



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

INSENERITEADUSKOND

Elektroenegreetika ja mehhatroonika instituut

AUTONOOMSE ELEKTRITOITEALLIKA LOOMINE VELOTRENAŽÖÖRI BAASIL

CREATING OF AUTONOMOUS POWER SOURCE BASED ON AN EXERCISE BIKE

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Anastassija Kuškova

Üliõpilaskood EAAB206228

Juhendaja: Martin Jaanus, vanemlektor

(Tiitellehe pöördel)

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.

13.05.2024

Autor: Anastassija Kuškova

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö esitatud nõuetele

13.05.2024

Juhendaja: Martin Jaanus

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

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

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Anastassija Kuškova

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Autonoomse elektritoiteallika loomine velotrenažööri baasil,

mille juhendaja on Martin Jaanus,

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.

13.05.2024 (kuupäev)

Anastassija Kuškova

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 ÜLESANNE

Üliõpilane: Anastassija Kuškova, EAAB20226

Õppekava, peeriala: EAAB16/17 - Elektroenergeetika ja mehhatroonika

Juhendaja(d): Martin Jaanus, vanemlektor, EE - elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut, 6203802

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Autonoomse elektritoiteallika loomine velotrenažööri baasil

(inglise keeles) Creating of autonomous power source based on an exercise bike

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Luua seade, millega saab toota elektrienergiat, salvestada ja hiljem kasutada tagavara energiaallikana.
2. Seadet peab saama paigaldada tavalise jalgratta peale, millega saab toota elektrienergiat.
3. Seade näitab kasutajale andmeid elektritootmise kohta.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Teoreetiline osa kirjutamine	12. veebruar
2.	Seade on koostatud	15. aprill
3.	Valmis prototüüp ja arvutused	1. aprill

Töö keel: eesti **Lõputöö esitamise tähtaeg:** 13.05.2024a

Üliõpilane: Anastassija Kuškova 13.05.2024a
/allkiri/

Juhendaja: Martin Jaanus 13.05.2024a
/allkiri/

Konsultant: ".....".....20.....a
/allkiri/

Programmijuht: Marek Tull 13.05.2024a
/allkiri/

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

SISUKORD.....	6
1. SISSEJUHATUS.....	9
2. SEADE.....	13
2.1. Kasutusvõimalused	13
2.2. Seadme siseehitus	15
2.3. Komponentide taaskasutamine	16
2.4. Demonstratiivne kasutus	16
3. GENERAATOR.....	18
3.1. Generaatori valimine	18
3.2. Generaatori tööseadistused	19
3.3. Generaatori otsak	20
3.4. Generaatori krihv.....	21
4. AKUD	23
4.1. BMS	24
4.2. Energia väljastamine.....	26
5. ARDUINO.....	27
5.1. Ampermeeter	28
5.2. Voltmeeter.....	28
5.3. Koodi põhiidee.....	29
5.4. Laendatud koodi prototüüp	32
6. TULEMUSED	35
6.1. Detailide nimikiri.....	36
KOKKUVÕTE	39
SUMMARY	41
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	43
LISAD	44
LISA 1. Arduino kood	44
LISA 2. Arduino laienenud kood	46

EESSÕNA

Lõputöö teema oli inspireeritud energiakriisist, hinnatõusust ja vajadusest kodumajapidamistes autonoomsete energiaallikate järele. Roheenergia suur väljakutse väljakutse on vajadus kasutada taastuvaid energiaallikaid.

Lühendite ja tähiste loetelu

V – Volt (volt)

A – Amper (amper)

W – Watt (vatt)

Ω – Ohm (oom)

USB - Universal Serial Bus (Universaalne jadasiin)

LCD - liquid crystal display (Vedelkristallkuvar)

BMS - Battery Management Systemn (Aku juhtimissüsteem)

Wh – Watt-hours (Kilovatt-tund)

mAh – milliamp-hours (milliamper-tund)

1. SISSEJUHATUS

Eesti on tuntud kui kõrgtehnoloogiat kasutav riik, kus elektroonilised lahendused on igapäevaelu lahutamatu osa. Elektrienergia mängib selles süsteemis erilist rolli, olles võti meie kodude mugavuse, töö tõhususe ning isegi meelelahutuse juurde. Tänu elektrienergiale saame kütta oma kodu, jälgida viimaseid uudiseid, juhtida oma elustiili nutiseadmete abil ning teha tööd kiiremini ja tõhusamalt. Tõepoolest, tänapäeval tundub peaaegu võimatu ette kujutada elu Eestis ilma elektrienergia, sest just läbi interneti saab täisväärtuslikult elada ja teha kõike, mida soovime.

Ent nagu igal tehnoloogial, on ka elektrienergia tarbimisel omad riskid ja väljakutsed. Üks suurimaid neist on elektrikatkestused, mis võivad häirida meie igapäevast rütmi ja isegi eraldada meid olulisest infost ja teenustest. Olukord muutub veelgi keerulisemaks, kui elektritootmine ei suuda alati vastata tarbijate nõudlusele, mille tagajärjel kerkivad elektrihinnad kõrgustesse ja jätkavad tõusu. Seetõttu on oluline leida lahendusi, mis aitaksid tagada elektri kättesaadavuse ja stabiilsuse, eriti hädaolukordades.

Üks võimalik lahendus nendele väljakutsetele on energia muundamine. Meie ümbruskonnas on palju potentsiaalset energiat, mida saaksime ära kasutada, et lahendada energia kriisiprobleeme. Selles kontekstis on loodud autonoomne elektrigeneraator oluline samm õiges suunas. Selle seadme eesmärk on aidata tavainimestel saada iseseisvamaks elektri osas ning toimida hädaolukordades väikese generaatorina.

Riik soovitab, et igas kodus oleks hädaolukordades generaator, ning selline seade on tõesti väga aktuaalne ja vajalik tänapäeva keerulistes oludes. See sobib suurepäraselt inimestele, kes elavad väikestes küldes või kaugel linnadest, kus elektri katkestused võivad olla sagedased ja mõjuda eriti häirivalt.

Mõeldud seade on loodussõbralik alternatiiv, kuna see toodab elektrienergia täielikult CO₂-neutraalselt ning selle kokkupanekul on kasutatud vanu ja taaskasutatud detaile. Selle kasutamine koos tavalise jalgrattaga muudab inimesed mitte ainult iseseisvamaks elektri osas, vaid toetab ka tervislikumat eluviisi, kus füüsiline aktiivsus saab olla

tõhusalt integreeritud igapäevaeluga, samal ajal tasuta elektrienergiat tootes.

Elektrigeneraatori põhiprintsiip jalgratastel põhineb dünaamilisel masinal, mis muundab pedaalimisel tekkiva mehaanilise energia elektrienergiaks. Selliste seadmete kasutamine on laialt levinud, nii traditsioonilistel jalgratastel kui ka velotrenažööridel. Turul leidub nii masstoodetud elektriliseid kui ka individuaalseid lahendusi, mida toodetakse väiksemates kogustes. Üheks tuntud masstootjaks selles valdkonnas on Xiaomi, kes tutvustas oma toodet nimega Mijia Spinning Bike[1], mis püüab treeningu ajal elektrienergiat toota ja seadmeid juhtmevabalt laadida.



Joonis 1.1. Xiaomi velotrenažöör[1].

Lisaks on olemas kompaktseid generaatorikomplekte, mis on spetsiaalselt loodud jalgratastele. Näiteks AliExpressi kaudu saab osta täielikke komplekte, mis on valmis koheseks paigaldamiseks. Need komplektid sisaldavad mitmes värvitoonis valgusteid, mis sobivad jalgratastele. Generaator kinnitatakse ratta külge, ja toodetud elektrit kasutatakse jalgratta tuledes, sealhulgas gabariit- ja eesvalgustuses. Komplektiga on kaasas ka vajalikud kinnitusvahendid[2].



Joonis 1.2. Valguste komplekt Aliexpressist[2].

Dünamomasinate kasutamine jalgratastel ei ole uus kontseptsioon, mistõttu on mitmeid võimalusi, kuidas omaenda elektrigeneraatorit ehitada. Internetis on palju juhendeid, nõuandeid ja elektriskeeme, mis kirjeldavad, kuidas jalgrattal töötavat generaatorit luua. Need ressursid selgitavad generaatori erinevaid komponente ja annavad üksikasjalikke juhiseid elektriskeemide kohta[3].



Joonis 1.3. Isetehtud jalgratta generaator[3].

Selliste lahenduste kasutamine võib pakkuda keskkonnasõbraliku alternatiivi traditsioonilistele elektritootmisviisidele ja samal ajal suurendada jalgrataste kasutamist igapäevaste liikumisvahenditena. Kuigi olemas on juba mitmesuguseid elektriliseid, nagu näiteks jalgratastele mõeldud dünaamosid ja generaatorid[4], keskendub uus lähenemisviis mitte ainult olemasolevate seadmete reprodutseerimisele või kohandamisele, vaid ka seadme kokkupanemisprotsessi lihtsustamisele.

Uus seadme kontseptsioon püüab saavutada originaalsust ja funktsionaalsust, olles samal ajal taskukohane ja tõhus. Lisaks on oluline rõhutada jätkusuutlikkust, mis saavutatakse komponentide taaskasutamise kaudu, et vähendada jäätmete teket ja edendada keskkonnahoidlikku praktikat. Peamine eesmärk oli luua multifunktsionaalne seade, mida saab kasutada nii jalgrattal kui ka käsitsi, võimaldades elektrienergia tootmist isegi ilma jalgrattaga sõitmata.

Selline lahendus võimaldaks mitmekülgsest kasutada seadmeid elektrienergia tootmiseks. Jalgrattaga sõites toodetavat energiat saab kasutada valgustuse, seadmete laadimise või muude väikeste elektriliste rakenduste jaoks. Kui jalgratast ei kasutata, saab seadet käsitsi vända, mis muudab selle kasulikuks ka siseruumides või piirkondades, kus jalgrattaga sõitmine ei ole võimalik. See avab ukse laiemale kohaldatavusele ja aitab suurendada teadlikkust elektrienergia tootmise alternatiivsete meetodite kohta.

2. SEADE

2.1. Kasutusvõimalused

Loodud autonoomsel elektrillikal on mitmeid kasutusvõimalusi tänu sellele, et paigaldus pole püsiv. See paindlikkus võimaldab generaatorit kiiresti eemaldada ja paigaldada erinevatele jalgratastele või teistele sobivatele seadmetele. Sellise elektrillikaga on võimalik paigaldusprotsessi ajal kasutada vedru, mis tagab generaatori võlli kindla kontakti jalgratta rattaga. See konstruktsioon annab kasutajale võimaluse laadida otse mobiiltelefoni või muud elektroonilist seadet, või laadida akusid hilisemaks kasutamiseks, kui generaator on ratta külge kinnitatud.

Lisades süsteemile Arduino kontrolleri, saab elektrillikale lisafunktsioone, nagu akude laadimise oleku jälgimine ja muu diagnostiline teave. Arduino kasutamine võib olla eriti kasulik seadme algsel kasutamisel, et määrata kindlaks optimaalne pedaalimise kiirus akude laadimiseks või elektrienergia efektiivseks tootmiseks.

Generaatorit on võimalik kasutada ka käsitsi tänu spetsiaalselt loodud hoorattale (krihvi). Hoorattaga saab generaatori tööle panna nii käsitsi keerates kui ka pedaalide abil, pakkudes kasutajatele mitmekülgset ja lihtsat paigaldamise ning kasutamise kogemust. See võimaldab seadme kiiret vahetamist ja kohendamist erinevate vajaduste järgi, muutes selle sobivaks nii välitingimustes kui ka siseruumides kasutamiseks.



Joonis 2.1.1. Elektrillika prototüüp krihvida.

Elektriallika kasutamine jalgrattal ei piirdu ainult välitingimustega. Seadet saab kasutada ka siseruumides, muutes jalgratta praktiliselt velotrenažööriks koos elektritootmisvõimekusega. Selle saavutamiseks tuleb jalgratas paigaldada nii, et rattad saaksid vabalt pöörata, võimaldades mehaanilise energia konverteerimist elektrienergiaks ka siseruumides.



Joonis 2.1.2. Elektriallika prototüüp jalgratta küljes.

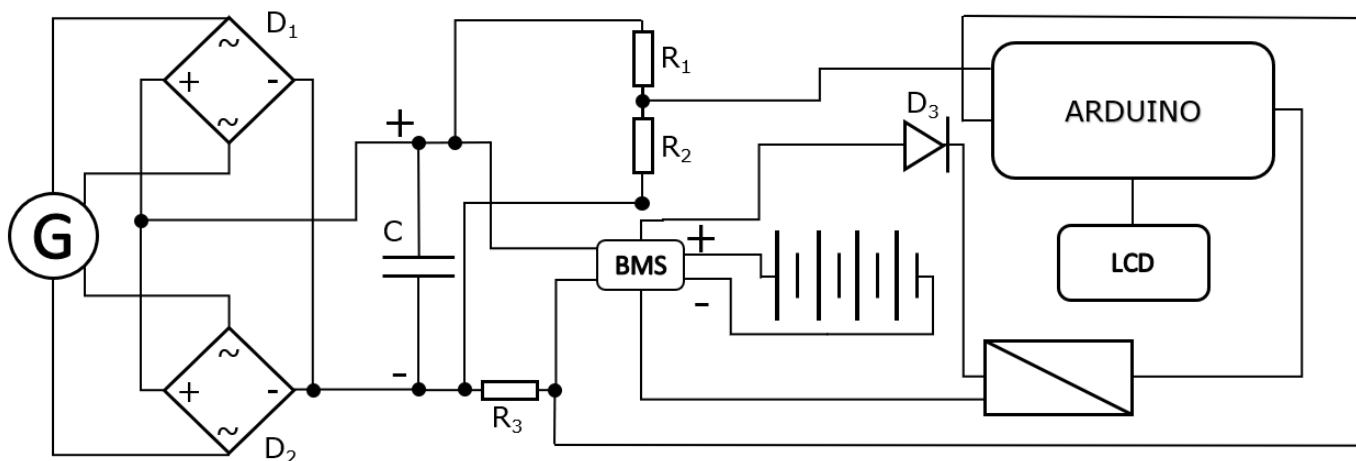
See multifunktsionaalne lähenemine tähendab, et sama elektriallika abil saab elektrit toota nii väljas jalgrattaga sõites kui ka siseruumides, kasutades jalgratast statsionaarse treeningvahendina. Selline paindlikkus muudab generaatori ideaalseks nii isiklikuks kui ka kogukondlikuks kasutuseks, võimaldades energiat toota mitmesuguste rakenduste jaoks ja erinevates tingimustes. See võib olla kasulik varuenergiaallikana, treeningseadmena või isegi keskkonnasõbraliku energiaallikana.

2.2. Seadme siseehitus

Elektriahel jaguneb kaheks peamiseks osaks: jalgrattaga toodetud elektrienergia salvestamine ja akudest energia väljastamine läbi muunduri.

Esimene osa keskendub mehhaanilise energia muundamisele elektrienergiaks ning selle salvestamisele. Elektrienergiat toodab generaator, mis teisendab jalgratta pöörleva liikumise elektrivooluks. Selle energia stabiliseerimiseks ja puhastamiseks läbib see filtrid. Järgmisena läheb energia akude salvestamiseks läbi BMS-i (akude juhtimissüsteemi), mis tagab akude ohutu ja optimaalse laadimise. Arduino plaadi abil saab jälgida ja kontrollida mitmeid võtmetegureid, nagu pinge ja voolutugevus, ning anda tagasisidet laadimisprotsessi edenemise kohta.

Teine osa tegeleb salvestatud energia väljastamisega tarbijatele läbi muunduri. Salvestatud energia pärineb akudest ja läheb muundurile, mis suudab konverteerida 12 V pinget 5 V-ks. See on sobiv väikese elektroonikaseadme, näiteks mobiiltelefoni, laadimiseks. Selles etapis on oluline kasutada diodi, et vältida energia tagasivoolu, mis võib põhjustada akude soovimatut tühjenemist või isegi kahjustada süsteemi komponente. Diod võimaldab voolul liikuda ainult ühes suunas, tagades seega ohutu ja tõhusa elektrienergia jaotamise.



Joonis 2.2.1. Prototüüpi elektriahela skeem.

Kokkuvõttes loob selline elektriahela disain paindliku ja praktilise süsteemi, mis suudab mitte ainult jalgratta abil elektrienergiat toota ja salvestada, vaid ka pakkuda turvalist ja tõhusat laadimist mitmesugustele väikeselektronikaseadmetele. See on eriti kasulik keskkonnasõbralike energiaallikate kontekstis, kus rõhk on taaskasutamisel ja jätkusuutlikkusel.

2.3. Komponentide taaskasutamine

Loodud elektriallikas kasutati vanu komponente, mis võimaldab taaskasutada olemasolevaid ressursse ja vähendada jäätmeid. Seadme disainis olid algselt Arduino plaat ja LCD-ekraan, mis võimaldasid täiendavat juhtimist ja visualiseerimist. Kuna need komponendid ei ole elektriallikale kriitilised, saab neid seadme juurest eemaldada, vähendades keerukust ja kulusid. Diodi võib samuti eemaldada, kuna sellel tekib pingelang 0,7 V. Kõiki muid vajalikke detaile võib leida vanadest seadmetest, kuid akud tuleb enne testida, sest vanad akud ei pruugi enam pinget hoida.

Kui optimeerida elektriallikat, siis võiks see koosneda järgmistest põhilistest komponentidest: generaator, diodisild (kui generaator toodab vahelduvvoolu), muundur ja juhtmed. Kui generaator toodab alalisvoolu, võib diodisilla asendada lihtsa diodiga, mis tagab elektrivoolu ühesuunalise liikumise, vältides voolu tagasivoolu ja võimalikku kahjustust.

Seadme põhikomponendid, nagu generaator, diodisild ja muundur, on kergesti leitavad vanadest seadmetest, näiteks vanadest ventilaatoritest või elektrilistest tööriistadest. See võimaldab mitte ainult kulusid vähendada, vaid ka toetada ringmajandust, mis keskendub ressursside taaskasutamisele ja jäätmete vähendamisele. Selle lihtsustatud disaini puhul võib energia, mis tekib generaatori abil, otse toita tarbijaid, mis vähendab süsteemi energia kadu. Sel viisil on elektriallikas efektiivne ja mitmekülgne, sobides paljudeks erinevateks rakendusteks.

2.4. Demonstratiivne kasutus

Elektriallikas on konstrueeritud lihtsalt ja arusaadavalt, muutes selle suurepäraseks demonstratiivseks eeskujuks. See lihtne disain võib tekitada huvi nii lastes kui ka täiskasvanutes, kes ei ole elektri ja elektrienergia tootmisega süvitsi tuttavad. Kuna seade on kompaktne, on seda lihtne transportida ning kasutada koolides, töötubades või meistriklassides, kus saab praktiliselt näidata, kuidas elektrit toodetakse, muundatakse ja konverteeritakse.

See praktiline lähenemine võimaldab osalejatel mõista elektrienergia tootmise põhiluseid. Näiteks võib elektriallikat kasutada, et selgitada generaatori põhimõtet, näidates, kuidas mehaaniline energia muundub elektrienergiaks. Samuti saab demonstreerida, kuidas elektrivool voolab läbi erinevate komponentide, nagu diodid, muundurid ja juhtmed, ning kuidas seejärel energia suunatakse tarbijale.

Koolides võib selline demonstratsioon olla väärtuslik vahend füüsika- või tehnoloogi tundides, võimaldades õpilastel näha elektrienergia loomise protsessi ja seda lähemalt uurida. Töötubades või meistriklassides võib see olla inspiratsiooniallikaks neile, kes on huvitatud hobiprojektidest või keskkonnasõbralikest energiaallikatest.

Lisaks praktilisele väärtusele võib selline seade edendada ka keskkonnateadlikkust ja julgustada inimesi mõtlema alternatiivsete energiaallikate kasutamisele. See võib olla inspiratsiooniks järgmise põlvkonna inseneridele ja leiutajatele, näidates, et lihtsate komponentidega on võimalik luua funktsionaalseid ja kasulikke seadmeid.

3. GENERAATOR

Antud töös loodud elektriallika peamine eesmärk on muundada mehaaniline energia elektrienergiaks. Kuigi sellise muundamise jaoks kasutatakse tavaliselt generaatorit, võib olla keeruline leida väikese võimsusega generaatorit, mis vastab konkreetsetele nõuetele. Kuna projekti eesmärk oli kasutada hõlpsasti leitavaid komponente, otsustati generaatorina kasutada elektrimootorit. Elektrimootor ja generaator on tegelikult mõlemad elektrimasinad ning elektrimootorit on sageli lihtsam leida kui väikese võimsusega generaatorit. 12 V ja 100 W elektrimootorid on kergesti kättesaadavad ning vastavad projekti vajadustele. Need parameetrid valiti, kuna need sobivad hästi muunduri ja akudega, mida kasutatakse süsteemi stabiilseks tööks. Jalgrattaga sõites suudab inimene stabiilselt toota umbes 100 W, mis sobib hästi väiksemate elektroonikaseadmete laadimiseks[5].

Elektrimootori kasutamine generaatorina annab mitmeid eeliseid. Esiteks on need mootorid laialdaselt kättesaadavad ja lihtsa konstruktsiooniga, mis muudab need taskukohaseks valikuks. Elektimasinad on pööratavad ja nad toodavad elektrienergiat, kui neid mehaanilise jõuga pöörata. See teeb mootori praktiliseks valikuks, kui tahetakse muundada jalgratta liikumine elektrienergiaks.

Lisaks praktilisusele ja kättesaadavusele pakub elektrimootori kasutamine ka piisavat jõudlust. 100 W võimsus on piisav, et toetada erinevaid väikeseid seadmeid, näiteks mobiiltelefone või LED-valgusteid. See muudab elektrimootoriga generaatori sobivaks lahenduseks nii siseruumides kui ka välitingimustes kasutamiseks. Lisaks võib see lähenemine julgustada taaskasutust ja keskkonnateadlikkust, kuna elektrimootoreid saab leida vanadest seadmetest ja neid saab uuesti kasutusele võtta, vähendades sellega jäätmeid ja ressursikulu.

3.1. Generaatori valimine

Otsus kasutada mitmefaasilist samm-mootorit oli põhjendatud selle võimega toota piisavalt elektrivoolu isegi käsitsi pöörates. See mootor suudab saavutada umbes 13 V pinget, mis on piisav seadme tõhusaks tööks ja elektrienergia tootmiseks nagu generaator. Mitmefaasilised vahelduvvoolu generaator on tuntud oma vastupidavuse ja efektiivsuse poolest, muutes nad sobivaks valikuks alternatiivsetele elektriallikatele, kus oluline on järjepidev energia tootmine.

Kuna generaator toodab vahelduvvoolu, oli vajalik selle muundamine alalisvooluks, et seda saaks kasutada seadmete laadimiseks või salvestamiseks akudesse. Kuna generaatoril on kaks mähist, on lisatud kaks diodisilda, mis võimaldavad vahelduvvoolul voolata ainult ühes suunas, muundades selle alalisvooluks.

Diodisildade kasutamine tagab ka elektrisüsteemi turvalisuse, kuna see takistab voolu tagasivoolu mootorisse või teistesse komponentidesse, mis võib põhjustada süsteemi ülekoormust või kahjustusi. Samuti aitab see vähendada energiakadu, muutes elektrienergia muundamise tõhusamaks.

Diodisildadele lisati suure mahutavusega kondensaator, mis toimib filtrina, aidates vältida pingekõikumisi. Kondensaator filtreerimisel vähendada pingekõikumisi ja tagab süsteemi stabiilsema töö.

Kokkuvõttes loob kahefaasilise samm-mootori kasutamine koos diodisildadega stabiilse ja usaldusväärse süsteemi, mis suudab muundada mehaanilist energiat alalisvooluks. See võimaldab elektrienergiat tõhusalt koguda ja kasutada mitmesugusteks rakendusteks, sealhulgas väikese elektroonika laadimiseks või varutoiteallikana. Selline lähenemine soodustab ka komponentide taaskasutamist, kuna kolmefaasilisi mootoreid võib leida vanadest seadmetest ja neid saab hõlpsasti integreerida uutesse projektidesse.



Joonis 3.1.1. Generaator otsakuga.

3.2. Generaatori tööseadistused

Kuna kasutasite vahelduvvoolu generaatori koos diodisillaga, ei olnud vaja muretseda selle pärast, et akud võiksid tekitada tagasivoolu ja hakata mootorit vastupidises suunas

keerama. Diოდисилд tagab, et vahelduvvool muundub alalisvooluks, suunates voolu ainult ühes suunas. See on oluline nii seadme stabiilsuse kui ka turvalisuse seisukohast.

Pärast diოდисилда лисаsite kondensaatori väljundpinge stabiliseerimiseks. Kondensaator aitab siluda vahelduvvoolu muundamisest tingitud pingekõikumisi, luues sujuvama ja stabiilsema alalisvoolu väljundi. See on eriti oluline siis, kui ühendatakse seadmed või akud, mis nõuavad stabiilset ja pidevat voolu.

Arduino süsteemi jaoks olid lisatud ampertmeetri ja voltmeetri mõõtmise instrumendid, mis võimaldavad jälgida elektrivoolu tugevust ja pinget. Need mõõteseadmed aitavad jälgida elektrilist ning annavad kasulikku teavet akude laadimise ja energia tootmise kohta.

Lõpuks ühendati mootor diოდисилла kaudu tavapärase skeemi järgi akudega, mis võimaldab elektrienergiat koguda ja salvestada. Vahelduvvoolu mootor koos diოდисиллага suudab genereerida voolu sõltumata pöörlemissuundadest, mis tähendab, et mootori paigutus jalgrattal või teistel seadmetel ei ole kriitiline. See töötab usaldusväärset nii edasi- kui ka tagurpidi pöörates, muutes paigaldusprotsessi lihtsamaks ja paindlikumaks.

See disain muudab elektrilisasüsteemi mitmekülgseks ja vastupidavaks, pakkudes stabiilset alalisvoolu erinevate seadmete laadimiseks ja kasutamiseks. Selline paindlikkus ja töökindlus on eriti oluline, kui soovitakse süsteemi kasutada erinevates tingimustes ja seadmetes.

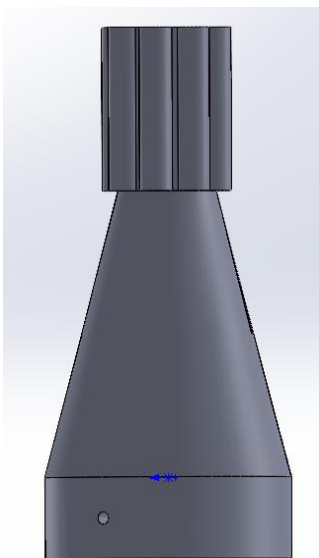
3.3. Generaatori otsak

Generaatori võll oli liiga väike, et otse jalgratta ratta külge kinnitada, mistõttu oli vaja vahepealset ülekandeosa, mis suudaks edastada pöördemomendi mootorile. Selleks valmistati 3D-printeriga sobiv vaheosa, mis ühendab mootori võlli jalgratta rattaga. See osa disainiti SolidWorks tarkvaraga ja saadeti õppejõule printimiseks. Tulemuseks oli täiuslikult sobiv 3D-prinditud komponent, mis kindlustas usaldusväärse ühenduse mootori ja jalgratta ratta vahel.

3D-prinditud ülekandeosa andis süsteemile vajaliku stabiilsuse ja lihtsustas seadme kokkupanekut ning paigaldamist jalgrattale. Selle detaili abil püsis mootor kindlalt paigas ning sai sujuvalt koos rattaga töötada, tootes elektrienergiat nii edasi kui ka

tagurpidi sõites. See lisas seadmele paindlikkust ja tõhusust, muutes selle kasutamise intuiitvseks ja mugavaks.

Selline lähenemine 3D-prinditud komponentide kasutamisega võimaldab kohandada elektrilist vastavalt konkreetsetele vajadustele, kasutades samas taskukohaseid ja keskkonnasõbralikke lahendusi. 3D-printerite abil saab detaile kiiresti toota ja kohandada, mis teeb selle meetodi eriti sobivaks nii prototüüpimiseks kui ka lõplikeks rakendusteks. Lisaks näitab see, kuidas tehnoloogia ja taaskasutus võivad käia käsikäes, pakkudes praktilisi lahendusi, mis on säästlikud ja tõhusad.



Joonis 3.3.1. Detaili mudel.



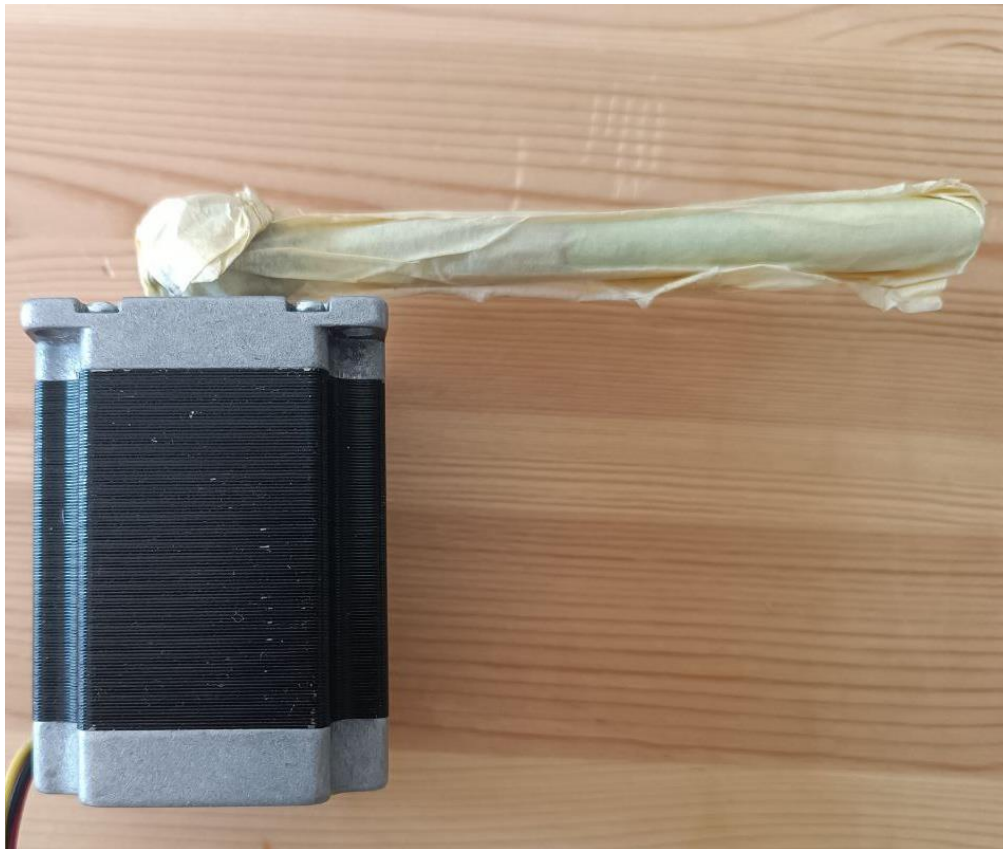
Joonis 3.3.2. 3D prinditud detail.

3.4. Generaatori krihv

Generaatorit saab kasutada mitmel erineval viisil, olgu selleks jalgrattaga pöörlemine või käsitsi keeramine tänu spetsiaalselt loodud hoorattale, mida nimetatakse ka krihviks. Selline paindlikkus võimaldab generaatori kasutamist mitmesugustes olukordades, olgu selleks siis õues, kodus või matkamise ajal. Kuigi generaatori toodetud vool ja pinge võivad olla veidi madalamad kui jalgrattaga genereerituna, annab see siiski võimaluse kasutada generaatorit alternatiivse energiavaruna. Näiteks, kui telefoni aku on peaaegu tühi, võib generaatori abil laadida telefoni umbes 15 minutiga umbes 20% ulatuses, mis võib osutada äärmiselt kasulikuks olukordades, kus elektrit pole saadaval.

Krihviga generaatorit saab kasutada ka nagu käsielektrijaama. Selleks kasutatakse krihvi, mis on valmistatud tühjast tindikassetist, mis on oma esialgse eluea lõpetanud.

See on suurepärase näide sellest, kuidas saab vanu esemeid ümber kasutada ja taaskasutada, vähendades sellega jäätmeid ja keskkonnamõju. Selline lähenemine toetab jätkusuutlikkuse põhimõtteid ja näitab, kuidas väikesed muudatused igapäevaelus võivad aidata kaasa keskkonnahoidlikumale tulevikule.



Joonis 3.4.1. Generaator krihviga.

4. AKUD

Energia salvestamiseks oli valitud 4 liitiumioonakut (Li-ion), mille nimipinge on 3,7 V, on võimalik saavutada stabiilne ja turvaline energiaallikas. Need akud on valitud mitmel põhjusel. Esiteks on nad kindlad ja turvalised, mis on oluline kaalutus, kui energia salvestamine toimub piiratud ruumis või liikuvast keskkonnas, näiteks jalgrattal.

Teiseks hoiavad liitiumioonakud hästi pinget ka pärast mitmeid laadimise ja tühjenemise tsükleid. See tähendab, et need akud suudavad säilitada oma tõhususe isegi pärast pikaajalist kasutamist. Sellised omadused teevad neist populaarse valiku seadmetele, mis vajavad regulaarset laadimist ja tühjendamist, näiteks mobiiltelefonid, sülearvutid ja muud kaasaskantavad seadmed.

Liitiumioonakud on tuntud ka oma suhteliselt suure energiatiheduse ja väikese kaalu poolest, mis muudab need ideaalseks valikuks, kui on vaja salvestada palju energiat väikeses ja kerges pakendis. Seetõttu sobivad nad hästi projektidele, mis nõuavad kompaktsust ja tõhusat energiasalvestussüsteemi.

Nende järjestikku ühendamine annab kogupinge, mis on nende üksikute pingete summa. Järjestikku ühendamisel liituvad pinged.

$$\text{Minimaalne} \quad 4 * 3 \text{ V} = 12 \text{ V} \quad (4.0.1)$$

$$\text{Keskmine} \quad 4 * 3,7 \text{ V} = 14,8 \text{ V} \quad (4.0.2)$$

$$\text{Maksimaalne} \quad 4 * 4,2 \text{ V} = 16,8 \text{ V} \quad (4.0.3)$$

Seega 4 järjestikku ühendatud liitiumioonaku kokku annab 14,8 V pinget, mis sobib hästi mitmesuguste elektriliste rakenduste jaoks. See lähenemine tagab stabiilse pinget ja kompaktsust energiaallika, mis on sobilik erinevate seadmete käitamiseks või energia salvestamiseks, eriti olukordades, kus kompaktne disain ja stabiilne energiaallikas on kriitilise tähtsusega.



Joonis 4.0.1. Akud seotud järjestikult.

Iga akkude mahtuvus on 2000 mAh. Kogu aku mahtuvus on 8000 mAh.

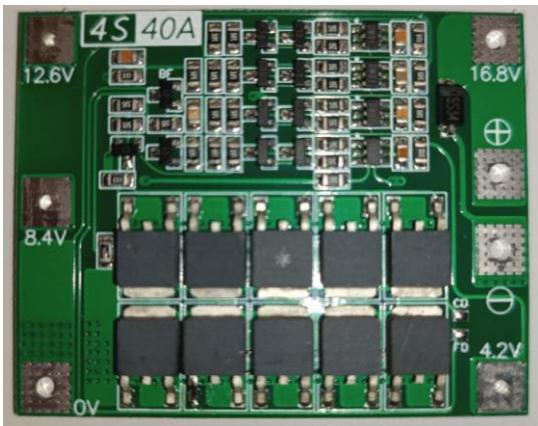
$$4 * 2000 \text{ mAh} = 8000 \text{ mAh} \quad (4.0.4)$$

Täiesti laaditud aku mahtuvus on piisav telefoni laadimiseks 100 protsendile, kui telefoni mahtuvus on 5000 mAh.

4.1. BMS

Akude ohutuks laadimiseks on vajalik kasutada akuhaldussüsteemi (BMS), mis on oluline osa autonoomse elektrigeneraatori süsteemist[7]. BMS (Battery Management System) aitab tagada liitiumioonakude ohutu ja efektiivse töö, kontrollides erinevaid parameetreid, nagu pinge, voolutugevus ja temperatuur. BMS mängib võtmerolli, vältides akude ülelaadimist, liigset pinget või liigset kuumenemist, mis võivad olla ohtlikud ja vähendada akude eluiga.

Elektriallikas kasutati spetsiaalset BMS-plaati (vt Joonis 4.1.1.), mis oli paigaldatud koos akudega ühte pakendisse (vt Joonis 4.1.2.). See pakkimine tagab akude ja BMS-i tiheda integreerimise ning võimaldab BMS-il jälgida ja reguleerida akude tööd efektiivselt. BMS aitab tagada akude tasakaalustatud laadimise ja vältida liiga kõrgeid pinge- või temperatuuri tasemeid.



Joonis 4.1.1. BMS plaat.



Joonis 4.1.2. Akud koos BMS isoleeritud ja pakkitud.

Tähtis on märkida, et akud olid täielikult isoleeritud, mis tähendab, et neid saab ohutult laadida ainult elektrigeneraatori mootoriga. See isoleerimine kaitseb akusid väliste mõjutuste eest ja vähendab võimalikke ohte, nagu lühised või lekkevoolud. See disainilahendus tagab, et elektriallikas on turvaline ja töökindel, minimeerides riskid ja tagades stabiilse elektrienergia tootmise.

BMS-i kasutamine on kriitiline komponent, kuna see tagab akude optimaalse töö ja pikendab nende eluiga. Akude efektiivne juhtimine ja tasakaalustamine on eriti oluline, kui süsteem on mõeldud autonoomseks elektrienergia tootmiseks, kus usaldusväärsus ja ohutus on esmatähtsad.

4.2. Energia väljastamine

Muundurina kasutatakse autotelefonilaadijat, mis on spetsiaalselt loodud 12 V sisendpingega töötamiseks ja annab 5 V 3,1 A väljundpinget. Sellised muundurid on populaarsed autodes, kuna need võimaldavad laadida erinevaid elektroonikaseadmeid, nagu mobiiltelefonid, tahvelarvutid ja GPS-seadmed. Autotelefonilaadija kasutamine muundurina on praktiline ja lihtne lahendus, kuna see on laialdaselt kättesaadav ning tagab usaldusväärse pinge konverteerimise.

Valitud muunduril on neli USB-väljundit, mis pakub mitmekülgset ja võimalust laadida korraga mitut seadet. Selle muunduri eeliseks on ka väike ekraan, mis kuvab aku pinget, võimaldades jälgida süsteemi olekut ja akude seisundit. Selline visuaalne tagasiside aitab kasutajal hoida silma peal akude laetusel ja vältida liigset tühjenemist või ülelaadimist.

Üks USB-väljunditest on pidevalt ühendatud Arduino plaadiga, mis kontrollib ja jälgib elektrilist ning pakub lisafunktsioone. Arduino kaudu saab mõõta erinevaid parameetreid, nagu voolutugevus, pinge ja temperatuur, ning edastada tagasisidet kasutajale. Kuid kui kogemust seadme kasutamisel juba on, võib Arduino vajadusel lahti ühendada, et vabastada veel üks USB-väljund, mida saab kasutada muude seadmete laadimiseks.

Selline modulaarne lähenemine muunduri kasutamisel võimaldab paindlikkust ja kohandatavust vastavalt konkreetsetele vajadustele. See võimaldab kasutajal hõlpsalt vahetada erinevaid komponente või kohandada süsteemi vastavalt kasutusstsenaariumile, muutes elektriliskasüsteemi mitmekülgseks ja mugavaks.



Joonis 4.2.1. Muunduri väljundid.

5. ARDUINO

Akude laadimisprotsessi kontrollib Arduino UNO plaat, mis on üks populaarsemaid mikroprotsessoripõhiseid juhtimisplatvorme. Arduino UNO plaadi külge kinnitati "LCD keypad shield", mis on väike LCD-ekraan koos mõnede nuppudega. See ekraan võimaldab kasutajal jälgida laadimisprotsessi, vaadata elektrienergia parameetreid, nagu pinge ja voolutugevus, ning kontrollida ka aega, mis on möödunud laadimisprotsessi algusest.

Arduino UNO loeb generaatori toodetud pinget ja voolu ning arvutab, millises mahus see energia akudesse jõuab. Selline jälgimine ja kontroll võimaldab tagada akude ohutu laadimise ning aitab vältida ülelaadimist või ebastabiilset pinget. LCD-ekraan pakub visuaalset tagasisidet, et kasutaja saaks kiiresti ja mugavalt jälgida süsteemi toimimist ja veenduda, et kõik töötab plaanipäraselt.

Arduino UNO kasutab kahte peamist teeki: LiquidCrystal[8], mis võimaldab LCD-ekraanile infot kuvada, ja Chrono[9], mis aitab jälgida aega. LiquidCrystal teek annab võimaluse LCD-ekraani lihtsaks juhtimiseks, võimaldades kuvada teksti, numbreid ja sümboleid. Chrono teek on kasulik aja jälgimiseks, mis võib olla oluline, kui on vaja teada, kui kaua laadimisprotsess kestis või kui tihti mingid sündmused toimuvad.

Kokkuvõttes pakub Arduino UNO koos LCD-ekraani ja nende teekidega võimekat ja paindlikku süsteemi, mis võimaldab jälgida ja kontrollida elektriallikat tõhusalt. See lähenemine pakub kasutajatele vajalikku teavet ja võimaldab teha informeeritud otsuseid süsteemi töö kohta, tagades samal ajal akude ohutu ja efektiivse laadimise.



Joonis 5.0.1. LCD ekraan Arduino plaadil.

5.1. Ampermeeter

Arduino abil mõõdetakse pingelangu teatud resistori üle ja arvutatakse voolu väärtus, kasutades Ohmi seadust. Ohmi seadus on üks põhilisi elektriseadusi, mis ütleb, et pinge, vool ja takistus on omavahel lineaarse seosega. Selle seaduse põhivalem on:

$$I = U / R \quad (5.1.1)$$

Antud juhul on mõõtmiseks kasutatud 1,18 Ω takistusega takisti. See on suhteliselt väike takistus, mis ei anna suurt koormust elektriahelale ja on piisav pingelangu tekitamiseks. Arduino mõõdab pinget sellel takistil ja arvutab voolu vastavalt Ohmi seadusele.

5.2. Voltmeeter

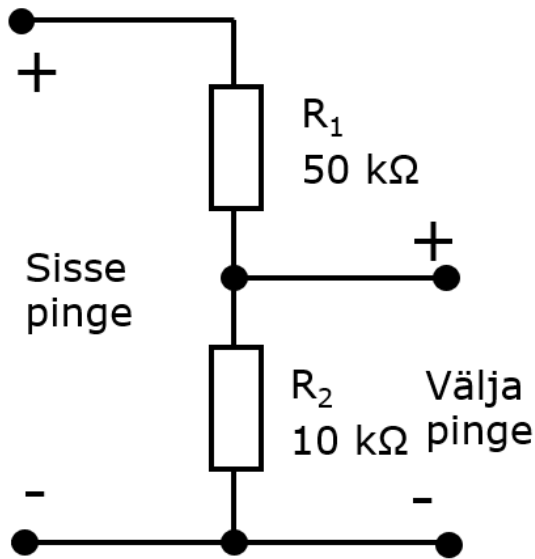
Arduino analoogsisendid töötavad pingega vahemikus 0–5 V, mis tähendab, et need ei saa mõõta suuremaid pingeid ilma täiendavate komponentideta. Kui Arduino on ühendatud elektrisüsteemi, kus pinge võib ületada 5 V, on oluline kasutada pingejagurit[10], mis suudab vähendada suuremat pinget ohutule tasemele.

Pingejagur on lihtne elektrooniline komponent, mis koosneb kahest või enamast takistist, mis jagavad pinget vastavalt nende omavahelisele suhtarvule. Selles projektis kasutati pingejagurit suhtega 1/6, mis tähendab, et Arduino sisendisse jõuab ainult üks kuues osa algsest pingest. See võimaldab mõõta suuremaid pingeid, näiteks mootori toodetud pinget, ilma Arduino ohutut tööpiiri ületamata.

Kui mootori väljundpinge on näiteks umbes 12 V, siis pingejagur langetab selle umbes 2 V-ni, mis on turvaline Arduino analoogsisendile. Pingejaguri arvutamisel kasutatakse Ohmi seadust ja jagurisuhet. Kui jaguri takistused on korralikult valitud, suudab see konverteerida suurema pinget väiksemale, hoides seda ohutus vahemikus. Näiteks kui kasutate kahte takistust, millest üks on 1/6 teisest, siis väljundpinge on kuus korda väiksem kui sisendpinge.

See lähenemine võimaldab Arduino plaadil ohutult jälgida süsteemi pinget ja voolutugevust, andes kasutajale selget tagasisidet akude laadimise ja seadme üldise toimimise kohta. Pingejaguri kasutamine aitab vältida Arduino kahjustamist ülepingest ja tagab süsteemi töö usaldusväärseuse ning turvalisuse. Selline disain on oluline

elektriliste ja elektrooniliste süsteemide puhul, kus pinged võivad erineda ning on vajalik turvaline ja efektiivne juhtimine.



Joonis 4.2.1. Pingejaguri skeem.

$$U_{\text{välja}} = U_{\text{sisse}} * R_2 / (R_1 + R_2) \quad (5.2.1)$$

=>

$$U_{\text{sisse}} = [U_{\text{välja}} * (R_1 + R_2)] / R_2 \quad (5.2.2)$$

R₁ ja R₂ kasutades:

$$U_{\text{välja}} = U_{\text{sisse}} * 10\,000 / (50\,000 + 10\,000) \Rightarrow U_{\text{välja}} = U_{\text{sisse}} / 6 \quad (5.2.1.1)$$

U_{sisse} – mootorist pinge U_{välja} – Arduino-sse pinge

Sellega, maksimaalne pinge, mis ei kahjustada Arduino-le:

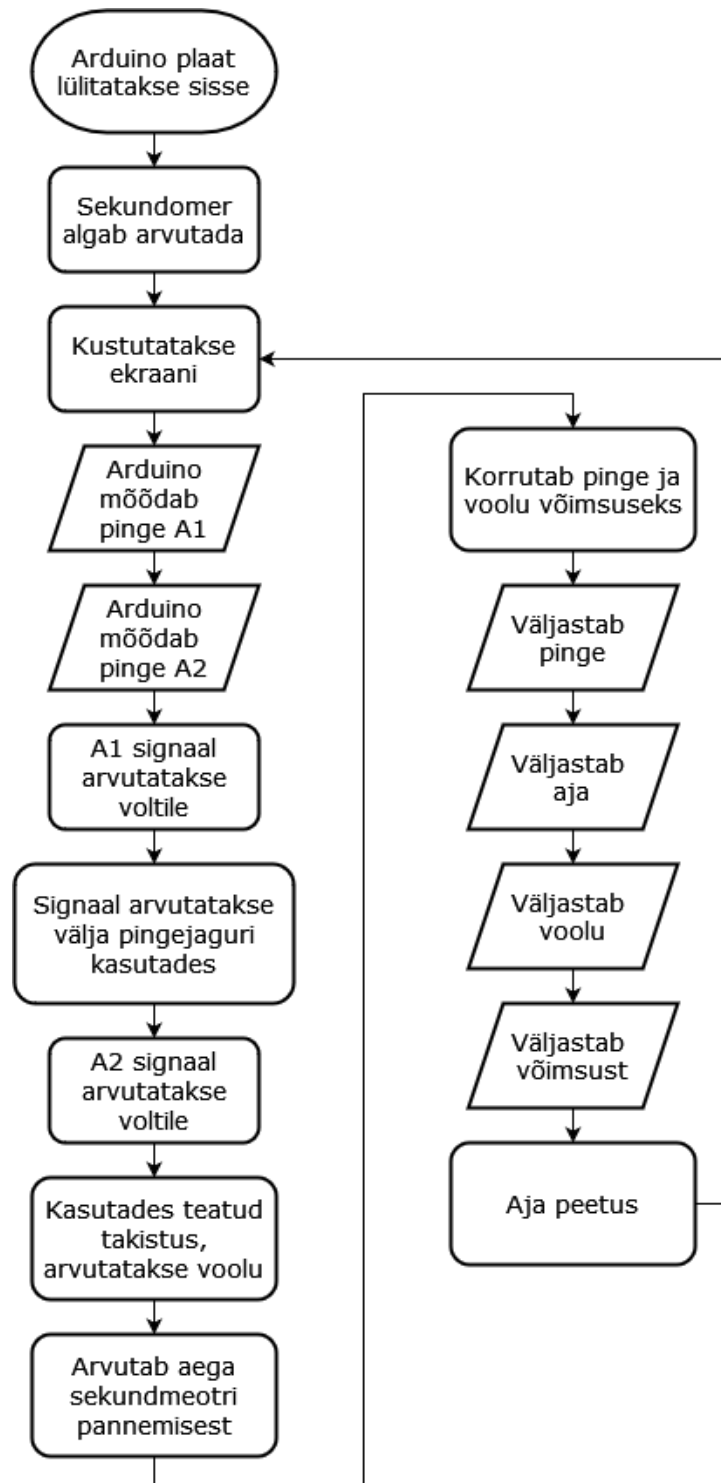
$$U_{\text{sisse}} = [U_{\text{välja}} * (R_1 + R_2)] / R_2 = [50\,000 * (10\,000 + 50\,000)] / 10\,000 = \quad (5.2.2.1)$$

= 5 * 6 = 30 V – mis on võimalik jõuda rattal väga suure kiirusega.

5.3. Koodi põhiidee

Arduino-koodi põhieesmärk on pakkuda kasutajale reaajas kogu vajalikku teavet. See hõlmab selliseid näitajaid nagu mootori pinge, akude laadimiseks kuluv voolutugevus, süsteemi võimsus ning ka aega alates Arduino plaadi sisselülitamisest. Andmete

värskendamiseks iga 30 millisekundi järel kasutatakse teatud loogikat ja funktsioone, mis tagavad sujuva ja ajakohase teabe kuvamise. See võimaldab kasutajal jälgida elektriallikat reaajas ning hinnata süsteemi efektiivsust ja ohutust.



Joonis 5.3.1. Põhikoodi idee plokk skeem.

Kui pinge mõõtmine on peamine osa Arduino töös, võib selle kohta tekkida mitmeid küsimusi. Allpool on Arduino koodilõik, mis mõõdab generaatori pinget:

```

analog_value = analogRead(A1); // signaali m66tmine
temp = (analog_value * 5.0) / 1024.0; // arvutab pinget
u_in = temp / (1/(r1+r2)); //pingejaguri suhe kasutades pingereaalset arvutamist

```

Analoogsignaali digitaliseerimiseks kasutab Arduino 10-bitist analoog-digitaalmuundurit (ADC), mis tähendab, et analoogsignaali väärtus jääb vahemikku 0–1024. Arduino tavapinge on 5 V, seega on 1024 digitaalväärtus vastav 5 V pingele. Nii saame pingeväärtuse järgmise valemi abil:

$$temp = \frac{analog\ value * 5.0}{1024.0} \quad (5.3.1)$$

See teisendab analoogsignaali pingeväärtuseks. Edasi arvutab u_{in} pinget, kasutades pingejaguri suhtarvu, mis sõltub takistustest r_1 ja r_2 . Kui reaalne pinget on määratletud järgmise valemiga:

$$u_{in} = \frac{temp}{\frac{1}{r_1+r_2}} = temp(r_1 + r_2) \quad (5.3.2)$$

See annab reaalse pingeväärtuse, arvestades teie pingejaguri suhtarvu.

Voolu mõõtmiseks kasutatakse sageli sarnast meetodit, kuid sel juhul on olulised erinevused. Näiteks kasutatakse erinevat pingejaguri suhtarvu või eeldatakse teistsugust seost pinget ja voolu vahel. Allpool on esitatud Arduino koodilõik, mis selgitab, kuidas voolu mõõta ja arvutada vastavalt Ohmi seadusele.

```

analog_value = analogRead(A2); // signaali m66tmine
temp = (analog_value * 5.0) / 1024.0; // arvutab pinget
i_in = temp / 1.18; //Ohmi seaduse järgi voolu arvutamine

```

Siin loeme analoogväärtuse A2 pinnilt ja teisendame selle pingeks, kasutades sama meetodit nagu varem. Voolu arvutamiseks kasutame Ohmi seadust, mis ütleb, et pinget ja voolu seos on määratud takistuse järgi:

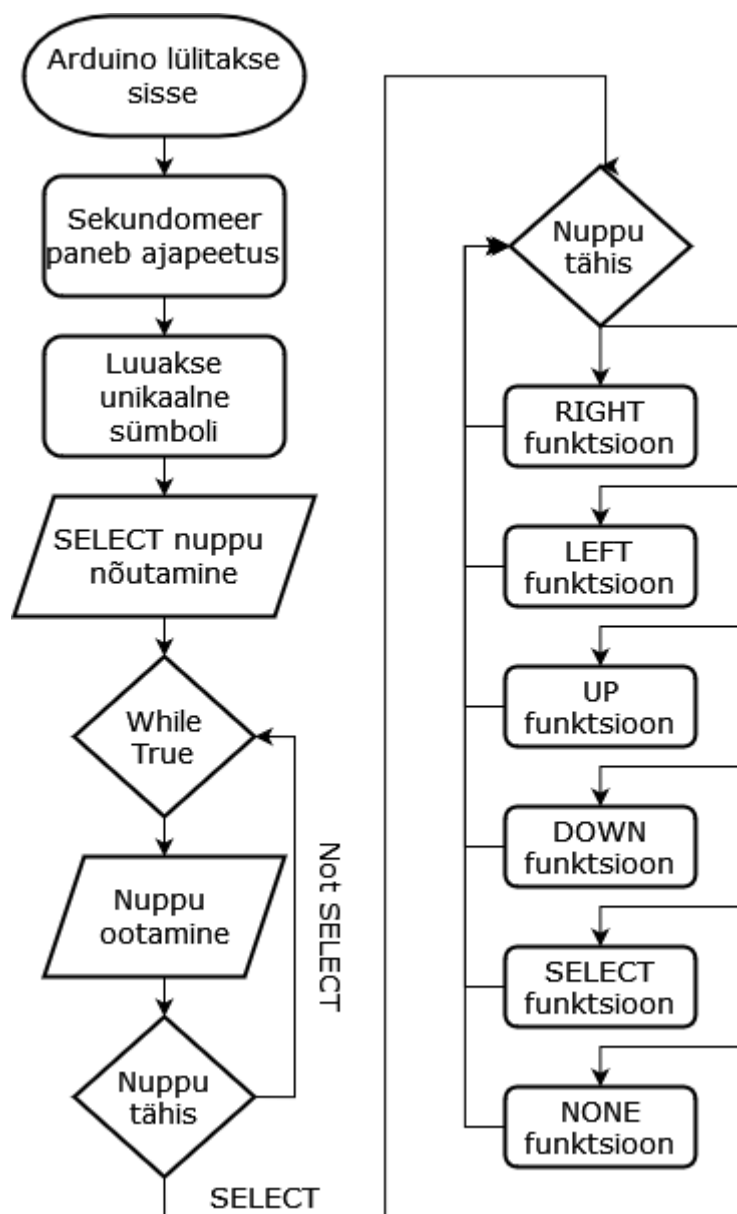
$$I = \frac{U}{R} \quad (5.3.3)$$

Valemi sees olev konstant 1.18 viitab kasutatud takistuse väärtusele, mis aitab arvutada voolu vastavalt mõõdetud pingele.

Mälu kokkuhoiu huvides võime kasutada samu muutujaid, kuid analoog-pinnid on erinevad, sest paralleelsete mõõtmiste korral tuleb pingelangust hinnata ilma pingejagurita. Täielik kood on esitatud Lisas 1.

5.4. Laendatud koodi prototüüp

LCD-ekraanil olevad nupud võimaldavad kasutajatel süsteemi käsitsi juhtida ja luua mitmekülgsemaid töörežiime. Arendasime täiustatud prototüübi, mis suurendab võimalusi Arduino kasutamisel ning pakub kasutajale suuremat mugavust. Täiendatud versioon võimaldab mitut töörežiimi ja pakub rohkem teavet, võimaldades kasutajatel valida erinevate menüüde vahel ning saada täpsemat tagasisidet (vt Lisa 2).



Joonis 5.4.1. Laendatud põhikoodi idee plokk skeem.

Selle projekti raames kasutati 6 nuppu, millest igaüks vastab erinevale funktsioonile:

- SELECT – Programmi algnupp, mis avab põhimenüü.
- UP – Voltage/Power (pinge/võimsus). Kuvab generaatori pinget ja võimsust.
- DOWN – All statistics (kõik statistika). Kuvab korraga kõiki andmeid, mida tavaliselt näidatakse esimeses koodivariandis.
- LEFT – Ride time (sõiduaeg). Kuvab aega, mis on möödunud pärast Arduino süsteemi käivitamist.
- RIGHT – Charge Light (laadimisindikaator). Kuvab laadimise olekut. Kui generaator toodab piisavalt pinget aku laadimiseks (vahemikus 12–16 V), süttib ekraani taustvalgus. Kasutab eri sümboli, mis loodud spetsiaalselt.
- RST – Algseadete nupp, mis taaskäivitab programmi. Iga kord, kui seda nuppu vajutatakse, avab kood valitud menüü ja värskendab andmeid iga sekundi järel.

Uue töörežiimi lisamine laendatusel programmil, Charge Light (RIGHT), teeb selle töökorralduse eriliseks. Kasutajale on sageli keeruline hinnata, kas nende kiirus vastab õigeks pingele saavutamiseks vajalikele tingimustele. Seetõttu loodi spetsiaalne režiim, kus kogu LCD-ekraan valgustub, kui generaator annab pinget vahemikus 12 kuni 16 V. Selleks loodi unikaalne sümbol, mille iga üksus on 5 korda 8 ühikut. Kuna sellist sümbolit pole vaikumisi saadaval, tuli see luua, kirjeldades seda maatriksi kujul ja seejärel aktiveerides.

Allpool toodud käskude ja funktsioonide näitamiseks selle loomise protsessis kasutati järgmisi samme:

```
byte all_light[8] = {
  B11111,
  B11111,
  B11111,
  B11111,
  B11111,
  B11111,
  B11111,
  B11111,
  B11111,
  B11111
}; // Sümboli määratlemine

lcd.createChar(0, all_light); // Sümboli loomine

case btnRIGHT: //RIGHT režiimi sisu
```

```

{
  lcd.clear(); // Ekraani puhastamine
  if(u_in > 12.0 && u_in < 16.0){ // Pinget võrdlemine vahemikuga
    for(int n = 0; n < 16; n++) // Iga sümboli kirjutamine iga ühiku jaoks
    {
      lcd.setCursor(n,0);
      lcd.write(byte(0));
      lcd.setCursor(n,1);
      lcd.write(byte(0));
    }
  }else{lcd.clear();} // Vale pinget korral puhastatakse ekraan
  break; // case lõpp
}

```

Selles koodilõigis kirjeldatakse, kuidas loodi ja aktiveeriti spetsiaalne sümbol, mida kasutatakse Charge Light režiimis. Kui generaatori pinget on vahemikus 12 kuni 16 V, kuvatakse kogu LCD-ekraanil see sümbol, kuid muul juhul ekraan puhastatakse.

See paindlik süsteem on eriti kasulik uutele kasutajatele, kes võivad vajada täpset juhendamist ja selget teavet laadimisprotsessi kohta. Erinevate töörežiimide abil saavad kasutajad valida endale sobiva kuvamisrežiimi ja koguda vajalikku teavet, nagu näiteks akude laadimiskiirus ja laadimistasemed.

Selline mitmekülgne lähenemine aitab kasutajatel paremini mõista elektriallikat ja selle tööd ning tagab selge visuaalse tagasiside, mis on kriitiline seadme efektiivse ja ohutu kasutamise jaoks. Nupud ja menüüvalikud lisavad kasutajatele paindlikkust, võimaldades süsteemi hõlpsalt juhtida ja jälgida vastavalt vajadusele.

6. TULEMUSED

Loodud autonoomne elektritootmisallikas osutus praktiliseks seadmeks, millel on mitmesuguseid rakendusi tänapäeva elus. Eksperimendi tulemustest koostati diagramm (vt Joonis 6.0.1), mis näitab, kui palju mahtuvust saab ühe tunni jooksul toota, kasutades seda loodud seadet. Mahtuvus sõltub elektrilise generaatori pingest ja pöörlemiskiirusest, mis omakorda määrab, kui kiiresti jalgratas või muu mehhaaniline allikas töötab.

Arvutustes kasutati keskmist voolu 1,2 A. Generaator suudab pakkuda ligikaudu 16 V, kui pöörlemiskiirus on suur, kuid stabiilsema tootmise saavutamiseks piisab ka aeglasemast tempost, mis toodab umbes 12 V. See võimaldab mitmekülgset kasutamist erinevate seadmete jaoks, näiteks väikese elektroonika laadimiseks või valgustuse käitamiseks.

Järgnevalt on esitatud arvutused, mis näitavad, kui palju aega kulub mobiiltelefoni laadimiseks. Arvestades, et generaatori toodetud energia on väljendatud vatt-tundides (Wh), kuid telefoni aku mahtuvus on märgitud milliampertundides (mAh), tuleb need ühikud vastavusse viia[11].

$$Q = 1000 * E / U \quad (6.0.1)$$

$$Q = 1000 * 14,4 / 12 = 1200 \text{ mAh} \quad (6.0.1.1)$$

Telefooni ak on 5000 mAh.

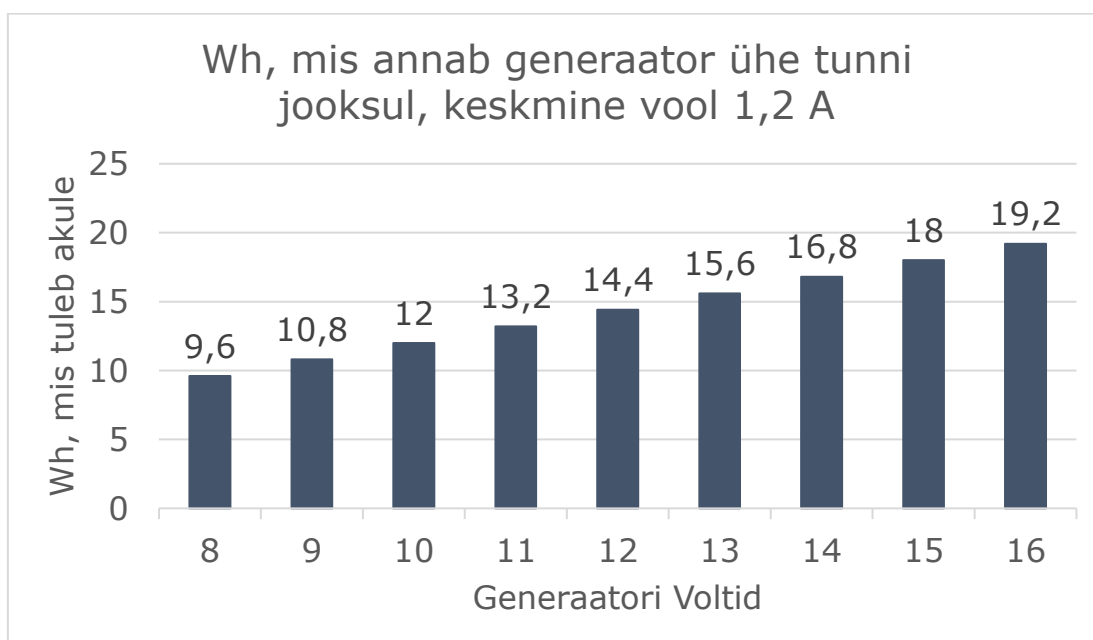
$$t = 5000 / 1200 = 4,17 \text{ tunni} \quad (6.0.2)$$

Vaiksel tempol sõites suudab loodud autonoomne elektritootmisallikas laadida mobiiltelefoni umbes 4 tunni jooksul. See näitab, et seade on piisavalt tõhus, et pakkuda laetavaks vajaminevat energiat, isegi kui jalgratas või muu mehhaaniline allikas ei tööta suure kiirusega.

See laadimisaeg on piisav, et katta igapäevast pendeldamist, näiteks tööle ja tagasi sõitmist, või kasutada seda laadimislahendusena pikematel nädalavahetuse reisidel loodusesse. Vaiksem tempo võimaldab stabiilsemat energiatootmist, mis võib olla kasulik olukordades, kus kiire kiirendus või pidev suur koormus ei ole võimalik või vajalik.

Kui arvestada, et kaasaegse mobiiltelefoni aku täislaadimiseks kulub umbes 3000 - 5000 mAh sõltuvalt mudelist, siis on 4-tunnine laadimisaeg suurepärane lahendus pikemaks laadimiseks. See annab kasutajatele paindlikkuse ja iseseisvuse olukordades, kus elektrit pole hõlpsasti kättesaadav või kui soovitakse kasutada taastuenergiat võimalusi.

Selline lahendus on eriti kasulik seiklejatele, jalgratturitele või inimestele, kes soovivad olla sõltumatud traditsioonilistest elektrivõrkudest, pakkudes neile võimalust hoida oma seadmeid laetuna ka teel olles. Samuti võib see olla osa säästlikust elustiilist, kasutades taastuvat energiat mobiilseadmete laadimiseks ning seega vähendades energiatarvet ja süsinikujalajälge.



Joonis 6.0.1. Diagramm, Wh sõltuvuses Voltist konstansega vooluga.

6.1. Detailide nimikiri

Autonoomse elektritoiteallika loomiseks kasutati mitmeid komponente. Tabel 6.1.1. sisaldab kõiki komponente koos nende hindadega, kus hinnad on ümardatud mugavama lugemise huvides. Need hinnangulised hinnad põhinevad Interneti allikatel ja esindavad keskmist taset, seega võib leida nii odavamaid kui ka kallimaid valikuid sõltuvalt toote kvaliteedist, brändist ja tarnijast.

Komponentide ja nende hindade esialgne loend võib on toodud allal (hinnad on esitatud umbkaudsete näidetena, kuna tegelikud hinnad võivad aja jooksul muutuda):

Tabel 6.1.1. Seade detaili hinnakiri

Nimetus	Hind, €	Kogus, tk	Lõpphind, €
Mootor	15	1	15
Akk	5	4	20
Arduino plaat	18	1	18
LCD keypad sheild	10	1	10
Muundur	6	1	6
Kondensaator	0,1	1	0,1
Diiodi sild	1	2	1
Juhtmed (10 tk)	3	1	3
Takisti	0,04	3	0,12
3D detail (plast)	0,4	1	0,4
Kokku			75

Tabel, mis kirjeldab autonoomse elektritoiteallika loomiseks vajalikke komponente ja nende hinnanguid, aitab projekti maksumust hinnata. Komponentide hinnad võivad varieeruda sõltuvalt kvaliteedist, kaubamärgist ja müügikohtadest, seega on alati võimalik leida odavamaid või kallimaid alternatiive. Selline tabel on kasulik vahend projekti materjalikulude määramiseks ja eelarve planeerimiseks. Eelarve planeerimisel võib olla mitmeid lähenemisviise, eriti kui eelarve on piiratud.

Kui luua seadme lihtsustatud või lõigatud versioon, võib kogumaksumus olla alla 50 euro. See võib tähendada keerukamate komponentide eemaldamist, lihtsama disaini kasutamist või vähendatud funktsionaalsust. See on hea võimalus algajatele või väikese eelarvega projektidele.

Kasutades taaskasutatud või taaskonfigureeritud komponente, võib oluliselt vähendada kogumaksumust. See võib hõlmata vanade seadmete osade kasutamist, näiteks vanadest arvutitest, printeritest või muudest elektroonikaseadmetest.

Üks olulisemaid komponente, mis tavaliselt vajab uut ostu, on akud. Akud on kriitilise tähtsusega süsteemi töökindluse ja ohutuse tagamiseks, ning vanad akud võivad olla kulunud või ebausaldusväärsed. Seetõttu võib uute akude ost olla hädavajalik isegi taaskasutatud komponentidega süsteemi puhul.

Selliste lähenemisviisidega saab luua autonoomse elektritoiteallika, mis on taskukohane ja efektiivne, isegi piiratud eelarvega. Samuti võib see julgustada keskkonnasõbralikke

tavasid ja taaskasutust, mis vähendab jäätmeid ja toetab jätkusuutlikku inseneripraktikat.

KOKKUVÕTE

Projekti elluviimisel kasutas autor kõiki oma õpingute jooksul omandatud teadmisi ja oskusi, mis hõlmasid mitmeid valdkondi, alates elektrimasinatest ja vooluringidest kuni mehaanika, Arduino programmeerimise, elektriseaduste ja projekteerimise põhimõtteni. Sellise laiapõhjalise teadmiste baasi toel loodi autonoomne elektritootmisallikas, mis oli mitte ainult ohutu ja tõhus, vaid ka piisavalt kompaktne, et seda saaks kasutada erinevates olukordades, olgu selleks siis jalgrattasõit või väliretked.

Projekti raames kasutati taaskasutatud detaile, andes nendele uue elu ning muutes kogu loomisprotsessi keskkonnasõbralikumaks. Vanade komponentide taaskasutamine mitte üksnes ei aidanud vähendada jäätmeid, vaid rõhutas ka jätkusuutlikkuse tähtsust inseneripraktikas. See illustreerib, et innovatsioon ei vaja alati uute ja kulukate komponentide kasutamist; sageli võib vanade detailide nutikas ümberkujundamine olla sama tõhus ja keskkonnasõbralikum. See lähenemine on kooskõlas ringmajanduse põhimõtetega, mis rõhutavad olemasolevate ressursside taaskasutamise ja keskkonnasäästlikkuse olulisust.

Seadme töökindluse ja efektiivsuse tagamiseks viidi läbi põhjalikke mõõtmisi, sealhulgas voolu, pinget ja võimsuse mõõtmisi. Need testid kinnitasid, et loodud seade on usaldusväärne ja vastab ootustele. Lisaks kontrolliti akude võimet salvestada ja edastada elektrienergiat. Mõõtmiste tulemused näitasid, et seade suudab toota piisavalt energiat väikeste elektroonikaseadmete, nagu mobiiltelefonid, kõrvaklapid ja arvutihiired, laadimiseks.

Projekti edukas elluviimine demonstreerib, et isegi piiratud ressurssidega on võimalik luua funktsionaalne ja tõhus elektritootmisallikas. See rõhutab, et innovatsioon ja loovus ei vaja alati suuri investeeringuid; sageli piisab olemasolevate ressursside nutikast kasutamisest. Taaskasutus ja ressursside tõhus kasutamine võivad oluliselt vähendada keskkonnamõju ning toetada jätkusuutlikku arengut.

Autonoomsel elektritootmisallikal on mitmeid rakendusvõimalusi, mis sõltuvad kasutusotstarbest ja ehitusdetailidest. See mitmekülgsus võimaldab seadet kasutada erinevates keskkondades, nagu koolid, koolitused või töötoad, et demonstreerida elektritootmist ja edendada rohelist energia kontseptsiooni. See on suurepärane näide vanade detailide kasutamisest kasuliku elektrienergia loomiseks. Tööpõhimõtete lihtsa mõistmise tõttu on seda lihtne kasutada nii lastel kui ka inimestel, kes pole

elektrivooluga päevast päeva kokku puutunud. Sellise kasutamise kaudu mitte ainult ei suurendata teadmisi elektritootmise valdkonnas, vaid levitatakse ka roheline energia ja taaskasutamise ideid.

Projekti lõpptulemus näitab, et tehnilised teadmised ja loovus on võimsad vahendid jätkusuutlike lahenduste leidmiseks. See innustab insenere ja tehnoloogiahuvilisi mõtlema laiemalt ja leidma innovaatilisi viise keskkonnasõbralike probleemide lahendamiseks. Selline lähenemisviis on oluline planeedi ressurside kaitsmisel ja uute, tulevikku suunatud tehnoloogiliste lahenduste väljatöötamisel. Kuna projekt keskendus rohelisele energiale, näitab see, et meil on juba olemas vajalikud teadmised ja oskused maailma paremaks muutmiseks. Vajalik on ainult julgust alustada.

SUMMARY

During the implementation of the project, the author applied all the knowledge and skills acquired during their studies, encompassing multiple fields ranging from electrical machines and circuits to mechanics, Arduino programming, electrical laws, and principles of design. With such a broad knowledge base, an autonomous electricity generation source was created, which was not only safe and efficient but also compact enough to be used in various situations, whether it be cycling or outdoor excursions.

Recycled components were utilized in the project, giving them new life and making the entire creation process more environmentally friendly. Recycling old components not only helped reduce waste but also emphasized the importance of sustainability in engineering practice. This illustrates that innovation does not always require the use of new and expensive components; often, clever redesign of old components can be equally effective and more environmentally friendly. This approach is in line with the principles of the circular economy, which emphasize the importance of recycling existing resources and environmental sustainability.

To ensure the reliability and efficiency of the device, thorough measurements were conducted, including current, voltage, and power measurements. These tests confirmed that the created device is reliable and meets expectations. Additionally, the ability of the batteries to store and deliver electrical energy was verified. The measurement results showed that the device can produce enough energy to charge small electronic devices such as mobile phones, headphones, and computer mice.

The successful implementation of the project demonstrates that even with limited resources, it is possible to create a functional and efficient electricity generation source. It emphasizes that innovation and creativity do not always require large investments; often, smart use of existing resources is sufficient. Recycling and efficient resource utilization can significantly reduce environmental impact and support sustainable development.

The autonomous electricity generation source has several potential applications depending on the use case and construction details. This versatility allows the device to be used in various environments such as schools, training sessions, or workshops to demonstrate electricity generation and promote the concept of green energy. It is an excellent example of using old components to create a useful electrical source. Due to the simplicity of its operating principles, it is easy to use for both children and individuals who have not been exposed to electricity on a daily basis. Through such use, not only

are knowledge and understanding increased in the field of electricity generation, but ideas of green energy and recycling are also disseminated.

The final outcome of the project demonstrates that technical knowledge and creativity are powerful tools for finding sustainable solutions. It inspires engineers and technology enthusiasts to think broadly and find innovative ways to solve environmental problems. This approach is crucial in protecting the planet's resources and developing new, future-oriented technological solutions. As the project focused on green energy, it shows that we already have the necessary knowledge and skills to make the world a better place. All that is needed is the courage to start.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

[1] – Xiaomi velotrenažöör - <https://detail.zol.com.cn/SPINNING/index1793095.shtml>
- 28.02.2024

[2] – Aliexpressi komplekt -
https://aliexpress.ru/item/1005005886262983.html?sku_id=12000034707968089 -
29.02.2024

[3] – Isetehtud dünamomaasin - <http://howmuchsnow.com/bikegenerator/> -
29.02.2024

[4] – Bike generators - <https://www.bikeradar.com/advice/buyers-guides/bike-dynamos> - 28.02.2024

[5] – Cycling power - <https://www.cyclistshub.com/average-cycling-power/> -
27.02.2024

[6] – Lithium-ion Batteries - <https://www.energy.gov/energysaver/articles/how-lithium-ion-batteries-work> - 03.03.2024

[7] – BMS - <https://www.synopsys.com/glossary/what-is-a-battery-management-system.html> - 28.03.2024

[8] - LiquidCrystal - <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/liquidcrystal/> -
28.03.2024

[9] - Chrono - <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/chrono/> - 20.03.2024

[10] – Pingejagur - <https://ohmslawcalculator.com/voltage-divider-calculator> -
23.04.2024

[11] – Wh muundamine mAh - <https://www.rapidtables.com/calc/electric/wh-to-mah-calculator.html> - 28.04.2024

LISAD

LISA 1. Arduino kood

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Chrono.h>

/*****
 * Anastassija Kuškova
 * 28.04.2024
 * Eelkaitse Arduino kood
 *****/
LiquidCrystal lcd(8,9,4,5,6,7);
Chrono sekundomer;
int analog_value = 0;
float u_in = 0.0;
float temp = 0.0;
float r1 = 1.0;
float r2 = 5.0;
float i_in = 0.0;

void setup() {
  lcd.begin(16, 2); // LCD ekraani suurus
  pinMode(A1,INPUT); // tuleb signaal A1 pinist
  pinMode(A2,INPUT); // tuleb signaal A1 pinist
  sekundomer.restart(0); // sekundomeeri toole panemine
}

void loop() {

  analog_value = analogRead(A1); // signaali m66tmine
  temp = (analog_value * 5.0) / 1024.0; // arvutab pinget
  u_in = temp / (1/(r1+r2)); //pingejaguri suhe kasutades pinget reaalse arvutamise

  lcd.clear();

  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("U=");
```

```
lcd.print(u_in); // valja kirjutamine ekraanile
lcd.print("V");

lcd.setCursor(8,0);
lcd.print("T:");
lcd.print(sekundomer.elapsed()/1000); // valja kirjutamine ekraanile
lcd.print("s");

analog_value = analogRead(A2); // signaali m66tmine
temp = (analog_value * 5.0) / 1024.0; // arvutab pinget
i_in = temp / 1.18; //Ohmi seaduse jargi voolu arvutamine
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("I=");
lcd.print(i_in); // valja kirjutamine ekraanile
lcd.print("A");

lcd.setCursor(8,1);
lcd.print("P=");
lcd.print((u_in/1.8)*u_in); // valja kirjutamine ekraanile
lcd.print("W");

delay(30); // ajapeetus
}
```

LISA 2. Arduino laienenud kood

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Chrono.h>

/*****
 * Anastassija Kuškova
 * 01.04.2024
 * Lõputöö Arduino kood
 *****/

LiquidCrystal lcd(8,9,4,5,6,7);
Chrono sekundomer;

int lcd_key = 0;
int adc_key_in = 0;
#define btnRIGHT 0
#define btnUP 1
#define btnDOWN 2
#define btnLEFT 3
#define btnSELECT 4
#define btnNONE 5
byte all_light[8] = {
  B11111,
  B11111,
  B11111,
  B11111,
  B11111,
  B11111,
  B11111,
  B11111
};

int u = 0;
float r = 1152.0;
float u_in = 0.0;
float temp = 0.0;
float r1 = 1.0;
float r2 = 5.0;
float p = 0.0;
```

```

void setup()
{
  lcd.begin(16,2); // start
  Serial.begin(9600);
  sekundomer.restart(0);
  lcd.createChar(0, all_light);
  pinMode(A1,INPUT);// A0 - аналоговый вход
  while (true){

    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("For ride start");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("menu press SEL");
    lcd_key = read_LCD_buttons(); //read the buttons
    Serial.println(lcd_key);
    Serial.println(btnRIGHT);
    Serial.println("");
    if(lcd_key = 4){
      break;
    }
  }
}

void loop()
{
  u_in = voltmeeter();
  lcd_key = 0;
  lcd_key = read_LCD_buttons(); //read the buttons
  button_switch_case(lcd_key);
}

/*****
* Nuppude lugemine
*****/

int read_LCD_buttons()

```

```

{
  adc_key_in = analogRead(A0); // read value

  if(adc_key_in > 1000) return btnNONE;

  if(adc_key_in < 50) return btnRIGHT;

  if(adc_key_in < 250) return btnUP;

  if(adc_key_in < 450) return btnDOWN;

  if(adc_key_in < 650) return btnLEFT;

  if(adc_key_in < 850) return btnSELECT;

  return btnNONE; // If all else fails
}

```

```

/*****
*****
* Switch töörežiimid
*****
*****/

```

```

void button_switch_case(int lcd_key)
{
  switch (lcd_key)
  {
  case btnRIGHT:
    {
      lcd.clear();
      if(u_in > 1.63 && u_in < 2.62){
        for(int n = 0; n < 16; n++)
        {
          lcd.setCursor(n,0);
          lcd.write(byte(0));
        }
      }
    }
  }
}

```



```

        lcd.setCursor(n,1);
        lcd.write(byte(0));
    }
}else{lcd.clear();}
break;

}

case btnLEFT:
{
    lcd.clear();
    lcd.print("time: ");
    lcd.print((sekundomer.elapsed()/1000));
    lcd.print("seconds");
    delay(10);
    break;
}

case btnUP:
{
    u_in = voltmeeter();
    Serial.println(u_in);
    lcd.clear();
    lcd.print("Voltage - ");
    lcd.print(u_in);
    lcd.print(" V");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Power - ");
    p = (u_in * u_in) * r;
    lcd.print(p);
    lcd.print(" W");

    break;
}

case btnDOWN:
{
    lcd.clear();
    lcd.print("");
    delay(3000);
    button_switch_case(btnSELECT);
}

```

```

    break;
}
case btnSELECT:
{
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print(" RIGHT-Charge Light  LEFT-Ride time");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(" UP-Ride statistics  DOWN-cute thing");
    for (int positionCounter = 0; positionCounter < 24; positionCounter++) {
        lcd.scrollDisplayLeft();
        delay(600);
    }
}
case btnNONE:
{
    break;
}
}
/*****
*****
* Voltmeter moduleerimine

*****
*****/
float voltmeter(){
    u = analogRead(A1);
    temp = (u * 5.0) / 1024.0;
    u_in = temp / (1/(r1+r2));
    return u_in;
}

```