



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

Elektrienergia mõõtesüsteemi arendamine energeetika laboribaasil

Development of the Electricity measurement system in the energy laboratory

Masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimine

EDJR16/17 ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Ivan Semivelichenko

Üliõpilaskood: 183433

Juhendaja: Tatjana Baraškova,
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.

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

Autor: Ivan Semivelichenko

/ allkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele

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

Juhendaja: Tatjana Baraškova

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

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

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS

Mina Ivan Semivelichenko (sünnikuupäev: 28.01.1999)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Elektrienergia mõõtesüsteemi arendamine energeetika laboribaasil, mille juhendaja on Tatjana Baraškova,
 - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas 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 punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Ivan Semivelichenko

Õppekava, peeriala: EDJR16/17 - Masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimine, energiatehnika

Juhendaja(d): Vanemlektor, Tatjana Baraškova, tatjana.baraskova@taltech.ee

Konsultant: -

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Elektrienergia mõõtesüsteemi arendamine energeetika laboribaasil.

(inglise keeles) Development of the Electricity measurement system in the energy laboratory.

Lõputöö eesmärk: Töö eesmärgiks on luua mõõtekanal elektrienergia kvaliteedi mõõtmiseks ja kontrollimiseks

Lõputöö põhiülesanded:

1. Kirjeldada kuidas püstitud probleeme määratleda
2. Kirjeldada kuidas hinnata protsessi jaoks tähtsad sisendid ja väljundid
3. Lokaalse mõõtesüsteemi koostamine
4. Mõõteriistade kontroll ja mõõtmiste analüüs

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Lähteandmete analüüs koostatava metoodika näitlikustamiseks	28.02.2022
2.	Mõõtesüsteemi koostamine ja analüüs	10.03.2022
3.	Metodoloogia elektrienergia efektiivsuse kontroll ja hindamine	31.03.2022
4.	Pane kirja kõik tulemused ja esita töö	30.04.2022
5.	Lõputöö koostamine ja korrektuur	16.05.2022

Töö keel: Eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "....."..... 20.....a

Üliõpilane: Ivan Semivelichenko "....."..... 20.....a
/allkiri/

Juhendaja: Tatjana Baraškova "....."..... 20.....a

/allkiri/

Programmijuht: Veronika Shirokova

/allkiri/

“.....”..... 20.....a

SISSUKORD

EESSÕNA	7
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	8
SISSEJUHATUS	9
1. TÖÖKIRJELDUS	11
1.1 Põhimõisted	11
1.2 Elektrivarustuse laboratooriumi kirjeldus	12
1.2.1 Laboratooriumide moderniseerimise eesmärgid ja ülesanded	12
2. ELEKTRIENERGIA LABORATOORNE MÕÕTMISÜSTEEM	13
2.1 Seadmete loetelu	13
2.2 Paigaldamine	19
3. ANDMETE VALIDEERIMINE.....	25
3.1 Mõõtmine	25
4. MODERNISATSIOON	29
4.1 Probleemid ja nende lahendus.....	29
KOKKUVÕTE	30
SUMMARY.....	31
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	32
Lisa 1 E.ON ES Sverige AB kontrollimenetlus.....	33
Lisa 2 Jaotuskilbi skeem enne tööde teostamist.....	34
Lisa 3 Jaotuskilbi skeem enne tööde teostamist.....	35
Lisa 4 Jaotuskilbi skeem pärast tööde teostamist.....	36
Lisa 5 Jaotuskilbi skeem pärast tööde teostamist.....	37

EESSÕNA

Lõputöö teema pakkus välja Tallinna Tehnikaülikooli Virumaa Kolledži lektor Tatjana Baraškova.

Käesoleva lõputöö eesmärgiks on luua mõõtekanal elektrienergia kvaliteedi mõõtmiseks ja kontrollimiseks. Kõik selle teema uurimise materjalid ja andmed valiti juhendaja soovitusel. Lõputöö jaoks koguti andmeid mõõtesüsteemide projekteerimise ja mõõtekanalite loomise kohta.

Lõputöö autor tänab oma juhendajat Tatjana Baraškovat hindamatu abi ja juhendamise eest ning masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimise programmijuhi Veronika Shirokovat toetuse eest lõputöö kirjutamisel.

Märksõnad: Mõõtesüsteem, energeetika, projekteerimine, energiasüsteemi kontroll, diplomitöö.

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

V – volt, pinge mõõtühik

kV - kilovolt

W - vatt, võimsuse mõõtühik

A – amper, elektrivoolu tugevuse mõõtühik

MS – mõõtesüsteem

kWh - Elektrienergia tarbimine

SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö teema valiti autori diplomieelse praktika ajal kolledži laboratooriumides. Vastavalt Euroopa standarditele: ISO 9001: 2017, EVS-EN ISO/IEC 17025:2017 [1,2], sõnastati lõputöö teema, eesmärk ja ülesanded. Käesoleva lõputöö eesmärk on luua mõõtekanal elektrienergia kvaliteedi mõõtmiseks ja kontrollimiseks, kasutades ISO/IEC 98-1: 2009 [3].

Enamik mõõtesüsteeme seisneb kolmeefaasilise elektriarvesti paigaldamises. See lahendus kitsendab oluliselt elektrienergia mõõtmise ulatust ja välistab võimaluse mõõta üksikute seadmete või elektriliinide energiatarbimist. Autor oli huvitatud mõõtesüsteemi mõõtekanali loomisest ja üksiktarbijate võimsuste mõõtmisest. Selline süsteem on välja pakutud Tallinna Tehnikaülikooli Virumaa Kolledži elektrivarustuse laboratooriumis. Autoril puudusid kogemused selliste süsteemide loomisel, seega kasutati akrediteeritud laboratooriumide kogemusi, nagu A.V.R. Elekter OÜ ja AMPRIEKSPERT OÜ. Lõputöös käsitletavad põhipunktid on järgmised:

- Mõõtesüsteemi loomine elektrivarustuse laboratooriumis;
- Mõõtesüsteemi mõõtekanali loomine;
- Elektrienergia arvestus;
- Erinevate koormuste praeguse võimsuse arvestamine.

Lisaks eeltoodule uuritakse lõputöös ka mõõtmiskanali tõhusust ning kaalutakse selliste mõõtmiskanalite loomise võimalikkust ettevõtetes.

On teada, et alates 2009. aastast on Euroopa Komisjon otsustanud suunata riigid energiatarbimise aruka mõõtmise suunas, et parandada energiatõhusust. Ühest küljest, hõlmavad arukad mõõtmisüsteemid kahesuunaliste elektriarvestite kasutamist ja mugavaid võimalusi, nagu mõõtenäitude kauglugemine ja elektriarvestite kauglülitus. Teisest küljest, antud süsteemi turvalisusele on hakatud. Peale selle, Euroopa Võrgu- ja Infoturbeamet (ENISA) hakkasid sellele mõtlema alles pärast kaasaegsete intelligentsete süsteemide loomist.

Elektriarvestuse infosüsteemi rakendamisel on tekkinud mitmeid probleeme: kas elektrienergia ja võimsuse mõõtmine kuulub riikliku reguleerimise alla, et tagada mõõtmiste ühetaolisus?

Ja tõepoolest on olemas ainult elektriarvestus, mis tähendab, et mõõtmiste täpsuses ei ole küsimustki. Ploomulikult on olemas õiguslikud nõuded elektrienergia mõõtmise korraldamiseks, kuid mitte mõõtmiseks.

Eespool öeldu põhjal on töö eesmärk on koostada metodoloogia elektrienergia efektiivsuse kontrollimiseks ja hindamiseks vastavalt mõõtmiseadusele [4].

1. TÖÖKIRJELDUS

Erinevad mõõtmistehnoloogiad on tänapäeval tööstuses laialdaselt kasutusel erinevates valdkondades, näiteks kaugloetavad elektriarvestid andmeedastuseks, mitmesugused andurid protsessi jälgimiseks jne. Kõik need protsessid nõuavad lisateadmisi ja -oskusi nii tulevastelt kui ka praegustelt spetsialistidelt.

Rohelise revolutsiooni ajal pööratakse suurt tähelepanu erinevatele digitaaltehnikatele ja jätkusuutliku linna loomisele. See kehtib ka Ida-Virumaal, kus ettevõtted otsivad digitaalseid lahendusi tootmistehnoloogia parandamiseks. Iga tehnoloogia on seotud teadusega.

Käesoleva lõputöö teema on tihedalt seotud suure tulevikuprojektiga, mis käsitleb automatiseeritud hübriidelektrijaotussüsteemi, kus peamiseks energiaallikaks on roheline energia (tuuleturbiinid ja päikesepaneelid), sekundaarne allikas on vahelduvvooluallikas, ja tarbija on elektrivarustuse laboratooriumis töötav seade. Lõpuks võimaldab loodud süsteem mõõta erinevatest allikatest tarbitud energiat, kasutada toodetud rohelist energiat seadmete käitamiseks, elektrienergia hinna kontrollimine ja vähendamine. Süsteemi põhikomponendiks on arukad energiamõõtjad, mis koguvad ja analüüsivad energiatarbimise andmeid.

1.1 Põhimõisted

MÕÖTESÜSTEEM - mõõtevahendite ja muude tehniliste seadmete (mõõtesüsteemi komponentide) kogum, mis on ühendatud teataval viisil, mis moodustavad mõõtekanalid, Mõõtmisprotsess, mis annab automaatseid (automatiseeritud) mõõtmistulemusi (väljendatuna numbrites või vastavates koodides) ajas muutuvate ja ruumiliselt jaotunud füüsikaliste suuruste kohta, mis iseloomustavad mõõteobjekti teatavaid omadusi (seisundit). [7]

MÕÖTMESÜSTEEMI KOMPONENDID - mõõtesüsteemi osaks olevad tehnilised seadmed, mis täidavad ühte mõõtmisprotsessis ettenähtud funktsioonidest. Vastavalt nendele funktsioonidele jagunevad komponendid mõõtmis-, arvutus- ja sidekomponentideks. [7]

MÕÖTESÜSTEEMI MÕÕTEKANAL - komponentide kanalite või komplekssete komponentide mõõtekanalite jadaühendus, mis täidab täielikku funktsiooni alates mõõdetava suuruse tajumisest kuni selle mõõtmistulemuseni, mida väljendatakse numbri või vastava koodina. [7]

1.2 Elektrivarustuse laboratooriumi kirjeldus

Elektrivarustuse laboratoorium eesmärk on õpetada õpilastele elektriseadmete, elektrimootorite ning erinevate tarbijate ja seadmete kaitsesüsteemide aluspõhimõtteid. Selle süsteemi mõõtmiseks ja katsetamiseks sobib elektrivarustuse laboratoorium mitmel põhjusel:

- Suur valik erineva võimsusega koormatüüpe;
- Võimalus luua mõõtesüsteem ilma suuremate muudatusteta ruumi paigutuses või elektrisüsteemis.;
- Elektrivarustuse sõltumatus teistest ruumidest, paigaldustööde ajal.

1.2.1 Laboratooriumide moderniseerimise eesmärgid ja ülesanded

Laboratooriumi moderniseerimise eesmärk on rakendada mõõtmisteadust koolituses. Kuna iga mõõdetud osa, energiaseire, keevisõmbluse kontrollimine või kraana arvutamine nõuab mõõtmistulemuste hindamist.

Konkreetsemad eesmärgid labori moderniseerimiseks:

1. Hübriidse elektriarestussüsteemi rajamine Virumaa kolledži energialaboris;
2. Uute õppemeetodite rakendamine õppeprotsessis, st kauglugemissüsteemi tsentraliseeritud haldamine, andmete kogumine ja säilitamine;
3. Kaasata hübriidsüsteemi väljatöötamise ettevõtte spetsialistid ja üliõpilased kolmest erialast;
4. Arendada õpilaste erialaseid IKT-oskusi kauglugemissüsteemi haldamisel, andmete kogumisel ja töötlemisel.

Labori moderniseerimine on seotud TalTechi arengukava eesmärgiga. Töö raames välja töötatud materjale saab kasutada erinevates õppeainetes, sealhulgas interdistsiplinaarses koostöös mehaanika, energeetika ja infotehnoloogia valdkonnas.

2. ELEKTRIENERGIA MÕÕTMISSÜSTEEM

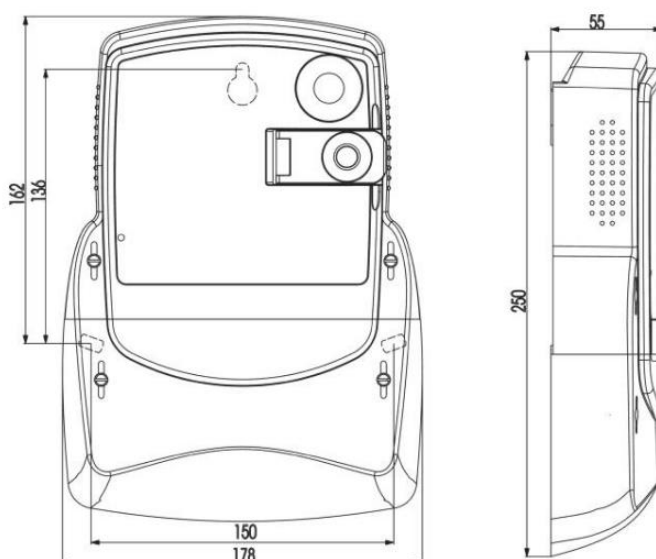
LABORATOORNE

Selles elektrilabori uuendamise etapis ühendatakse mõõtesüsteem vahelduvvoolu allikaga ja mõõdetakse elektrilabori elektritarbimist. Laboratooriumi energiavarustuse osa 1. ja 2. faasi mõõtesüsteemi kanalid ja voolutugevuse mõõtesüsteem on loodud.

2.1 Seadmete loetelu

Kava ettevalmistamisel selgus (vt Lisa 4), et oli vaja osta:

1. Mõõtmisüsteemi ettevalmistamise käigus tekkis küsimus, mida kasutada süsteemi alusena. Pärast turu-uuringuid ja järelevalvajaga konsulteerides valiti mõõtesüsteemi aluseks Iskra MT174-D1A51-G12-M3-K0 kolmefaasiline elektriarvesti.



Joonis 2.1 Kolmefaasiline elektriarvesti Iskra MT174 [8]

Seadme kasutamise peamised tegurid olid järgmised:

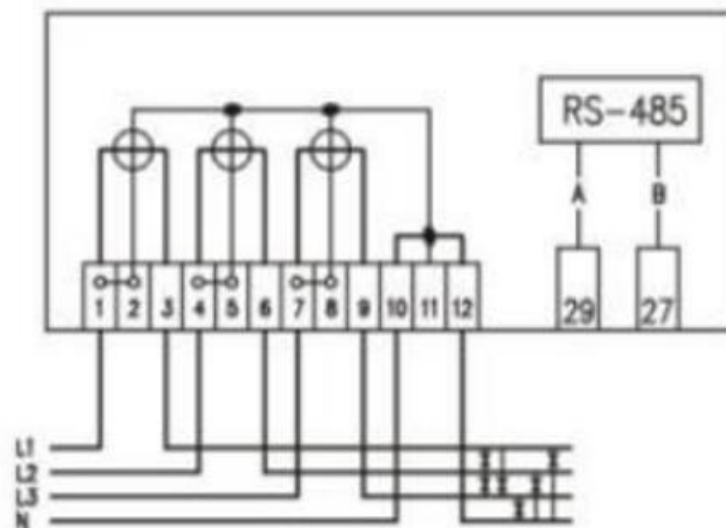
- IEC standardite olemasolu;
- Lihtne ühendada olemasoleva vooluvõrguga;
- Majanduslik mõõde;
- Selle mudeli kättesaadavus turul asendamise korral.

Tehnilised andmed:

Tabel 2.1 Tehniline omadused Iskra MT174 [8]

GENERAL METERING PROPERTIES	
Reference voltage U_r	3x230/400 V, 3x230 V, 3x400 V, 230 V (other voltage on request)
Voltage range	0,8 U_r ... 1,15 U_r
Thermal current	1.2 I_{max}
Max. current I_{max}	60 A, 80 A, 85 A, 100 A, 120 A
Shortcircuit current	30 I_{max}
Reference frequency	50 Hz or 60 Hz
METERING PROPERTIES BY IEC 62053-21	
Accuracy class for active energy	2 or 1
Accuracy class for reactive energy	3 or 2
Accuracy class for apparent energy	3 or 2
Direct connected meters	
Basic current I_b	5 A 10 A
Starting current	Class 2 Class 1 Class 2 Class 1 0.025 A 0.02 A 0.05 A 0.04 A
METERING PROPERTIES BY EN 50470-3	
Accuracy class for active energy	A or B
Direct connected meters	
Reference current I_{ref}	5 A 10 A
Minimum current	Class A Class B Class A Class B 0.25 A 0.2 A 0.5 A 0.4 A
Starting current	0.025 A 0.02 A 0.05 A 0.04 A
OTHER METER PROPERTIES	
Meter constant (per LED)	500 imp/kWh at $I_{max} = 120$ A 500 imp/kvarh at $I_{max} = 120$ A 500 imp/kVAh at $I_{max} = 120$ A 1.000 imp/kWh at $I_{max} = 85$ A 1.000 imp/kvarh at $I_{max} = 85$ A 1.000 imp/kVAh at $I_{max} = 85$ A
Operating temper. range	-40°C ... +60°C (for LCD : -25°C ... +60°C)
Extended temper. range	-40°C ... +70°C
Storing temperature	-40°C ... +80°C
Voltage circuit burden	< 0.6 W / 10VA (without RS485) < 0.8 W / 10VA (with RS485)
Current circuit burden	< 0.16 VA (irrespective of reference / basic current)
RTC	
Time base	Quartz crystal 32 kHz
Long-term accuracy of RTC (at 25°C)	Better than specified in IEC 62054-21
Back-up power supply	5 years (Li-battery power supply source)
Li-battery life-time	20 years

LOAD PROFILE RECORDER	
No. of channels	max. 8
Registration period	15 min, 30 min, 45 min, 60 min
OPTICAL INTERFACE	
Optical interface	IEC 62056-21 (IEC 61107)
Protocol	IEC 62056-21 (IEC 61107) Mode C
Data identif. code	OBIS (IEC 62056-61)
Default data transmission rate	9.600 bit/s (limited data transmission rate of optical probe))
RS485 INTERFACE (option)	
Protocol	IEC 62056-21 (IEC 61107) Mode C
Data identif. code	OBIS (IEC 62056-61)
Data transmission rate	9.600 bit/s
Loop length	1.200 m
No. of meter in a loop	max. 31
OUTPUTS	
No. of outputs	1 or 2
Impulse output	IEC 62053-31 class A (S0 in compliance with DIN 43864) or Optomos relay with make contact
Tariff output	Optomos relay with make contact. (option instead of of impulse output)
INPUTS	
No. of tariff inputs	1 or 2
Control voltage	U_r
METER RESISTANCE TO ELECTROMAGNETIC DISTURBANCES	
Dielectric strength	4 kV, 50 Hz, 1 min
Electrostatic discharge	15 kV (IEC 61000 - 4 - 2)
High-frequency electromagnetic field	10 V/m (IEC 61000 - 4 - 3)
Fast transients (burst)	4 kV (IEC 61000 - 4 - 4)
Surge voltage	6 kV, 1,2/50 μ s (IEC 61000 - 4 - 5)
Impulse voltage	12 kV, 1,2/50 μ s – to main circuits 6 kV, 1,2/50 μ s – to auxiliary circuits
DIMENSIONS AND MASS	
Meters with long terminal cover:	
Dimensions (w x h x d)	178 x 250 x 55 mm
Meters with short terminal cover:	
Dimensions (w x h x d)	177x 216 x 55 mm
Mass	approx. 1,0 kg
COMBUSTIBILITY OF METER CASE	
Class	V0 (Standard UL 94)
TORQUE FOR TERMINAL SCREWS	
Direct-connected meters	2.5 Nm



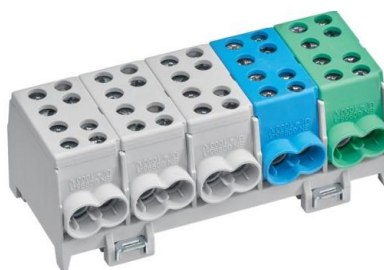
Skeem 2.1 Ühenduskeem Iskra MT174 [8]

2. NOARK EX9I125 40A/400V kolmefaasiline kaitselüliti



Joonis 2.2 NoArk EX9I125 kaitselüliti

3. Hager jaotusklemmid 5 poolust 2x25 mm² + 2x35 mm², 100 A, 5 tk.



Joonis 2.3 Klemmid

4. Elektro-Plast 3-faasiliste elektriarvestite paneel 9 mooduliga



Joonis 2.4 Kolmfaasilise arvesti alus

5. Paigalduskaabel PV-3 ristlõikega 4 mm² 10 meetrit, värvus must
6. Paigalduskaabel PV-3 ristlõikega 4 mm² 10 meetrit, värvus sinine
7. Vaskkaabel KH05VV-U 3G2,5 10 meetrit
8. WAGO ühendusklemmid 2x0,2-4 mm² 32 A 10 tk.

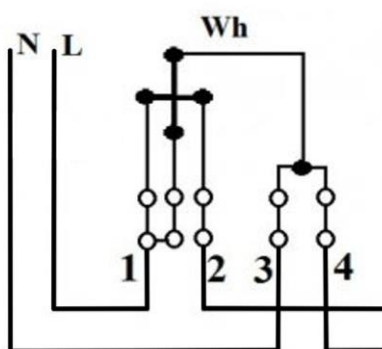


Joonis 2.5 Wago 2x0.2-4mm²

- Juba paigas:
 1. Ühefaasiline elektriarvesti SO-5 tüüp 1980. NSVL tootmine
 2. Ühefaasiline elektriarvesti SO-5 tüüp 1969. NSVL tootmine



Joonis 2.6 Ühefaasiline elektriarvesti SO-5



Skeem 2.2 Ühendusskeem SO-5

SO-5 elektriarvesti — ühefaasiline induktiivne elektriarvestusseade. Elektriarvesti on ühetariifiline. Esipaneelil asub loendusmehhanism pöörlevate trummlite kujul. Arvesti mahutavus 5-kohaline, jagatud 2 numbrite gruppi, vasakpoolsed 4 numbrit — tervete kilovattide arv, parempoolse number — kilovati murdos. [5]

Peamine põhjus, miks valiti SO-5 tüüpi arvestid, oli see, et:

- Majanduslik - puudus võimalus osta uusi ühefaasilisi elektriarvestid;
- Andmete kadumise minimaalne tõenäosus - üks peamisi probleeme kaasaegsete digitaalsete instrumentide puhul on andmete kadumise suur tõenäosus;
- Usaldusväarsus - kaasaegsetel digiseadmetel on suurem tõenäosus saada viga.

Peamised omadused:

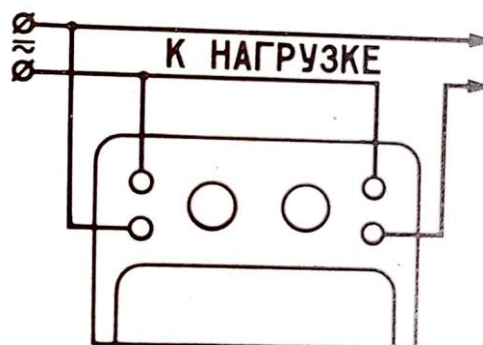
- Instrumentide täpsusklass – 2,5;
- Nimipinge – 220 V;
- Nimivool – arvesti SO-5 1969 5 A, arvesti SO-5 1980 10 A;

- Maksimaalne volutugevus – 30 A;
- Võrgu sagedus – 50 Hz;
- Kontrollimisintervall – 8 aastat;
- Kalibreerimise viis 2012. aastal läbi A.V.R. Elekter OÜ.

3. Wattmeeter D566/100 1971 NSVL tootmine



Joonis 2.7 Vattmeeter D566/100



Skeem 2.3 Ühendusskeem D566/100

Kaasaskantav varjestatud elektrodünaamilise süsteemi seade, mis on mõeldud vahelduvvoolu võimsuse mõõtmiseks ja kasutamiseks laboratoorselt ning keeruliste ja täpsete elektriliste seadmete katsetamiseks ja seadistamiseks. [6]

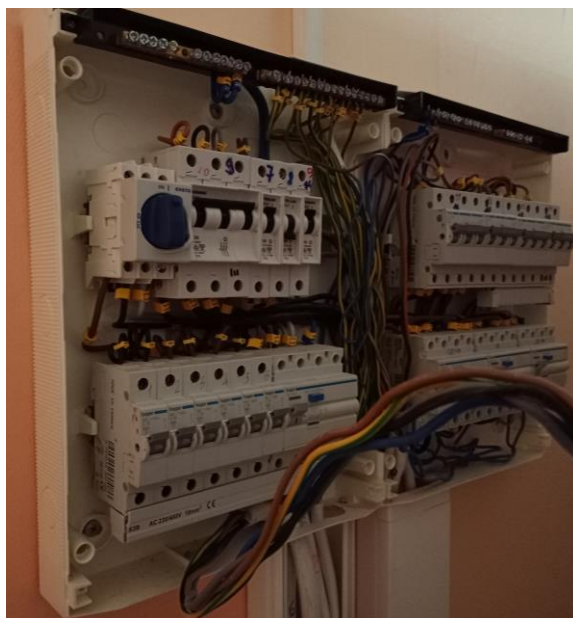
Peamised omadused:

- Voolupiirangud – 2,5 – 5 A;
- Pingepiirangud – 220 V;
- Instrumentide täpsusklass – 0,2;
- Võrgu sagedus – 50 Hz;
- Kalibreerimise viis 2014. aastal läbi A.V.R. Elekter OÜ.

2.2 Paigaldamine

Paigaldustööde ajal lülitas autor ruumi välja ja kasutas elektrilöögi eest kaitstud tööriistu ja seadmeid.

Esialgul oli laboratooriumi elektrivarustuse paigutus järgmine (vt Lisa 2 ja Lisa 3):



Joonis 2.8 Elektrikilp enne arvesti paigaldamist

Mõõtesüsteemi loomiseks otsustati muuta labori elektrivarustuskeemi, lisades kolmefaasilise elektriarvesti, kaks elektriarvesti ja vattmeetri.

Koostatud on uus energiavarustuskeem, milles on arvesse võetud uusi seadmeid (vt Lisa 4 ja Lisa 5).

Paigaldamine toimus kolmes etapis:

- Ruumi mõõtmine ja tähistamine lisapaneeli jaoks kolmefaasilise elektriarvesti jaoks 9-moodulilise paneeli jaoks;
- Kolmefaasilise elektriarvesti lisamine paneelile, jaotusklemmide ja kolmefaasilise kaitselüliti paigaldamine 9-moodulilisele paneelile;



Joonis 2.9 Klemmid ja pealüüti

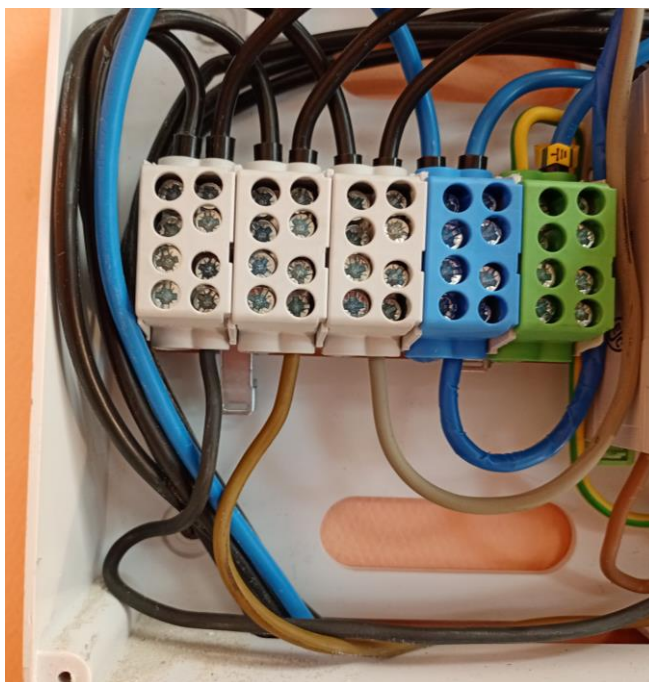
- Paneeli paigaldamine seinale ja toitekaabli ühendamine kolmefaasilise kaitselüüti külge.



Joonis 2.10 Ühendamine vana toitesüsteemiga

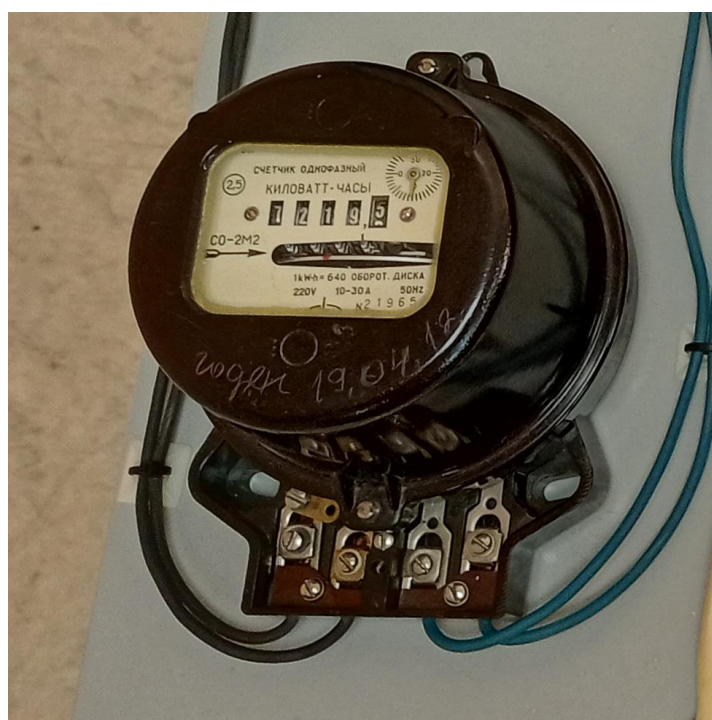
See on muutnud ruumi toiteallikate järjestust (vt Lisa 4 ja Lisa 5). Toitekaabel jõuab nüüd esimesena uude peakaitselülitisse, järgmine toide läheb kolmefaasilisele elektriarvestile, arvestist ühendusklemmidele ja vanale peakaitselülitile.

Juhtmed faasi 1 ja faasi 2 klemmidest on viidud väljapoole, et ühendada ühefaasilised elektriarvestid. Kolmas faas on ühendatud otse vana elektrisüsteemiga.



Joonis 2.11 Ühefaasiliste elektriarvestite juhtmete väljund

Ühendati SO-5 elektriarvesti



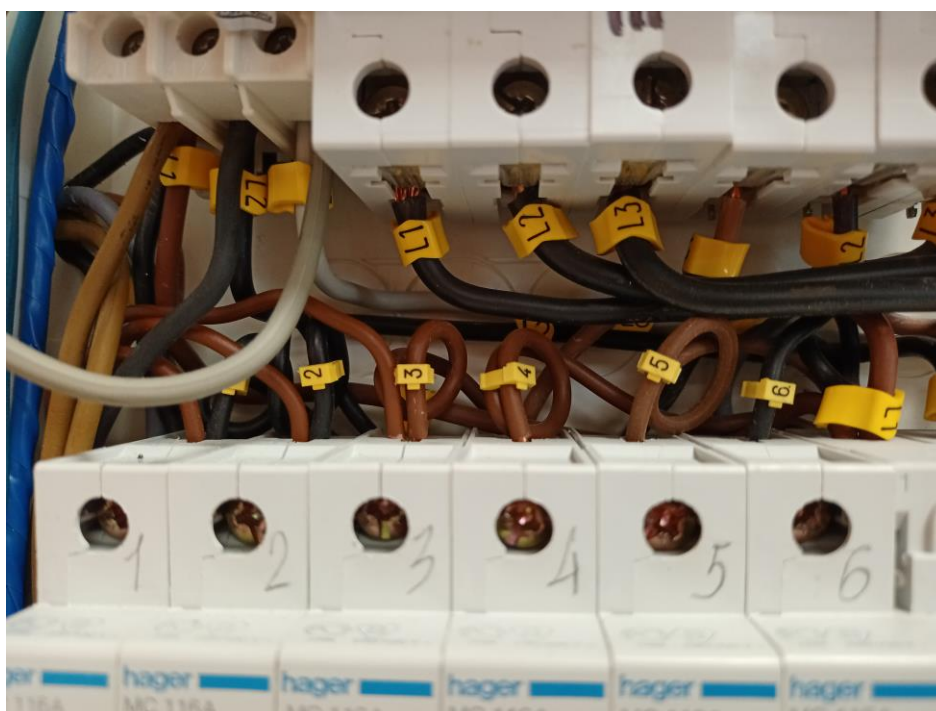
Joonis 2.12 Vattmeetrite paigaldamine

Seejärel valiti välja koht, kuhu paigaldada vattmeetrid. Asukoht valiti nii, et see sobiks vattmeetritele ja vähendaks tõenäosust, et mõõteseadmeid kogemata puudutatakse või liigutatakse.



Joonis 2.13 Vattmeetrite paigaldamine

KH05VV-U 3G2,5 vaskaablid, kolm tükki kaitselülititest 1, 2, 3, mis vastavad faaside L1, L2, L3 ühendustele.



Joonis 2.14 Vattmeetrite ühendamise kaitselülititega

Vattmeetriühenduse eripära on koormusele mineva neutraalse juhi katkestamine (vt Skeem 2.3).

Vattmeetrid on ühendatud elektrisüsteemiga. Wago ühendusklemmide abil ühendati neutraaljuhtmed pistikupesadest vattmeetritega ja ühise neutraalklemmiga.



Joonis 2.15 Vattmeetrite ühendamine nullklemmiga



Joonis 2.16 Vattmeetrite ühendamine

Paigaldustööde lõppetapis paigaldati kaitsekiilbid ning kontrolliti ühendusi ja lühiseid.



Joonis 2.17 Täielik mõõtesüsteem

Ühefaasiliste arvestite asukoht on valitud nii, et neid oleks võimalik uuendada või asendada, ilma et oleks vaja demonteerida kogu peamist elektrikilpi või osa sellest.

3. ANDMETE VALIDEERIMINE

Enne mõõtmisi kontrolliti D566/100 vattmeetri näitude usaldusväärsust, kasutades E.ON ES Sverige AB kontrollimenetlust (vt Lisa 1). Esimesena katsetati D566/100 vattmeetreid, mõõtes sama koormust liinidel. Liinid 1, 2 ja 3 ühendati jadamisi sama energiatarbimisega koormusega, võrdne 100 W, ja kontrollis iga vattmeetri näitude paikapidavust. Mingeid kõrvalekaldeid ei ole tuvastatud.

Seejärel kontrolliti SO-5 arvesti näitude usaldusväärsust. Pärast kõikide elektriseadmete väljalülitamist laboratooriumis, liinile 1, mis vastab faasile L1, ühendati 60 minutiks 100 W võimsusega koormus. See vastab väljundvõimsusele 0,1 kWh. Seejärel võeti mõõteriistade näidud, ketaste lähteasend oli 6452/7 kWh, lõplik 6452/8 kWh. Kettad olid samas asendis. Teine SO-5 arvesti läbis sama katse. Liinile 2, mis vastab faasile L2, ühendati 60 minutiks 100 W koormus. See vastab väljundvõimsusele 0,1 kWh. Ketta algne asend 7220/3 kWh, lõplik 7220/4 kWh. Kettad olid samas asendis. Kontrollimiste tulemusena selgub, et faasidesse L1 ja L2 ühendatud SO-5 mõõtjatel ei ole näitude kõrvalekaldeid.

3.1 Mõõtmine

Mõõtmised viidi läbi järgmiselt:

- Elektrilaboris olid kõik elektriseadmed välja lülitatud, välja arvatud tuled ja töötav sülearvuti, mis oli vajalik andmete sisestamiseks tabelitesse;
- Kõikide raamatupidamis- ja kontrollisüsteemide jooksvad andmed registreeriti;
- Liinidele 1, 2 ja 3, mis vastavad faasidele L1, L2 ja L3, on ette nähtud ebavõrdne koormus;
- Mõõdetud algusaeg;
- Teatud aja möödudes sisestati kõikide raamatupidamis- ja kontrollisüsteemide andmed tabelitesse 3.1, 3.2 ja 3.3.

Kasutatud valgustid olid Vellemani mudel VDLP56LC, mille deklareeritud võimsus on 500 W, ja Philipsi mudel ML100 hõõglamp, mille deklareeritud võimsus on 100 W. Koormus valiti nii, et liinis voolav vool ei ületaks D566/100 vattmeetri märgitud voolu piirväärtust, nimelt 5 A.

Esimeses katses ühendati liin 1 Philipsi mudeli ML100 hõõglambiga, mille deklareeritud võimsus oli 100 W, liin 2 Vellemani mudeli VDLP56LC lambiga, mille deklareeritud võimsus oli 500 W kahes tükis, ja liin 3 Vellemani mudeli VDLP56LC lambiga, mille deklareeritud võimsus oli 500 W.

Tabel 3.1 Raamatupidamistabel 15.05.2022

Kuupäev	Aeg	Võrgupinge, V			Võimsus, W				Elektrienergia tarbimine, kWh				Koguvõimsus, W	Hälve, W	Suhtviga protsentides, %
		L1	L2	L3	L1	L2	L3	3-fasiline	L1	L2	L3	3-fasiline	L1+L2+L3		
15.05.2022	11:40:00	230,0	230,0	230,0	47	20	221	276	6454,5	7221,0	0,0	26,0	288	0	4,2
	12:10:00	230,0	230,0	230,0	175	960	718	1771	0,0	0,0	0,0	0,0	1853	82	4,4
	12:40:00	230,0	230,0	230,0	157	958	719	1741	0,1	0,7	0,0	1,0	1834	93	5,1
	13:10:00	230,0	230,0	230,0	157	955	715	1745	0,1	1,1	0,0	2,0	1827	82	4,5
	13:40:00	230,0	230,0	230,0	158	958	716	1717	0,2	1,6	0,0	3,0	1832	115	6,3
	14:10:00	230,0	230,0	230,0	157	962	720	1686	0,2	2,1	0,0	4,0	1839	153	8,3
	14:40:00	230,0	230,0	230,0	167	960	719	1693	0,3	2,8	0,0	5,0	1846	153	8,3
	15:10:00	230,0	230,0	230,0	162	965	711	1666	0,3	3,0	0,0	5,0	1838	172	9,4
	15:40:00	230,0	230,0	230,0	157	960	718	1658	0,4	3,5	0,0	6,0	1835	177	9,6
	16:10:00	230,0	230,0	230,0	161	961	715	1716	0,4	4,1	0,0	7,1	1837	121	6,6
	16:40:00	230,0	230,0	230,0	166	968	717	1710	0,5	4,6	0,0	8,0	1851	141	7,6

Oranžiga on autor esile toonud mõõtmis- ja kontrollsüsteemi näitu enne eksperimenti.

Eksperimendile eelnevat võimsuse väärtust iseloomustab faasi 1 ühendatud sülearvuti, faasi 3 valgustus ja faasi 2 tundmatu võimsus.

Näidud võetakse iga 30 minuti järel.

Leiti, et seadmete poolt tarbitud ja vattmeetri poolt loetud võimsus ei ole võrdne kolmefaasilise elektriarvesti poolt loetud võimsusega. Mõõtmiste täpsuse kontrollimiseks otsustati teha veel kaks katset erineva koormusjärjestusega.

Niisiis, teises katses ühendati liinile 1 Vellemani mudeli VDLP56LC valgustit, mille deklareeritud võimsus on 500 W kahes tükis, liinile 2 Vellemani mudeli VDLP56LC valgusti, mille deklareeritud võimsus on 500 W ja liinile 3 Philipsi mudeli ML100 hõõglamp, mille deklareeritud võimsus on 100 W.

Tabel 3.2 Raamatupidamistabel 16.05.2022

Kuupäev	Aeg	Võrgupinge, V			Võimsus, W				Elektrienergia tarbimine, kWh				Koguvõimsus, W	Hälve, W	Suhtviga protsentides, %
		L1	L2	L3	L1	L2	L3	3-fasiline	L1	L2	L3	3-fasiline	L1+L2+L3		
16.05.2022	10:50:00	230,0	230,0	230,0	47	25	210	273	6455,3	7225,7	0,0	34,0	282	0	3,2
	11:00:00	230,0	230,0	230,0	967	515	330	1741	0,1	0,1	0,0	0,0	1812	71	3,9
	11:20:00	230,0	230,0	230,0	970	515	320	1720	0,5	0,4	0,0	1,0	1805	85	4,7
	11:40:00	230,0	230,0	230,0	967	415	320	1732	0,8	0,5	0,0	1,0	1702	-30	1,8
	12:00:00	230,0	230,0	230,0	977	520	320	1730	1,1	0,7	0,0	2,0	1817	87	4,8
	12:20:00	230,0	230,0	230,0	985	523	321	1728	1,5	0,9	0,0	3,0	1829	101	5,5
	12:40:00	230,0	230,0	230,0	976	514	319	1721	1,8	1,1	0,0	3,0	1809	88	4,9
	13:00:00	230,0	230,0	230,0	976	515	318	1721	2,1	1,3	0,0	4,0	1809	88	4,9
	13:20:00	230,0	230,0	230,0	971	514	320	1715	2,5	1,5	0,0	4,0	1805	90	5,0
	13:40:00	230,0	230,0	230,0	967	505	319	1710	2,8	1,7	0,0	5,0	1791	81	4,5
	14:00:00	230,0	230,0	230,0	968	513	320	1681	3,2	1,9	0,0	6,0	1801	120	6,7

Eksperimendile eelnevat võimsuse väärtust iseloomustab faasi 1 ühendatud sülearvuti, faasi 3 valgustus ja faasi 2 tundmatu võimsus.

Näidud võetakse iga 20 minuti järel.

Kolmandas katses ühendati liinile 1 Vellemani mudel VDLP56LC valgusti, mille deklareeritud võimsus oli 500 W, liinile 2 Philips mudel ML100 hõõglamp, mille deklareeritud võimsus oli 100 W ja liinile 3 Vellemani mudeli VDLP56LC valgustit, mille deklareeritud võimsus on 500 W kahes tükis.

Tabel 3.3 Raamatupidamistabel 17.05.2022

Kuupäev	Aeg	Võrgupinge, V			Võimsus, W				Elektrienergia tarbimine, kWh				Koguvõimsus, W	Hälve, W	Suhtviga protsentides, %
		L1	L2	L3	L1	L2	L3	3-fasiline	L1	L2	L3	3-fasiline	L1+L2+L3		
17.05.2022	11:00:00	230,0	230,0	230,0	146	27	234	389	6458,6	7227,8	0,0	41,0	407	0	4,4
	11:10:00	230,0	230,0	230,0	629	156	1154	1808	0,0	0,0	0,0	0,0	1939	131	6,8
	11:30:00	230,0	230,0	230,0	637	142	1166	1810	0,2	0,0	0,0	1,0	1945	135	6,9
	11:50:00	230,0	230,0	230,0	636	140	1165	1798	0,3	0,1	0,0	1,0	1941	143	7,4
	12:10:00	230,0	230,0	230,0	666	137	1182	1905	0,5	0,2	0,0	0,0	1985	80	4,0
	12:30:00	230,0	230,0	230,0	666	141	1174	1906	0,6	0,2	0,0	2,0	1981	75	3,8
	12:50:00	230,0	230,0	230,0	641	137	1164	1884	0,8	0,3	0,0	3,0	1942	58	3,0
	13:10:00	230,0	230,0	230,0	646	140	1166	1886	1,0	0,3	0,0	4,0	1952	66	3,4
	13:30:00	230,0	230,0	230,0	644	139	1184	1866	0,7	0,4	0,0	4,0	1967	101	5,1
	13:50:00	230,0	230,0	230,0	645	139	1182	1844	1,3	0,4	0,0	5,0	1966	122	6,2
	14:10:00	230,0	230,0	230,0	648	137	1174	1863	1,4	0,5	0,0	6,0	1959	96	4,9

Ekspirimendile eelnevat võimsuse väärtust iseloomustab 1. faasi ühendatud sülearvuti, 3. faasi valgustus ja 2. faasi tundmatu võimsus.

Näidud võetakse iga 20 minuti järel.

Pärast katseid koostati suhtvea väärtuse tabel.

Tabel 3.4 Suhtviga tabel

15.05.2022	16.05.2022	17.05.2022	Suhtviga protsentides, %
4,4	3,9	6,8	5,6
5,1	4,7	6,9	
4,5	1,8	7,4	
6,3	4,8	4,0	
8,3	5,5	3,8	
8,3	4,9	3,0	
9,4	4,9	3,4	
9,6	5,0	5,1	
6,6	4,5	6,2	
7,6	6,7	4,9	

Pärast kõikide mõõtmiste teostamist ja tulemuste sisestamist tabelitesse selgus, et Virumaa kolledži elektrivarustuse laboratooriumis on tundmatu võimsusleke, mida ei ole võimalik mõõtesüsteemi praeguses etapis kindlaks teha, ebapiisava arvu mõõtevahendite tõttu. Samuti leiti, et Iskra MT174 kolmefaasiline elektriarvesti alahindab praegust võimsust keskmiselt 5,60% võrra (vt Tabel 3.4), seega alahindab elektritarbimist.

Tulemuste põhjal ei saa teha selgeid järeldusi ühe või teise mõõtmismeetodi eeliste kohta. On selge, et ELi direktiivid nõuavad digitaalsete elektriarvestite paigaldamist

analoogarvestite asemele, kuid isegi kontrollitud, kalibreeritud ja ajakohane digitaalne arvesti ei ole elektritarbimise mõõtmisel palju täpsem, ja lahendamata probleeme on rohkem kui analoogsetes elektriarvestussüsteemides. See hõlmab häireid, vastuvõetud andmete kadumist ja kaitseastet. Kuigi analoogseadmetega saadud andmete võrdlemisel digitaalsete seadmetega on suhteline viga 5,60 % (vt Tabel 3.4), kuid see viga on vastuvõetav, sest vattmeetreid ei ole kalibreeritud ja täpsusklass on sama. Loodud mõõtekanali tähtsus on selge, sest leiti, et laboratooriumi toide on asümmeetriline. Kui koormust ei ole, registreerivad arvestid energiatarbimist.

4. MODERNISATSIOON

Peamised puudused on see, et puuduvad kaugloetavad arvestid ja vattmeetrid. Samuti on probleemiks vähene hooldatavus, SO-5 tüüpi arvestid on raskesti parandatavad ja kergemini asendatavad, nagu ka D566/100 tüüpi vattmeetrid. D566/100 vattmeetri paigaldamise tõttu peab loodud mõõtekanal olema kaitstud kilbiga, et vältida elektrilöögi ohtu. Edasise moderniseerimise korral võib seadmed asendada, näiteks kaasaegsete digitaalsete süsteemidega, mis võimaldavad parameetrite kauglugemist või automaatset parameetrite salvestamist.

Pärast kogu tööd tegi autor ettepaneku lisada süsteemi kaasaegseid digiseadmeid, näiteks vattmeetreid igale koormusliinile koos parameetrite kauglugemise võimalusega, et muuta elektri mõõtmine ja kontroll terviklikumaks, ning lisada 3. faasi jaoks kaasaegne digitaalne ühefaasiline elektriarvesti koos teabe kaugedastuse võimalusega ning luua eraldi mõõtesüsteem roheliste energiaallikate ja tarbijate jaoks.

4.1 Probleemid ja nende lahendus

Paigaldustööde käigus tekkisid järgmised probleemid:

- Vähe ruumi kaablikastides, sest paigaldus toimus olemasoleva süsteemi peal;
- Probleem seadmete elektriohutusega;
- Liinide 1, 2, 3 voolu piirväärtus 5 A.

Eespool nimetatud probleemid on lahendatud seadmete asendamisega kaasaegsete digitaalsüsteemidega.

Samuti avastati paigaldustööde käigus probleem faaside järjestusega, mis lahendati esimese ja teise faasi järjestuse muutmisega.

KOKKUVÕTE

Autoril ei ole luba teostada elektripaigaldus- ja mõõtetöid, seega teostati töö ühiselt ettevõttega AMPRIEKSPERT OÜ, firmas A.V.R. Elekter OÜ praktika käigus omandatud praktiliste oskuste rakendamine. Lõputöö eesmärk ja eesmärgid on saavutatud.

Nimelt:

1. Elektrilabori moderniseerimiskava koostamine, mis on kooskõlastatud TalTechi arengukavaga;
2. Laboratooriumi elektrivarustuse osa 1. ja 2. faasi mõõtesüsteemi ja voolutugevuse mõõtesüsteemi mõõtekanalid on loodud;
3. On tehtud mõõtmisi ja saadud andmeid on kontrollitud nende usutavuse suhtes. Tuvastati probleem elektrienergia mõõtmisega koormuse puudumisel;
4. Praeguses etapis on toitelabori mõõtesüsteemi ehitamisel võimalik uuendada ilma toitesüsteemi muutmata.

Autor loodab, et selle töö jätkuks loodud mõõtesüsteemil põhinevate õppelaborite loomine ja nende lülitamine Virumaa kolledži õppekavasse.

SUMMARY

The author does not have a permit to perform electrical and metrological work, so the work was done jointly with AMPRIEKSPERT OÜ using practical skills gained during an internship at A.V.R. Elekter OÜ. The purpose and tasks set in the diploma work are fulfilled. Namely:

1. A plan for the modernization of the power supply laboratory was drawn up, coordinated with the TalTech development plan;
2. Measuring channels of the measuring system of phase 1 and phase 2 were created, as well as a system for measuring the current power of a part of the power supply laboratory;
3. Measurements were made and the reliability of the data obtained was verified. A problem was identified with regard to power in the absence of any load;
4. At this stage of creating the measuring system of the power supply laboratory, it is possible to upgrade without changing the power supply system.

The author hopes that the continuation of this work may be the creation of educational laboratory work on the basis of the created measuring system and their inclusion in the educational process of Virumaa College.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. ISO 9001: 2017 [Online] <https://www.iso.org/iso-9001-quality-management.html> (10.05.2022)
2. ISO/IEC 17025 2017 [Online] <http://imed.ir/userfiles/files/11/ISO-IEC%2017025-2017.pdf> (10.05.2022)
3. ISO/IEC 98-1: 2009 [Online] <https://www.iso.org/standard/46383.html> (10.05.2022)
4. Mõõteseadus 01.01.2019 [Online] <https://www.riigiteataja.ee/akt/112122018057> (10.05.2022)
5. К.К.Илюнин, „Справочник по электроизмерительным приборам “, Väljaandja «Энергия», 1977, (Leht 727-728)
6. К.К.Илюнин, „Справочник по электроизмерительным приборам “, Väljaandja «Энергия», 1977, (Leht 423)
7. Entsüklopeedia ACУ ТП Põhimõisted [Online] https://www.bookasutp.ru/Chapter4_1.aspx (17.05.2022)
8. IskraEmeco „MT174 Three-Phase Static Electricity Multi Tariff Meter with Maximum Demand Indicator and Load-profile“ [Online] [Microsoft Word - MT174-TD-v1.2-ang.doc \(electricmeters.co.uk\)](#) (17.05.2022)

Lisa 1 E.ON ES Sverige AB kontrollimenetus



Nummer Number 0027-E165-11
Sida (sidantal) Page(of) 2(2)
Utfärdandedatum Date 2011-07-08




0027
ISO/IEC 17025

KALIBRERINGSBEVIS

utfärdat av ackrediterat kalibreringslaboratorium
CALIBRATION CERTIFICATE issued by an Accredited Calibration Laboratory

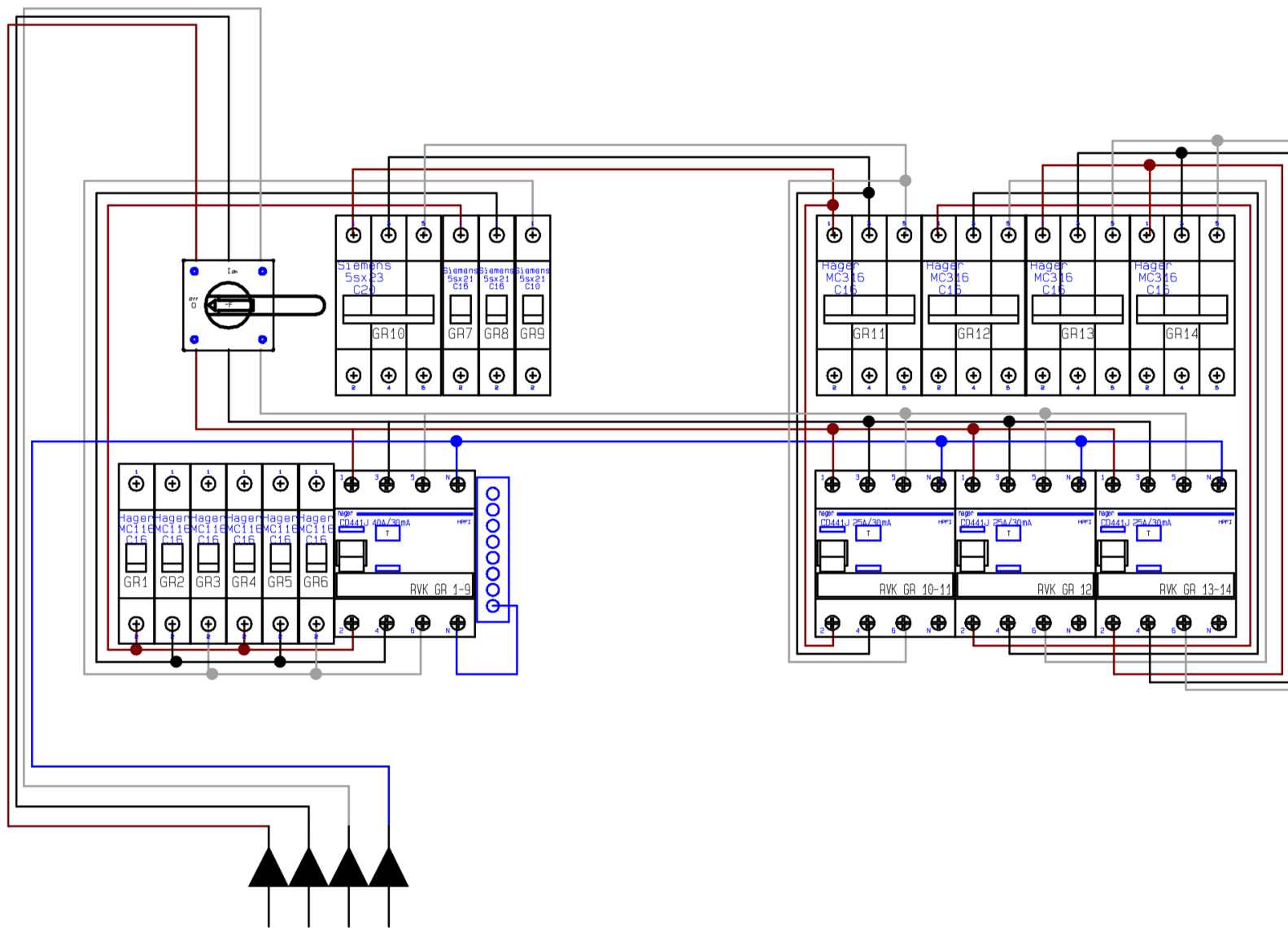
Active energy Y-connection

CURRENT A	VOLTAGE V	POWER FACTOR Cos φ	ERROR %			
			R	S	T	RST
5	230	1	+0,082	+0,069	+0,062	+0,069
5	230	0,5 Ind	+0,051	+0,052	+0,042	+0,049
5	230	0,8 Kap	+0,055	+0,023	+0,039	+0,043
4	230	1	---	---	---	+0,043
4	230	0,5 Ind	---	---	---	+0,055
6	230	1	---	---	---	+0,032
6	230	0,5 Ind	---	---	---	+0,035
5	207	1	---	---	---	+0,047
5	207	0,5 Ind	---	---	---	+0,067
5	253	1	---	---	---	+0,038
5	253	0,5 Ind	---	---	---	+0,025
0,25	230	1	---	---	---	+0,047
5	110	1	---	---	---	+0,041
5	110	0,5 Ind	---	---	---	+0,038
5	63,5	1	---	---	---	+0,031
5	63,5	0,5 Ind	---	---	---	-0,049

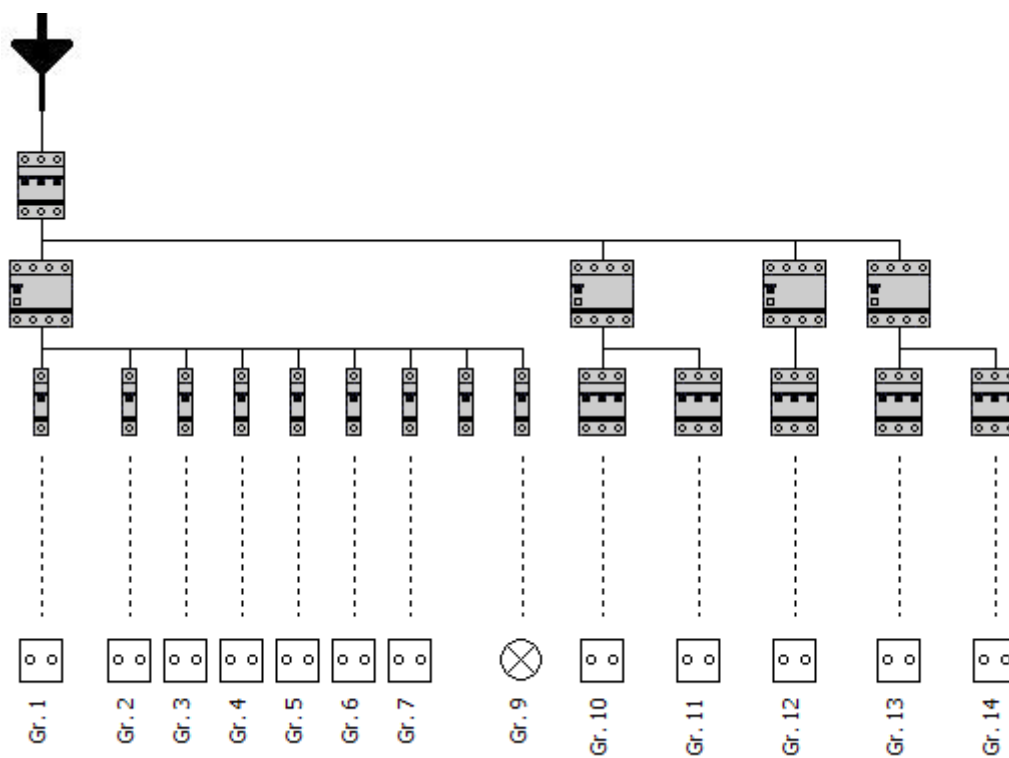
E.ON ES Sverige AB Adress: Gamla Segevägen 2, Arlöv Postal address: Box 505 29, 202 50 Malmö Telephone 0771-330033	Calibration performed by
	 Hans Dahlin

Laboratorier ackrediteras av Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (SWEDAC) enligt svensk lag.
 Den ackrediterade verksamheten vid laboratorierna uppfyller kraven i SS-EN ISO/IEC 17025 (2005).
 Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.
 Laboratories are accredited by the Swedish Board for Accreditation and Conformity Assessment (SWEDAC) under the terms of Swedish legislation.
 The accredited laboratory activities meet the requirements in SS-EN ISO/IEC 17025 (2005).
 This report may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the issuing laboratory.

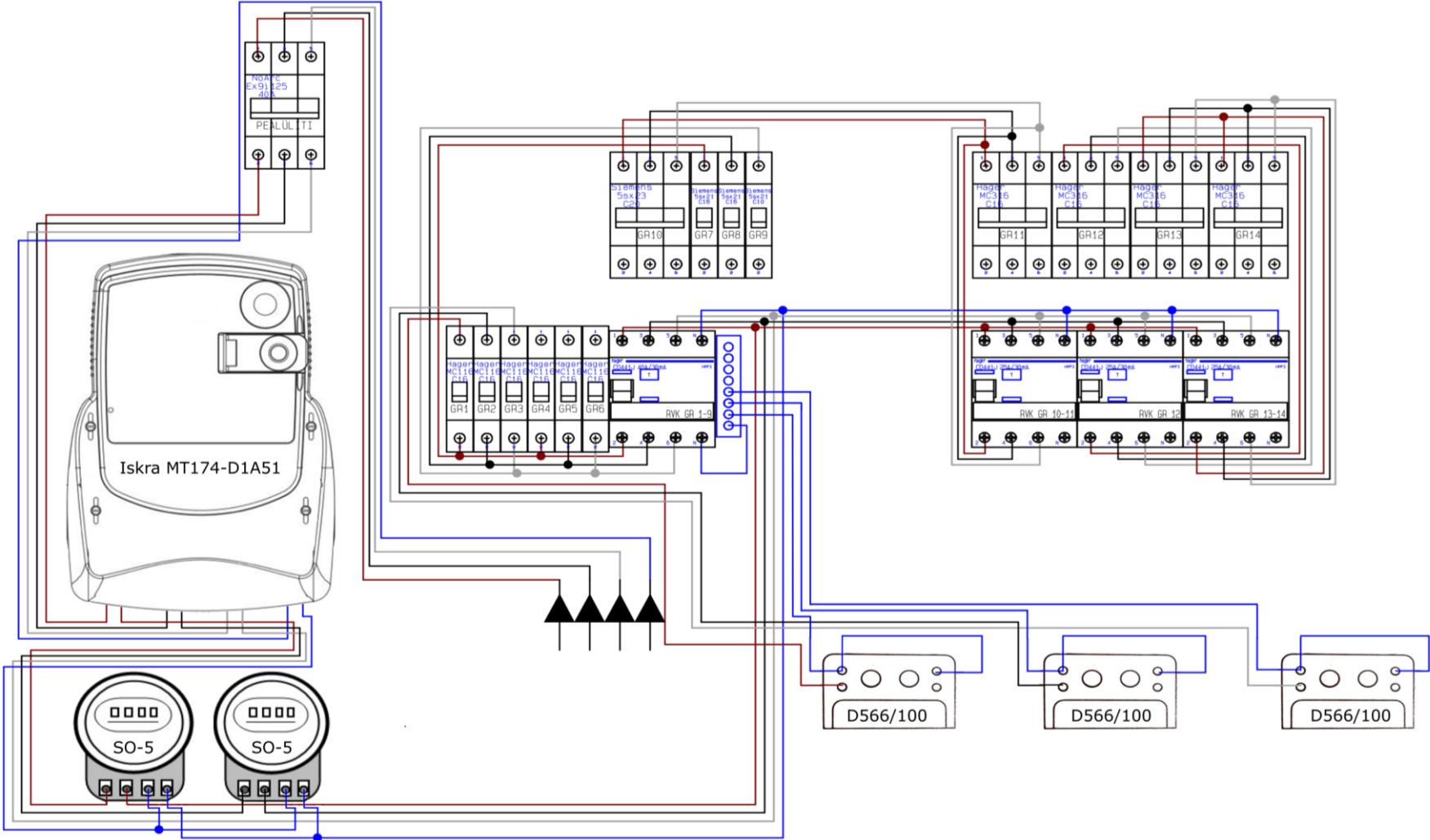
Lisa 2 Jaotuskilbi skeem enne tööde teostamist



Lisa 3 Jaotuskilbi skeem enne tööde teostamist



Lisa 4 Jaotuskilbi skeem pärast tööde teostamist



Lisa 5 Jaotuskilbi skeem pärast tööde teostamist

