

Elina Ausmees

**VKG ENERGIA SOOJUSELEKTRIJAAMA
JA SOOJUSVÕRGU SOOJUSARVESTITE
VÕRGUSEIRE**

LÕPUTÖÖ

Tehnikainstituut

Robotitehnika

Juhendaja: Eduard Brindfeldt, *PhD*

Tallinn 2024

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Elina Ausmees,
annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

VKG Energia soojuselektrijaama ja soojusvõrgu soojusarvestite võrguseire

- 1) reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada ja teha üldsusele kättesaadavaks Tallinna Tehnikakõrgkooli digiarhiivi DSpace kaudu;
- 2) reprodutseerimiseks pärast piirangu lõppu juhul, kui instituudi direktori korraldusega on kehtestatud lõputöö avaldamisele tähtajaline piirang.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi.

Autorideklaratsioon

Mina, Elina Ausmees,
tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja ja iseenda varasematele teostele on viidatud õiguspäraselt.
Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

(allkirjastatud digitaalselt)

Eduard Brindfeldt
Töö vastab lõputööle esitatavatele nõuetele.

(allkirjastatud digitaalselt)

Lõputöö on kaitsmisele lubatud instituudi direktori korraldusega.

(allkirjastatud digitaalselt)

(kuupäevad digiallkirjades)

SISUKORD

LÜHENDID.....	4
SISSEJUHATUS.....	5
1 ETTEVÕTE TUTVUSTUS.....	6
1.1 Petroter.....	6
1.2 Kiviter.....	7
2 VKG SEADMED, TARKVARA JA ANDMEVAHETUS.....	8
2.1 Soojusarvestid.....	8
2.1.1 Kuluandur.....	8
2.1.2 Temperatuurianduri paar.....	8
2.1.3 Arvestiplokk.....	9
2.2 Kontrollerid.....	9
2.2.1 Endiselt kasutusel kontrollerid.....	9
2.2.2 Uued kontrollerid ja kommunikatsiooni moodulid.....	10
2.2.3 Kontrollerite võrdlus.....	10
2.3 Muundur.....	12
2.4 M-Bus standard.....	12
2.5 Modbus RTU ja TCP protokollid.....	13
2.5.1 Modbus RTU.....	13
2.5.2 Modbus TCP.....	13
2.6 Tarkvara.....	14
2.6.1 TIA Portal 15.1.....	14
2.6.2 ADFweb Compositor SW67029.....	14
2.6.3 AVEVA PI Vision.....	16
3 PROGRAMM.....	17
4 VISUALISATSIOON.....	24
KOKKUVÕTE.....	28
SUMMARY.....	29
VIIDATUD ALLIKAD.....	30

LÜHENDID

VKG – Viru Keemia Grupp;

PAC – programmeeritav automaatika kontrolleri (Programmable Automation Controller);

IPC – industriaalne arvuti (Industrial Personal Computer);

CPU – protsessor (Central Processing Unit);

PLC – programmeeritav loogikakontroller (Programmable Logic Controller);

VGA – video graafikamassiiv (Video Graphics Array);

USB – universaalne jadasiin (Universal Serial Bus);

TIA Portal – Totally Integrated Automation Portal;

M-bus – Meter-Bus;

RTU – Remote Terminal Unit;

TCP – Transmission Control Protocol;

HMI – Human-Machine Interface;

SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition.

SISSEJUHATUS

Linna kütmine talvisel perioodil ning kuuma vee tootmine on üks tähtsamaid ülesandeid soojuselektrijaama jaoks, sellepärast peab tagama katkematu ja kindel soojuse vool, et linnaelanike elu oleks muretu. Soojusarvestite seire aitab avastada probleeme soojusvõrgus, kui näited oluliselt erinevad normist. Selleks, et soojuselektrijaama töö oleks järjepidev on vaja õigeaegselt teha hooldustööd ja vajaduselt vahetada aegunud riistvara.

Lõputöö eesmärgiks on luua soojusarvestite võrguseire uue programmi ja visualisatsiooni uute kontrollrite sobivuse kontrollimise jaoks test projekti raames, kuna kontrollrite ja programmi vahetamine on suur ja vastutusrikas töö.

Probleem on selles, et VKG Energia kasutab endiselt WinPAC kontrollereid ning ASPIC 3.30 Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA). Kuna nii riistvara kui ka tarkvara on vananenud, tekkis vajadus terve juhtimissüsteemi uuenemiseks. Vana tark- ja riistvara ei ole enam nii turvalised ning enamik kontrollereid kasutusel on Siemens'i oma, sellepärast ettevõtte tegi valiku Siemens'i kontrollrite kasuks. Uus kontrolleri programm oli tehtud TIA Portal 15.1 tarkvaras ning uue visualisatsiooni tegemiseks oli kasutatud TIA Portal 15.1 WinCC. Soojusarvestid ning muundurid ei vajanud uuendamist, seejärel olid taaskasutatud selles projektis.

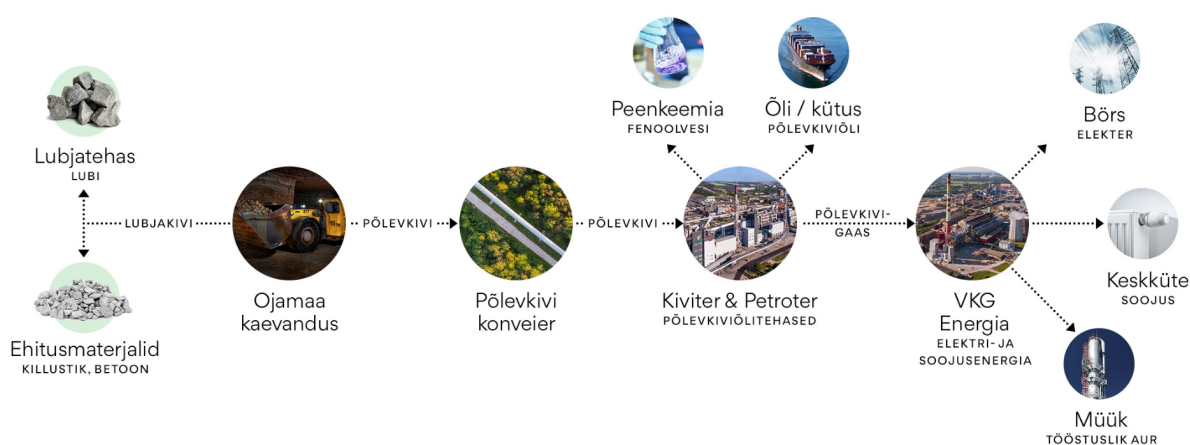
Lõputöö raames tehakse riist- ja tarkvara uuendamise soojusarvestite võrguseire test projekt. Töös lühidalt tutvustatakse olemasolevad seadmed ning kirjeldatakse tulevaid kontrollereid, võrreldakse vanad uutega, tehakse uus programm ning visualisatsioon, kus saab jälgima arvestite näited.

Pärast uuendamist süsteemi on eeldatavalt lihtsam hooldada, vähem probleeme võrguga ja programmeerimisega ning riistvara kokkusobivus on parem.

1 ETTEVÕTE TUTVUSTUS

Viru Keemia Grupp on Eesti suurtööstusettevõtte ning suurim põlevkiviõli tootja nii Eestis kui ka maailmas. Ettevõtte tegutseb kogu põlevkivi töötlemise ahelas alates selle kaevandamisest kuni kõrge puhtusastmega keemilise sünteesi peensaaduste valmistamiseni. [1]

Põlevkivikütteõli tootmine jaguneb kaheks tehnoloogiaks sõltuvalt põlevkivi suurusest – Petroter ja Kiviter. Mõlematest saadakse gaasi, mis kasutatakse VKG Energia kütusena. [1] (vt. Joonis 1)



Joonis 1. Viru Keemia Grupp tootmisahel. [1]

1.1 Petroter

Petroteris termiliselt töödeldakse tahke soojuskandja ehk tuhaga segatud põlevkivi peenfraktsiooni (0–25 mm). Selle protsessi käigus segunevad ja kuumenevad põlevkivi ja tuha pöörlevas reaktoris ilma õhu juurdepääsuta ning 450–500 °C temperatuuri juures põlevkivi orgaaniline osa eraldub vedelate ja gaasiliste aineteks. Pürolüüsi käigus saadud auru ja gaasi segu puhastatakse tuhast ja mehaanilisest lisanditest ning kondenseeritakse, et saada vedelad tooted ja kõrge kalorsusega gaas. Vedelad tooted suunatakse laadimise osakonda, valmistoodang realiseerimiseks ja vaheproduktid edasiseks töötlemiseks. Gaas on suunatud VKG Energia soojuselektrijaama soojuse ja elektri tootmiseks. [1]

1.2 Kiviter

Kiviteris kasutatakse termilist lagundamist ehk utmist¹ põlevkivi töötlemiseks. Toorainena on tükipõlevkivi ehk põlevkivi 25–125 mm fraktsioonid. Protsess toimub vertikaalses, soojuskandja põikvoolulise liikumisega generaatoris – laadimiskarbist liigub põlevkivi uttešahti, mida läbivad põlevkivi liikumisega ristisuunas generaatorgaasi põlemisel saadud kuumad põlemisgaasid. Selle protsessi käigus tekkinud gaasid osaliselt taaskasutatakse protsessi vajaliku soojuse tekitamiseks, gaasi liig suunatakse soojuselektrijaama soojuse ja elektri tootmiseks. Utmisel tekkinud poolkoks väljub generaatori alaosast ja seda ladestatakse poolkoksi prügilas. [1]

¹ Utmine – tahkekütuse (nt põlevkivi, turba, pruunsöe) õhu juurdepääsuta kuumutamine, et saada õli, tõrva või tahket jääki. [2]

2 VKG SEADMED, TARKVARA JA ANDMEVAHETUS

2.1 Soojusarvestid

VKG Energia soojuselektrijaamas kasutatakse Kamstrup MULTICAL soojusarvestid linna sisse- ja tagasivoolu torude kaugkütte vee temperatuuri ja kulu jälgimiseks. Soojusarvesti koosneb ultrahelilisest kuluandurist, temperatuurianduri paarist ning arvestiplokist [3].

Kamstrup MULTICAL soojusarvesteid saab kasutada ka järgmiste ülesande jaoks [4]:

- jahutusmõõtmine veepõhistes süsteemides;
- bifunktsionaalsed soojuse/jahutuse mõõtmised eraldi registrites;
- kuuma ja külma vee seadmete lekkevalve;
- võimsuse ja vooluhulga piiraja klapi juhtimisega;
- andmesalvestaja;
- andmeside;
- energia mõõtmine avatud süsteemides.

2.1.1 Kuluandur

Koos arvestiga on paigaldatud ultraheliline kuluandur Kamstrup ULTRAFLOW, et saada peale- ja tagasivoolu vee kulu. See kuluandur on kavandatud soojus- ja jahutussüsteemides kasutamiseks, kus vesi on soojust kandev keskkond. ULTRAFLOW kasutab mikroprotsessori tehnoloogiat. Vooluhulka mõõdetakse kahe-suunalise ultrahelitehnika abil, mis põhineb transiidiaja meetodil (transit time method)². [5]

2.1.2 Temperatuurianduri paar

Soojusarvesti jaoks kulutatud energiahulga arvutamiseks on vaja mõõta sissevoolutoru ja väljavoolutoru vee temperatuuride erinevust. Selleks, et erinevust mõõta, on vaja paigaldada üks andur sissevoolu torusse ning teine väljavoolu torusse. Soojusarvesti lahutab sissevoolu temperatuuri tagasivoolu temperatuuri, et saada erinevust, mis on vaja soojusenergia arvutamiseks ning vastupidi, kui on vaja arvutada jahutusenergia väärtust. [4]

VKG Energia soojuselektrijaamas kasutatakse plaatina takistustermoandureid Pt500, mille nimistakistus on 500Ω 0 °C juures, sisse- ning tagasivoolu vee temperatuuri mõõtmiseks.

² Transiidiaja meetod – impulss või impulsid edastatakse anduritesse ja sealt läbi vedeliku vastasmuundurisse, mis paikneb veelgi allavoolu. Helilained levivad kiiremini vastavalt voolusuunale ja aeglasemalt vastu voolusuunda. [6]

2.1.3 Arvestiplokk

Arvestiplokk vastutab kogutud andmete arvutamise eest, et saada sellised väärtused nagu energia, võimsus, min. ja max. vool, temperatuuride keskvaartused ning võimsus. [4]

Arvestiplokk kasutab järgmist valemit (1) toodetud energia arvutuseks, E , Wh

$$E = V \times \Delta\theta \times k, \quad (1)$$

kus V - on tarnitud vee maht, m³;

$\Delta\theta$ - on temperatuuride erinevus, °C (näiteks $\Delta\theta = T1$ (pealevoolu temperatuur) - $T2$ (tagasivoolu temperatuur));

k - vee termiline koefitsient, mis on arvutatud EN 1434-1:2007³ valemi baasil. [4]

2.2 Kontrollerid

2.2.1 Endiselt kasutusel kontrollerid

Hetkel on soojuselektrijaamas kasutusel programmeeritav automaatika kontroller (PAC) WinPAC-8000 tootjalt ICP DAS. WinPAC ühildab endal industriaalne arvuti (IPC) ja programmeeritav loogikakontroller (PLC). See on varustatud protsessoriga (CPU), mis töötab Windows CE.NET 5.0 operatsioonisüsteemil, ühendusvõimalustega (video graafikamassiiv (VGA), USB, Ethernet, RS-232/485). Kuna WinPAC'il on olemas VGA port, võib selle kaudu ühendada monitori ning kasutada kontrollerit nagu tavaline PC koos klaviatuuriga ja hiirega [9]. Kontrollerile saab otse paigaldada personaalarvuti põhine juhtimistarkvara nagu ISaGRAF, mis on kasutusel VKG Energial.

WinPAC-8000 kontrolleri programmeerimiseks kasutatakse ISaGRAF tarkvara, mille saab kasutada ainult vanadel operatsioonisüsteemidel nagu Windows 95, 98, 2000, XP või Vista, mis ei ole enam toetatud Microsoft'i poolt. [9][16]

³ EN 1434:1 — European Standard. Soojusarvestid. Osa 1: Üldnõuded [8]

WinPAC'il on järgmised probleemid:

- puudulik andmete turvalisus arvuti operatsioonisüsteemil;
- arvutiviiruste vastuvõtlikkus;
- riistvara asenduse raskus vanuse tõttu;
- juhul, kui üks komponentidest rikneb (näiteks kõvaketas, milles paikneb operatsioonisüsteem), ei saa kiiresti ja probleemideta seda asendada, nagu eraldiseisval arvutil;
- halvem riistvara kokkusobivus, kui süsteem koosneb erinevatest tüübi kontrollereist.

2.2.2 Uued kontrollid ja kommunikatsiooni moodulid

Varem mainitud probleemide lahendamiseks oli valitud programmeeritavad loogikakontrollerid PLC Siemens SIMATIC S7-1200 1215C DC/DC/DC, kuna soojuselektrijaam ei ole nii kiiruse nõudlik, et põhjendada näiteks S7-1500 sarjast kontrollerite ostmist. Sellel kontrolleril saab laiendada kontrolleri võimalusi erinevatega moodulitega, näiteks on võimalik lisada analoog, digitaalne või kommunikatsiooni moodul kontrolleri külge. [7]

Ühendamiseks soojusarvestitega muunduri abil kasutatakse Siemens CM 1241 RS422/485 moodul, kuna kontrolleril ei ole RS422/485 ühendust, mis on vajalik Modbus Remote Terminal Unit (RTU) andmevahetuseks ning seejärel ühendamiseks muunduriga.

Valik oli põhjendatud sellega, et enamik kontrolleritest VKG kasutusel on Siemens'i omad. Sama tootjalt kontrollerite kasutamine ettevõttes võimaldab programmeerida ühes tarkvaras, mis tähendab, et programmeerijad ei pea iga uue PLC jaoks programmi kasutust juurde õppima ning ettevõtte jaoks see tähendab vähem kulusid koolituste jaoks ning suurim efektiivsus.

2.2.3 Kontrollerite võrdlus

Vanadel WinPAC kontrolleritel võrreldes Siemens'i omadega on olemas omad eelised nagu VGA port ja Windows sees, aga samal ajal sellest tulevad ka probleemid, mis olid välja toodud alapeatükis 2.2.1. Puuduvad ka PROFINET ja PROFIBUS võimalused, aga neid saab lisada kasutades mooduleid.

Samal ajal tulevatel Siemens'itel puudub VGA port ja protsessor, milles paikneb Windows ning RS-232/485 liides, aga sisseehitatud Windows ning kuvari ühendamise võimalus ei ole nii suured eelised, et Siemens'itest loobuda. RS-232/485 ühendust saab kommunikatsiooni mooduliga, mis on kasutusel projektis.

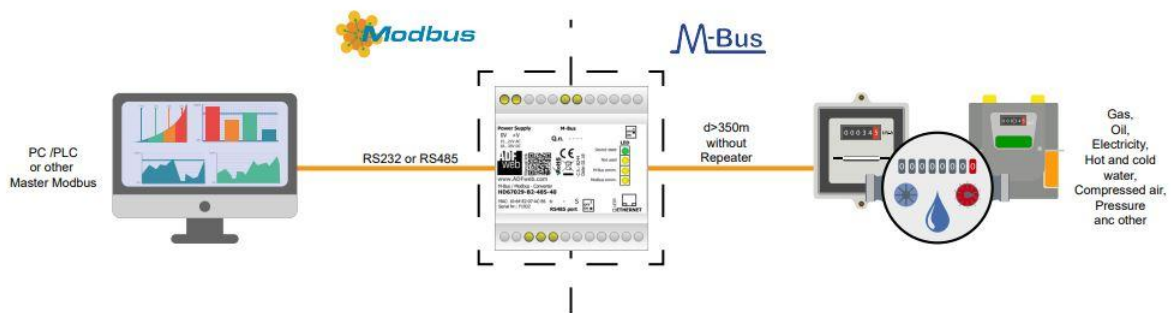
Allpool on toodud mõlemate kontrolleri eelised ja puudused. (vt. Tabel 1)

Tunnus	WinPAC-8000	Siemens SIMATIC S7-1200
RS-232/485	✓	✗
VGA port	✓	✗
PROFINET	✗	✓
PROFIBUS	✗	✓
Ethernet	✓	✓

Tabel 1. Kontrolleri tunnuste võrdlus.

2.3 Muundur

Kuna soojusarvestitel on ainult Meter-Bus (M-Bus) ühendus, on vaja kasutada muundurit, mis võimaldab andmevahetust kontrollieriga. (vt. Joonis 2) Ettevõttes on kasutusel ADFweb M-Bus to Modbus muundur ja selle jaoks tarkvara ADFweb Compositor SW67029.

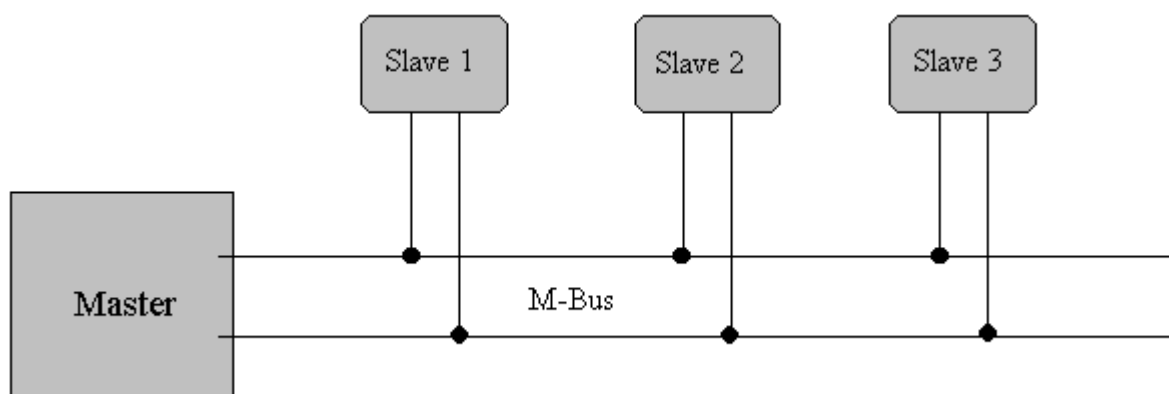


Joonis 2. Muunduri paigaldamise/kasutamise näide. [10]

2.4 M-Bus standard

M-Bus ("Meter-Bus") on Euroopa standard soojusmõõturite kauglugemiseks, mis on kasutatav ka kõigi teiste tarbimismõõtjate tüüpide ning erinevate andurite ja täiturmehhanismide jaoks. [17]

M-Bus on hierarhiline süsteem, mille sidet juhib master. M-Bus koosneb masterist, mitmest slave'ist (otsaseadmete arvestitest) ja kahejuhtmelisest ühenduskaablist (vt. Joonis 3). Slave on ühendatud paralleelselt edastuskandjaga - ühenduskaabliga. [17]



Joonis 3. M-Bus ühendus. [17]

2.5 Modbus RTU ja TCP protokollid

2.5.1 Modbus RTU

Modbus RTU on Master-Slave protokoll. [14]

Master-Slave tüüpi süsteemil on üks ülemasõlm (Master node), mis annab ühele "Slave" sõlmedest selgesõnalisi käske ja töötleb vastuseid. Slave sõlmed ei edasta tavaliselt andmeid ilma Master sõlme päringuta ega suhtle teiste Slave seadmetega. [14]

Füüsilisel tasandil võivad Modbus RTU süsteemid kasutada erinevaid füüsilisi liideseid (RS485, RS232). RS485 kahejuhtmeline liides on kõige levinum. Lisavõimalusena võib rakendada ka RS485 neljajuhtmelist liidest. RS232 jadaliidest võib kasutada ka liidesena, kui on vaja ainult lühikest punktist punkti sidet. [14]

Projektis kasutatakse RS485 kahejuhtmeline liides.

2.5.2 Modbus TCP

Modbus TCP pakub Client/Server sidet Ethernet TCP/IP võrku ühendatud seadmete vahel.

Client/Server mudel lähtutakse nelja tüübi sõnumitest [15]:

- MODBUS Request;
- MODBUS Confirmation;
- MODBUS Indication;
- MODBUS Response.

MODBUS Request on sõnum, mille Client saadab võrku andmevahetuse algatamiseks, MODBUS Indication on Request sõnumi saamine Serveri poolel, MODBUS Response on Response sõnum saadetud Serveri poolt, MODBUS Confirmation on Response sõnumi saamine Clienti poolel. [15]

Modbus TCP kasutatakse reaajas andmevahetuseks [15]:

- kahe seadme rakenduse vahel;
- seadme rakenduse ja muu seadme vahel;
- HMI/SCADA rakenduste ja seadmete vahel;
- arvuti ja võrguteenuseid pakkuva seadmeprogrammi vahel. [15]

2.6 Tarkvara

2.6.1 TIA Portal 15.1

TIA Portal on kõikehõlmav inseneri tööriist PLC- või PC-põhiste SIMATIC-kontrollerite konfigureerimiseks ja programmeerimiseks. TIA Portal saab kasutada kõigi Siemens SIMATIC-kontrollerite põlvkondade konfigureerimiseks, programmeerimiseks, testimiseks ja diagnoosimiseks. [11]

2.6.2 ADFweb Compositor SW67029

ADFweb Compositor SW67029 kasutatakse muunduri häälestamiseks.

Muunduri häälestamine toimub sammude järgi (vt. Joonis 4). Esiteks on vaja luua uus konfiguratsioon (nupp "New Configuration") ning seejärel anda selle nimetust, näiteks projekti jaoks oli valitud "VKG_Pohja" nimi.



Joonis 4. ADFweb Compositor SW67029 esimene aken.

Seejärel tuleb seadistada kommunikatsioon, vajutades nuppu "Set Communication". Avaneb uus aken, kus peab sisestama järgmised parameetrid (vt. Joonis 5) [12]:

- "Serial" – Modbus jadaliidese standardi valik;
- "Baudrate" – Modbus andmevahetuse kiirus;
- "Parity" – Modbus paarsus;
- "Stop Bits" – Modbus stop bittide arv;
- "ID Device" – Modbus ID määramine muundurile;
- "Protocol" – Modbus protokoll valimine;
- "Baudrate" – M-Bus andmevahetuse kiirus;
- "Parity" – M-Bus paarsus;
- "M-Bus Poll" – M-Bus küsitluse režiim. "Cyclic" tähendab, et muundur saadab päringuid tsükliliselt;
- "Delay for Cyclic (s)" aeg sekundites. See aeg on kasutatud "Cyclic" režiimi jaoks;

Set Communication

SW67029
Set Communication Setting

Select Device

HD67029M

Modbus Slave

Serial: RS485

Baudrate: 19200

Parity: NONE

Stop Bits: 1 Stop Bit

ID Device: 2

Protocol: Modbus RTU

M-Bus

Baudrate: 2400

Parity: EVEN

M-Bus Polls: Cyclic

Delay for Cyclic (s): 10

OK Cancel

Joonis 5. Kommunikatsiooni seadistamine.

Projekti jaoks olid kasutatud järgmised parameetrid soojusarvestite väärtuste muutujate loomiseks (vt. Joonis 6) [12]:

- "Description" – muutuja kirjeldus/nimetus, et oleks arusaadavam;
- "Type of Data" – andmetüüp, mis saadakse soojusarvestilt;
- "Dimension" – muutuja suurus bittides;
- "Modbus Register" – muutuja register Modbus'i jaoks;

The screenshot shows the 'M-Bus Network' configuration window. On the left, a tree view lists four nodes: ID 36, ID 35, ID 49, and ID 45, each with a list of variables (VAR) such as Energy (Wh), Volume (m3), On time, Temperature, Return Temperature, Temperature Difference, Power, Flow, Flow Temperature, and Return Flow. The 'Variables' tab is selected, showing configuration options for the selected variable 'Energy (Wh)'. The options include: 'Enable Variable' (checked), 'Description' (Energy (Wh)), 'Type of Data' (Energy (Wh)), 'VIF ASCII String' (empty), 'Function Field' (Instantaneous Value), 'Dimension (bit)' (32), 'Length(Variable Len)' (0), 'Unit' (0), 'Modbus Register' (256), 'Modbus Re Scale' (0), 'Storage Number' (0), 'Tariff' (0), 'VIFE' (Not Selected), 'Time Point' (Use Six Modbus Register, YY 1, MM 2, DD 3, HH 4, MM 5, SS 6), 'From BCD to Integer' (unchecked), 'Convert in Float' (checked), 'Force Integer 32' (unchecked), 'Post Operation' (None), and a 'MODIFY VARIABLE' button. At the bottom, there are 'OK', 'Cancel', and 'Import Network' buttons.

Joonis 6. Soojusarvestite muutujate seadistamine.

2.6.3 AVEVA PI Vision

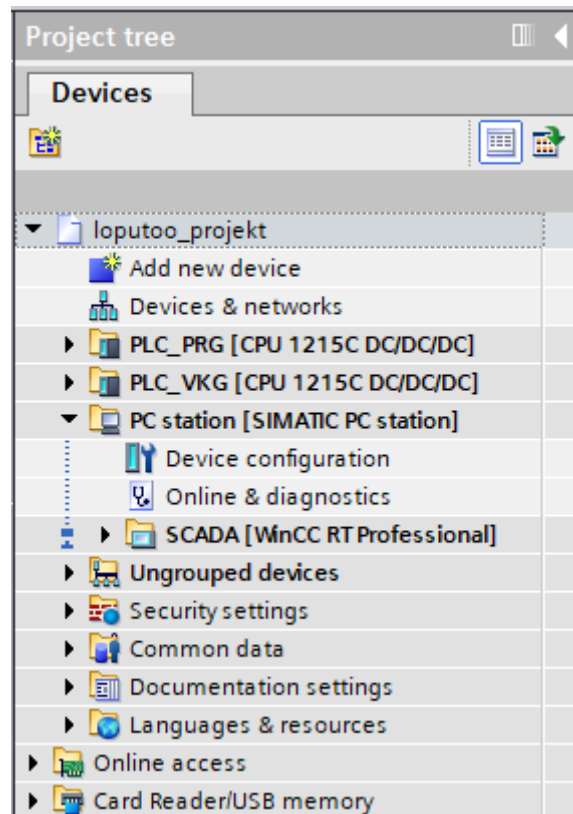
AVEVA PI Vision on veebipõhine kuvade ja tulemuskaarte tegemise tarkvara, mis pakub konfigureeritavat iseteeninduslikku visualiseerimist reaalajas toimingute andmete jaoks. Seda saab kasutada korduvkasutatavate kuvade tegemiseks, et mõista tootmise toiminguid ning teostada varade ja protsessi sündmuste jälgimist ja uurimist. [13]

VKGs PI Vision'it kasutatakse protsesside reaalajas jälgimiseks. Võrguseirest saadud soojusarvestite väärtused on plaanis panema ka AVEVA PI Vision'isse, aga lõputöö käigus seda ei tehta.

3 PROGRAMM

Programmi eesmärk on PLC ja soojusarvestite ühendus (muunduri abil) ja andmevahetus.

Projekt on jagatud kahele kontrolleriile, et eraldada programm kahe linnaosa jaoks – Kohtla-Järve/tehase omad vajadused ning Jõhvi/Ahtme.

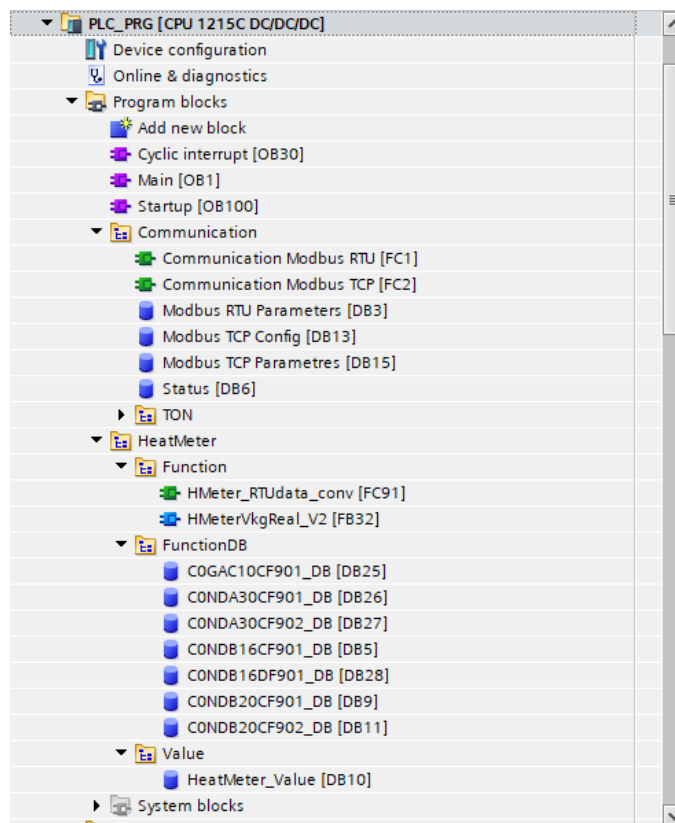


Joonis 7. Programmis kasutatud seadmed.

PLC_PRG – Jõhvi-Ahtme soojusvõrgu osa;

PLC_VKG – Kohtla-Järve ning tehase omad vajadused soojusvõrgu osa;

PC station – arvuti, milles paikneb SCADA.



Joonis 8. Programmi struktuur.

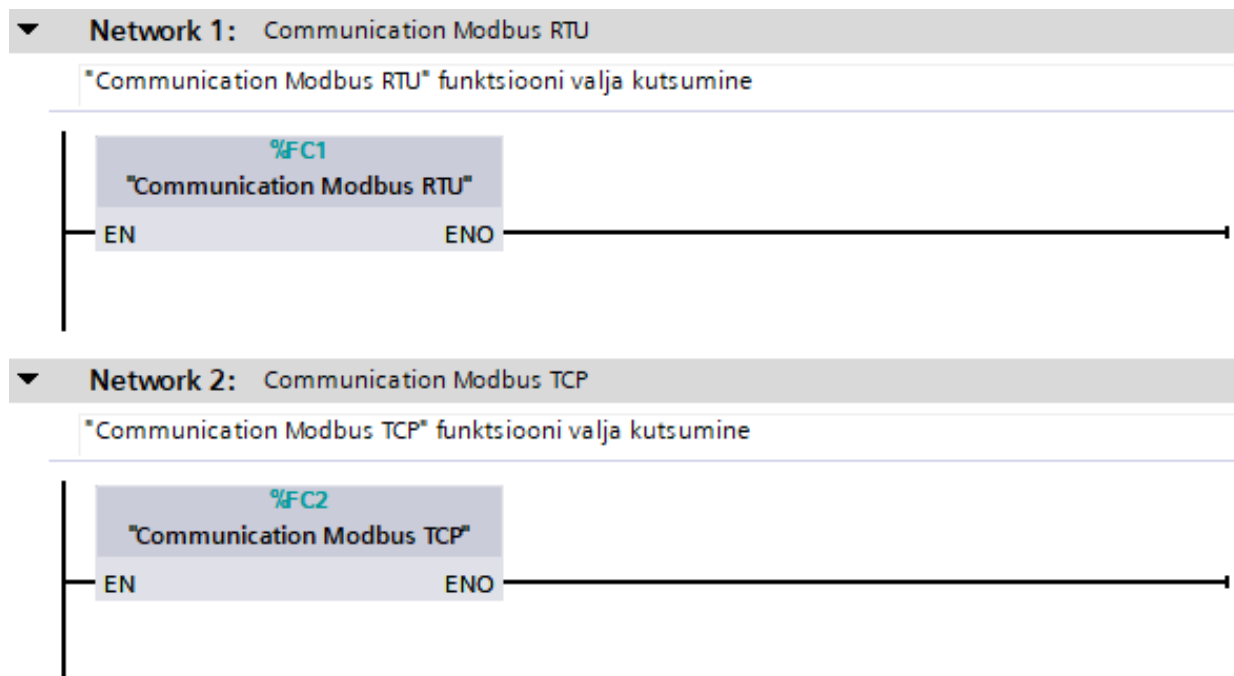
Communication kaustas asuvad funktsioonid (FC), mis vastavad andmevahetuse eest, ja data plokid (DB), kus asuvad Modbus ploki parameetrid, näiteks aadressid, staatused ja andmetüüp. (vt Joonis 9, 12)

Modbus TCP Config									
	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Comment
1	▼ Static								
2	▼ Kamber1	TCON_IP_v4							
3	InterfaceId	HW_ANY	64						HW-identifier of IE-interface submodule
4	ID	CONN_OUC	1						connection reference / identifier
5	ConnectionType	Byte	11						type of connection: 11=TCP/IP, 19=UDP (17=TCP)
6	ActiveEstablished	Bool	true						active/passive connection establishment
7	▼ RemoteAddress	IP_V4							remote IP address (IPv4)
8	▼ ADDR	Array[1..4] of Byte							IPv4 address
9	ADDR[1]	Byte	10						IPv4 address
10	ADDR[2]	Byte	10						IPv4 address
11	ADDR[3]	Byte	116						IPv4 address
12	ADDR[4]	Byte	1						IPv4 address
13	RemotePort	UInt	503						remote UDP/TCP port number
14	LocalPort	UInt	0						local UDP/TCP port number
15	► Kamber2	TCON_IP_v4							
16	► Kamber3	TCON_IP_v4							
17	► Kamber4	TCON_IP_v4							
18	► Kamber5	TCON_IP_v4							
19	► Kamber6	TCON_IP_v4							
20	► Kamber7	TCON_IP_v4							

Joonis 9. Modbus TCP ploki konfiguratsioon.

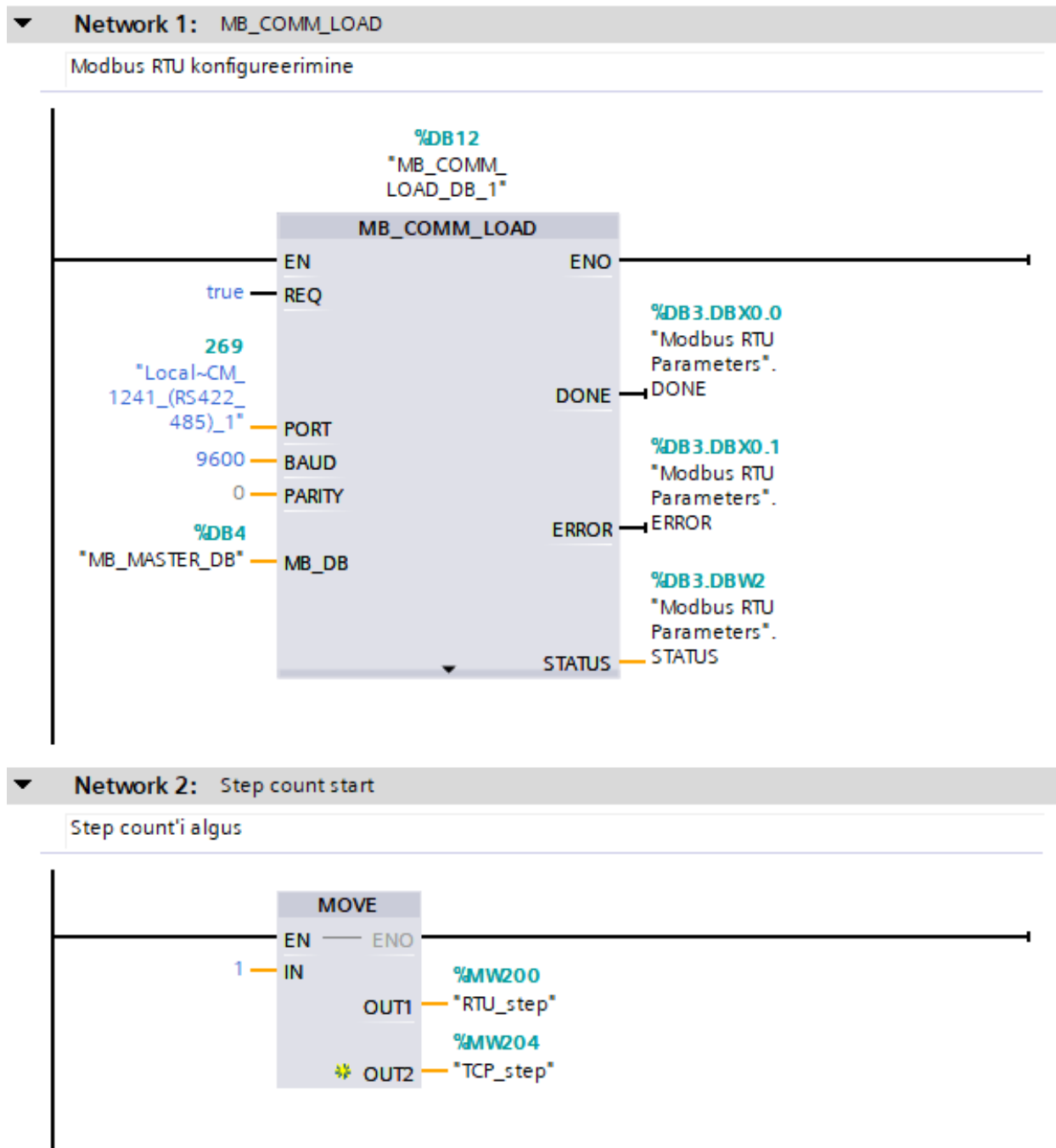
PLC_PRG Main plokk kutsub välja funktsioone "Communication Modbus RTU" ja "Communication Modbus TCP". (vt. Joonis 10)

PLC_VKG Main plokk kutsub välja ainult "Communication Modbus RTU", kuna Kohtla-Järve liini puhul Modbus TCP andmevahetust ei kasutata.



Joonis 10. Main organisatsiooni plokki sisestus.

MB_COMM_LOAD käsk konfigureerib Precision Time Protocol pordi Modbus RTU side jaoks [18]. Seda käivitatakse Startup organisatsiooni plokis. (vt. Joonis 11)



Joonis 11. Startup organisatsiooni ploki sisestus.

Saadud andmed soojusarvestitelt, mis on pandud isiklikele nende jaoks data plokkidesse, saadetakse SCL skripti abil "HeatMeter_Value" data plokki (vt. Joonis 14, 15). Selleks, et need andmed olid kategoriseeritud ja arusaadavad oli loodud andmetüüp "HeatMeter", mis koosneb järgmistest parameetritest:

- E – Energy, pealevoolu summaarne kogutud energia;
- V – Volume, pealevoolu summaarne maht;
- T1 – Temperature 1, pealevoolu temperatuur;
- T2 – Temperature 2, tagasivoolu temperatuur;
- dT – T1 ja T2 temperatuuride erinevus;
- Q – Power, pealevoolu võimsus;
- F – Flow, pealevoolu vool;
- F2 – Flow 2, tagasivoolu vool.

```

1 // COGAC10CF901
2 "COGAC10CF901_DB"("HeatMeter_Value".COGAC10CF901);
3 // CONDA30CF902
4 "CONDA30CF902_DB"("HeatMeter_Value".CONDA30CF902);
5 // CONDB16DF901
6 "CONDB16DF901_DB"("HeatMeter_Value".CONDB16DF901);
7 // CONDB20CF901
8 "CONDB20CF901_DB"("HeatMeter_Value".CONDB20CF901);
9 // CONDB20CF902
10 "CONDB20CF902_DB"("HeatMeter_Value".CONDB20CF902);
11 // CONDA30CF901
12 "CONDA30CF901_DB"("HeatMeter_Value".CONDA30CF901);
13 // CONDB16CF901
14 "CONDB16CF901_DB"("HeatMeter_Value".CONDB16CF901);

```

Joonis 14. Isiklikelt data plokkidest andmete saatmine "HeatMeter_Value" data plokki.

	Name	Data type	Offset
1	Static		
2	COGAC10CF901	"HeatMeter"	0.0
3	CONDA30CF901	"HeatMeter"	68.0
4	CONDA30CF902	"HeatMeter"	136.0
5	CONDB16CF901	"HeatMeter"	204.0
6	CONDB16DF901	"HeatMeter"	272.0
7	CONDB20CF901	"HeatMeter"	340.0
8	CONDB20CF902	"HeatMeter"	408.0
9	Kamber1	"HeatMeter"	476.0
10	Kamber2	"HeatMeter"	544.0
11	Kamber3	"HeatMeter"	612.0
12	Kamber4	"HeatMeter"	680.0
13	Kamber5	"HeatMeter"	748.0
14	Kamber6	"HeatMeter"	816.0
15	Kamber7	"HeatMeter"	884.0

Joonis 15. "HeatMeter_Value" data ploki sisestus.

Pärast seda on vaja need andmed teisendada õigesse formaadisse, et oleks arusaadav, kui suur väärtus on. (vt. Joonis 16)

```
1 // T1 value
2 #temp_dw := ROL(IN := #dw_array[3], N := 16);
3 #value.T1 := DWORD_TO_REAL(#temp_dw);
4 // T2 value
5 #temp_dw := ROL(IN := #dw_array[4], N := 16);
6 #value.T2 := DWORD_TO_REAL(#temp_dw);
7 // dT value
8 #temp_dw := ROL(IN := #dw_array[5], N := 16);
9 #value.dT := DWORD_TO_REAL(#temp_dw);
10 // Q value scale
11 #temp_dw := ROL(IN := #dw_array[6], N := 16);
12 #value.Q := DWORD_TO_REAL(#temp_dw) / 1000000.0;
13 // F value
14 #temp_dw := ROL(IN := #dw_array[7], N := 16);
15 #value.F := DWORD_TO_REAL(#temp_dw);
16 // E value scale
17 #temp_dw := ROL(IN := #dw_array[0], N := 16);
18 #value.E := DWORD_TO_REAL(#temp_dw) / 1000000.0;
19 // V value
20 #temp_dw := ROL(IN := #dw_array[1], N := 16);
21 #value.V := DWORD_TO_REAL(#temp_dw);
```

Joonis 16. Inseneriühikutest teisendamine SI süsteemi ühikutesse.

Niimoodi olid kogutud ning ettevalmistatud andmed visualisatsiooni kasutamiseks.

4 VISUALISATSIOON

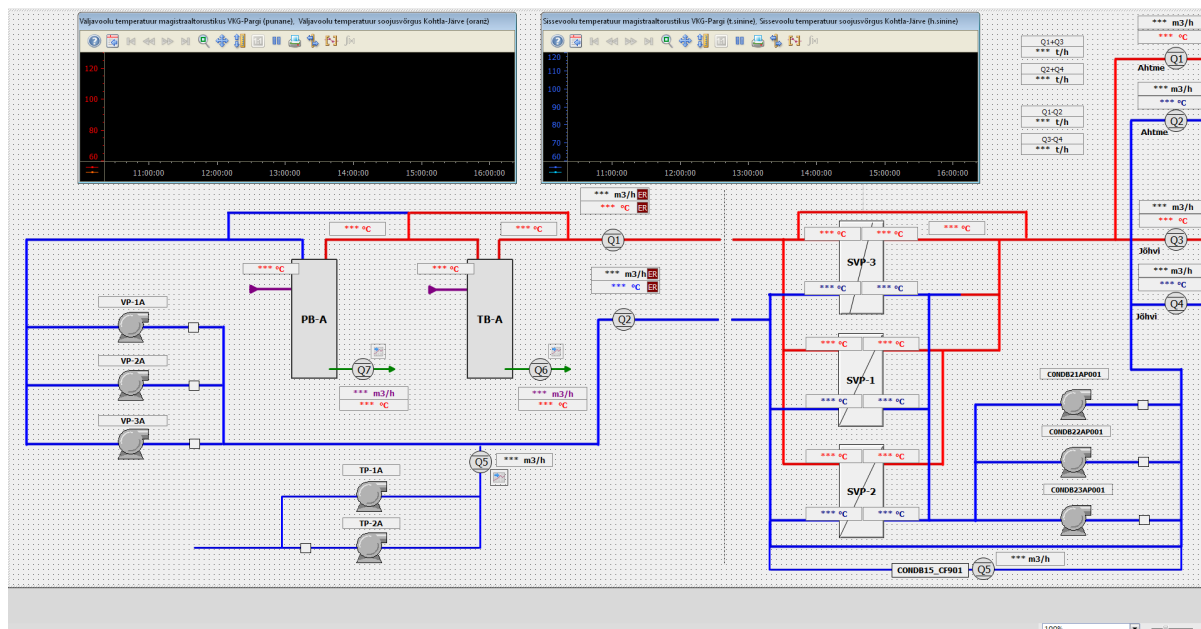
Visualisatsiooni eesmärk on soojusarvestitelt kogutud näiteid esindamine arusaadaval kujul.

Ekraanil kuvatakse nii VKG Energia Kohtla-Järve soojusvõrgu, kui ka Jõhvi-Ahtme osa skeemi kujul. Skeemi järgi võib jälgida temperatuuri ja vooluhulka erinevates soojuselektrijaama osas. Olid välja toodud graafikud sisse- ja väljavoolu kahe liinide temperatuuride kuvamiseks. (vt. Joonis 17)

Visualisatsioonil esinevate lühendide selgitus:

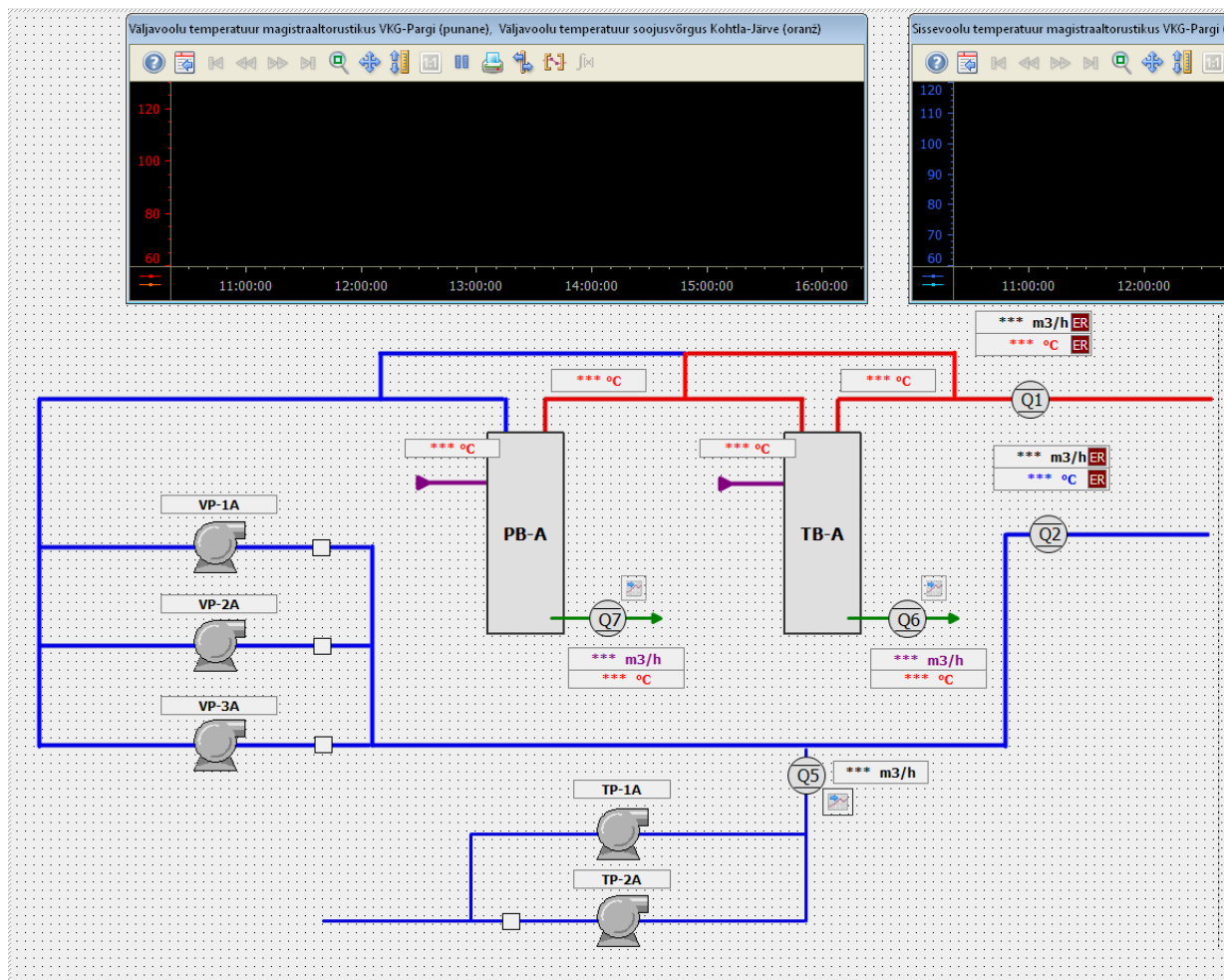
- PB – Peamine Boiler;
- TB – Tippboiler (kasutatakse suure koormuse korral);
- VP – Vaakumpump;
- TP – Toitev pump;
- Q – Soojusarvesti;
- SVP – Sooja vee pump.

Punased jooned tähendavad väljavoolu vett ning sinised jooned tähendavad sissevoolu vett, kuna väljavoolu vesi on kuumem, kui sissevoolu vesi.



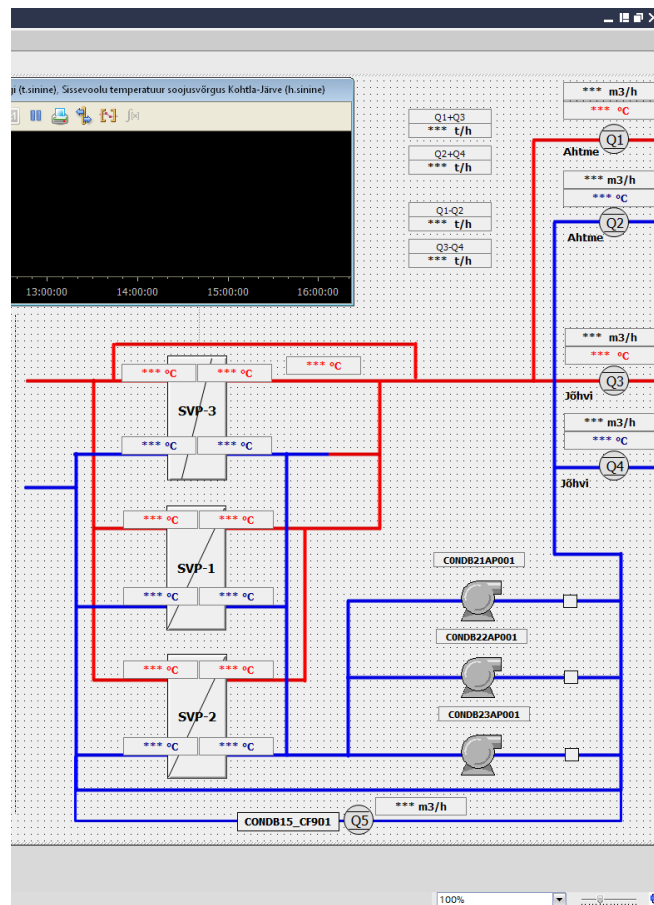
Joonis 17. Visualisatsiooni peamine ekraan (terve ekraan).

Kohtla-Järve osa esineb endast soojuselektrijaama skeemi. On kuvatud 2 boilerit, 5 pumba, 2 nendest on toitmise pumbad ning ka soojusarvestid, mis asuvad soojuselektrijaamal. (vt. Joonis 18)



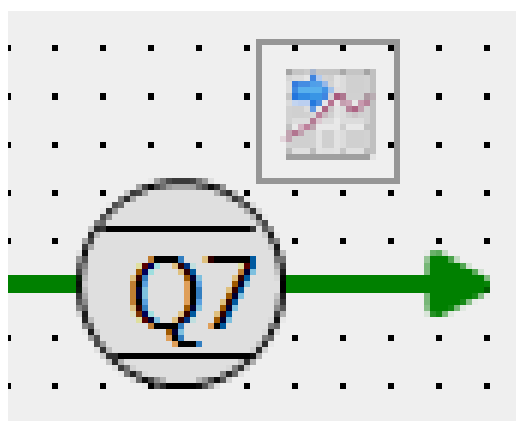
Joonis 18. Kohtla-Järve soojusvõrgu osa visualisatsioonil.

Jõhvi-Ahtme osa on magistraaltorustiku osa, mis näitab 3 sooja vee pumba, et tagada Jõhvi ja Ahtme kütmist, kuna soojuselektrijaam asub umbes 15 km nendest kohast. (vt. Joonis 19)



Joonis 19. Jõhvi-Ahtme soojusvõrgu osa.

Vajutades väikest graafiku sümbolit soojusarvesti küljes avaneb soojusarvesti vaade, kus kuvatakse peale temperatuuri ka võimsust, summaarset energiat, summaarset mahtu ja vooluhulka. (vt Joonis 20, 21)



Joonis 20. Soojusarvesti sümbol ja täpsestuva akna avamine.

W

A

View

Property

Vooluhulk	*** m3/h
Temperatuur 1	*** °C
Temperatuur 2	*** °C
Võimsus	*** MW
Sum. maht	*** m3
Sum. energia	*** MWh

Joonis 21. Soojusarvesti vaade aken.

KOKKUVÕTE

Lõputöö esimeses peatükis on lühike ettevõtte tutvustus ning ka seletatakse kaks protsessi kust saab soojuselektrijaam gaasi oma töö jaoks.

Teises peatükis on kirjeldatud soojusarvestite, kontrollierite, muundurite, protokollide ja tarkvara teoreetiline ülevaade kasutades ametliku tootjate kirjandust. Olid valitud ka uued kontrollierid – Siemens S7-1200 1215C DC/DC/DC, et asendada vananenud WinPAC-8000, ning oli tehtud võrdlus nende vahel.

Kolmandas peatükis kirjeldatakse uue programmi ja seletatakse töökäigu. Programm oli tehtud kasutades TIA Portal 15.1 ja tema eesmärk oli soojusarvestite võrguseire.

Neljandas peatükis on kirjeldatud visualisatsioon. Eesmärgiks oli kuvada soojusarvestite näiteid, mis olid kogutud programmi abil, selle jaoks oli tehtud visualisatsioon WinCC keskkonnas, kus saab jälgida soojusarvestite andmeid.

Kõik lõputöö eesmärgid olid täidetud. Programm oli kontrollitud kasutades Siemens PLCSim tarkvara, ning kontrolli käigus kõik toimis nii nagu ette nähtud.

Kuna lõputöö käigus oli tehtud ainult test projekt, siis ei olnud see veel kasutusele pandud. Hiljem tehakse test projekti baasil töötava juhtprogramm, kus saab teha nii soojusarvestite seiret kui ka pumpade juhtimist.

SUMMARY

Network Monitoring of Heat Meters of VKG Energia's Thermal Power Station and Heat Network is the topic of this thesis. The purpose of the thesis is to make a test project for monitoring values of heat meters with updated hardware and software of VKG Energia thermal power station.

The problem is that VKG Energia still uses WinPAC controllers and ASPIC 3.30 Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA). As both hardware and software have become obsolete, there was a need to renew the entire control system. The old software and hardware are no longer reliable, so a decision was made to replace them with Siemens controllers and software since most of the plant already works with Siemens. The program of the new controllers was made with TIA Portal 15.1, and the new visualization was done with TIA Portal 15.1 WinCC. The heat meters and converters did not need to be replaced and because of that were reused in this project.

In the first chapter of the thesis, there is a short introduction of the company and two processes from which the thermal power plant gets gas for its work are also explained.

The second chapter describes a theoretical overview of heat meters, controllers, converters, protocols and software using official manufacturers' literature. New controllers Siemens S7-1200 1215C DC/DC/DC were selected to replace the outdated WinPAC-8000 and a comparison between the two controllers was made.

The third chapter describes the new program and explains how it works. The program was made using TIA Portal 15.1 and its purpose was network monitoring of heat meters.

The fourth chapter describes visualization. The goal was to display data of heat meters that was collected using the program, for this a visualization was made with the use of WinCC environment, where the data of heat meters can be monitored.

All objectives of the thesis were fulfilled. The program was tested using Siemens PLCSim software. During the test everything worked as intended.

Since only a test project had been made during the thesis, it had not yet been put into use. Later, a control program will be made on the basis of the test project, where both heat meter monitoring and pump control can be done.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] Viru Keemia Grupp, "Tehnoloogia", *Viru Keemia Grupp*.
<https://www.vkg.ee/tehnoloogia/>
- [2] Sõnaveeb, "Utmine", *EKI ÜHENDSÕNASTIK 2024*, 2022.
<https://sonaveeb.ee/search/unif/dlall/dsall/utmine/1>
- [3] Kamstrup, "Paigaldus- ja kasutusjuhend MULTICAL® 602 & ULTRAFLOW®," *Tepso*, 2012.
http://www.tepso.ee/failid/File/KAMSTRUP/602_PKJ.pdf
- [4] Kamstrup, "Technical Description MULTICAL® 602," *Kamstrup*, 2023.
https://documentation.kamstrup.com/docs/MULTICAL_602/en-GB/Technical_description/CONT90C6D93022A54253A84D8345A5325B55
- [5] Kamstrup, "ULTRAFLOW® 54 DN150-300", *Kamstrup*, 2014.
https://documentation.kamstrup.com/docs/ULTRAFLOW_54_DN150_300/en-GB/Data_sheet/CONT52A1B4CB7D6241AFB0B13997B60C8234/?page=2
- [6] Siemens, "Transit Time Flow Measurement", *Petro-online*, 2008.
<https://www.petro-online.com/article/flow-level-pressure/12/siemens/transittime-flow-measurement/297/download>
- [7] Siemens, "S7-1200", *Industry Mall*.
<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/catalog/products/10045647>
- [8] Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus, "EVS-EN 1434-1:2022", *Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus*, 2022.
<https://www.evs.ee/Download/ViewBrowsingServiceSubscription?productId=147051&language=EstonianLanguage>
- [9] ICP DAS, "WinPAC-8000", *ICP DAS*, 2009.
https://www.icpdas.com/root/product/solutions/pac/winpac/wp-8000_introduction.html
- [10] ADFweb, "Protocol Converter Modbus M-Bus", *ADFweb*.
https://www.adfweb.com/downloadfly/Protocol_Converter_Modbus_M-Bus.pdf
- [11] Siemens, "PLC Programming with SIMATIC STEP7", *Siemens*.
<https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal/software/step7-tia-portal.html>

- [12] ADFweb, "M-Bus Master / Modbus Slave - Converter", *ADFweb*.
https://www.adfweb.com/download/filefold/mn67029_eng.pdf
- [13] AVEVA, "AVEVA™ PI Vision™", AVEVA, 2022.
https://www.aveva.com/content/dam/aveva/documents/datasheets/Datasheet_AVEVA_PIVision_22-08.pdf
- [14] Modbus.org, "MODBUS over Serial Line Specification and Implementation Guide V1.02", *Modbus.org*, 2006.
https://www.modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1_02.pdf
- [15] Modbus.org, "MODBUS Messaging on TCP/IP Implementation Guide V1.0b", *Modbus.org*, 2006.
https://www.modbus.org/docs/Modbus_Messaging_Implementation_Guide_V1_0b.pdf
- [16] Microsoft, "Windows XP support has ended", *Microsoft*.
<https://support.microsoft.com/en-us/windows/windows-xp-support-has-ended-47b944b8-f4d3-82f2-9acc-21c79ee6ef5e>
- [17] M-Bus, "Wired M-Bus Specification", *M-bus*.
<https://m-bus.com/documentation-wired/04-physical-layer>
- [18] Siemens, "MB_COMM_LOAD", *SiePortal*, 2018.
<https://support.industry.siemens.com/cs/mdm/109759862?c=83593429131&lc=da-DK>