriinsenerile
- Videos kasutatakse teooria seletamiseks reaalse maailma näiteid ja eripärasid
- Videod seletavad samm - sammu haaval arvutusmeetodite kasutamist
- Visuaalne seletus - joonistatud skeemid ja valemid
- Video on lühikene
- Video on pikem, aga põhjalikum
- Video on eestikeelne
- Other...

Joonis 1.10



Joonis 1.11

Lisa 3. Vahelduvvoolu kontuurmeetodi harjutus moodle keskkonnas

Küsimus 3
Pole lõpetatud
Võimalik punktisumma: 1,00
Märgi küsimus lipuga
Muuda küsimust

Mis on XL3 väärtus oomides? ±j ei pea lisama.

Vastus:

Kontrolli

Küsimus 4
Pole lõpetatud
Võimalik punktisumma: 1,00
Märgi küsimus lipuga
Muuda küsimust

Kirjuta välja kontuuri I11 võrrand kujul : $\pm I_{xx}^* Z_{xx} \pm I_{xx}^* Z_{xx} = \pm E_x$
x-d asenda numbritega.
Tühikuid mitte kasutada!

Vastus:

Kontrolli

Küsimus 5
Pole lõpetatud
Võimalik punktisumma: 1,00
Märgi küsimus lipuga
Muuda küsimust

Kirjuta välja kontuuri I22 võrrand kujul : $\pm I_{xx}^* Z_{xx} \pm I_{xx}^* Z_{xx} = \pm E_x$
x-d asenda numbritega.
Tühikuid mitte kasutada!

Vastus:

Kontrolli

Joonis 8.1

Küsimus 6
Pole lõpetatud
Võimalik punktisumma: 1,00
Märgi küsimus lipuga
Muuda küsimust

Leia Z11 väärtus algebralisel kujul ($r \pm jx$)

Vastus:

Kontrolli

Küsimus 7
Pole lõpetatud
Võimalik punktisumma: 1,00
Märgi küsimus lipuga
Muuda küsimust

Leia Z12 väärtus algebralisel kujul ($r \pm jx$)

Vastus:

Kontrolli

Küsimus 8
Pole lõpetatud
Võimalik punktisumma: 1,00
Märgi küsimus lipuga
Muuda küsimust

Leia Z22 väärtus algebralisel kujul ($r \pm jx$)

Vastus:

Kontrolli

Joonis 8.2

Küsimus **9**
Pole lõpetatud
Võimalik punktisumma: 1,00
Märgi küsimus lipuga
Muuda küsimust

Leia determinandi abil Δ väärtus kahe komakoha täpsusega

Vastus:

Kontrolli

Küsimus **10**
Pole lõpetatud
Võimalik punktisumma: 1,00
Märgi küsimus lipuga
Muuda küsimust

Leia determinandi abil Δ_{11} väärtus kahe komakoha täpsusega

Vastus:

Kontrolli

Küsimus **11**
Pole lõpetatud
Võimalik punktisumma: 1,00
Märgi küsimus lipuga
Muuda küsimust

Leia determinandi abil Δ_{22} väärtus kahe komakoha täpsusega

Vastus:

Kontrolli

Joonis 8.3

Küsimus 12
Pole lõpetatud
Võimalik punktisumma: 1,00
Märgi küsimus lipuga
Muuda küsimust

Leia Δ abil I11 väärtus kahe komakoha täpsusega amprites.

Vastus:

Kontrolli

Küsimus 13
Pole lõpetatud
Võimalik punktisumma: 1,00
Märgi küsimus lipuga
Muuda küsimust

Leia Δ abil I22 väärtus kahe komakoha täpsusega amprites.

Vastus:

Kontrolli

Küsimus 14
Pole lõpetatud
Võimalik punktisumma: 1,00
Märgi küsimus lipuga
Muuda küsimust

Leia I1 väärtus kahe komakoha täpsusega amprites.

Vastus:

Kontrolli

Joonis 8.4

Küsimus 15
Pole lõpetatud
Võimalik punktisumma: 1,00
Märgi küsimus lipuga
Muuda küsimust

Leia 12 väärtus kahe komakoha täpsusega amprites.

Vastus:

Kontrolli

Küsimus 16
Pole lõpetatud
Võimalik punktisumma: 1,00
Märgi küsimus lipuga
Muuda küsimust

Leia 13 väärtus kahe komakoha täpsusega amprites.

Vastus:

Kontrolli

Joonis 8.5