

Arttu Kivimaa, Santeri Pulli

ENERGIAKONTIN SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOSUUNNITTELU

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus
Toukokuu 2020**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Toukokuu 2020	Tekijä/tekijät Arttu Kivimaa, Santeri Pulli
Koulutusohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikka		
Työn nimi ENERGIAKONTIN SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOSUUNNITTELU		
Työn ohjaaja Hannu Puomio	Sivumäärä 51 + 50	
Työelämäohjaaja Timo Rahja		
<p>Opinnäytetyön aiheena oli EK-pyrolyysilaitteiston eli energiakontin automatisointi. Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä laitteistolle logiikkaohjelma sekä automaatio- ja sähkösuunnitelma ja lisäksi tarkastella sähköturvallisuutta. Tavoitteille oli tarkempia kriteereitä kaasutusprosessin, turvallisuuden ja laitteiston omistajan osalta. Työn tilaajana toimi EK-pyrolyysilaitteiston omistaja Timo Rahja.</p> <p>Opinnäytetyö tarkastelee kaasutin- ja automaatiolaitteistojen historiaa, rakennetta ja toimintaa. Lisäksi tarkastellaan EK-pyrolyysilaitteistoon kuuluvia komponentteja ja laitteiston automatisointiin käytettäviä laitteita. Työn suoritus piti sisällään kyseiseen EK-pyrolyysilaitteistoon tutustumisen sekä tavoitteisiin asetetut suoritukset ja tarkastelut. Logiikkaohjelman toimivuus testattiin koejärjestelyin.</p> <p>Lopputuloksena saatiin tavoitteet täyttävä kokonaisuus, jonka pohjalta työn tilaaja voi ryhtyä edistämään EK-pyrolyysilaitteistoprojektia käytännön tasolla. Lisäksi opinnäytetyössä syntyneiden dokumentaatioiden avulla kokonaisuuden jatkokehittäminen pitäisi olla helppoa.</p>		
Asiasanat Hiilimonoksidi, kaasuttimet, ohjelmoitavat logiikat, prosessinohjaus		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date May 2020	Author Arttu Kivimaa, Santeri Pulli
Degree programme Electrical and automation engineering		
Name of thesis ELECTRICAL AND AUTOMATION PLANNING OF AN ENERGY CONTAINER		
Instructor Hannu Puomio	Pages 51 + 50	
Supervisor Timo Rahja		
<p>The subject of the thesis was the automatization of EK pyrolysis hardware i.e. energy container. The goal was to make a logic program, as well as an automation and an electrical plan for the energy container, and in addition to that research electrical safety. The goal had some more precise criterions due to gasification process, safety and desires from the owner. The work was commissioned by the owner of the EK pyrolysis hardware Timo Rahja.</p> <p>The thesis researches gasifier and automation hardware's history, structure and working principles. In addition, the components of the EK pyrolysis hardware and its automation hardware are researched. The work included becoming familiar with the EK pyrolysis hardware that was in question and tasks and inspections that were set in the goal. The logic program was tested with the examination setup.</p> <p>As a conclusion, the goal of the thesis was fully achieved, and based on that the owner can take a step forward bringing his EK pyrolysis hardware project into reality. Moreover, the development of the reached achievements should be easy with the documents that were made as part of this thesis.</p>		

<p>Key words Carbon monoxide gas, gasifiers, PLC, process control</p>
--

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

AC, VAC	Vaihtosähkö, vaihtojännite
Analoginen	Tiedon esittäminen reaalityyppinä, jolloin numeeristen lukujen määrä voi olla ääretön
CPU	(Center Processing Unit) Keskusyksikkö
DC, VDC	Tasavirta, tasajännite
Digitaalinen	Tiedon esittäminen täsmällisesti numeerisina kokonaisluvuina, tyypillisesti binäärisesti
Input/Output, In/Out, I/O	Tulo/Lähtö
Kaasutin	Kaasugeneraattori häikäisun tuottoon
NTC	(Negative Temperature Coefficient) Termistori, jonka resistanssin lämpötilakerroin on negatiivinen
PLC	(Programmable logic controller) Ohjelmoitava logiikka
RAM-muisti	(Random Access Memory) Työmuisti, keskusmuisti, luku- ja kirjoitusmuisti
ROM-muisti	(Read Only Memory) Lukumuisti

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO	1
2 HÄKÄKAASUTUS JA AUTOMATIikka	3
2.1 Häkäkaasu	3
2.1.1 Häkäkaasun historia	3
2.1.2 Häkäkaasuttimen kemia	4
2.1.3 Häkäkaasutin polttomoottorikäytössä	5
2.1.4 Häkäkaasutinlaitteisto ja sen toiminta	6
2.1.5 Häkäkaasutintyyppjä	6
2.2 Ohjelmoitavat logiikat	8
2.2.1 Historia	9
2.2.2 Rakenne	9
2.2.3 Toimintaperiaate	11
2.2.4 Logiikan ohjelmointi	12
3 ENERGIAKONTIN LOGIikka- JA PYROLYYSILAITTEISTO	13
3.1 Logiikkalaitteisto ja -ohjelmisto	13
3.1.1 Yhteensopivuusongelmat laitteistossa ja ohjelmistossa	14
3.2 EK-pyrolyysilaitteisto	16
3.2.1 Kaasutin	18
3.2.2 Pesuri	19
3.2.3 Imuri	19
3.2.4 Arinan pyöritys	19
3.2.5 Venttiilit	20
3.2.6 Moottori	20
3.2.7 Invertterit ja generaattori	21
4 TYÖN SUORITUS	23
4.1 Prosessinajo	23
4.1.1 Main-pääohjelma	23
4.1.2 FC1-käsi käyttö	24
4.1.3 FC2-automaattikäyttö	26
4.1.4 FC3-resetointi ja FC4-anturit	27
4.2 Prosessin ohjaus	27
4.3 Anturit	30
4.4 Järjestelmä layout 230 VAC	32
4.5 Turvallisuus	33
4.5.1 Koneturvallisuus	34
4.5.2 Keskusvaatimukset	38
4.5.3 Käyttöönottotarkastus	41
5 YHTEENVETO JA KEHITTÄMINEN	47
LÄHTEET	50

LIITTEET

LIITE 1. Piirustusluettelo	
LIITE 2. I/O-luettelo	
LIITE 3. Keskuskaavio	
LIITE 4. Järjestelmä layout	
LIITE 5. Päävirtapiirikaavio	
LIITE 6. Ohjausvirtapiiri	
LIITE 7. Analogia-antureiden kytkentä	
LIITE 8. Aikaohjelman toimintakaavio	
LIITE 9. Laiteluettelo	
LIITE 10. Pikaohje kaasutusprosessin ohjaukseen	
LIITE 11. Käyttöliittymä	
LIITE 12. Logiikkaohjelma: Symbols	
LIITE 13. Logiikkaohjelma: Pääohjelma	
LIITE 14. Logiikkaohjelma: Käsikäyttö	
LIITE 15. Logiikkaohjelma: Automaattikäyttö	
LIITE 16. Logiikkaohjelma: Resetointi	
LIITE 17. Logiikkaohjelma: Anturit	

KUVAT

KUVA 1. Svedlund -myötävirtakaasutin	7
KUVA 2. Imbert-vastavirtakaasutin	8
KUVA 3. Logiikka ja lisämoduulit.....	14
KUVA 4. EK-Pyrolyysilaitteiston prosessikuvaus	16
KUVA 5. Energiakontti sisältä	17
KUVA 6. Kaasutin.....	18
KUVA 7. Nissanin polttomoottori	21
KUVA 8. Käsikäyttö.....	28
KUVA 9. Automaattikäyttö	29
KUVA 10. Itse tehdyt lämpötila-anturit	31

KUVIOT

KUVIO 1. Ohjelmoitavan logiikan toimintaperiaate.....	12
KUVIO 2. Lämpötila-antureiden funktiot	32
KUVIO 3. Konedirektiivin soveltamisen päävaiheet valmiilla koneella.....	36
KUVIO 4. Konedirektiivin soveltamisen päävaiheet osittain valmiilla koneella.....	37

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Puukaasun keskimääräinen koostumus; kosteus 12-20 %	5
TAULUKKO 2. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot.....	43

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli energiakontin eli EK-pyrolyysilaitteiston automatisointi, minkä takia tavoitteiksi asetettiin logiikkaohjelman sekä automaatio- ja sähkösuunnitelman teko. Näiden tekoon oli erilaisia kriteereitä niin kaasutusprosessin, turvallisuuden kuin myös työn tilaajan osalta. Lisäksi yhtenä tavoitteena oli tarkastella yleisesti sähköturvallisuutta siltä osin, mikä liittyi työhön. Kyseiselle EK-pyrolyysilaitteistolle on tehty jo aikaisemmin opinnäytetöinä laitteiston automatisointi, mutta jokaisessa aiemmassa työssä on ollut hieman kehitettävää. Näin ollen tämä opinnäytetyö on myös jatkokehitystä energiakontin automatisointiin.

Aihe opinnäytetyöhön lähti toiveestamme tehdä logiikkaohjelmointia ja automaatiota sisältävä opinnäytetyö. Varsinainen aihe saatiin lehtori Hannu Puomiolta, jolla oli tietoa Timo Rahjan eli työn tilaajan energiakonttiprojektista. Energiakontti on ollut aikaisemmin Centria-ammattikorkeakoulun ja Eero Kangasojan yhteinen demoprojekti, jonka Timo Rahja on sittemmin hankkinut itselleen omaksi projektikseen. Työn tilaajalla on suunnitelmissa kehittää ja käyttää energiakonttia rakenteilla olevan hallinsa sähkön- ja lämmöntuotannossa mahdollisesti pientuulivoiman ja aurinkovoiman ohella.

Opinnäytetyön tietosisältö voidaan karkeasti jakaa kaasutin- eli pyrolyysilaitteiston ja automaatiolaitteiston tarkasteluun. Kaasutinlaitteiston osalta työssä perehdytään häkäkaasun hyödyntämisen historiaan, jossa kerrotaan häkäkaasugeneraattoreiden ja sota-aikana paljolti käytössä olleiden häkäpönttöautojen historiasta. Opinnäytetyössä on myös kerrottu yleisesti häkäkaasuttimen toimintaan liittyvästä kemiasta, ja yleisistä käytössä olevista häkäkaasutin tyypeistä. Pääpaino kaasutinlaitteiston osalta on kuitenkin häkäkaasuttimen laitteistossa ja toiminnassa. Automaatiolaitteiston osalta työssä on kerrottu ohjelmoitavien logiikoiden käyttöönottamisesta osana teollisuutta sekä logiikkaohjelmoinnista. Tärkeimpänä asiana ohjelmoitavien logiikoiden osalta on kerrottu logiikan rakenteesta ja toimintaperiaatteesta. Osana automaatiolaitteistoa voidaan ajatella olevan myös kosketuspaneeli, jolla kaasutusprosessia voidaan ohjata.

Opinnäytetyön aineistossa käsitellään logiikkaohjelmointia varten saatuja automaatiolaitteita ja ohjelmistoja, jotka myös vaihtuivat opinnäytetyön aikana yhteensopivuusongelmien vuoksi. Aineistossa kerrotaan myös tarkemmin näiden automaatiolaitteiden teknisiä tietoja. EK-pyrolyysilaitteiston kuvauksessa on käyty läpi kaikki laitteiston tärkeimmät komponentit, kuten muun muassa polttomoottori, pesuri, invertterit ja kaasutin. Myös pyrolyysilaitteiston komponenteista esitellään hieman teknisiä tietoja.

Työ piti sisällään kyseiseen EK-pyrolyysilaitteistoon, ja sen toimintaan ja prosessin kulkuun tutustumisen. Logiikkaohjelman osalta työ piti sisällään logiikkaohjelman suunnittelun ja tekemisen siten, että prosessin ajaminen olisi turvallista eikä vaaraa aiheuttavia ongelmia pääse syntymään. Näiden lisäksi prosessin ohjaamista varten tehtiin käyttöliittymä kosketuspaneelille, josta prosessia pystytään ohjaamaan ja nähdään prosessin reaaliaikainen tila. Logiikkaohjelman ja käyttöliittymän toimivuus testattiin koejärjestelyin eikä oikealla pyrolyysilaitteistolla. Osana työtä oli myös energiakontin sähköturvallisuuden miettiminen siltä osin, kun se pystyttiin tekemään.

Opinnäytetyön lopputuloksena saatiin tavoitteet täyttävä tuotos, vaikka työssä vastaan tuli muutamia ongelmia, kuten automaatiolaitteiston yhteensopivuusongelmat. Tehdyn opinnäytetyön pohjalta on huomattavasti helpompi ryhtyä edistämään energiakonttiprojektia käytännön tasolla, sillä opinnäytetyön liitteinä on energiakontin sähkö- ja automaatiosuunnitteluun tehdyt kaaviot ja piirustukset ym., joiden avulla esimerkiksi keskuksen ja laitteiden kytkentä pitäisi onnistua. Energiakontin jatkokehittäminen esimerkiksi pientuulivoiman ja aurinkovoiman osalta on nyt myös hyvin mahdollista, koska tehdyt sähkö- ja automaatiosuunnitelmat ovat opinnäytetyössä dokumentoituna.

2 HÄKÄKAASUTUS JA AUTOMATIikka

Opinnäytetyön tietoperustassa tarkastellaan karkeasti kahta asiaa, kaasutin- eli pyrolyysi- ja automaatiolaitteistoja. Kaasutinlaitteiston osalta perehdytään häkäkaasun hyödyntämisen historiaan, kemiaan ja toimintaan. Lisäksi käsitellään eri häkäkaasutintyyppjä. Automaatiolaitteiston osalta käsitellään ohjelmoitavien logiikoiden käyttöönottamista osana teollisuutta sekä selvitetään, mitä logiikkaohjelmointi pitää sisällään. Lisäksi käsitellään logiikan rakennetta ja toimintaperiaatetta.

2.1 Häkäkaasu

Häkäkaasu eli hiilimonoksidi koostuu yhdestä hiili- ja happiatomista, ja se tunnetaan hyvin muun muassa puulämmitteisissä omakotitaloissa hajuttomana, värittömänä ja myrkyllisenä kaasuna. Häkä on myös erittäin helposti syttyvä kaasu. Häkää syntyy orgaanisen aineen epätäydellisessä palamisprosessissa eli käytännössä esimerkiksi pellettien polttamisessa vähäisellä ilmalla. (OVA-ohje: HIILIMONOKSIDI 2019.)

2.1.1 Häkäkaasun historia

Häkäkaasun hyödyntämisen voidaan katsoa alkaneen 1850-luvulla, kun höyry- ja lämmityskattiloiden lämmitykseen alettiin käyttämään polttoaineena masuunikaasua kivihiilen ohella. Vähitellen alettiin myös kehittämään kaasumoottoreita eri puolilla Eurooppaa, aktiivisimpia kehittäjiä olivat englantilaiset, saksalaiset ja ranskalaiset tutkijat. Lisäksi häkäkaasun valmistamisen helpottamiseksi ranskalainen Benier kehitti ensimmäinen häkäkaasugeneraattorin vuonna 1894, jota saksalainen Julius Pirsch kehitti vielä pidemmälle vuosisadan vaihteessa. Kaasuttimessa käytettiin polttoaineena antrasiittia eli laadultaan parhaita kivihiiltä. Ensimmäisen puukaasuttimen rakensi puolestaan italialainen Garuffa. (Köhler 2007, 14.)

Vuosisadan vaihteen jälkeen autojen yleistyessä keksijät ja kokeilijat innostuivat suunnittelemaan suurista kaasutin ratkaisuksista pienempiä autoon sopivia kaasuttimia. Kaasuttimet olivat melko pitkään harvoin kokeiluja, ja vasta 1920-luvulla tapahtunut kehitys toi menestystä kaasuttimille autojen poltto-moottorikäytöissä. Tämä oli pitkälti saksalais-ranskalaisen kemisti-insinööri Georges Imbertin ansiota,

kun hän kehitti oman versionsa puukaasuttimesta, ja myi valmistuslisenssejä jo 1920-luvulta alkaen useisiin maihin. (Köhler 2007, 15-17.)

Kuitenkin kiinnostusta yleisesti häkäkaasua kohtaan oli historiassa lähinnä toisen maailmansodan aikaan. Muun muassa Suomessa tuolloin häkäkaasun käyttöönottoa puolsivat useat valtion tekemät lainmuutokset polttoaineisiin liittyen, kuten jo ennen talvisotaa 4.9.1939 annettu määräys nestemäisien voitelu- ja polttoaineiden säännöstelystä. Sota-ajan edetessä autoihin asennettavat häkäkaasutinlaitteistot muuttuivat luvanvaraisiksi, ja niitä alettiin standardoida, jotta ne olisivat paremmin yhteensopivia. Tämä koski sekä maahantuotuja että itse tehtyjä kaasuttimia. Sota-ajan jälkeen Suomessa vuonna 1948 nestemäisten voitelu- ja polttoaineiden säännöstelyä alettiin purkaa, jolloin häkäpönttöautojen määrä lähti laskuun, ja vuonna 1949 säännöstely purettiin jo kokonaan. Toisen maailmansodan aikaan Suomessa oli yli 40 000 häkäkaasuttimella kulkevaa ajoneuvoa. Saksassa puolestaan oli valmistettu 1945 mennessä yli 500 000 Imbert-kaasutinta. (Historiaa 2020.)

2.1.2 Häkäkaasuttimen kemia

Häkäkaasuttimessa kemiallinen prosessi käytännössä alkaa siitä, että osa orgaanisesta polttoaineesta palaa täydellisesti eli syntyy hiilidioksidia:



jossa C on hiili, O₂ on happimolekyyli ja CO₂ on hiilidioksidi.

Syntynyt hiilidioksidi kulkeutuu paksun hehkuvan hiilikerroksen läpi, missä epätäydellisen palamisprosessin seurauksena palamaton orgaaninen aines ”ryöstää” osan hiilidioksidikaasussa olevasta hapesta, jotta se voisi palaa. Tämän seurauksena hiilidioksidi menettää happiatominsa, ja siitä tulee tällöin hiilimonoksidi. Myös happiatomiin sitoutuneesta hiilestä syntyy palamisprosessin seurauksena hiilimonoksidia, jolloin lopputuloksena on kaksi hiilimonoksidia:



jossa CO₂ on hiilidioksidi, C on hiili ja CO on hiilimonoksidi.

Lisäksi häkäkaasuttimissa polttoaineena yleisesti käytetty puu ja hiili sisältävät vettä, mikä auttaa kaasuseoksen syntymistä, kun vesi hajooa noin 1000 °C:n lämpötilassa olevassa hiilikerroksessa vedyksi ja hapeksi, jolloin reaktiotuotteina syntyy vetyä ja hiilimonoksidia:



jossa H₂O on vesimolekyyli, C on hiili, H₂ on vetymolekyyli ja CO on hiilimonoksidi.

Tällöin esimerkiksi polttomoottorille syötetyssä kaasussa palavia komponentteja ovat hiilimonoksidi, vety sekä hiilivety, jota syntyy suhteellisesti erittäin vähän kahteen muuhun palavaan komponenttiin verrattaessa. (Parkkari & Juurikkala 1974, 32-33.)

TAULUKKO 1. Puukaasun keskimääräinen koostumus; kosteus 12-20 % (mukailten Köhler 2007, 39)

Kaasu	Molekyyli	Pitoisuus
Hiilimonoksidi	CO	17-22 %
Vety	H ₂	16-20 %
Metaani(hiilivety)	CH ₄	2-3 %
Raskaat hiilivedyt	C _n H _m	0,2-0,4 %
Hiilidioksidi	CO ₂	10-15 %
Typpi	N ₂	45-50 %

2.1.3 Häkäkaasutin polttomoottorikäytöissä

Häkäkaasuttimen tuottamassa kaasuseoksessa palamattoman kaasun eli typen ja hiilidioksidin suuri määrä vaikuttaa erittäin paljon polttomoottorin hyötysuhteeseen verrattaessa polttomoottorin bensiinikäyttöön. Häkäkaasukäyttöisen polttomoottorin hyötysuhde onkin noin 30-40% pienempi kuin vastaavan bensiinikäyttöisen. Lisäksi häkäkaasu sisältää pieniä määriä mekaanisia epäpuhtauksia eli partikkeleita sekä myös kemiallisia epäpuhtauksia, kuten etikkahappoa, kun polttoaineena käytetään puuta. (Parkkari & Juurikkala 1974, 33.)

Kaasun käyttäminen polttomoottorissa näkyy myös moottorin huoltovälien lyhentymisenä. Esimerkiksi sota-aikana Suomessa moottorin ”tervaantumisen” estämiseksi moottorin öljyt täytyi vaihtaa 1000-2000 km:n välein, ja sylinterit täytyi porata uudestaan jopa 10 000-20 000 km:n välein. Hyvänä saavutuksena pidettiin 50 000 km:n porausväliä. (Köhler 2007, 159.)

2.1.4 Häkäkaasutinlaitteisto ja sen toiminta

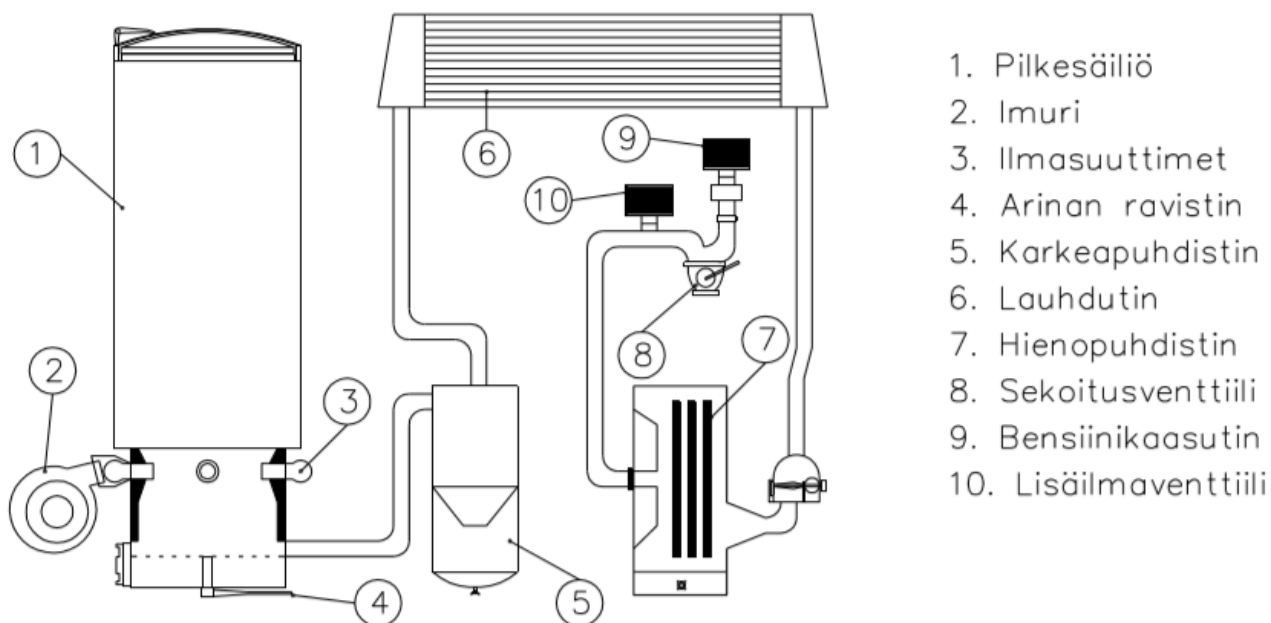
Kaikista häkä- ja puukaasutinlaitteistoista löytyvät tietyt oleelliset komponentit. Näitä ovat polttoainesäiliö, tulipesä, arina ja tuhkasäiliö. Kuitenkin ennen polttomoottoria järjestelmästä löytyy kaasun puhdistus- ja jäähdytyslaitteisto. Puhdistuslaitteistolla pyritään puhdistamaan kaasu mahdollisimman hyvin, jottei moottorille menisi epäpuhtauksia. (Köhler 2007, 38.) Jäähdytinlaitteistoa puolestaan tarvitaan kaasuttimesta poistuvan kaasun lämpötilan alentamiseen, koska kaasuttimesta tulevan kaasun lämpötila vaihtelee 600-800 °C:n välillä. Tällöin kaasun tilavuus on suuri, mikä vastaavasti tarkoittaa alhaista energiatiheyttä, mutta kun kaasua jäähdytetään, saadaan se pienempään tilaan, jolloin energiatiheys saadaan kasvamaan. (Parkkari & Juurikkala 2/1974, 33.)

Häkäkaasuttimen käyttö polttomoottorin kanssa alkaa siitä, että häkäkaasuttimessa syntynyt kaasu ohjataan jäähdytyslaitteistoon jäähdytettäväksi ja puhdistinlaitteistoon puhdistettavaksi. Jotta kaasu voisi palaa polttomoottorissa, täytyy siihen sekoittaa ilmaa ilmansekoittimella. Tämän jälkeen kaasu on valmis polttomoottorikäyttöön. Kuitenkin prosessin käynnistymisvaiheessa ennen kuin polttomoottori tuottaa häkäkaasuttimelle oleellisen imun, imu toteutetaan sähköimurilla. Lisäksi näin häkäkaasu saadaan kulkemaan putkistossa oikeaan suuntaan jo lähtötilanteessa, eli lähelle polttomoottoria valmiiksi ennen sen käynnistymistä. Imuri sijaitsee joko lähellä moottoria tai suodattimia. Lisäksi se voi olla joko imevä tai puhaltava, kunhan putkistoon syntyy paine-ero oikeaan suuntaan eli kaasu kulkeutuu moottoria kohden. Puhaltava imuri sijaitsee tyypillisesti kaasuttimessa. (Köhler 2007, 38,43.)

2.1.5 Häkäkaasutintyyppejä

Häkäkaasuttimet voidaan yleisesti jakaa kolmeen eri tyyppiin palamisjärjestelyjensä perusteella. Kaikista yleisin palamisjärjestely on käänteinen palaminen, jossa kaasu imetään yleensä arinan lävitse eli

alaspäin. Ilmasuuttimet sijaitsevat kyseisessä palamisjärjestelyssä häkäkaasuttimen keskivaiheilla. Häkäkaasuttimia, jotka käyttävät käänteistä palamista, kutsutaan tuttavallisemmin myötävirtakaasuttimiksi. Palamisjärjestely soveltuu yhtä hyvin puu- ja hiilikaasutin käyttöön (Köhler 2007, 47-48.)

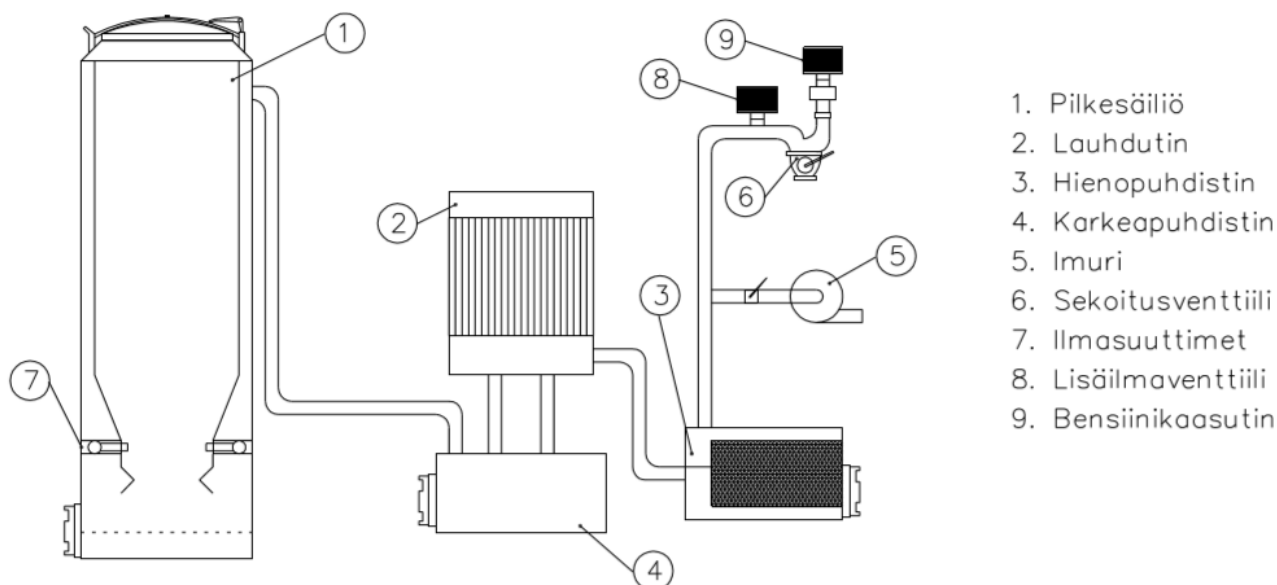


1. Pilkesäiliö
2. Imuri
3. Ilmasuuttimet
4. Arinan ravistin
5. Karkeapuhdistin
6. Lauhdutin
7. Hienopuhdistin
8. Sekoitusventtiili
9. Bensiinikaasutin
10. Lisäilmaventtiili

KUVA 1. Svedlund -myötävirtakaasutin (mukaiillen Köhler 2007, 90)

Toinen palamisjärjestelytyyppi on poikittainen palamisjärjestely, jossa ilmasuuttimet ja kaasun imuputki sijaitsevat samalla korkeudella. Sovelluksessa häkäkaasun syntyyyn tarvittava palamisvyöhyke muodostuu keskelle palotilaa, joten imuputki ja ilmasuuttimet ovat ikään kuin rinnan hiilloksen kanssa. Poikittainen palamisjärjestely mahdollistaa sen, että se on muita häkäkaasutintyyppejä matalampi. Kyseinen palamisjärjestely tunnetaan paremmin nimellä ristivirtakaasutin. Ristivirtakaasuttimet ovat jokseenkin harvinaisia, ja ne ovat tyypillisesti hiilikaasuttimia. (Köhler 2007, 48.)

Kolmas häkäkaasuttimen palamisjärjestelytyyppi on suora palaminen, joka tunnetaan yleisesti vastavirtakaasuttimena. Palamiseen tarvittava ilma imetään tyypillisesti arinan alapuolella olevista ilmasuuttimista, ja syntynyt häkäkaasu pääsee nousemaan luonnollisesti ylöspäin. Vastavirtakaasutin on Suomessa ollut harvinainen, mutta se tunnetaan parhaiten kuuluisana Imbert-kaasutinmallina. (Köhler 2007, 48.)



KUVA 2. Imbert-vastavirtakaasutin (mukaillen Köhler 2007, 87)

2.2 Ohjelmoitavat logiikat

Ohjausjärjestelmällä tarkoitetaan automaattisesti toimivien koneiden ja laitteiden ohjausmenetelmiä. Ohjausjärjestelmän tehtävänä on ohjata laitteiden toimintoja tilatietojen ja käyttäjän suorittamien komentojen mukaisesti. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2009, 209.) Nykyään käytettävät ohjauslaitteet ovat yleensä elektronisia ja ohjelmoitavia, kuten esim. ohjelmoitavat logiikat. Aiemmin käytössä olleiden pneumaattisten ja sähkömekaanisten laitteiden käyttö ohjauslaitteina on vähentynyt. Nykyaikaiset ohjauslaitteet ja -järjestelmät myös mahdollistavat automaatioprosessin ohjausta helpottavien ja havainnollistavien käyttöliittymien käytön. Käyttöliittymänä voidaankin käyttää esim. näyttöjä, ohjaimia ja painikkeita. Käyttöliittymän avulla käyttäjä pystyy ohjaamaan prosessin tai laitteiden toimintoja. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 248.)

Ohjelmoitavat logiikat ovat ikään kuin pieniä mikroprosessorilla varustettuja tietokoneita. Niitä käytetään esim. koneiden ohjaukseen automaatioprosesseissa. Kaikki automaatioprosessissa käytettävät kentälaitteet kytketään joko logiikan tulo- tai lähtöportteihin. Logiikan tuloihin kytketään esim. anturit. Logiikan lähtöihin puolestaan kytketään toimilaitteet, kuten releet, moottorit ja venttiilit. Logiikalla ohjataan näitä kentälaitteita logiikkaohjelman sekä käytettyjen anturien ja sensoreiden tietojen mukaisesti.

Ohjelmoitavien logiikoiden kirjo on laaja. Saatavilla on pieniä logiikoita, joilla voidaan korvata muutamien releiden ohjaus, sekä suurempia logiikoita, joissa tuloja ja lähtöjä voi olla jopa tuhansia. (Keinänen ym. 2009, 212.)

2.2.1 Historia

Ohjelmoitavilla logiikoilla voidaan helposti korvata aiemmin käytössä olleita ajastimia ja releohjauksia. Alun perin ohjelmoitavia logiikoita alettiin käyttää autoteollisuudessa. Ohjelmoitavien logiikoiden ansiosta johdotuksia ei tarvinnut enää tehdä uudelleen tai muuttaa, ja tämän lisäksi toiminnallisten muutosten teko helpottui releohjauksiin verrattuna. Täten tarvittavat muutokset saatiin suoritettua ohjelmistopäivityksillä. (Keinänen ym. 2009, 212.) Logiikoiden ansiosta vianetsintä helpottui, kun vikatilanteessa aikaa ei kulunut niin paljon olemassa olevien johdotusten ja kaavioiden vertailun välillä (Corbett 2019).

2.2.2 Rakenne

Ohjelmoitavat logiikat voidaan jakaa rakenteen perusteella karkeasti kahteen osaan, modulaarisiin ja kompakteihin logiikoihin. Modulaarinen logiikka koostuu useammasta erillisestä yksiköstä. Näitä yksiköitä ovat teholähde, keskusyksikkö, tuloyksikkö ja lähtöyksikkö. Modulaaristen logiikoiden tapauksessa nämä erilliset yksiköt asennetaan tuotteiden merkkikohtaiseen taustalevyyn tai kehikkoon. Kompaktilogiikat puolestaan ovat laitteita, joiden laajentaminen on rajallista. Modulaarisesta logiikasta poiketen kompaktilogiikka on vain yksi laite, joka sisältää virtalähteen, keskusyksikön sekä tietyn määrän tulo- ja lähtöportteja. Näin ollen tulojen ja lähtöjen määrä on rajallinen. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 249.) Yleisesti ottaen kompaktilogiikoita käytetään jonkin yksittäisen koneen tai pienemmän prosessin ohjaukseen, kun taas modulaarisia logiikoita käytetään suurempien kokonaisuuksien ohjaamiseen.

Logiikan tehonlähteen eli powerin tehtävänä on syöttää keskusyksikölle sekä sisään- ja lähtöjen liitäntäyksiköille niiden vaatima teho. Lisäksi tehonlähteen tehtävänä on erottaa logiikan keskusyksikkö galvaanisesti muusta sähköverkosta. Tehonlähteiden käyttöjännitteenä käytetään joko 24 V:n tasajännitettä tai 230 V:n vaihtojännitettä. Tehonlähdettä valittaessa tulee ottaa huomioon käytettävät toimilaitteet

ja anturit, jotta saadaan selvitettyä teholähteelle tarvittava kapasiteetti. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 249.)

Logiikan keskusyksikkö koostuu prosessoreista, muistista sekä mahdollisista kommunikointiporteista (Keinänen & Sumujärvi 2019, 250). Keskusyksikön tehtävänä on seurata tulojen tiloja ja suorittaa logiikalle ohjelmoitua ohjelmaa, ja näiden tietojen perusteella keskusyksikkö ohjaa lähtöjä. Keskusyksiköt on yleensä toteutettu mikroprosessorilla. (Keinänen ym. 2009, 225.)

Tuloyksikön tehtävänä on vastaanottaa “kentällä” olevilta antureilta tulevat digitaaliset I/O-tiedot ja siirtää ne keskusyksikölle (Keinänen & Sumujärvi 2019, 251). Digitaaliset tiedot ovat binäärisiä eli anturilta saadaan käytännössä tieto siitä, onko esimerkiksi jokin laite päällä vai pois päältä. Tuloyksikköön antureita kytkettäessä tulee huomioida jännitteen sopivuus, jotta laitteet pysyvät ehjinä. Logiikoissa voi olla myös analogisia tuloyksiköitä, joiden avulla saadaan muutettua esimerkiksi jännitteen mittauksesta tullut analoginen jännitesignaali digitaaliseksi (Fonselius ym. 1999, 110).

Lähtöyksikön tehtävänä on ohjata “kentällä” olevia laitteita, kuten kontaktoreja, venttiileitä ja merkkilamppuja käyttäen digitaalista ohjaussignaalia. Lähtöyksikössä “kytkimenä” voi toimia rele, transistori tai triac. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 252.) Kytkimen valintaan vaikuttaa mm. käytettävä jännitetyyppi ja jännitteen suuruus. Toimilaitteita lähtöyksikköön kytkettäessä tulee ottaa huomioon toimilaitteen käyttämä jännite ja virta, jotta saadaan selvitettyä, käykö kyseinen toimilaite ja tarvitaanko sille ulkoista jännitesyöttöä. Logiikoihin on saatavilla myös analogisia lähtöyksiköitä, joita käytetään säätöjen toteuttamiseen logiikkaohjauksissa (Fonselius ym. 1999, 110).

Logiikan muisti jaetaan käyttötarkoituksen perusteella eri muistialueisiin, joita ovat tulo- ja lähtömuisti, apumuisti, puskuroitu apumuisti, datamuisti, tietoliikenteen käyttämä muisti sekä ajastin- ja laskurimuisti. Tulo- ja lähtömuistin tarkoituksena on olla I/O-tiedon muistialueena. Apumuistia käytetään ohjelmoinnissa tarvittavien lukitustietojen tallennukseen. Puskuroidun apumuistin tehtävänä on säilyttää tiedot jännitteen katkeamisesta huolimatta. Datamuistia käytetään sovellusohjelmassa olevien tietojen tallentamiseen. Tietoliikenteen käyttämää muistia käytetään kommunikoitaessa muiden automaatiolaitteiden kanssa. Ajastin- ja laskurimuistin tehtävänä on varata muistia käytettävissä oleville ajastimille ja laskureille. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 251.)

Logiikan muisti koostuu RAM-muistista ja ROM-muistista. RAM-muistilla tarkoitetaan luku- ja kirjoitusmuistia, josta voidaan lukea tietoa ja johon voidaan tallentaa tietoa. RAM-muistiin tallennetut tiedot

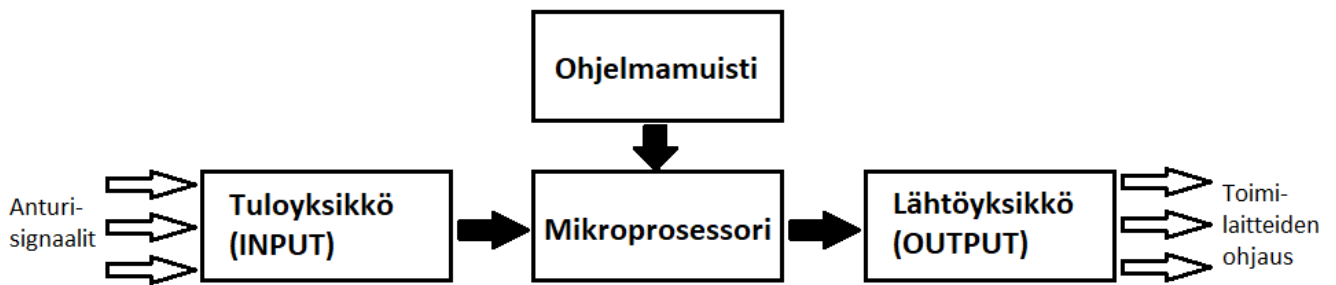
häviävät jännitteen katketessa, joten tästä syystä käytetään paristovarmennusta, jolla se voidaan estää. ROM-muistit ovat lukumuisteja, jotka ovat käyttäjän ohjelmoitavissa. ROM-muisteihin ei tarvita paristovarmennusta, sillä ne säilyttävät tiedot jännitteen katkeamisesta huolimatta. (Keinänen ym. 2009, 226.)

Ohjelmoitaviin logiikoihin on saatavilla lisäksi erikoisyksiköitä, joita voivat olla mm. väylä-, paikoitus-, säätäjä- ja nopeat laskurituloyksiköt. Väyläyksikön avulla pystytään liittymään muihin laitteisiin, kuten toisiin logiikoihin ja tietokoneisiin. Väyläyksiköissä on kommunikointia varten käytössä RS-232C- tai RS-485-portit. (Fonselius ym. 1999, 111.) Paikoitusyksiköllä voidaan ohjata servo- ja askelmoottoreita sekä paineilmasylintereitä. Paikoitusyksikön oma prosessori toteuttaa paikoitustehtävät logiikalta saatujen paikoitusparametrien avulla. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 253.) Säätäjäyksikön tehtävänä on toteuttaa säätötehtävä logiikan keskusyksiköltä tulevaa ohjearvoa käyttäen. Nopeita laskurituloyksiköitä käytetään pulssiantureiden kytkemiseen logiikoissa, koska niillä pystytään havaitsemaan moninkertainen määrä pulsseja sekunnissa normaaliin tuloyksikköön nähden. (Fonselius ym. 1999, 111.)

2.2.3 Toimintaperiaate

Ohjelmoitavan logiikan toiminta perustuu ohjelmoitujen loogisten toimintojen toteutukseen. Logiikka reagoi tulojen muutoksiin ja suorittaa ohjelman toimintoja sen mukaisesti eli ohjaa esimerkiksi lähtöjen tiloja. Loogisen operaation tuloksen ohjelmoitava logiikka tallentaa akkuun. Kun logiikan prosessori suorittaa seuraavan loogisen operaation, vertaa prosessori tulojen ja akun tilaa ja tallentaa uuden tuloksen akun tilaksi. Ohjaus tapahtuu prosessorin siirtäessä akun tilan lähtöihin. Logiikat voivat olla pyyhkäiseviä tai tosiaikaisia logiikoita.

Pyyhkäisevä logiikka suorittaa ohjelman tietyin väliajoin ja asettaa lähtöjen käyttömuistin tilat lähtöyksiköille vasta ohjelman suorituksen päätyttyä. Pyyhkäisevän logiikan ohjelman kiertoaika on muutamista millisekunneista muutamaan sataan millisekuntiin. Tosiaikainen logiikka puolestaan lukee tilojen tietoja reaaliaikaisesti ja reagoi tulojen muutoksiin heti ja ohjaa lähtöjä välittömästi tulojen muuttuessa. Kriittisissä ohjauksissa käytetään yleensä tosiaikaisia logiikoita, ettei viiveitä pääse syntymään. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 254.) Seuraavalla sivulla olevassa kuviossa 1 on helposti nähtävissä logiikan toimintaperiaate yksinkertaistetussa muodossa.



KUVIO 1. Ohjelmoitavan logiikan toimintaperiaate (mukaillen Keinänen ym. 2009, 212)

2.2.4 Logiikan ohjelmointi

Ohjelmoitavalla logiikalla ohjatussa automaatioprojektissa tulee olla vähintään yksi ohjelma. Jos ohjelmia on vain yksi, on kyseinen ohjelma projektin pääohjelma. Jos ohjelmia on useampia, voidaan itse määrittää pääohjelma, jonka kautta voidaan kutsua muita ohjelmia, funktioita tai toimilohkoja. Yleisimpiä logiikan ohjelmointitapoja ovat relekaavio, logiikkakaavio sekä strukturoitu teksti. Relekaavio eli tikapuukaavio ohjelmointitapaa käytettäessä muodostetaan ehtologiikka avautuvien ja sulkeutuvien koskettimien avulla. Yksinkertainen tikapuukaavio muistuttaa pitkälti releohjauksen piirikaaviota. Logiikkakaaviota käytettäessä funktiolohkojen välinen riippuvuus on helposti nähtävissä, sillä lohkot on sijoitettu kaaviossa peräkkäin, ja näin ollen ohjelmaa testatessa ehtojen toteutumisen seuraaminen on helppoa. Strukturoitu teksti puolestaan on lausekielinen ohjelmointikieli, joka sopii parhaiten monimutkaisten laskentaoperaatioiden ja silmukkarakenteisten ohjelmien ohjelmointiin. Strukturoidulla tekstillä tehdyn ohjelmakoodin etuna on helppo kopioitavuus eri logiikoiden välillä. (Keinänen & Sumujärvi 2019, 259-260.)

3 ENERGIAKONTIN LOGIIKKA- JA PYROLYYSILAITTEISTO

Työssä käsitellään logiikkaohjelmointia varten käytettyjä automaatiolaitteita ja ohjelmistoja sekä niihin liittyviä yhteensopivuusongelmia. Aineistossa käydään läpi myös näiden automaatiolaitteiden teknisiä tietoja. EK-pyrolyysilaitteiston kuvauksessa käydään läpi kaikki laitteiston tärkeimmät komponentit, kuten kaasutin, pesuri, polttomoottori ja invertterit. Tämän lisäksi pyrolyysilaitteiston komponenteista kerrotaan hieman teknisiä tietoja.

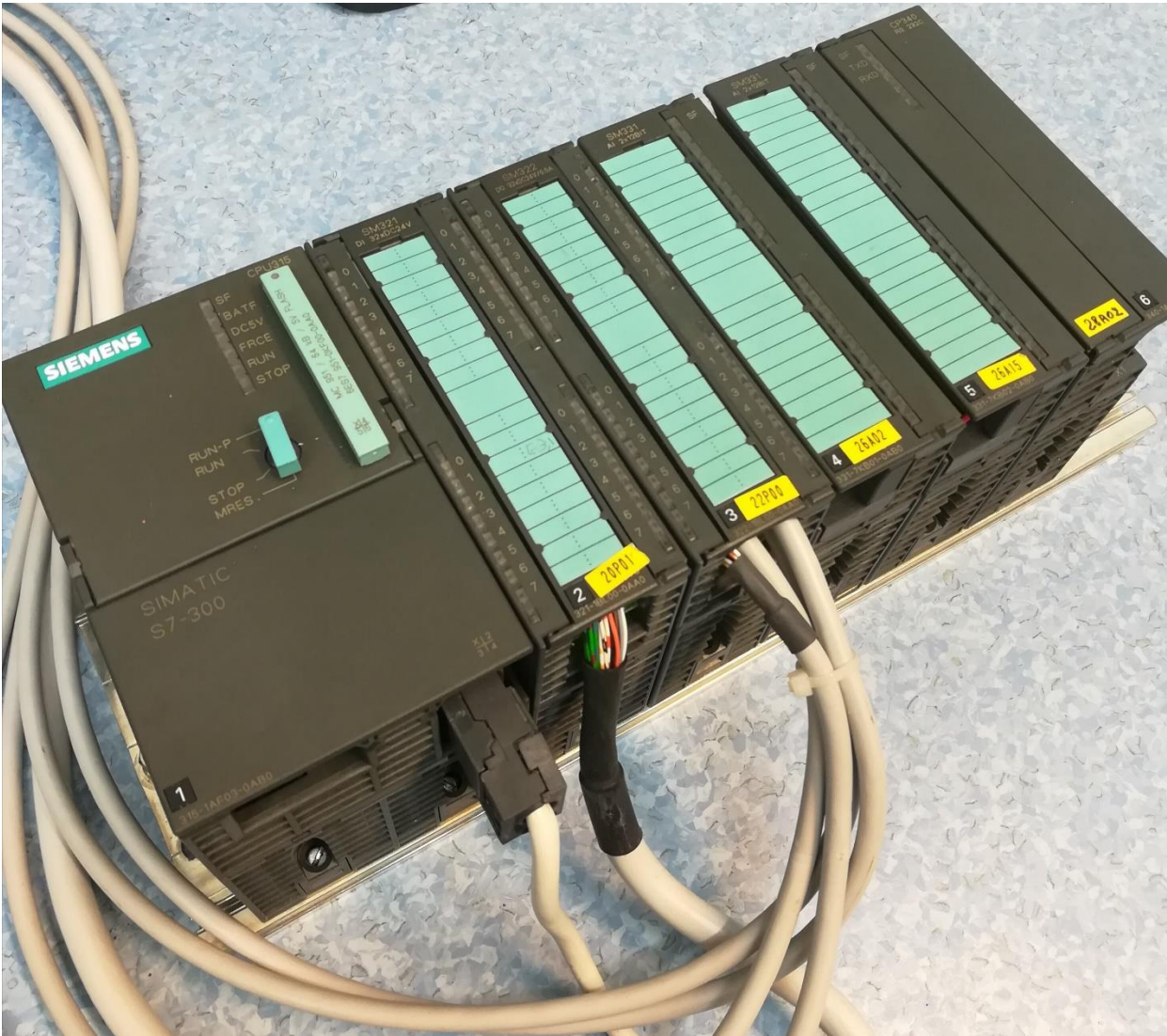
3.1 Logiikkalaitteisto ja -ohjelmisto

Opinnäytetyöhön valikoitui laitteistoksi ja ohjelmistoksi logiikkavalmistaja Siemensin tuotteita, jotka niin ikään suurimmaksi osaksi löytyivät jo valmiina työn tilaajalta. Nämä laitteet oli hankittu Centrialta vanhan sääkaapin yhteydessä. Ohjelmoitavana logiikkana toimi Siemensin S7-300-sarjan logiikka, CPU mallia 315. Logiikassa käytettiin neljää Siemensin S7-300-sarjan lisämoduulia, kahta analogista sisääntulomoduaalia sekä yhtä digitaalista sisääntulomoduaalia ja digitaalista ulostulomoduaalia. Lisäksi työhön valikoitui Siemensin kosketusnäyttöpaneeli KTP1200 Basic DB, jota käytettiin prosessin ohjaukseen. Paneeli oli jäänyt aikaisemmasta projektista ylimääräiseksi Centrialle.

S7-300 CPU 315 -logiikassa on RAM eli työmuistia 48 KB, ja ajettaville ohjelmille on muistikortilla tilaa 64 KB. Kyseinen ohjelmoitava logiikka tukee maksimissaan 4 MB:n muistikortteja. Lisäksi CPU 315 tukee enintään 32 lisämoduulia. Logiikassa on sarjaportti kommunikointia varten esim. tietokoneen tai näytön kanssa, jonka väylänä on MPI eli multi-point-interface. PLC tukee myös Profibus-väylää. (Product data sheet 6ES7315-1AF03-0AB0 2014.)

SM 321 DI 32xDC24V -lisämoduulissa on yhteensä 32 digitaalista sisääntuloa, joita voidaan esimerkiksi ohjata kytkimillä tai kapasitiivisilla antureilla. (Sematic, 70). Myös SM 322 DO 32xDC24V/0,5A -lisämoduulissa on yhteensä 32 digitaalista ulostuloa, joista saa tuotua esimerkiksi merkkivaloille tai releille 0,5 ampeerin 24:n voltin tasajännitteen (Sematic, 135). SM 331 AI 2x12BIT -lisämoduulissa on kaksi kanavaa, joilla voidaan mitata lämpötilaa, resistanssia, virtaa ja jännitettä. Kyseinen moduuli on analoginen sisääntulomoduaali. (Sematic, 367.)

KTP1200 Basic DB -kosketusnäyttöpaneelissa on usb-liitäntä mm. ohjelmansiirtoon ja sarjaportti kommunikointiin Profibus- ja MPI-väylässä. Muistia käyttäjän tekemille ohjelmille paneelissa on 10 MB. Paneelin IP-luokitus etuosalla on 65 ja takaosalla 20. Paneeli on tarkoitettu sisätilakäyttöön. (Operator panels, 2018, 2/16).



KUVA 3. Logiikka ja lisämoduulit

3.1.1 Yhteensopivuusongelmat laitteistossa ja ohjelmistossa

Opinnäytetyötä tehdessä ongelmaksi muodostui laitteiden ja ohjelmistojen väliset yhteensopivuusongelmat. Yhteensopivuusongelmien syyksi todettiin monien käytössä olevien laitteiden tuen päättyminen.

Esimerkiksi käytössä olleelle S7-300-sarjan CPU-315-mallin ensimmäisen sukupolven logiikalle ei ollut enää saatavilla tukea Siemensiltä. Tuki kyseiselle laitteelle on päätynyt 2016 (6ES7315-1AF03-0AB0). Huomattavaa kuitenkin on, että Siemensillä tuetaan S7-300-sarjan toisen sukupolven laitteita, jotka ovat uudempia kuin ensimmäisen sukupolven laitteet.

Päänvaivaa aiheutti logiikan ohjelmointiin käytettävän tietokoneohjelman valinta. Käytössä olleen Step 7 (TIA Portal) V13 -ohjelman käyttämisen logiikkaohjelmointiin havaittiin olevan mahdotonta juuri siitä syystä, että käytössä olevan logiikan tuki on päätynyt. Lisäksi basic-lisenssillä oli mahdollista ohjelmoida vain S7-1200-sarjan logiikoita. Tämä havaittiin siten, ettei Step 7 (TIA Portal) V13 -ohjelmassa ollut mahdollisuutta ohjelmoida käytössä olevaa logiikkaa. Tämän jälkeen etsittiin tietoa siitä, millä ohjelmalla logiikan ohjelmointi saataisiin tehtyä. Logiikkaohjelmointiin sopivaksi ohjelmointityökaluksi löydettiin Step 7 V5.6 -ohjelma, jolla tuetaan myös vanhempia ensimmäisen sukupolven S7-300-sarjan logiikoita. Kuitenkin uudemmilla ohjelmilla, kuten Step 7 (TIA Portal) V13- ohjelmalla professional-lisenssin kanssa tuen sai S7-300-sarjan toisen sukupolven logiikoihin.

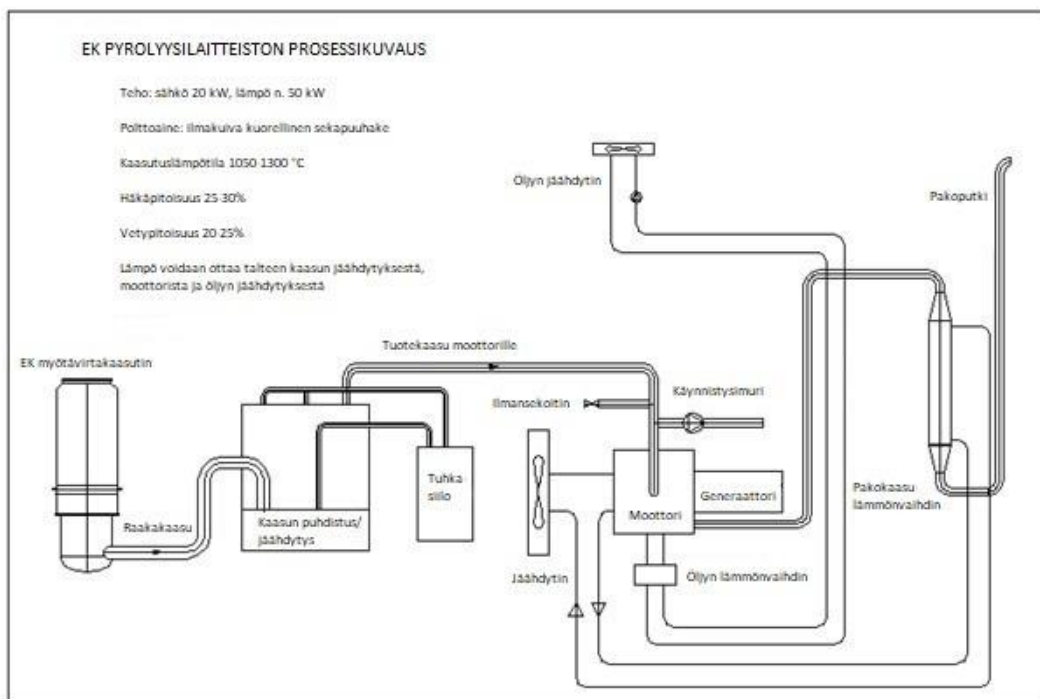
Osana projektia oli tarkoituksena käyttää näyttöä, josta nähdään esimerkiksi prosessissa ilmenneet häiriöt ja mittausarvot. Projektin alussa käyttöön suunniteltiin Siemensin OP 7-DP12 -käyttöpaneelia. Ongelmaksi kyseisen käyttöpaneelin käytössä ja ohjelmoinnissa ilmeni siihen tarvittavan ProTool-ohjelman löytäminen. ProTool-ohjelmaa ei ollut saatavilla mistään, joten vaihtoehtoja olivat näytön pois jättäminen tai toisen näytön valitseminen. Ongelma ratkaistiin, kun Centrialta saatiin käyttöön SIMATIC HMI KTP1200 Basic DP -näyttö, jossa oli 12” kosketusnäyttö. Käyttämällä kosketusnäyttöä saatiin mahdollistettua enemmän näytöltä seurattavia toimintoja, kuten prosessin periaatekuvan näkyminen näytöllä. Ongelma kosketusnäytön kanssa työskennellessä oli kuitenkin se, että kosketusnäyttöä ei pystytty ohjelmoimaan Step 7 V5.6 -ohjelmalla, koska ohjelma ei tukenut kyseistä kosketusnäyttöä. Tästä syystä ohjelmointiin käytettiin Step 7 (TIA Portal) V14 -ohjelmaa professional-lisenssin kanssa. Laitteita ohjelmoitaessa ja käyttäessä havaittiin, että käytössä oleva logiikka ja kosketusnäyttö kuitenkin kommunikoivat keskenään Profibus-väylän kautta. Tästä syystä näitä laitteita pystyttiin ohjelmoimaan eri ohjelmilla ilman ongelmaa. Ohjelmointi olisi toki ollut jouhevampaa, jos molempia laitteita olisi voitu ohjelmoida samalla ohjelmalla.

Laitteiden ja ohjelmien yhteensopivuusongelmien vuoksi mietittiin S7-1200-sarjan logiikan käyttämistä, jolloin sekä logiikkaa että kosketusnäyttöä olisi pystytty ohjelmoimaan Step 7 (TIA Portal) V14 -ohjelmalla. Ongelmaksi muodostui kosketusnäytössä oleva Profibus-väylä ja S7-1200-sarjan logiikassa oleva

Profinet-väylä. Nämä väylätyypit eivät olleet yhteensopivia, joten olisi pitänyt hankkia adapteri, jonka avulla väylät olisi saatu yhdistettyä. Tämä olisi kuitenkin tullut kalliiksi, joten ideasta luovuttiin.

3.2 EK-pyrolyysilaitteisto

Alla olevassa kuvassa (KUVA 4) on nähtävissä periaatekuva energiakontissa olevasta EK-pyrolyysilaitteiston prosessikuvauksesta. Kuvasta nähdään kaasutusprosessin tärkeimmät komponentit, kuten EK-kaasutin, pesuri, imuri, moottori ja tahtigeneraattori sekä putket, joita pitkin kaasua johdetaan prosessin edetessä. Myöhemmissä kappaleissa on tarkemmin selitetty pyrolyysilaitteiston tärkeimpien komponenttien toiminnasta. Oheinen kuva on kuitenkin periaatekuva, joten todellisuudessa kontin valmistuessa tulevaisuudessa saattaa prosessissa olla pieniä eroja prosessikuvaukseen nähden.



KUVA 4. EK-Pyrolyysilaitteiston prosessikuvaus (mukailten Siermala & Tuomikoski 2007)



KUVA 5. Energiakontti sisältä

3.2.1 Kaasutin

Kaasutusprosessissa kaasuttimena käytetään Eero Kangasojan kehittämää EK-kaasutinta. Rakenteeltaan kaasutin on myötävirtakaasutin. Myötävirtakaasuttimella saadaan vain vähän tervaa sisältävää häkäkaasua, joten se sopii hyvin polttomoottorikäyttöön. EK-kaasutin poikkeaa muista aiemmin kehitetyistä kaasutusreaktoreista siten, että kaasuttimen polttoaineeksi käy hyvin melko kosteakin polttoaine (30-40 %). Aiemmin hyväksi EK-kaasuttimessa käytettäviksi polttoaineiksi on havaittu ilmakeivattu kuorineen haketettu koivu, mänty, kataja, paju ja muut puulajit. EK-kaasuttimessa on lisäksi testattu aiemmin talousjätteiden kaasuttamista, ja tämäkin on havaittu toimivaksi ratkaisuksi. EK-kaasutin toimii vaihtelevista polttoaineista huolimatta huomattavasti paremmalla hyötysuhteella aiempiin laitteistoihin verrattuna. Tämä selittyy osittain ilmakeivän polttoaineen tuottamasta vedystä. (Siermala & Tuomikoski 2007.)



KUVA 6. Kaasutin

3.2.2 Pesuri

EK-kaasuttimelta raakakaasu johdetaan kaasupesuriin, jossa on kolme erillistä lohkoa. Pesuriin tulevan kaasun lämpötila voi olla jopa 600 °C, ja lisäksi kaasun mukana kulkeutuu palamisessa syntynyttä lentotuhkaa. Eero Kangasojan kehittämää kaasupesuria käytetään puhdistamaan kaasusta likapartikkelit ja jäädyttämään kaasu polttomoottorille sopivaan lämpötilaan. Aiempien testausten perusteella kaasun lämpötila lasketaan noin 40 °C:seen, jotta polttomoottori saadaan toimimaan mahdollisimman luotettavasti. Pesurilta puhdistettu ja jäähdytetty tuotekaasu johdetaan ilmansekoittimen kautta polttomoottorille. Kaasun mukana tullut lentotuhka puolestaan johdetaan tuhkasäiliöön. (Siermala & Tuomikoski 2007.)

3.2.3 Imuri

Imurilla eli käynnistystuulettimella saadaan aikaan kaasutusprosessin vaatima imu häkäkaasun syntyyn sekä saadaan kaasu tuotua lähelle polttomoottoria ennen kuin polttomoottori itse tuottaa imun. Näin ollen imuria ei tarvita polttomoottorin ollessa käynnissä. EK-järjestelmässä imuri on sijoitettu lähelle polttomoottoria eli se tuottaa alipaineen moottorin lähelle, jotta kaasu kulkeutuisi oikeaan suuntaan.

Tämänhetkinen imuri, joka on energiakontissa kiinni, käyttää 36 voltin tasajännitettä, kun muut tasajännitettä käyttävät laitteet energiakontissa ovat 24 tai 12 voltilla toimivia. Jos nykyisen imurin haluaisi pitää, yhtä laitetta varten pitäisi järjestää yksi oma jännitetaso energiakonttiin, mutta tämä on koettu turhaksi ratkaisuksi. Siksi imuri on ajateltu vaihdettavaksi 24 voltilla toimivaksi, ja se on mitoitettu virrankulutukseltaan maksimissaan 8 ampeeriin asti.

3.2.4 Arinan pyöritys

Arinaa pyörittävä tasasähkömoottori on oleellinen osa järjestelmää jatkuvan käytön kannalta. Se poistaa tuhkaa pyörittämällä räikkätoimisesti arinaa, jotta tuhka ja palamaton materiaali saadaan pois hiilloksesta. Arinaa ei kuitenkaan tarvitse pyörittää prosessin kannalta aikaperusteisesti, vaan arinan pyörittämistä varten kaasuttimen lähelle on asennettu painekeytkin, jonka perusteella arinaa pyöritetään niin

ikään tarpeen mukaan. Jos kyseistä automatiikka ei olisi, täytyisi tämä puhdistus tehdä käsivoimin. Nykyinen arinaan liitetty moottori tullaan pitämään energiakontissa jatkossa, sillä sen käyttämä jännitetaso on sopiva. Tasasähkömoottorin nimellisjännite on 12 V ja nimellisteho 40 W, jolloin nimellisvirta on noin 3,33 A.

3.2.5 Venttiilit

Ohjattavia venttiileitä energiakonttijärjestelmässä on yhteensä kolme kappaletta, joista jokainen on merkittävässä roolissa prosessin kannalta. Pääkaasuventtiili estää yhdessä imurin ilmaläpän eli ohjausventtiilin kanssa häkäkaasun ja ilman virtauksen, kun prosessi on ajettuna alas. Toisin sanoen tällöin kaasutimessa ei voi palaa liekki, kun prosessia ei ajeta, mikä onkin haluttu tilanne. Pääkaasuventtiili on kuitenkin aina auki prosessin käydessä, mutta ohjausventtiili on auki vain ja ainoastaan, kun imuria käytetään. Polttomoottorin käydessä estetään siis ulkoilman pääsy imurin lävitse sulkemalla ohjausventtiili. Ilmansekoitusventtiili, tai paremmin ilmaistuna häkäkaasun ja ilman sekoitusventtiili, ajaa ikään kuin samaa asiaa kuin bensiinimoottorin kaasutin, koska tarkoituksena molemmilla on sekoittaa polttoainetta ja ilmaa sopivassa suhteessa. Tällä sekoituksella saadaan aikaan palava kaasuseos polttomoottorille.

Kaikkia kolmea venttiiliä ohjaavat solenoidit, jotka säätävät venttiilien toimintaa prosessin edetessä. Järjestelmässä jo entuudestaan olevat solenoidit on arvioitu nimellisvirroiltaan noin yhden ampeerin suuruiseksi, koska vain ja ainoastaan pääkaasuventtiilistä saatiin katsottua nimellisvirta-arvoksi 0,8 A. Nimellisjännitteeltään kuitenkin kaikki solenoidit käyttävät samaa tasajännitetasoa 24 V.

3.2.6 Moottori

Kaasutusprosessia varten energiakonttiin on hankittu uusi polttomoottori. Polttomoottori on Nissan Primera P11 -mallin nelipisteruiskulla varustettu 1,6 l GA16 -bensiinimoottori. Polttomoottorin vääntömomentti on puolestaan 136 Nm ja kierrosnopeus noin 4000 RPM. (Nissan Primera P11 2019.) Polttomoottoriin ei ole vielä nykyisellään suunnitelmia suuremmista muutoksista, kuten esimerkiksi puristussuhteen muuttamisesta. GA16-bensiinimoottorin puristussuhde on 9,5:1 ja teho 73 kW (100 hv) (Nissan GA16DE-moottori 2017).



KUVA 7. Nissanin polttomoottori

3.2.7 Invertterit ja generaattori

Energiakonttiprosessin osana on kaksi erilaista yksivaiheinvertteriä, joissa nimellistaajuus on 50 Hz ja nimellisjännite 230 V. Victron-invertterin nimellisteho on 1,2 kW ja Dynawatt-invertterin nimellisteho on puolestaan 5 kW. Molemmissa on ylikuormitus- ja oikosulkusuoja. Dynawatt-invertterille on oma teholähteesä, joka on Dynawatt-generaattori. Generaattori on tahtimoottori, jossa roottori on tasavirta-magnetoitu ja staattori on kolmivaiheinen. Victron-invertterin teholähteenä toimii akusto, jota invertteri myös lataa.

Victron-invertterissä on kaksi liitintää yksivaiheverkkoon, AC in - ja AC out -liitintä, joista AC in -liitintä on tarkoitettu lataukseen ja AC out -liitintä puolestaan yksivaiheverkon syöttöön akustolta ja AC in -liitännästä. Lisäksi invertterissä on liitintä 12 voltin akustolle. Suositeltu akusto koko invertterimalille 12/1200 on 150-700 Ah. Victron-invertteriä voidaan pitää älykkäänä invertterinä, koska se osaa itse tahdistua verkkoon automaattisesti. Jos syöttöä ei ole, se säätyy itse automaattisesti 50 Hz:n taajuuteen. Osaa invertterin toiminnoista voidaan säätää käsin laitteessa olevilla DIP-kytkimillä, mutta tietokoneella kuitenkin pystytään säätämään useampia toimintoja paremmin. (Käyttöohje MultiPlus Compact 2019.)

Dynawatt-invertteri ei ole tahdistuva invertteri, eikä sen kautta pysty lataamaan akustoa, joten siinä on vain yksivaiheinen syöttöliitintä verkkoon. Toisin sanoen invertteri siis säätää itse itseänsä 50 Hz:n taajuudelle, eikä synkronoi verkossa jo olemassa olevaan taajuuteen. Tehoa invertterille tuotetaan sen omalla Dynawatt-generaattorilla, jossa tahtimoottorin taajuuden vaihteluväli on 300-1500 Hz ja ulostulojännite 3x250 volttia. Roottorin magnetointi tapahtuu 12 V:n tasajännitteellä. (Dynawatt 5000 User manual.)

4 TYÖN SUORITUS

Työn suoritus koostui useista eri päävaiheista, joita olivat logiikkaohjelmoinnin suunnittelu ja toteutus, kosketuspaneeliohjelman suunnittelu ja toteutus, energiakontin sähkösuunnittelu sekä turvallisuuden ja sähköturvallisuuden tarkastelu. Kaikkiin näihin päävaiheisiin sisältyi enemmän tai vähemmän muita pieniä suunnittelu-, toteutus- ja tarkasteluvaiheita. Varsinaista työn toteutuksen testausta ei työn suoritukseen kuulunut, vaan työssä kokeiltiin toteutuksien toimivuus mm. koejärjestelyin ja simuloiden.

4.1 Prosessinajo

Kaasutinlaitteiston ohjaukseen oli lähtötilanteessa tietynlaiset toiveet sekä kaasutusprosessin että laitteiston omistajan kannalta. Prosessia haluttiin ohjata automaattisesti mutta myös käsikäyttöisesti, jotta laitteistoa pystyisi testailemaan ja mahdolliset ongelmat laitteiden toimivuudessa tulisivat selkeämmin ilmi. Tämän takia logiikkaohjelmointi pitää sisällään käsi- ja automaattikäytön. Tosin myös käsikäytössä on sinällään hiukan automatiikka, jotta laitteiston käyttäminen saadaan pidettyä kuitenkin käyttäjävälisenä, samalla tapaa kuin automaattikäyttö. Kaasutusprosessin toimivuuden kannalta logiikkaohjelmalle oli omat ehtonsa, mitä laitteita prosessin kussakin vaiheessa piti toimia. Prosessin ajon vaiheet voidaan jakaa alkuhuuhdeltu-, käy- ja loppuhuuhdeltu-tilaan. Uuden logiikkaohjelman teossa hyödynnettiin aikaisempia opinnäytetöitä kyseisen kaasutinlaitteiston ajosta sekä automaattikäytössä käytettiin osittain aikaisempaa logiikkaohjelmaa pohjana. Näin ollen uusi energiakontin logiikkaohjelma yhdistääkin nämä kriteerit ja tiedot, jotka on ohjelmoitu tikapuukaavioina käytännössä useampaan eri osaan. Osat tai paremminkin logiikkaohjelman rakenne koostuu Main-pääohjelmasta ja FC1-, FC2-, FC3- ja FC4-aliohjelmista. Seuraavissa alaotsikoissa käsitellään näiden ohjelmien päätoimintoja.

4.1.1 Main-pääohjelma

Energiakontin logiikkaohjelman Main-pääohjelma toteutettiin pääasiassa ajamaan aliohjelmiä FC1-käsiäkäyttöä ja FC2-automaattikäyttöä, käyttäjän ohjaamana. Pääohjelma sisältää myös niin ikään välttämättömän FC3-resetointi aliohjelman, joka on tarkoitettu estämään lähtöjen ja muistipaikkojen tilatietojen siirtymisen käsikäytön ja automaattikäytön välillä. Näiden toiminnallisuuksien ohjaaminen on toteutettu pitkälti erilaisin ajastimin pääohjelmassa, esimerkiksi ajastimilla *T70* ja *T71* (LIITE 13).

Ajastimien käyttö oli välttämätöntä, koska ohjelmoitava logiikka suorittaa pääohjelmaa yhden Networkin kerrallaan ja käy samalla suorittamassa aliohjelman, jos Network sisältää sellaisen. Tällöin aliohjelman tai pääohjelman tekemä muutos esimerkiksi muistipaikkojen tiloihin ei muuta reaaliaikaisesti toisissa aliohjelmissa tai pääohjelmassa tilaa tikapuukaavion mukaiseksi, vaan tarvitaan pieni viive, jotta logiikka voi pyyhkäistä pääohjelman ja kaikki aktiiviset aliohjelmat läpi.

Muu Main-pääohjelman toiminallisuus on aliohjelman FC4-anturit suoritus, jota käytännössä ajetaan koko ajan, jotta analogisilta antureilta saataisiin tietoa prosessista. Lisäksi mahdollinen pyrolyysilaitteiston ryhmien johdonsuojakatkaisijoiden laukeaminen, esimerkiksi imurissa tapahtuva oikosulku ja rikkoontuminen, on otettu pääohjelmassa huomioon siten, että käsikäytön tai automaattikäytön ajaminen lopetetaan, kunnes suoja on taas päällä. Viimeisimpänä pääohjelman toiminnallisuuksina ohjataan hallin syöttöä eri invertterein niin, ettei energiakontin yksivaiheverkko ylikuormitu missään tilanteessa, olipa kaasutusprosessi käynnissä tai ei (LIITE 13).

4.1.2 FC1-käsi käyttö

Aliohjelmassa FC1-käsi käyttö ohjataan muistipaikoin kaasutusprosessia. Jotta käyttäjä osaa manuaalisesti ohjata prosessia täytyy olla hyvin perehtynyt laitteiston toimintaan ja ajoon, koska prosessin väärin ajamisella on useita huonoja seurauksia niin prosessiin kuin itse laitteistoon. Pahin näistä on polttomootorin täyttyminen tuhkasta pesurin sammuttamisen seurauksena (LIITE 14).

FC1-käsi käytössä energiakontin laitteiden toimivuus on osittain yhdistetty sen mukaan, että aina samaan aikaan toimivat laitteet toimivat ns. yhden muistipaikan/lähdön takaa tikapuukaaviossa. Esimerkiksi *Imuri 1/0* -muistipaikan päälle laittamisesta seuraa automaattisesti *Ilmaläppä/ohjausventtiili*- ja *Imuri*-lähdön päälle meneminen. Näin ollen kaasutusprosessin manuaalijajo pysyy käyttäjäystävällisenä, kun laitteiden toimivuus on yhdistetty. Muutoin prosessin oikeaoppinen manuaalijajo toimii samalla tavalla kuin FC2-automaattikäytön ajo (LIITE 14 ja LIITE 8).

Prosessi aloitetaan alkuhuuhTELulla eli ohjataan FC1-käsi käytön tikapuukaviossa *Imuri 1/0*-, *Pesurin pumpput 1/0*- ja *Ilmansek.venttiili 1/0* -muistipaikka päälle. Tällöin saadaan alkuhuuhTELussa ns. perustilanne päälle. Kuitenkin alkuhuuhTELuun kuuluu vielä hakkeen sytyttäminen kaasuttimessa *Sytytys(vara) 1/0* -muistipaikalla, joka voidaan tehdä periaatteessa miltei heti, kun edellä mainittujen muistipaikkojen

päälle suorittaminen on tehty. Kuitenkin hakkeen sytyttäminen voidaan jättää välistä, jos edellisen prosessin ylös ajon seurauksena kaasuttimessa on vielä hehkuva hiillos, joka syttyy itsestään, kun putkistoon syntyy imu. Tämän takia on parempi odottaa noin pari minuuttia, jos ei ole varma, hehkuuko hiillos vielä edellisestä prosessinajokerrasta, ennen kuin sytyttää uudelleen. Joka tapauksessa, jos hakkeen sytytys täytyy tehdä, hyvä aika *Sytytys(vara) I/O* -muistipaikan päällä pitämiseen olisi noin puoli minuuttia. Syttymisen jälkeen alkuhuuhtelua olisi hyvä jatkaa vielä noin seitsemän minuuttia, jotta kaasun koostumus paranee ennen kuin siirrytään polttomoottorin käynnistämiseen (LIITE 14 ja LIITE 8).

Käy-tilaan ajo käsikäytössä tapahtuu sammuttamalla ensin *Ilmansek.venttiili I/O* -muistipaikka, jonka jälkeen noin 10 sekunnin päästä sammutetaan *Imuri I/O* -muistipaikka, ja käynnistetään polttomoottori *Sytytysvirta I/O* -muistipaikalla. Polttomoottorin käynnistyksessä piilee hieman automatiikkaa käsikäytössä, sillä polttomoottorin starttimoottoria ohjaava logiikan *Starttaus*-lähtö pyörittää starttimoottoria viisi sekuntia ja sammuu. Jos polttomoottori ei käynnisty vielä, voidaan *Sytytysvirta I/O* -muistipaikka kytkeä pois päältä ja kytkeä takaisin päälle ns. uutena käynnistysyrityksenä. Käynnistysyritys kannattaa toteuttaa mahdollisesti vain muutaman kerran, koska häkääkaasun muodostus ja kulkeutuminen polttomoottorille heikkenee, kun imuria ei käytetä ja polttomoottori ei ime kunnolla, koska se ei käy. Tällaisessa tilanteessa täytyisi palata vielä muutamaksi minuutiksi alkuhuuhteluun ennen kuin siirrytään takaisin käy-tilaan. Jos polttomoottori saadaan kuitenkin käyntiin, voidaan Dynawatt-invertteri tahdistaa eli toisin sanoen yhdistää verkkoon *Verkkoontahdistus I/O* -muistipaikalla. Lisäksi samalla voidaan lisätä polttomoottorin kierroksia binäärisellä *I/O*-tiedolla *Kaasunlisäys I/O* -muistipaikan välityksellä. Tässä tilassa prosessia pysytään niin kauan, kunnes käyttäjä haluaa ajaa kaasutusprosessin alas loppuhuuteluun. (LIITE 14 ja LIITE 8).

Loppuhuuhdeltu kannattaa aloittaa sammuttamalla *Kaasunlisäys I/O*-, *Verkkoontahdistus I/O*- ja *Sytytysvirta I/O* -muistipaikka. Tämän jälkeen tulee kytkeä päälle *Ilmansek.venttiili I/O*- ja *Imuri I/O* -muistipaikka, jolloin ollaan samassa perustilassa kuin alkuhuuhdelussakin. Periaatteessa alkuhuuhdeltu ja loppuhuuhdeltu ovat samanlaisia yhdellä pienellä erolla, haketta ei sytytetä loppuhuuhdelussa, ja alkuhuuhdelussakin hake sytytetään vain mahdollisesti. Loppuhuuhdelussa edellä mainittujen muistipaikkojen tilamuutosten jälkeen odotetaan noin viisi minuuttia, ennen kuin prosessia voidaan lopullisesti ajaa noltilaan sammuttamalla vielä loppuhuuhdelussa päällä olevat muistipaikat tai käyttämällä *S3 Stop* -muistipaikkaa hetkellisesti päällä. *S3 Stop* -muistipaikkaa voi käyttää myös missä tahansa kohtaa prosessia päällä, esimerkiksi ongelmatilanteissa, jolloin laitteisto saadaan nopeasti noltilaan logiikan ohjaamana (LIITE 14 ja LIITE 8).

4.1.3 FC2-automaattikäyttö

Aliohjelmassa FC2-automaattikäyttö kaasutusprosessin ohjaus tapahtuu käyttäjän näkökulmasta lähes itsestään. Alkuhuuhtelu-, käy- ja loppuhuuhdeltu-tila ovat toteutettu suurimmaksi osaksi aika- ja anturietoperusteisesti, mutta prosessin ylös ja alas ajaminen on käyttäjän ohjattavissa, kuten kuuluukin. Laitteiston väärin ajaminen ei ole mahdollista, joten käyttäjältä ei vaadita tilanteessa järin tarkkaa tietämystä prosessin ajosta toisin kuin käsikäytössä. Toki mahdollisten ongelmatilanteiden varalta automaattikäyttö sisältää myös *S3 Stop* -muistipaikan, jolla päästään nollatilaan (LIITE 15 ja LIITE 8).

Kaasutusprosessin ajo automaattikäytössä lähtee liikkeelle siitä, että käyttäjä käyttää *S1 prosessin käynnistys* -muistipaikkaa päällä. Tämän seurauksena alkuhuuhtelussa tai paremminkin huuhtelussa olevat peruslaitteet menevät päälle, kuten esimerkiksi *Imuri-* ja *Pesurin pumput* -lähtö. Alkuhuuhtelun lähtötilanteessa, jossa kaasuttimessa ei ole hiillosta, haketta sytytetään 30 sekuntia kahden minuutin päästä prosessin aloituksesta. Tämä tapahtuu ajastimilla *T2* ja *T3*. Jos kuitenkin tuon kahden minuutin aikana alussa imuputkessa oleva syttymistä tarkkaileva lämpötila-anturi eli toisin sanoen *100°C lämpötila-anturi*-tulo on päällä, niin hakkeen sytytystä ei tapahdu. Lisäksi, jos edellä mainittu tulo on päällä, ohjaa se alkuhuuhtelua ja polttomoottorin käynnistystä ohjaavat ajastimet *T37* ja *T44* laskemaan aikaa alkuhuuhtelun lopettamiseen ja käynnistykseen aloittamiseen. Alkuhuuhtelun ajastin *T37* lopettaa alkuhuuhtelun seitsemän minuutin kuluttua ja käynnistykseen ajastin *T44* puolestaan yrittää polttomoottorin käynnistystä seitsemän minuutin ja 10 sekunnin kuluttua (LIITE 15 ja LIITE 8).

Käy-tilan alussa tapahtuu automaattisesti vastaava tilanne kuin manuaalisesti käsikäytön ajossa, eli *Imuri-* ja *Ohjausventtiili/ilmaläppä* -lähtö pysyy vielä vetohidasteisesti 10 sekuntia päällä *Ilmansekoitusventtiili* -lähden sammuttua. Kun tämä on tapahtunut, samaan aikaan polttomoottoria yritetään käynnistää viiden sekunnin ajan ajastimella *T6*. Automaattikäytössä polttomoottorin käynnistysyrityksiä on yhteensä kolme siinä tapauksessa, että polttomoottori ei käynnisty. Kolmannen yrityksen jälkeen siirrytään suoraan loppuhuuhdeltuun eli toisin sanoen prosessin alasajoon. Jos kuitenkin havaitaan, että moottori käynnistyy jollakin yrityksistä jo ennen kuin käynnistysaika viisi sekuntia on kulunut loppuun, loppuvat starttimoottorin turha pyörittäminen ja uudelleen käynnistysyritykset. Käytännössä tikapuukaaviossa havahtuminen tapahtuu *Laturin jännite* -muistipaikalla, joka resatoi käynnistystä ohjaavat ajastimet *T6* ja *T5*. Onnistuneen polttomoottorin käynnistymisen jälkeen tapahtuu vielä aikaperusteisesti kierrosten lisäys ja Dynawatt-invertterin tahdistus. Tämän jälkeen pysytään käy-tilassa, kunnes käyttäjä ajaa prosessin alas. (LIITE 15 ja LIITE 8).

Kaasutusprosessin alas ajo eli loppuhuuhtelu vaatii, että käyttäjä käyttää *S2 prosessin sammutus-* muistipaikkaa päällä. Tällöin polttomoottorin sytytysvirta sammuu eli moottori sammuu ja *Kaasunlisäys-* ja *Dynawatin tahdistus* -lähtö sammuvat myös. Loppuhuuhtelussa lähtee välittömästi huuhtelun peruslaitteet päälle, mutta niiden lisäksi lähtee päälle myös *Häiriötieto*-lähtö, joka ohjaa loppuhuuhtelun ajastinta *T45*. *Häiriötieto*-lähtö on jääne aikaisemmasta opinnäytetyöstä, jonka voisi korvata muistipaikalla. Loppuhuuhtelun ajastin *T45* saattaa viisi minuuttia moottorin sammuttamisesta loppuhuuhtelun laitteet pois päältä, jolloin saavutetaan lopussa haluttu noltilanne (LIITE 15 ja LIITE 8).

4.1.4 FC3-resetointi ja FC4-anturit

Aliohjelman FC3-resetointi tarkoituksena on ohjata prosessissa olevat lähdöt noltilaan, jos siirrytään käsikäytölle automaattikäytöstä tai päinvastoin tilanteessa, jossa kaasutusprosessi on ollut käynnissä edellisessä ohjauskäytössä. Resetoinnissa on käytetty muistipaikkaa *MI.7*, joka on käytännössä aina noltilassa, koska pelkkien lähtöjen ohjaaminen Networkissa ei onnistu ilman muuttujaa (LIITE 16).

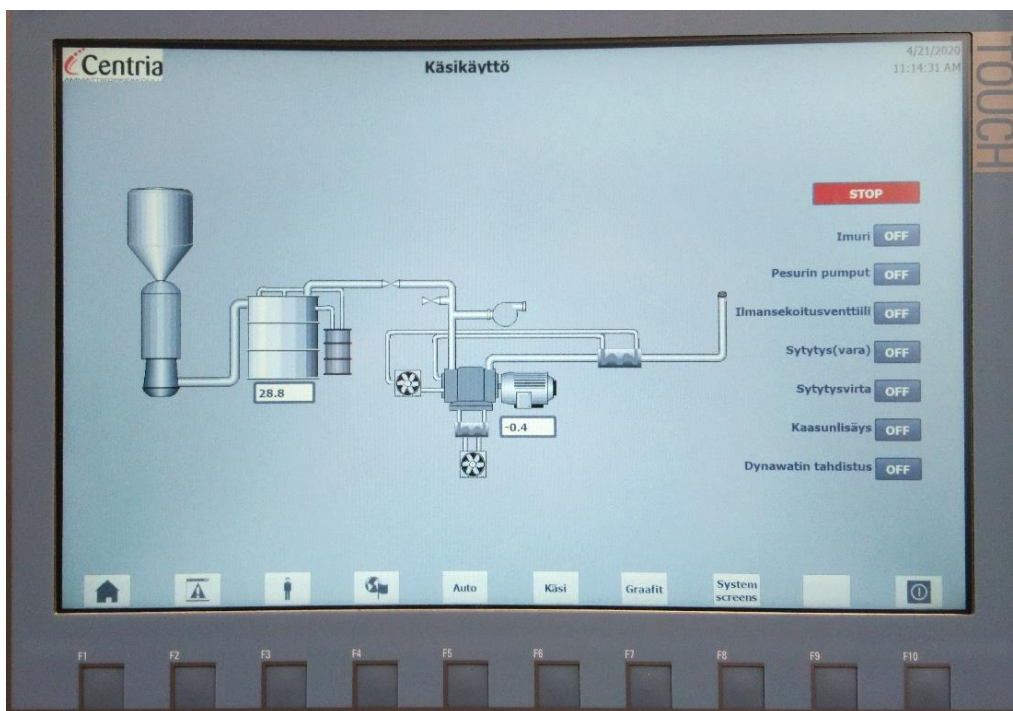
Aliohjelman FC4-anturit tarkoituksena on puolestaan saada tietoa prosessia tarkkailevista analogia-antureista käyttäjälle helpommin ymmärrettävään muotoon. Tämän takia anturien tiedot täytyy vähintäänkin skaalata. Kuitenkin itse tehtyjen analogisten lämpötila-anturien tapauksissa jännitetieto skaalauksen jälkeen täytyi jännite vielä muuttaa lämpötilatiedoksi erillisillä matemaattisilla funktioilla. Lisäksi aliohjelma tarkkailee erilaisia rajoja, joilla voidaan pysäyttää joko käsi- tai automaattikäyttö. Tällainen on esimerkiksi *Pesuri hälytys* -muistipaikka, joka käytännössä pysäyttää prosessin (LIITE 16).

4.2 Prosessin ohjaus

Prosessin ohjausta varten käytettiin kosketuspaneelia. Kosketuspaneelilla saatiin tehtyä käyttöliittymä, jonka avulla prosessin ajaminen on helppoa ja prosessin vaiheiden seuraaminen onnistuu helposti. Käyttöliittymään tehtiin viisi erillistä näyttöä paneelissa vakiona olevien näyttöjen lisäksi. Kosketuspaneelin alaosassa olevista kosketuspainikkeista pystytään valitsemaan mitä näyttöä halutaan käyttää. Käyttöliittymään tehtyjä näyttöjä ovat kotinäkömä, käsikäyttö, automaattikäyttö, graafit ja hälytykset.

Kotinäkylässä pystytään valitsemaan *Käsi-Auto*-kytkimen avulla, halutaanko prosessia ohjata käsikäytöllä vai automaattikäytöllä. Kotinäkylässä on lisäksi näkyvillä periaatekuva kaasutusprosessista. Periaatekuvassa on näkyvissä joka hetkellä se, mitkä toimilaitteet ovat milloinkin toiminnassa. Tällä toiminnolla saadaan helpotettua prosessin seuraamista. Kyseinen prosessin periaatekuva on näkyvissä myös käsikäytön ja automaattikäytön näytöissä, joten myös näissä tiloissa prosessin eri vaiheiden seuraaminen on helppoa.

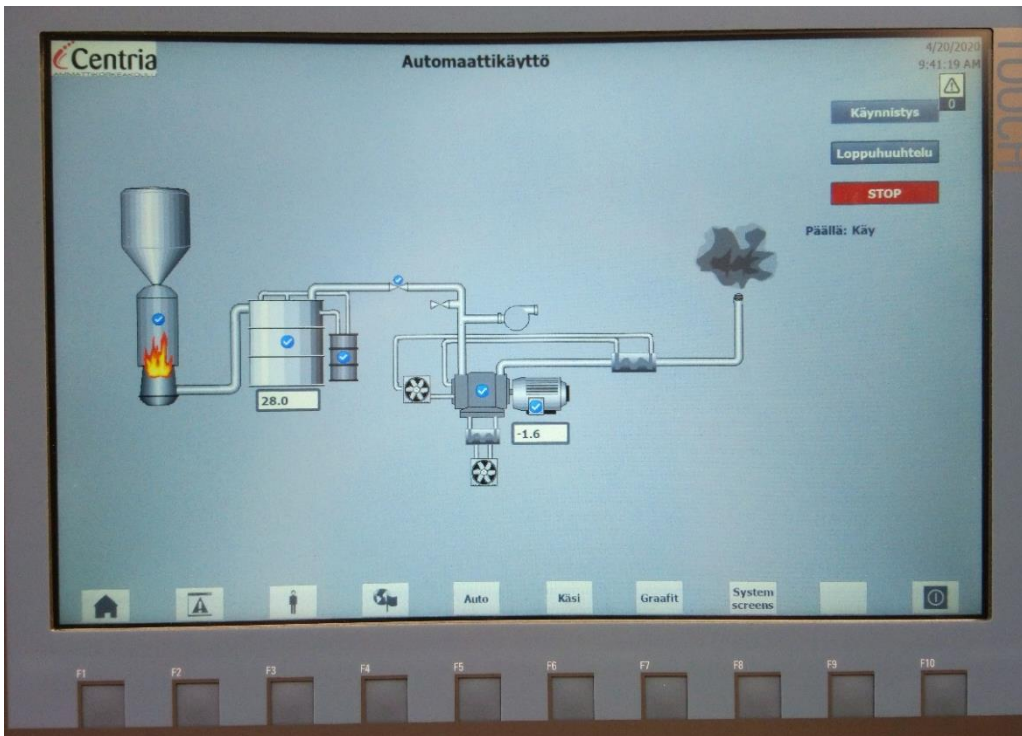
Käsikäytössä käyttäjä pystyy itse ohjaamaan prosessia periaatteessa haluamallaan tavalla. Lähes jokaiselle prosessissa olevalle toimilaitteelle on näytölle tehty *on/off*-painikkeet, joiden avulla käyttäjä voi ohjata prosessia. Käsikäytössä on myös *STOP*-painike, jonka avulla koko prosessi saadaan keskeytettyä. Prosessin ajamista varten on kuitenkin tehty toimintakaavio sekä pikaohje (LIITE 8 ja LIITE 10). Toimintakaaviosta nähdään, milloin mitään toimilaitetta pitää ohjata. Prosessin oikeanlainen ohjaaminen on tärkeää, ettei mitään laitteita rikota ja että prosessi toimii halutulla tavalla. Kuvassa 8 on kuva käsikäytöstä. Kuvasta nähdään, ettei mikään toimilaite ole toiminnassa.



KUVA 8. Käsikäyttö

Automaattikäytössä on vain kolme painiketta. Nämä painikkeet ovat *Käynnistys*-, *Loppuhuuhtelu*- ja *STOP*-painike. Käyttäjä voi automaattikäytössä käynnistää prosessin *Käynnistys*-painikkeesta. Käynnistämisen jälkeen prosessi etenee logiikkaohjelman mukaisesti. Kun käyttäjä haluaa ajaa prosessin alas,

painetaan *Loppuhuuhtelu*-painiketta, jolloin loppuhuuhtelu alkaa. Loppuhuuhtelun päätyttyä prosessi sammuu kokonaan. Jos prosessissa ilmenee jotain ongelmia tai käyttäjä haluaa jostakin muusta syystä keskeyttää prosessin välittömästi, painetaan *STOP*-painiketta. Automaattikäyttöön on myös tehty tila, josta nähdään mikä vaihe prosessissa on meneillään. Prosessin vaiheina voivat olla joko alkuhuuhtelu, käy, loppuhuuhtelu tai pois päältä (-). Alla olevassa kuvassa (KUVA 9) on päällä käy. Näiden vaiheiden perusteella käyttäjän on helppo nähdä, mitä prosessissa tapahtuu.



KUVA 9. Automaattikäyttö

Graafit-näytöstä on nähtävissä graafisessa muodossa esimerkiksi pesurin ja moottorin lämpötilat. Graafinäkymän hyvänä puolena on se, että graafiin päivittyvät reaaliaikaisesti näiden lämpötilojen arvot. Lisäksi graafista pystytään katsomaan näiden lämpötilojen arvoja tarvittaessa takautuvasti.

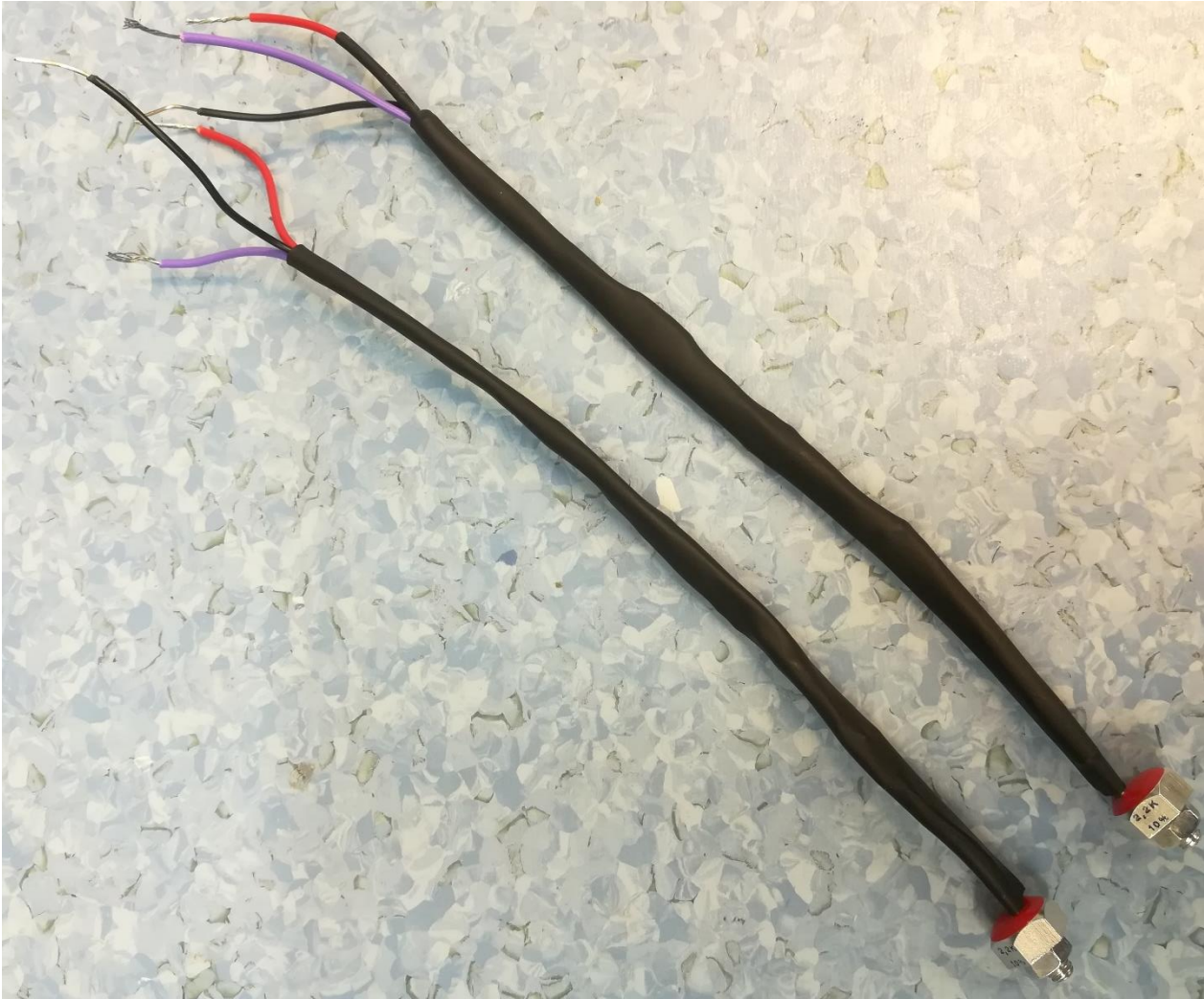
Hälytykset-näytöllä on nähtävillä prosessin aikana tulleet hälytykset ja tapahtumat. Kun hälytyksiä tai varoituksia ilmenee, niistä tulee myös "ponnahdusikkuna" näytölle, jotta käyttäjä huomaa mahdollisimman pian ilmoituksen. Tietyt varoitukset antavat vain tiedon käyttäjälle siitä, että pitää tehdä jotain, ettei varoitus muutu ajanmittaa hälytykseksi. Esimerkiksi tuhkasäiliössä olevan toisen uimurikytkimen tehtävänä on ilmoittaa käyttäjälle, että tuhkasäiliö on täyttymässä, jolloin käyttäjä tietää, että tuhkasäiliö pitää tyhjentää, ennen kun se on liian täynnä. Hälytysten tehtävänä on sammuttaa prosessi, ettei laitteille

pääse aiheutumaan mitään vahinkoa tai prosessin käyttäjälle vaaraa. Kun tämä hälytyksen syy on saatu poistettua, voidaan prosessi käynnistää uudelleen.

4.3 Anturit

Osana häkäkaasuprosessia käytetään antureita, jotta pystytään saamaan tietoja prosessista. Käytettävät anturit ovat joko digitaalisia tai analogisia. Digitaalisista antureista saadaan logiikalle 1/0-tieto anturin tilan perusteella. Digitaalisina antureina käytetään lämpötila-anturia, paineanturia ja uimurikytkimiä. Lämpötila-anturia käytetään kaasuttimessa olevan hakkeen syttymisen tarkkailemiseen. Hakkeen sytetyä eli lämpötilan ylitettyä 100 °C, saadaan lämpötila-anturista tieto logiikalle siitä, että kaasuttimessa oleva hake on syttynyt. Paineanturia puolestaan käytetään arinan pyörimisen käynnistykseen. Paineanturin saavuttaessa raja-arvon saa ohjelmoitava logiikka tiedon siitä, jolloin arinan pyörimys voidaan aloittaa. Uimurikytkimiä prosessissa on suunniteltu olevan neljä kappaletta. Uimurikytkimistä kahden tehtävänä on tarkkailla pesurissa olevan vedenpinnankorkeutta. Toinen näistä uimurikytkimistä varoittaa pesurin säiliön täyttymisestä ennen kuin säiliö on täynnä, ja toinen keskeyttää prosessin, mikäli pesurin säiliö on liian täynnä. Kahden muun uimurikytkimen tehtävänä on tarkkailla tuhkasäiliön pinnankorkeutta. Toinen näistä varoittaa tuhkasäiliön täyttymisestä ja toinen keskeyttää prosessin, jos tuhkasäiliö on liian täynnä. Uimurikytkimiä ei ole vielä hankittu, vaan ne pitää hankkia, kun energiakonttia aletaan kehittää käytännön tasolla.

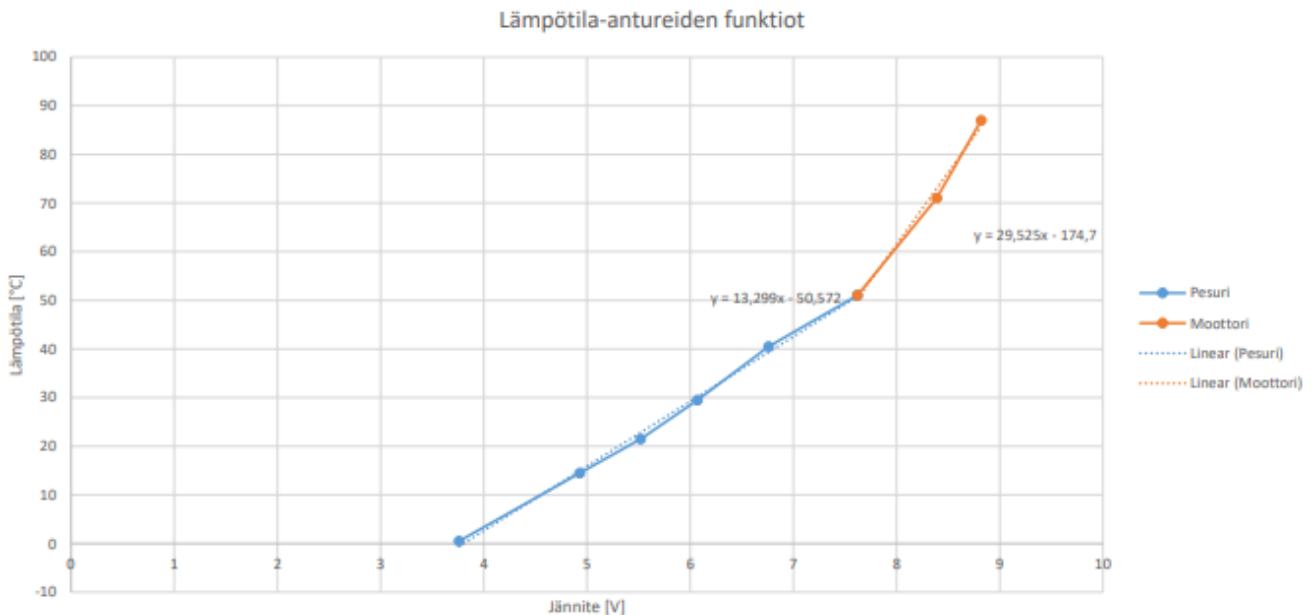
Analogisia antureita prosessissa on kolme kappaletta. Yksi näistä analogisista antureista mittaa akkulaturin toimintaa. Anturin tarkoituksena on antaa logiikalle tieto akkulaturin alkaessa lataamaan akkua. Koska akkulaturi alkaa lataamaan akkua moottorin käynnistyttyä, saadaan tämän tiedon perusteella logiikalle tieto moottorin käynnistymisestä. Logiikkaan on luotu funktio, jossa akkulaturin jännitteen noustessa 13,7 volttiin moottorin käynnistyminen on varmistettu. Kaksi muuta analogista anturia ovat lämpöantureita, joiden tehtävänä on antaa logiikalle tietoa lämpötilojen raja-arvojen ylittämisestä. Toinen näistä lämpötila-antureista tarkkailee pesurin lämpötilaa, jotta pesurista tulevan kaasun lämpötila olisi noin 40 asteen tasolla. Lämpötilan noustessa 45,5 asteeseen keskeyttää logiikka prosessin. Jotta prosessi voidaan uudelleen käynnistää, tulee pesurin lämpötilan laskea alle 45,5 °C:een. Toinen lämpötila-anturi tarkkailee polttomoottorin lämpötilaa, jottei se ylikuumentuisi. Lämpötilan noustessa 105,5 asteeseen, keskeyttää logiikka prosessin. Prosessin uudelleen käynnistämiseksi tulee polttomoottorin lämpötilan laskea alle 105,5 °C:een.



KUVA 10. Itse tehdyt lämpötila-anturit

Lämpötila-anturit tehtiin itse, ja ne ovat nähtävissä kuvassa 10. Lämpötila-anturit tehtiin käyttämällä NTC-vastuksia. NTC-vastuksen molemmille puolille mitoitettiin etuvastukset, jotta NTC-vastuksella saadaan mitattua jännitettä halutulta väliltä (0-10 V). Nämä etuvastukset tinattiin kiinni NTC-vastuksiin. Etuvastuksista ja NTC-vastuksista tehtiin lämpötila-antureihin tinattiin myös johtimet, jotta lämpötila-anturit saadaan kytkettyä logiikan sisääntulomoduuliin. Lopuksi lämpötila-anturit suojattiin vielä kutistesukalla, jotta ne kestäisivät paremmin. Lisäksi itsetehdyille lämpötila-antureille määritettiin funktiot tekemällä lämpötilamittauksia vedestä. Veden lämpötilan mittaukseen käytettiin tavallista lämpötilamittaria. Samaan aikaan lämpötilamittarin kanssa veteen laitettiin omatekoinen lämpötila-anturi. Tällä tavoin saatiin selvitettyä tiettyä lämpötilaa vastaava jännite. Lämpötila-antureista havaittiin, että niiden antama lämpötila saattaa heittää muutaman asteen todelliseen lämpötilaan nähden. Tämä ei kuitenkaan ainakaan suunnitteluvaiheessa muodostunut ongelmaksi. Pesurille ja moottorille on molemmille eri

funktiot, koska niistä mitattavat lämpötilat ovat eri suuruusluokkaa. Analogisen sisääntulomoduulin ja logiikkaohjelmaan tehtyjen funktioiden avulla nämä lämpötila-anturien antamat jännitetiedot saadaan muutettua lämpötilatiedoksi. Alla olevassa kuviossa (KUVIO 2) on nähtävillä lämpötila-antureille määritetyt funktiot.



KUVIO 2. Lämpötila-antureiden funktiot

4.4 Järjestelmä layout 230 VAC

Energiakontin 230 VAC-järjestelmän voidaan ajatella koostuvan pesurista, kontin valaistuksesta, hallin syötöstä sekä Victron- ja Dynawatt-invertteristä. Victron-invertterin tehon tuoton rajallisuudesta ja toisaalta Dynawatt-invertterin epätahdistuvuudesta johtuen yksivaihejärjestelmän syöttö tarvitsee automaatiikkaa, jotta järjestelmä ei missään tilanteessa ylikuormitu eivätkä Dynawatt- ja Victron-invertterit ole samaan aikaan syöttämässä verkkoa. Näin ollen inverttereitä ei käytetä yhtäaikaaisesti sähkön syöttämiseen, ettei pääse syntymään mitään ongelmia inverttereiden tai toimilaitteiden toiminnassa ja käytössä. Alla olevissa kappaleissa kerrotaan mitä toimintoja näillä inverttereillä on prosessin eri vaiheissa.

Kun kaasutusprosessin jompikumpi huuhtelu-tila on päällä (polttomoottori ei ole käynnissä), käytetään Victron-invertteriä energiakonttijärjestelmässä syöttämään kaasupesurin pumppua sekä kontin valaistusta. Tämä selviää järjestelmä layout 230 VAC sähköpiirustuksesta (LIITE 4). Victron-invertteri saa

syöttönsä akustolta. Akustolta tulevan sähkön Victron muuttaa siniaaltomuotoiseksi, verkossa oleville laitteille sopivaksi. Victron-invertterillä ei voida syöttää muita laitteita, koska jo pelkästään pesurin pumpun nimellisvirta on noin 4,8 A, ja Victronin jatkuvan käytön virtakestoisuus on 5,2 A. Dynawatt-invertteriä aletaan käyttää kaasutusprosessissa, kun kaasutusprosessissa menee käy-tila päälle (poltto-moottori käynnistetään), tällöin kontaktori K1 vetää ja avaa apukoskettimet 1-2 ja sulkee apukoskettimet 3-4, jolloin Dynawatt-invertteri alkaa syöttämään verkkoa ja Victron-invertteriä. Tällöin Victron ei voi syöttää sähköä 230 VAC järjestelmään, esimerkiksi pesurille ja kontin valaistukselle, jolloin se vain alkaa ladata akustoa (LIITE 4). Dynawatin jatkuvan käytön virtakestoisuus on 22 A, joten hallissa olevien laitteiden ja pesurin pumpun syöttäminen onnistuu ongelmitta. Dynawatt on käytössä verkkoa syöttävänä invertterinä siihen asti, kunnes kaasutusprosessi ajetaan alas, jolloin Victron lopettaa akuston lataamisen ja alkaa syöttää sähköä pesurille (LIITE 4).

Hallille syöttö saadaan prosessin käynnissä ollessa joko Dynawatin tai Victronin kautta prosessin tilan mukaisesti, mikä nähdään päävirtapiirikaavio 230 VAC-sähköpiirustuksesta (LIITE 5). Jos kaasutusprosessi on huuhtelu-tilassa, hallin syöttäminen on katkaistu kokonaan. Ainoastaan käy-tilassa hallia syötetään kontaktorin 14K1 apukoskettimien 1-2 kautta, kun kaasutusprosessi on käynnissä. Jos kaasutusprosessi ei ole lainkaan päällä, mutta ohjelmoitava logiikka ja kosketuspaneeli ovat päällä, hallia syötetään kontaktorin 15K1 apukoskettimien 1-2 kautta. Prosessin ollessa pois päältä saadaan hallille kuitenkin sähkö kontaktorin 7K2 kautta, mikä ilmaisee sitä, onko PLC:llä ja kosketuspaneelilla sähkö. Kun niille ei mene sähköä, on kontaktorin 7K2 apukosketin 1-2 kiinni, jolloin sähkö saadaan sitä kautta hallille. Prosessin ollessa päällä kontaktorin 7K2 apukosketin 1-2 on auki, jolloin sähkö ei voi tätä kautta kulkea hallille (LIITE 5).

4.5 Turvallisuus

Energiakontin turvallisuutta tarkastellaan muun muassa koneturvallisuuden kannalta. Energiakonttia voidaan tarkastella koneena, johtuen sen sisältämästä laitteistosta. Seuraavissa kappaleissa käsitellään pääpiirteitä konedirektiivistä ja sen noudattamiseen kuuluvista menettelytavoista. Kuitenkin laitteiston asennuksen ollessa vielä keskeneräinen ja vain osaltaan meidän suunnittelemamme, koneturvallisuutta tarkastellaan kaasutusprosessin ohjauksen eli logiikkaohjelman osalta. Logiikkaohjelmaa voidaan tarkastella prosessin kannalta osittain valmiina koneena, sillä se on ainoa osa-alue, joka on kyetty testamaan, mutta sekin vain simulaatiolla ja koejärjestelyllä. Turvallisuutta tarkastellaan myös pienjännitekeskusten keskusvaatimusten kannalta. Keskusvaatimuksissa käy ilmi muun muassa asioita, joita tulee

ottaa huomioon keskuksen valinnassa ja asentamisessa. Lisäksi tarkastellaan, mitä yleisiä vaatimuksia pienjännitesähköjärjestelmän käyttöönotto sisältää. Käyttöönottoon kuuluu aistinvaraiset tarkastukset, mittaustestit ja käyttöönottopöytäkirjan laatiminen.

4.5.1 Koneturvallisuus

Konedirektiivin soveltamiseen kuuluu viisi päävaihetta: soveltamisalan varmistaminen, turvallisuus suunnittelu, vaatimustenmukaisuuden arviointi, EY-vaatimustenmukaisuusvaatimuksen laatiminen ja CE-merkinnän kiinnittäminen koneeseen, joka nähdään kuvioista 3. Soveltamisalan varmistaminen alkaa siitä, että selvitetään, kuuluko koneeksi oletettu konedirektiivin soveltamisalaan. Jos se kuuluu soveltamisalaan, voidaan joutua myös noudattamaan vielä konetta tai sen osajärjestelmää koskevia erityisdirektiivejä. Koneiden turvallisuuden direktiivinä käytetään Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviä 2006/42/EY, joka on täyteen saatettu valtiollisella asetuksella VNa 400/2008. Soveltamisala nähdään kyseisen direktiivin artikloista 1 ja 2. (SFS KÄSIKIRJA 93-1 2010, 17, 23, 36.)

Yleisesti koneella tarkoitetaan toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmää, joka on tarkoitettu varustettavaksi muulla kuin ihmis- tai eläinvoimalla toimivalla voimansiirtojärjestelmällä. Lisäksi koneessa on oltava vähintään yksi liikkuva osa tai komponentti, joka on kokoonpantu erityistä toimintoa varten. Osittain valmiilla koneella puolestaan tarkoitetaan sellaista yhdistelmää, joka on melkein kuin kone, mutta ei kuitenkaan pysty sellaisenaan suorittamaan erityistä toimintoa. Osittain valmis kone on tarkoitettu liitettäväksi toisiin koneisiin tai toisiin osittain valmiisiin koneisiin siten, että niistä muodostuu sellainen kone, johon sovelletaan kyseistä valtioneuvoston asetusta. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008.)

Turvallisuussuunnittelussa kone on suunniteltava konedirektiivin liitteen I olennaisten terveys- ja turvallisuusvaatimusten mukaisesti. Käytännössä turvallisuussuunnittelu pitää sisällään koneen riskien arvioinnin ja riskien pienentämisen, jotka täytyy dokumentoida ja säilyttää direktiivissä määrätyn ajan eli vähintään 10 vuotta koneen viimeisestä valmistuspäivästä. Joissain tapauksissa aika voi olla 15 vuotta. Pakollisia kohtia liitteessä, joita täytyy noudattaa kaikille koneille, on yhteensä kolme. Nämä löytyvät YLEISTEN PERIAATTEIDEN-kappaleesta:

- 1.1.2 Turvallistamisen periaatteet
- 1.7.3 Koneen merkinnät
- 1.7.4 Ohjeet.

Muilta osin koneen valmistajan on itse selvitettävä, mitä muita liitteen I olennaisia vaatimuksia on noudatettava koneen osalta. Muut vaatimukset selviävät, kun koneelle toteutetaan riskien arviointi. (SFS KÄSIKIRJA 93-1 2010, 23-24.)

Turvallisuussuunnittelussa voidaan käyttää myös vapaaehtoisia yhdenmukaistettuja standardeja, joita noudattamalla saavutetaan vaatimustenmukaisuusolettamus. Nämä standardit jaetaan kolmeen tyyppiin:

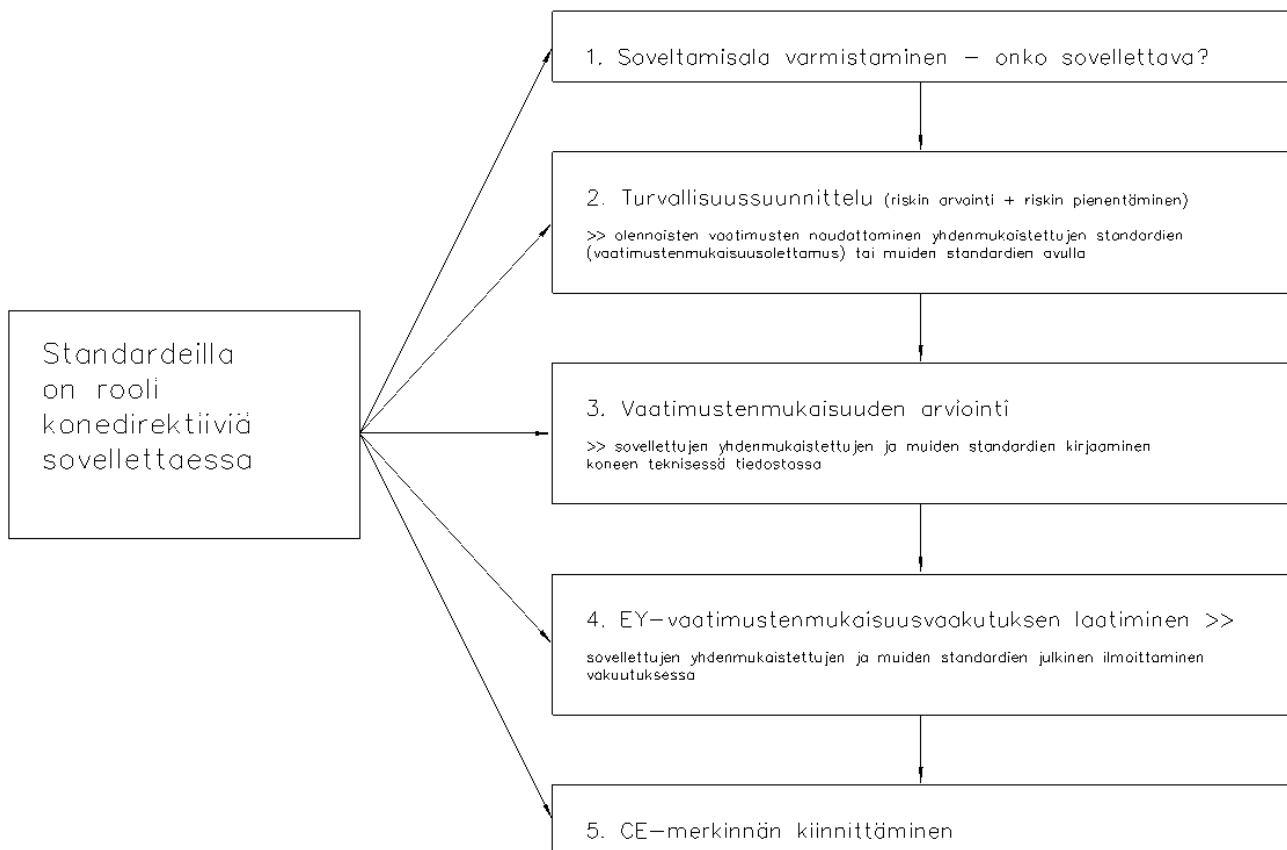
- A-tyypin standardit (turvallisuuden perustandardit):
 - sisältävät yksityiskohtaisemmat ohjeet ja periaatteet riskin arvioinnin suorittamiseksi ja dokumentoimiseksi
 - sisältävät yksityiskohtaisempaa yleistietoa kaikille koneille pakollisista vaatimuksista ja yleisiä teknisiä periaatteita ja perusvaatimuksia turvallisten koneiden suunnitteluun.
- B-tyypin standardit (turvallisuuden ryhmästandardit):
 - sisältävät yhtä turvallisuusnäkökohtaa tai yhtä sellaista suojateknistä laitetta, jota voidaan käyttää useissa erilaisissa koneissa:
 - B1-tyypin standardit sisältävät tiettyjä yksittäisiä turvallisuusnäkökohtia, esimerkiksi turvaetäisyyksistä ja pintalämpötiloista
 - B2-tyypin standardit koskevat suojateknisiä laitteita, esimerkiksi suojuksia ja kosketuksen tunnistavia suojalaitteita.
- C-tyypin standardit (konekohtaiset turvallisuusstandardit):
 - sisältävät tietyn koneen ja koneryhmän yksityiskohtaisia turvallisuusvaatimuksia. (SFS KÄSIKIRJA 93-1 2010, 18-19, 24.)

Koneelle suoritetaan turvallisuussuunnittelun jälkeen vaatimustenmukaisuusarviointi joko koneen valmistajan toimesta. Jos kyseessä on puolestaan konedirektiivin liitteessä IV mainittu tuote, varmistetaan puolueettoman ilmoitetun laitoksen kanssa, että suunniteltu ja/tai valmistettu kone täyttää konedirektiivissä sille asetetut vaatimukset. Käytännössä tämä tarkoittaa, että:

- koneen tekninen tiedosto on saatavilla konedirektiivin liitteen VII A edellyttämässä laajuudessa
- vaatimustenmukaisuuden arvioinnin täytyy kattaa sekä suunnitteluvaihe (alkuperäinen koneen suunnittelu) että valmisvaihe (kaikki myöhemmin valmistettavat samanlaiset koneet)
- konedirektiivin liitteessä IV mainittavilla koneilla ulkopuolinen ilmoitettu laitos arvioi sekä tarvittaessa testaa konetta tai valvoo valmistajan laatu järjestelmää
- jos kone on suunniteltu ja rakennettu sellaisten yhdenmukaistettujen standardien mukaisesti, jotka kattavat kaikki kyseistä konetta koskevat olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset,

valmistaja voi halutessaan suorittaa vaatimustenmukaisuuden arvioinnin yksinään ilman ilmoitettua laitosta liitteen VIII mukaisesti. (SFS KÄSIKIRJA 93-1 2010, 24-25.)

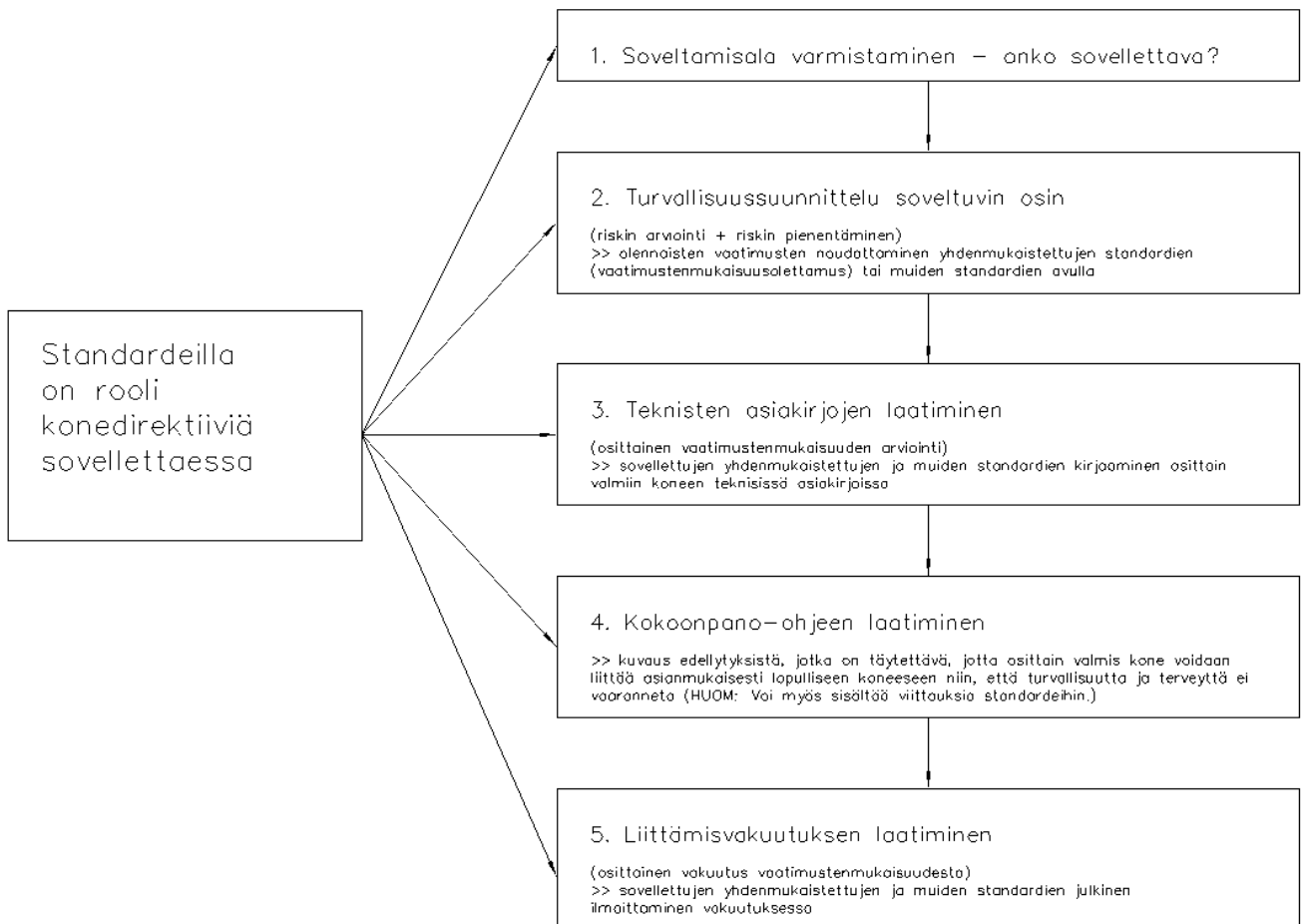
EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen laatiminen tapahtuu valmistajan toimesta. Koneen valmistajan täytyy laatia konedirektiivin liitteen II A mukainen asiakirja, joka on toimitettava aina koneen mukana ja sen sisältö on myös aina oltava koneen ohjeessa. Lopuksi valmistajan on kiinnitettävä liitteen III mukainen CE-merkintä. (SFS KÄSIKIRJA 93-1 2010, 25.)



KUVIO 3. Konedirektiivin soveltamisen päävaiheet valmiilla koneella (mukaiillen SFS KÄSIKIRJA 93-1 2010, 23)

Osittain valmiin koneen osalta noudatetaan konedirektiiviä samoin kuin valmiille koneellekin, mutta sen soveltaminen katsotaan valinnaiseksi siltä osin, missä määrin osittain valmiissa koneessa voidaan turvallisuusvaatimuksia käytännössä toteuttaa ja mitä asiakasvaatimuksia esimerkiksi valmiin koneen valmistajilla on osittain valmiille koneelle. Osittain valmiille koneelle laaditaan tekniset asiakirjat konedirektiivin liitteen VII B edellyttämässä laajuudessa. Lisäksi konedirektiivissä vaaditaan, että osittain valmiin koneen mukana toimitetaan kokoonpano-ohje, jotta se voidaan liittää asianmukaisesti lopulliseen

koneeseen ilman, että turvallisuus tai terveys vaarantuisi liittämisen myötä. Osittain valmiin koneen tapauksessa lopuksi laaditaan liittämisvakuutus, joka on osittainen vakuutus vaatimustenmukaisuudesta. Liittämisvakuutuksen täytyy olla konedirektiivin liitteen II B mukainen asiakirja, joka toimitetaan osittain valmiin koneen mukana. (SFS KÄSIKIRJA 93-1 2010, 26-27.)



KUVIO 4. Konedirektiivin soveltamisen päävaiheet osittain valmiilla koneella (mukaillen SFS KÄSIKIRJA 93-1 2010, 26)

Kaasutusprosessissa koneen suunnittelua ja rakentamista koskevat olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset, jotka logiikkaohjelman osalta on otettu huomioon seuraavilla tavoilla. Hätätilanteessa prosessin sammuttamiseen käytetään fyysistä hätäpysäytyspainiketta, joka asennetaan keskuksen oveen, jotta se on helposti käyttäjän ulottuvissa, ja näin ollen hätätilanteen sattuessa käyttäjän on helppo ja nopea käyttää hätäpysäytyspainiketta. Hätäpysäytyspainikkeen vapauttaminen ei myöskään pääse aiheuttamaan ei-toivottua prosessin uudelleen käynnistymistä.

Turvallisuus prosessissa on huomioitu myös logiikkaohjelmaan tehdyillä toiminnoilla. Kun käyttäjä vaihtaa prosessinajotilaa käsikäytöstä automaattikäyttöön tai päinvastoin, sammuu prosessi. Tämä toiminto on tehty siitä syystä, ettei esimerkiksi tilan vahingossa vaihtamisesta pääse aiheutumaan mitään haittaa prosessin ajon tai turvallisuuden kannalta. Prosessissa on lisäksi huomioitu moottorin ja pesurin mahdollinen ylikuumentuminen. Moottorissa ja pesurissa molemmissa on lämpöanturit tarkkailemassa niiden lämpötiloja. Jos jompikumpi näistä pääsee ylikuumentumaan, sammuu prosessi. Prosessin uudelleen käynnistäminen onnistuu vasta, kun ylikuumentuneen laitteen lämpötila on laskenut raja-arvon alapuolelle. Kun prosessi tämän jälkeen käynnistetään uudelleen, alkaa prosessi alusta eikä siitä, mihin se prosessin sammussa jäi. Tämä toimintokin on tehty siitä syystä, ettei pääse aiheutumaan mitään vaaratilanteita uudelleen käynnistämisen seurauksena. Prosessin turvallisuus on myös varmistettu pesurin ja tuhkasäiliön pinnankorkeutta tarkkailevilla uimurikytkimillä. Jos näistä säiliöistä jompikumpi pääsee täyttymään liikaa, sammuu prosessi. Tämän jälkeen käyttäjän on tyhjennettävä säiliöitä, jotta prosessi voidaan uudelleen käynnistää. Kuitenkin pinnankorkeutta tarkkailevien uimurikytkimien toiminto on käytössä ainoastaan automaattikäytössä laitteiston omistajan tahdosta.

Lisäksi prosessissa on vielä yhtenä turvaominaisuutena prosessilaitteiston johdonsuojakatkaisijoiden ns. kärkitieto, jolla tarkkaillaan, että kaikki prosessissa olevien laitteiden ryhmät ovat jännitteisiä, ettei jonkin laitteen oikosulun ja rikkoontumisen seurauksena prosessi vain jatkuisi. Tästä johtuen logiikkaohjelma pysäyttää prosessin, jos se on käynnissä, ja resetoit tilat niin, että suojan tullessa takaisin päälle laitteisto ei itsestään käynnisty. Näillä keinoilla prosessinohjauksesta on saatu poistettua mahdollisia vaaratekijöitä. Näin ollen kaasutusprosessissa konedirektiivin yleisiä periaatteita on sovellettu logiikkaohjelman suunnittelussa edellä mainituilla tavoilla.

4.5.2 Keskusvaatimukset

Keskusvaatimusten selvittämiseen käytetään SFS-EN-61439-standardisarjaa, jossa kerrotaan pienjännitekeskuksia koskevista standardeista. Standardi käsittelee jännitteeltään enintään 1000 VAC:n tai 1500 VDC:n pienjännitekeskuksia. Yleisesti ottaen keskusten vaatimustenmukaisuus voidaan todentaa kolmella eri tavalla:

- testaamalla
- laskemalla tai mittauksilla
- noudattamalla suunnittelusääntöjä.

Keskuksen rakennetta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon keskusta käyttävän henkilön ammattitaito. Sähköturvallisuuden kannalta onkin tärkeää, että keskusta käyttävä henkilö pystyy itsenäisesti suorittamaan esimerkiksi tarvittavat käyttötoimenpiteet sekä sulakkeen vaihdot turvallisesti. Kuitenkin esimerkiksi tulppa- ja kahvasulakkeita vaihtavan henkilön tulee olla perehtynyt tai hänet tulee olla perehdytetty tehtävään. (Jakokeskus 2014, 7-8.)

Keskusta suunniteltaessa tulee huomioida laitteiden keskuksen sijoittaminen ja ympäristö, johon keskus ollaan sijoittamassa. Laitteita keskuksen sijoittaessa tulee ottaa huomioon mahdolliset myöhemmin tapahtuvat komponenttien vaihto- tai huoltotyöt sekä muut kunnossapitotehtävät, joten keskuksessa pitää olla riittävästi tilaa näitä toimia varten. Lisäksi tilaa keskuksessa pitää varata kaapeleiden kytkemiseen, jotta kytkennät pystytään tekemään luotettavasti ja turvallisesti. (Jakokeskus 2014, 14, 20.) Ympäristö puolestaan vaikuttaa siihen, mikä koteloidun keskuksen IP-luokituksen tulee olla. IP-luokitus kertoo kyseisen laitteen suojauksesta ulkoisia uhkia, kuten vettä ja pölyä vastaan. Jakokeskusstandardissa SFS-EN 61439-1 on suositukset minimivaatimuksista keskuksien IP-luokituksille. Standardista selviää, että sisäasennuksena oleville keskuksille tulee IP-luokituksen olla vähintään IP2X ja ulkoasennuksena oleville keskuksille IPX3. Keskus tulee myös sijoittaa sellaiseen paikkaan, jossa esimerkiksi kosteuden ja pölyn haitallinen vaikutus on mahdollisimman hyvin estetty. Lisäksi keskusta asennettaessa on asennusohjetta noudatettava. (Jakokeskus 2014, 10, 48.)

Keskus on aina pystyttävä erottamaan sähköverkosta, ja näin ollen tekemään jännitteettömäksi. Erottamiseen käytetään tavallisesti keskuksen sijoitettua pääkytkintä. Jos pääkytkimen sijoittaminen pääkeskuksen ei ole mahdollista, voidaan se sijoittaa keskuksen läheisyyteen, kuitenkin siten, että pääkytkin on helposti tunnistettavissa. Keskuksen pääkytkimenä käytetään yleensä standardin SFS-EN 60947-3:en mukaista kuormankytkintä, jolla saadaan tehtyä luotettavasti erotus. Tällaisessa kuormankytkimessä on myös luotettava ja selkeä asennonosoitus. Erotuslaitteina on myös mahdollista käyttää erottimia tai katkaisijoita, näille on määritelty vaatimukset standardissa SFS-EN 60947-2:2017. Jos kyseisen standardin mukaista tehokatkaisijaa käytetään erotuskytkimenä, täytyy varmistaa, että kyseinen katkaisija soveltuu käytettäväksi erotuskytkimenä. (Jakokeskus 2014, 12.)

Keskuksen suojausjärjestelyn tarkoituksena on suojata ihmiset, kotieläimet ja omaisuus vaaroilta ja vahingoilta, joita voi syntyä keskuksen tavanomaisessa käytössä. Näin ollen Suomessa hyväksytään pelkästään kosketussuojatut keskusrakenteet. Sähköturvallisuusstandardin SFS 6002 mukaan maallikko saa tehdä ilman opastusta pienoisyännite- ja pienjännitelaitteistoissa sellaisia toimenpiteitä, jotka pystytään

tekemään laitteiston ollessa kosketussuojattu vähintään kotelointiluokan IPXXB tai IP2X mukaan. Kotelointiluokalla IPXX tarkoitetaan sormella koskettamiselta suojausta, ja kotelointiluokka IP2X puolestaan suojaa 12,5 mm halkaisijalta olevan vieraan esineen sisäänpääsystä. Maallikon on siis mahdollista erottaa keskus jännitteettömäksi pääkytkimen avulla, ohjata käyttökytkimiä, palauttaa johdonsuojakatkaisija tai vikavirtasuojan toimintakuntoon sekä testata vikavirtasuojan toiminta testipainikkeen avulla siten, että kosketussuojaus säilyy. Suojaus jännitteisten osien koskettamiselta on säilyttävä aina maallikoiden käyttämissä laitteissa, kun laitteita käytetään tai komponentteja vaihdetaan. Opastetun henkilön on mahdollista tehdä käyttötoimenpiteitä pienjännitelaitteistossa, jos lähellä olevat jännitteiset osat on suojattu tahattomalta koskettamiselta. (Jakokeskus 2014, 15-16.)

Keskukselle kaapeleita vietäessä edellytetään yleensä kaapeleiden läpivientieihin käytettävien asennustarvikkeiden käyttöä. Kaapeleiden läpivientiaukot avataan sellaiseen paikkaan, jossa niille on aihiot. Aukkoa ei kuitenkaan saa avata liian suureksi, jotta keskuksen kotelointiluokka säilyy. Kotelointiluokan vaatimusten kasvaessa voidaan läpivientiaukkoihin laittaa erilaisia tiivistykseen tarkoitettuja välineitä, kuten läpivientimuhveja, holkkitiivisteitä tai kalvotiivisteitä, riippuen asennustavasta. Huomioitava kuitenkin on, että nämä erilliset läpivientitarvikkeet eivät yleisesti ottaen sisälly keskustoimitukseen, vaan ne on keskuksen omistajan itse hankittava. (Jakokeskus 2014, 52.)

Keskusta kytkettäessä tulee huomioida, että johtimille on varattu tarpeeksi paljon kiinteästi asennettuja liittimiä. Sähköasennusstandardissa SFS 6000 edellytetäänkin, että jokaiselle tulevan ja lähtevän johdon suojajohtimella, nollajohtimella ja PEN-johtimella on oltava oma liittimensä. Keskuksen kytkemisessä tulee myös huomioida, että keskukseseen ei saa sijoittaa irrallisia liittimiä, kuten rasialiittimiä tai sokeri-paloja. Jos kaapeli on jäänyt lyhyeksi, voidaan johdin kuitenkin jatkaa tarkoituksenmukaisella jatkoliittimellä. Jos taas keskuksessa kiinteästi olevien liittimien määrä ei riitä eikä niitä voida lisätä, täytyy haaroitukset tehdä keskuksen ulkopuolella jakorasiassa. Kaapeleiden kytkennässä tulee lisäksi huomioida, ettei johtimia saa asentaa kulkemaan keskuksessa olevien komponenttien päältä, jottei komponenttien käyttämisen, vaihtamisen tai huoltamisen kannalta aiheudu ongelmia. Myöskään kaapeleiden liittäminen tarvittavat kytkentävälineet eivät sisälly keskustoimitukseen, vaan keskuksen omistajan tulee ne itse hankkia. (Jakokeskus 2014, 54-55.)

4.5.3 Käyttöönottotarkastus

Sähköasennuksen käyttöönottotarkastus täytyy suorittaa asennuksen aikana ja/tai sen valmistuttua ennen kuin se otetaan käyttöön. Suomessa noudatetaan sähköturvallisuuslaissa (1135/2016) 43 §:ssä annettuja vaatimuksia käyttöönottotarkastuksesta. Laki määrää muun muassa, että käyttöönottotarkastuksesta laaditaan pöytäkirja, myös muutos- ja laajennustyön tapauksessa, sähkölaitteiston haltijan käyttöön. Poikkeuksena ovat vähäiseksi katsottavat sähkötyöt, joista pöytäkirjaa ei tarvitse tehdä, mikä on säädettyä tarkemmin valtioneuvoston asetuksessa (1434/2016). Muutoin samalla asetuksella säädetään tarkemmin käyttöönottotarkastuspöytäkirjan sisältö. Käyttöönottotarkastuksessa sähkölaitteistoon liittyvä tarpeellinen dokumentaatio, kuten sähköpiirustukset, sähkökaaviot ja taulukot, on annettava käyttöönottotarkastusta suorittaville. Tarkastuksen suorittajien täytyy vertailla sähkölaitteistolle asetettuja vaatimuksia ja tuloksia keskenään, millä vahvistetaan, että SFS 6000-standardisarjan vaatimuksen täytyvät. Käyttöönottotarkastuksen suorittajan täytyy olla sähköalan ammattihenkilö ja pätevä tekemään käyttöönottotarkastuksia. Käyttöönottotarkastus voidaan jakaa aistinvaraisiin tarkastuksiin, testauksiin ja mittauksiin sekä raportointiin. (SFS KÄSIKIRJA 600-1-1 2017, 440-442, 447, 197.)

Aistinvarainen tarkastus tehdään tyypillisesti asennuksen ollessa jännitteettömänä. Tarkastuksessa selvitetään, että kiinteän asennuksen osana olevat sähkölaitteet ovat asianmukaisten laitestandardien mukaisia eli että laitteista ja valmistajan antamista tiedoista löytyvät merkinnät ja sertifikaatit. Lisäksi laitteiden kuuluu olla SFS 6000 -standardisarjan ja valmistajan ohjeiden mukaisesti valittuja ja asennettuja, eivätkä ne saa olla vaaraa aiheuttavalla tavalla näkyvästi vaurioituneita. Aistinvaraiseen tarkastukseen sisältyvät myös seuraavat, silloin kun ne ovat tarpeellisia:

- sähköiskulta suojaukseen käytetyt menetelmät (SFS 6000-4-41)
- palosuojauksien käyttö ja toimenpiteet lämpövaikutuksilta suojaamiseksi (SFS 6000-4-42), ja palon leviämisen estämiseksi tehdyt toimenpiteet (SFS 6000-5-52 luku 527)
- johtimien valinta kuormitettavuuden kannalta (SFS 6000-4-43 ja SFS 6000-5-52 luku 523)
- suoja- ja valvontalaitteiden valinta, asettelu, selektiivisyys ja yhteensopivuus (SFS 6000-5-53)
- sopivien ylijännitesuojien valinta, sijoitus ja asennus, kun ne on vaadittu (SFS 6000-5-53 luku 534)
- erotus- ja kytkentälaitteiden valinta, sijoitus ja asennus (SFS 6000-5-53 luku 537)
- sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan (SFS 6000-4-42 kohta 422, SFS 6000-5-51 kohta 512.2 ja SFS 6000-5-52 kohta 522, SFS 6000-8-804)
- nolla- ja suojajohtimien oikeat tunnuksat (SFS 6000-5-51 kohta 514.3)

- piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo (SFS 6000-5-51 kohta 514.5)
- virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus (SFS 6000-5-51 luku 514)
- kaapelien ja johtimien päätteiden ja liitosten sopivuus (SFS 6000-5-52 luku 526)
- maadoituskytkentöjen, suojajohtimien ja niiden liitosten sopivuus (SFS 6000-5-54)
- sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila (SFS 6000-5-51 luvut 513 ja 514 sekä SFS 6000-7-729)
- sähkömagneettisilta häiriöiltä suojaavat toimenpiteet (SFS 6000-4-44 luku 444)
- jännitteelle alttiiden osien kytkennät maadoitusjärjestelmään (SFS 6000-4-41 kohta 411)
- johtojärjestelmän valinta ja asentaminen (SFS 6000-5-52 luvut 521 ja 522)
- yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin ja äärijohtimen kytkentä lampunpitimen kantaosaan (SFS 6000-46 ja SFS 6000-5-53)

Käyttöönottotarkastusten testaus osiossa käytettävät mittaus- ja tarkastuslaitteet sekä mittauksiin käytettävät menetelmät on valittava SFS-EN 61557 -standardisarjan vaatimusten mukaisesti. Jos puolestaan käytetään muita kuin kyseisen standardisarjan mittalaitteita, täytyy niiden ominaisuudet ja turvallisuustaso olla vähintään samalla tasolla. Seuraavat testit on tehtävä, kun ne liittyvät tarkastettavaan työsuoritukseen. Testit tehdään mielellään seuraavassa järjestyksessä:

- suojajohtimien jatkuvuus
- eristysresistanssi
- eristysresistanssin testaus, jolla varmistetaan SELV- ja PELV-piirien tai sähköisesti erotettujen piirien erotus
- eristysresistanssin testaus, jolla varmistetaan lattia- ja seinäpintojen resistanssi/impedanssi
- syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan varmistamisen testaus
- lisäsuojauksen tehokkuuden varmistamisen testaus
- kiertosuunnan mittaus
- toimintatestit
- jännitteenalenema.

Jos jossakin testissä havaitaan vika, kyseinen testi ja sitä edeltävät testit tulee toistaa vian korjauksen jälkeen, jos havaittu vika on voinut vaikuttaa saatuun tulokseen. Lisäksi jos testauksia tehdään räjähdysvaarallisessa tilassa, on käytettävä sopivia SFS-EN 60079-17 standardin mukaisia turvatoimenpiteitä. (SFS KÄSIKIRJA 600-1-1 2017, 442-443.)

Suojajohtimien jatkuvuutta mitattaessa on testattava jatkuvuus johtimen ja liitosten johtaviin osiin mittaamalla resistanssit jännitteelle alttiista osista sekä suojaavista potentiaalintasausjohtimista suojajohtimet mukaan luettuna (SFS KÄSIKIRJA 600-1-1 2017, 443).

Eristysresistanssi on mitattava jännitteisten johtimien väliltä sekä jännitteisten johtimien ja maadoitusjärjestelmään liitettyjen suojajohtimien väliltä. Tarvittaessa voidaan mittauksen yhteydessä kytkeä jännitteiset johtimet yhteen, koska voi olla tarpeellista suorittaa jännitteisten johtimien välinen mittaus asennuksen aikana ennen kuin laitteet kytketään. Eristysresistanssi voidaan mitata pääkeskuksesta ja jokaisesta pääjohdosta erikseen, kun kaikki ryhmäjohdot ovat liitettynä mutta sähkölaitteet erotettuna. Jos on vaarana, että ylijännitesuojat tai muut laitteet todennäköisesti vaikuttavat testiin tai voivat rikkoutua, sellaiset laitteet on erotettava ennen eristysresistanssin mittausta. (SFS KÄSIKIRJA 600-1-1 2017, 443.) Taulukossa 2 on taulukoituna eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot jännitejärjestelmien ja koejännitteiden mukaan.

TAULUKKO 2. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot (mukaillen SFS KÄSIKIRJA 600-1-1 2017, 443)

Virtapiirin jännitejärjestelmä tai nimellisjännite	Koejännite (tasajännite) V	Eristysresistanssin minimiarvo MΩ
SELV ja PELV	250	0,5
Enintään 500 V FELV mukaan luettuna	500	1
Yli 500 V	1000	1

Eristysresistanssin testauksessa varmistettaessa SELV- ja PELV-piirien tai sähköisesti erotettujen piirien erotus tulee mittauksesta saadun resistanssiarvon olla vähintään taulukon 2 mukainen. SELV-järjestelmän tai sähköisesti erotettujen piirien jännitteisten osien erotus muiden virtapiirien jännitteisistä osista ja maasta todetaan mittaamalla eristysresistanssi. PELV-järjestelmän tapauksessa jännitteisten osien erotus muiden virtapiirien jännitteisistä osista todetaan mittaamalla eristysresistanssi. (SFS KÄSIKIRJA 600-1-1 2017, 444.)

Kun mitataan lattia- ja seinäpintojen eristysresistanssia, on samassa tilassa tehtävä vähintään kolme mittausta. Yksi mittaus tehdään noin metrin päässä jostakin kyseisen tilan muusta kosketettavasta johtavasta osasta. Kaksi muuta mittausta voidaan tehdä kauempana. Eristävien lattioiden ja seinien resistanssi tai

impedanssi on mitattava järjestelmän jännitteellä maahan nimellistaajuudella. Nämä mittaukset on tehtävä kaikille mittausta vaativille pinnoille. (SFS KÄSIKIRJA 600-1-1 2017, 444.)

Vikasuojausmenetelmän toimivuus syötön automaattista poiskytkentää käytettäessä tarkastetaan eri tavalla riippuen käytettävästä järjestelmästä. TN-järjestelmän tapauksessa syötön automaattisen poiskytkennän tarkastaminen tapahtuu mittaamalla vikavirtapiirin impedanssi. Jos vikavirtapiirin impedanssin mittaaminen ei ole mahdollista, riittää suojajohtimien jatkuvuuden tarkastaminen edellyttäen, että käytettävissä on vikavirtapiirin impedanssia ja suojajohtimen resistanssia koskevat laskelmat. Lisäksi vaatimustenmukaisuus on varmistettava tarkastamalla käytettyjen suojalaitteiden ominaisuudet ja tehokkuus. Ylivirtasuojilla tämä tarkastetaan aistinvaraisella tarkastuksella tai muulla sopivalla menettelyllä, vikavirtasuojien tapauksessa tarkastus tehdään aistinvaraisesti tai testaamalla. TT-järjestelmässä vaatimustenmukaisuus on todettava mittaamalla asennuksen jännitteelle alttiiden osien maadoituselektrodin resistanssi, mutta jos resistanssin mittaus ei ole mahdollista, voidaan se korvata vikapiirin impedanssin mittauksella. Lisäksi pitää tarkastaa käytetyn suojalaitteen ominaisuudet. Tämä tarkastus tehdään ylivirtasuojia käytettäessä aistinvaraisella tarkastuksella tai muulla sopivalla menettelyllä, ja vikavirtasuojia käytettäessä tarkastus tehdään aistinvaraisesti tai testaamalla. IT-järjestelmän tapauksessa vaatimustenmukaisuus on varmistettava laskemalla tai mittaamalla äärijohtimessa sattuvan ensimmäisen vian aiheuttama vikavirta. Mittaus tehdään ainoastaan silloin, jos asiaa ei voi selvittää laskemalla, koska kaikkia parametreja ei tunneta. Tällöin mittauksen aikana on ryhdyttävä varotoimenpiteisiin kaksoisvian aiheuttaman vaaran estämiseksi. (SFS KÄSIKIRJA 600-1-1 2017, 445-446.)

Käyttöönottotarkastuksen yhteydessä tulee tehdä lisäsuojauksen ja kiertosuunnan tarkistus. Lisäsuojauksen toiminnan teho on tarkastettava aistinvaraisesti ja testaamalla. Lisäsuojaus voidaan toteuttaa esimerkiksi vikavirtasuojan tai lisäpotentiaalintasauksen avulla. Kiertosuunnan tarkistus tehdään kolmivaiheisissa piireissä. Sillä tarkistetaan, että kiertosuunta säilyy eli vaihejärjestys on oikea. (SFS KÄSIKIRJA 600-1-1 2017, 447.)

Asennetuille laitteille on tehtävä toimintatestit, joiden avulla tarkistetaan, että laitteet on asennettu, kiinnitetty ja aseteltu oikein, standardin SFS 6000 vaatimusten mukaisesti. Laitteita, joille toimintatestit pitää tehdä, ovat esimerkiksi:

- keskukset, käyttö-, ohjaus- ja lukituslaitteet
- hätäkytkentä- ja hätäpysäytyslaitteet
- erityistilan valvontalaitteet.

Suojalaitteille on tarpeen vaatiessa tehtävä toiminnalliset kokeet sen toteamiseksi, että ne on asennettu oikein. Jos vikasuojaukseen tai lisäsuojaukseen käytetään vikavirtasuojia, täytyy varmistaa suojaan sisältyvän testilaitteen toiminta. (SFS KÄSIKIRJA 600-1-1 2017, 447.)

Jännitteenalenema voidaan tarkistaa mittaamalla tai laskemalla. Jännitteenalenema voidaan tarkistaa vertailemalla jännitettä suunnitellun kuorman ollessa kytkettynä ja ilman kuormitusta, vertailemalla jännitettä tiedossa olevan kuormituksen ollessa kytkettynä ja ilman kuormitusta tai laskettuna suunniteltuun kuormitukseen sekä mittaamalla piirin impedanssin arvo. (SFS KÄSIKIRJA 600-1-1 2017, 447.)

Käyttöönottotarkastuksen raportointia koskevat vaatimukset on annettu valtioneuvoston asetuksessa 1434/2016 4§ ja 5§. Sähköturvallisuuslain 43§ mukaisessa tarkastuspöytäkirjassa tulee käydä ilmi kohteen yksilöintitiedot, sähkölaitteiston rakentajan ja sähkötöidenjohtajan tiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta. Lisäksi pöytäkirjasta tulee käydä ilmi sovelletut standardit, mahdollisten poikkeamien osalta sähköturvallisuuslain 34§ mukainen selvitys, yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä sekä tarkastusten ja testausten tulokset. (SFS KÄSIKIRJA 600-1-1 2017, 447-448.)

Sähköturvallisuuslain 43§ mukaista käyttöönottotarkastuspöytäkirjaa ei kuitenkaan edellytetä:

- sähköalan töistä, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa tai häiriötä
- nimellisjännitteeltään enintään 50 V:n vaihtojännitteisten tai 120 V:n tasajännitteisten sähkölaitteistojen asennuksista
- yksittäisten komponenttien vaihdoista tai lisäyksistä tai näihin verrattavista toimenpiteistä
- yksittäisten kojeiden syöttöön liittyvistä muutostöistä enintään 1000 V:n nimellisjännitteellä
- nimellisjännitteeltään enintään 1000 V:n kytkinlaitoksiin kohdistuvista muutostöistä, joissa kytkinlaitoksen nimellisarvoja ei muuteta
- tilapäislaitteiston asennuksesta, joka on koottu standardien mukaisista työmaakeskuksista.

Kun käyttöönottotarkastusta tehdään olemassa oleviin asennuksiin tehdyistä muutoksista tai lisäyksistä, voidaan tarkastusraportissa esittää suosituksia mahdollisesti tarvittavista parannuksista ja korjauksista. (SFS KÄSIKIRJA 600-1-1 2017, 448.)

Asennuksen turvallisuudesta, rakentamisesta ja tarkastamisesta vastaavan henkilön tai henkilöiden tulee antaa työn tilaajalle käyttöönottotarkastuksesta raportti. Pöytäkirjan tulee sisältää kirjaukset tarkastuk-

sista ja testatuista piireistä sekä testaustulokset. Raportissa pitäisi lisäksi olla suositus käyttöönotto-
kastuksen ja ensimmäisen kunnossapitotarkastuksen väliajaksi. Käyttöönotto-
kastusraportin täyttää ja allekirjoittaa ammattihenkilö tai muu tarkastuksen pätevä suorittaja. (SFS KÄSIKIRJA 600-1-1 2017,
448.)

5 YHTEENVETO JA KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä energiakontille kaasutusprosessia varten automaatio- ja sähkösuunnittelu sekä tarkastella sähköturvallisuutta. Automaatio- ja sähkösuunnittelun tekoon kuului käytännössä logiikkaohjelman tekeminen, prosessin käyttöliittymän tekeminen ja virtapiirikaavioiden ym. tarpeellisten kaavioiden ja piirustusten teko. Sähköturvallisuuden tarkastelu puolestaan sisälsi keskusvaatimusten ja käyttöönottotarkastuksen yleisten vaatimusten tarkastelua sekä koneturvallisuuden tarkastelun siltä osin, kun se oli mahdollista.

Energiakontille tehtävä automaatio-suunnittelu saatiin tehtyä opinnäytetyössä olleiden tavoitteiden mukaisesti alkuhankaluuksista huolimatta. Haasteita automaatio-suunnittelussa aiheutti eniten logiikkaohjelman teko. Logiikkaohjelman teko oli siitä syystä hankalaa, että piti miettiä, mitä turvaominaisuuksia ja toimintoja prosessissa tulisi olla. Näiden toimintojen miettiminen oli hankalaa, koska aiemmissa samalle energiakontille tehdyissä opinnäytetöissä prosessin toiminnoissa oli melko paljon eroja, eikä turvaominaisuuksia juurikaan ollut käytössä. Tästä syystä meidän piti itse miettiä, miten prosessin tulisi toimia, ja miten vältettäisiin prosessinajossa mahdollisesti syntyvät ongelmat ja vaaratilanteet. Kosketuspaneelille tehdyn käyttöliittymän teko puolestaan onnistui melko helposti, koska käyttöliittymällä oikeastaan ohjattiin tai tarkkailtiin vain logiikkaohjelman/PLC:n muistipaikkoja, lähtöjä ym. Sähköpiirustusten teko aiheutti myös jonkin verran ongelmia, koska piirustuksissa huomioitavia asioita oli paljon ja esimerkiksi inverttereiden toimintaa piti vielä tässä vaiheessa selvittää. Sähköpiirustuksia tehdessä myös ilmeni vielä asioita, jotka liittyivät muun muassa inverttereiden ohjaukseen. Näitä asioita logiikkaohjelmaa tehdessä ei ollut osattu huomioida, ja se aiheutti vielä pieniä muutoksia logiikkaohjelmaan. Kaikki tarvittavat sähköpiirustukset saatiin kuitenkin tehtyä. Lisäksi sähköturvallisuuden tarkastelu aiheutti jonkin verran päänvaivaa, koska piti miettiä, mitä turvallisuusasioita liittyy energiakontiin, ja miltä osin opinnäytetyössä pystyttäisiin niitä käsittelemään. Käsiteltäviksi asioiksi valikoitui koneturvallisuus, keskusvaatimukset ja käyttöönottotarkastus. Näistä asioista saatiin tehtyä yleisiä vaatimuksia käsittelevä paketti.

Opinnäytetyötä tehdessä ongelmia oli melko paljon, niistä suurin osa oli kuitenkin projektin alkupuolella liittyen automaatiolaitteiden ja ohjelmistojen yhteensopivuusongelmiin. Opinnäytetyön kannalta varmasti monia asioita olisi voitu tehdä toisin opinnäytetyön etenemisen parantamiseksi, tosin moneen asiaan ei pystytty tai osattu kuitenkaan ennalta varautua. Liittyen laitteiden ja ohjelmistojen yhteensopivuusongelmiin olisi ollut mahdollista hankkia uudempi logiikka, joka olisi ollut yhteensopiva käytettyyn

kosketuspaneeliin saman ohjelmiston kautta. Tällöin olisi saatu säästettyä aikaa melko paljon, kun aikaa ei olisi mennyt lisenssien hankkimiseen, mutta rahallisesti tämä olisi tullut kalliiksi. Mahdollista olisi ollut myös esimerkiksi hankkia PT100-lämpöanturit omatekoisten lämpöanturien sijaan. Tällä tavoin olisi säästetty muutama päivä aikaa, minkä lisäksi PT100-lämpöanturit olisivat paljon tarkempia omatekoisiin antureihin verrattuna. Tässä vaiheessa prosessin suunnittelua itsehdyt lämpöanturit kuitenkin todettiin toimivaksi ja riittäväksi ratkaisuksi. Myöhemmässä vaiheessa on toki mahdollista hankkia tarkemmat lämpöanturit tarpeen vaatiessa.

Yleisesti muita asioita, joita voi ja pitääkin kehittää, ovat logiikkaohjelma ja sen käyttöliittymä. Näistä kumpaakaan ei ajateltu saatavan täysin valmiiksi alun perinkään, vaan tavoitteena oli niiden teko ja saattaminen käyttökelpoiseen muotoon niillä laitteilla, joita opinnäytetyön aikana oli saatavilla tai oli realistista hankkia. Esimerkiksi PLC oli jo hankittuna työn tilaajalla ennen opinnäytetyön aloitusta, mutta uimurikytkimet puuttuvat vielä. Kun puuttuvat osat ja laitteisto on kokonaisuudessaan saatu koottua, voidaan vasta todellisuudessa testata logiikkaohjelman ja käyttöliittymän toimivuus ja havaita puutteet näiden osalta, minkä perusteella automatiikkaa voidaan kehittää tarpeen mukaan. Lisäksi myöhemmin voi myös ilmetä muuta tarvetta, mitä logiikkaohjelmaan voitaisiin lisätä, kuten esimerkiksi mahdollinen hallin lämmityksen ohjaus.

Lisäksi käytännön kokonaisuuden valmistuttua voidaan tarkemmin tarkastella, että koneturvallisuusehdot täyttyvät logiikkaohjelman osalta eli laitteet toimivat oikein myös käytännössä, kuten esimerkiksi turvallisuuden kohdalla oli jo aikaisemmin suunniteltu logiikkaohjelmaa tehdessä. Tällöin esimerkiksi osittain valmiin koneen liittämismuutoksen tekoa voitaisiin pitää järkevänä, jos logiikkaohjelmaa alettaisiin vaikkapa soveltamaan kaupallisessa mielessä. Muutoinkin koko energiakontin koneturvallisuuden tarkastelua voidaan pitää järkevänä ratkaisuna, sillä moni turvallisuusseikka vaikuttaa epämääräiseltä, kuten esimerkiksi kuumat suojaamattomat pinnat kontin sisällä ja ulkopuolella sekä mahdollinen laitteiston aiheuttama melu, vaarallisista kaasusta puhumattakaan. Näin ollen olemassa olevaa laitteistoa pitäisi suunnitella turvallisemmaksi tai käyttäjää tulisi ainakin varoittaa, jos riskejä ei voida poistaa.

Työn tilaajalla oli myös jo opinnäytetyön alkumetreillä vielä suurempia suunnitelmia, jotka katsottiin kuitenkin viisaammaksi jättää tekemättä, koska muutoin opinnäytetyöstä olisi tullut liian laaja. Sinällään nämä suunnitelmat eivät kaikkienensa koske edes suoranaisesti energiakonttia, mutta ovat samaa kokonaisuutta. Yhtenä osana on energiakontin ohjaus etänä siten, että laitteisto toimisi oikein ja turvallisesti myös, kun käyttäjä ei ole paikalla. Toisena olisi energiakonttilaitteiston sähköjärjestelmän kehittäminen

niin, että polttomoottorilla pyöritettäisiin yksivaihegeneraattorin lisäksi tai sijasta 15 kW:n kolmivaiheikosulkumoottoria, jollainen työn tilaajalla jo onkin. Ongelmana tässä olisi kolmivaihejärjestelmän toteuttaminen ja hyödyntäminen järkevästi ja turvallisesti, kun esimerkiksi työn tilaajalla ei ollut kiinnostusta hankkia kolmivaiheinverttereitä ainakaan opinnäytetyön tekohetkellä. Kolmantena ja suurimpana osana jatkosuunnitelmia voidaan pitää aurinko- ja tuulijärjestelmän lisäämistä samaan toimivaan kokonaisuuteen energiakontin kanssa. Tehtävänä olisi tarkastella, tarvitaanko kolmelle eri laitteistolle yhteistä ohjausta, jolloin herää kysymys, voisiko nyt hyödynnettyä PLC:tä käyttää osana kokonaisuutta. Lisäksi olisi pohdittava, mitä turvallisuuden ja käytännön seikkoja pitäisi ottaa huomioon, jotta hyödynnettävyys olisi paras mahdollinen sähkön- ja lämmöntuotannon kannalta.

LÄHTEET

- 6ES7315-1AF03-0AB0. Siemens. Saatavissa <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7315-1AF03-0AB0>. Viitattu 27.2.2020.
- Corbett, L. 2019. Automation, PLC programming, PLC instruction in automotive industry. AG-Automotive. Saatavissa <https://advogids.com/automation-plc-programming-plc-instruction-in-automotive-industry.html>. Viitattu 4.4.2020.
- Dynawatt 5000 User manual. Www-dokumentti. Saatavissa <https://www.yumpu.com/en/document/read/23068652/manual-dynawatt-5000-leab>. Viitattu 23.4.2020.
- Fonselius, J., Pekkola, K., Selosmaa, S., Ström, M. & Välimaa, T. 1999. Automaatiolaitteet. 1.-2. painos. Helsinki: Oy Edita Ab.
- Historiaa. 2020. Ekoautoilijat. Saatavissa <http://www.ekoautoilijat.fi/tekstit/historiaa.htm>. Viitattu 29.3.2020.
- Jakokeskusopas. 2014. Espoo: Sähköinfo Oy.
- Keinänen, T. & Sumujärvi, M. 2019. Automaatiotekniikka. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M. & Sumujärvi, M. 2009. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. 1.-2. painos. Helsinki: WSOYpro Oy.
- Käyttöohje MultiPlus Compact. 2019. Saatavissa <https://www.victronenergy.fi/upload/documents/Manual-MultiPlus-Compact-800-1200-1600-FI.pdf>. Viitattu 23.4.2020.
- Köhler, S. 2007. Puukaasun aika. Tallinna: Alfamer Oy.
- Mikkonen, V. Kaasutuksen teoria. Saatavissa <http://www.ekomobiili.fi/Tekstit/teoriaa.htm>. Viitattu 5.4.2020.
- Nissan GA16DE-moottori. 2017. Saatavissa http://www.autowiki.fi/index.php/Nissan_GA16DE_-_moottori. Viitattu 27.4.2020.
- Nissan Primera P11. 2019. Saatavissa http://www.autowiki.fi/index.php/Nissan_Primer_P11. Viitattu 27.4.2020.
- Operator panels, Basic HMI, Basic Panels. 2018. Siemens. Saatavissa http://www.filkab.com/files/category_files/file_3425_bg.pdf. Viitattu 17.3.2020.
- OVA-ohje: Hiilimonoksidi. 2019. Työterveyslaitos. Saatavissa <http://www.ttl.fi/ova/hiilimono.html>. Viitattu 29.3.2020.
- Parkkari, T. & Juurikkala, J. 1974. Pilkkeitä, sysiä vai alkoholia? Tekniikan Maailma, 2, 30-33. Saatavissa <http://www.ekoautoilijat.fi/tekstit/TM.pdf>. Viitattu 5.4.2020.

Product data sheet 6ES7315-1AF03-0AB0. 2014. Siemens. Saatavissa <https://cdn.plc-trade.com/pub/77138/6es7315-1af03-0ab0.pdf>. Viitattu 27.2.2020.

SFS-KÄSIKIRJA 600-1-1, Pienjännitesähköasennukset. Osa 1-1: Yleisvaatimukset (SFS 6000 osat 1-6). 2017. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SFS-KÄSIKIRJA 93-1. Koneiden turvallisuus. Osa 1: Suunnittelun perusteet. 2010. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

Siermala, H & Tuomikoski, P. 2007. Puukaasusta lämpöä ja sähköä. Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu, Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Simatic, S7-300, S7-300 module data. 2017. Manual. Siemens. Saatavissa https://cache.industry.siemens.com/dl/files/629/8859629/att_55794/v1/s7300_module_data_manual_en-US_en-US.pdf. Viitattu 27.2.2020.

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta. 400/2008. Saatavissa <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080400>. Viitattu 28.4.2020.

PIIRUSTUSLUETTELO

Nro	Kokonaisuus	Sähköpositio	Nimitys 1	Nimitys 2	Lehtiä	Pvm.
100	Energiakontti		Piirustusluettelo		1	21.4.2020
101	Energiakontti		I/O-luettelo		1	20.4.2020
102	Energiakontti		Keskuskaavio		2	23.4.2020
103	Energiakontti		Järjestelmä layout		3	20.4.2020
104	Energiakontti	PK+AK	Päävirtapiiriikaaviot		4	20.4.2020
105	Energiakontti	PK+AK	Ohjausvirtapiiriikaavio		3	20.4.2020
106	Energiakontti		Analogia-antureiden kytkentä		1	20.4.2020
107	Energiakontti		Toimintakaavio		1	20.4.2020
108	Energiakontti		Laiteluettelo		1	20.4.2020

Tekijä: SP

Pvm. 23.4.2020

Sivu numero: 1/1

Piirustus numero: 100

I/O-LUETTELO

Moduuli	Kontaktori	Liitin	Osoite	Tyyppi	Laite/symboli	Selite/toiminto	Huomi
2		B1.0	I1.0	DI	Lämpötila-anturi	100°C lämpötila-anturi varmistaa pönton syttymisen	
2		B1.1	I1.1	DI	Paineanturi	Käynnistää arinan pyörittäksen	
2		B1.2	I1.2	DI	Uimurikytkin	Pesurikorkeusanturihälytys sammuttaa prosessin	
2		B1.3	I1.3	DI	Uimurikytkin	Tuhkakorkeusanturihälytys sammuttaa prosessin	
2		B1.4	I1.4	DI	Uimurikytkin	Pesurikorkeusanturivaroitusta varoittaa pesurin säiliön täyttymisestä	
2		B1.5	I1.5	DI	Uimurikytkin	Tuhkakorkeusanturivaroitusta varoittaa pesurin säiliön täyttymisestä	
2		B1.6	I1.6	DI	Kärkitieto	Johdonsuojakatkaisijan kärkitieto kertoo johdonsuojakatkaisijan tilan	
3	1K1	16KA01	Q4.0	DO	Imuri	Imee kaasua huuhtele-tilassa	
3	2K1	16KA02	Q4.1	DO	Sytytys(vara)	Pönton polttoaineen sytytys (varalla)	
3	3K1	16KA03	Q4.2	DO	Hakesiilon pyöritys	Hakesiilo pyörii	
3	4K1	16KA04	Q4.3	DO	Pääkaasuventtiili	Ohjaa kaasun kulkua järjestelmässä	
3	5K1	16KA05	Q4.4	DO	Pesurin pumput	Puhdistaa ja jäähdyttää kaasun	
3	6K1	16KA06	Q4.5	DO	Ilmansekoitusventtiili	Ohjaa kaasun kulkua järjestelmässä	
3	7K1	16KA07	Q4.6	DO	Ohjausventtiili/ilmaläppä	Ohjaa kaasun kulkua järjestelmässä	
3	8K1	16KA08	Q4.7	DO	Sytytysvirta	Antaa sytytysvirran moottorille	
3	9K1	17KA11	Q5.0	DO	Starttaus	Starttimoottorin käynnistys	
3	10K1	17KA12	Q5.1	DO	Dynawatin tahdistus	Kytkee Dynawatin syöttämään verkkoa	
3	11K1	17KA13	Q5.2	DO	Kaasunlisäys	Säätää moottorin pyörimisnopeutta	
3	12K1	17KA14	Q5.3	DO	Häiriötieto	Käynnistää loppuhuuhtelun	
3	13K1	17KA15	Q5.4	DO	Arianan pyöritys	Parantaa myötavirtakaasuttimen toimintaa	
3	14K1	17KA16	Q5.5	DO	Hallin syöttö (Dynawatt)	Logiikka ohjaa hallin syöttö-katkaisijan asentoa prosessin mukaisesti	
3	15K1	17KA17	Q5.6	DO	Hallin syöttö (Victron)	Logiikka ohjaa hallin syöttö-katkaisijan asentoa prosessin mukaisesti	
4		PIW 288		AI	Akkulaturi	Laturin jännitteen nousun avulla nähdään moottorin käynnistämisen	
5		PIW 304		AI	Lämpöanturi pesuri	Sammuttaa prosessin pesurin ylikuumentuessa	
5		PIW 306		AI	Lämpöanturi moottori	Sammuttaa prosessin moottorin ylikuumentuessa	

Tekijä: SP

Pvm. 21.4.2020

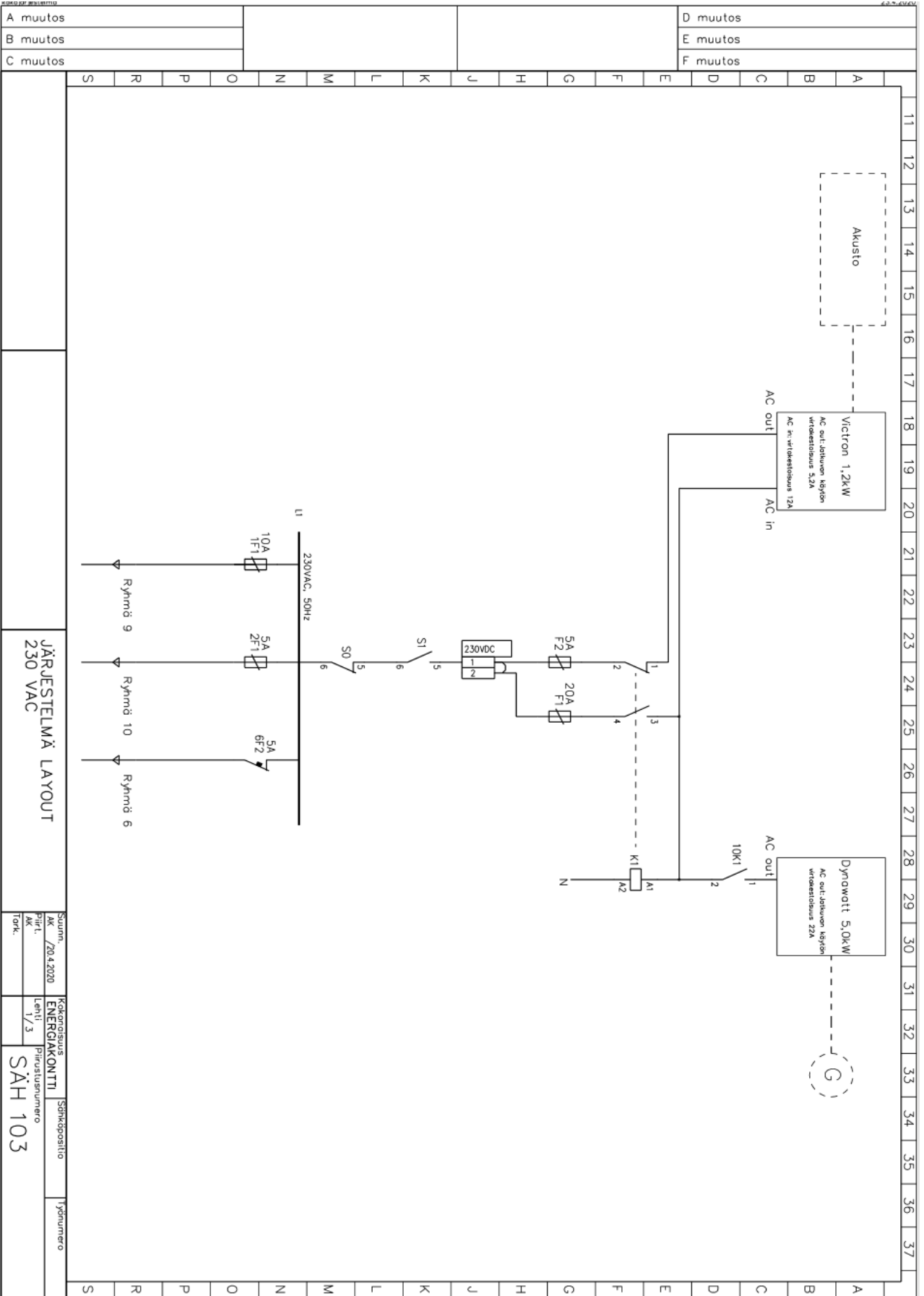
Sivunumero: 1/1

Piiirustusnumero: 101

Keskuskaavio											23.4.2020							
KESKUS											RYHMÄ	OSOITE	A/A	JOHDOTUS				
D muutos	E muutos	F muutos																A
																B		
																	C	
																	D	
A muutos	B muutos	C muutos													Liittymä Dynawatilta	20	MMJ 3x6S	E
																F		
																	G	
																	H	
																	J	
																	K	
																	L	
																	M	
														N				
														O				
														P				
														R				
														S				
														T				
														U				
														V				
														X				
														Y				
														Z				
														1				
														2				
KESKUSKAAVIO											Suunn. SP /23.4.2020	Kokonaisuus ENERGIAKONTTI	Sähköpositio	Työnumero				
											Piirt. SP	Lehti 1/2	Piirustusnumero					
											Tark.		SÄH 102					

Keskuskaavio											23.4.2020							
KESKUS											RYHMÄ	OSOITE	A/A	JOHDOTUS				
																A		
																B		
											9	Halli Dynawatt	10	MMJ 3x1,5S		C		
																D		
											10	Halli Victron	5	MMJ 3x1,5S		E		
																F		
																G		
																H		
																J		
																K		
																L		
																M		
																N		
																O		
																P		
																R		
																S		
																T		
																U		
																V		
																X		
																Y		
																Z		
																1		
																2		

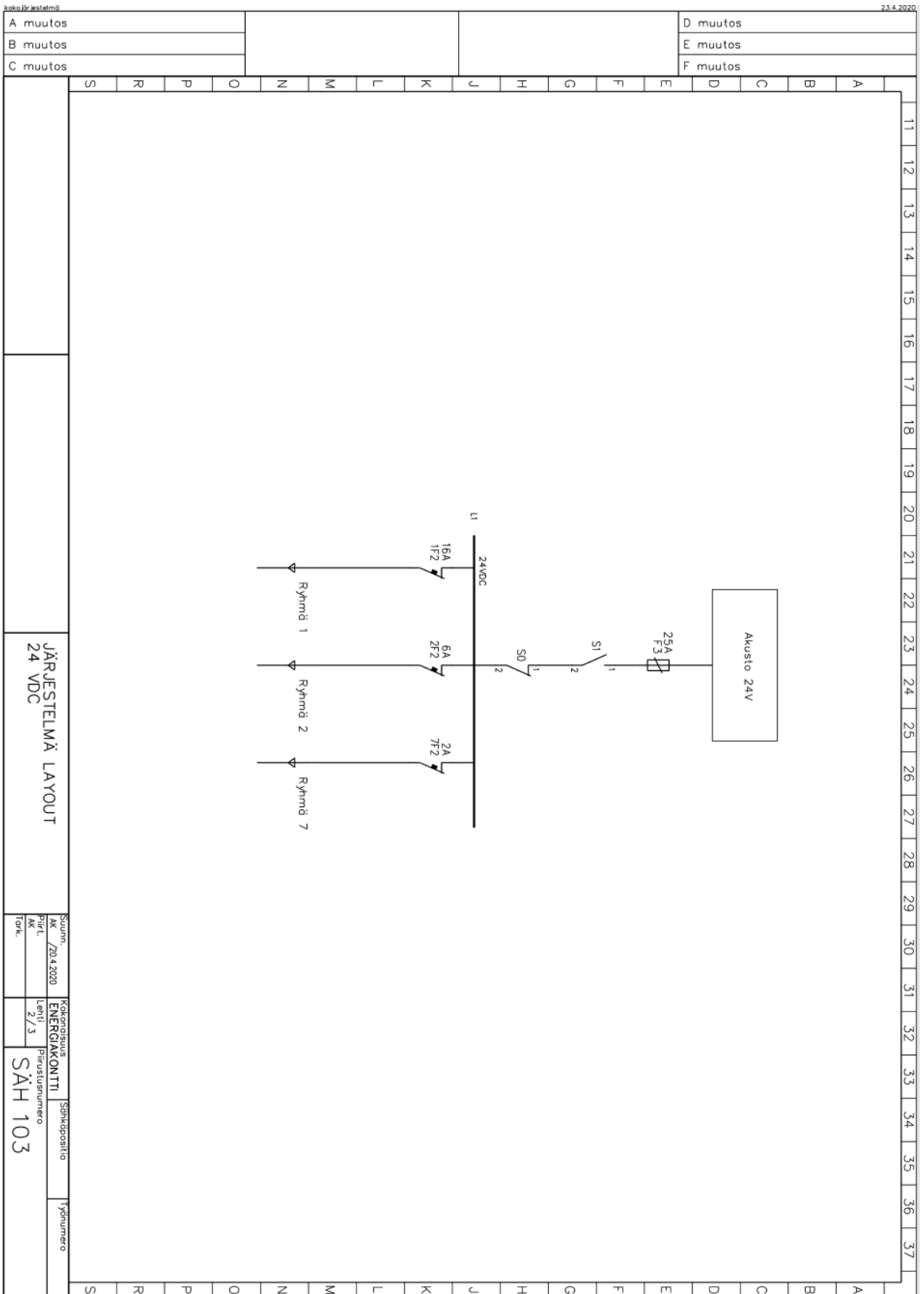
A muutos	B muutos	C muutos	D muutos	E muutos	F muutos	3,N,PE	KESKUSKAAVIO											Suunn. SP /23.4.2020	Kokonaisuus ENERGIAKONTTI	Sähköpositio	Työnumero
							Piirt. SP	Lehti 2/2	Piirustusnumero	SÄH 102											
							Tork.														

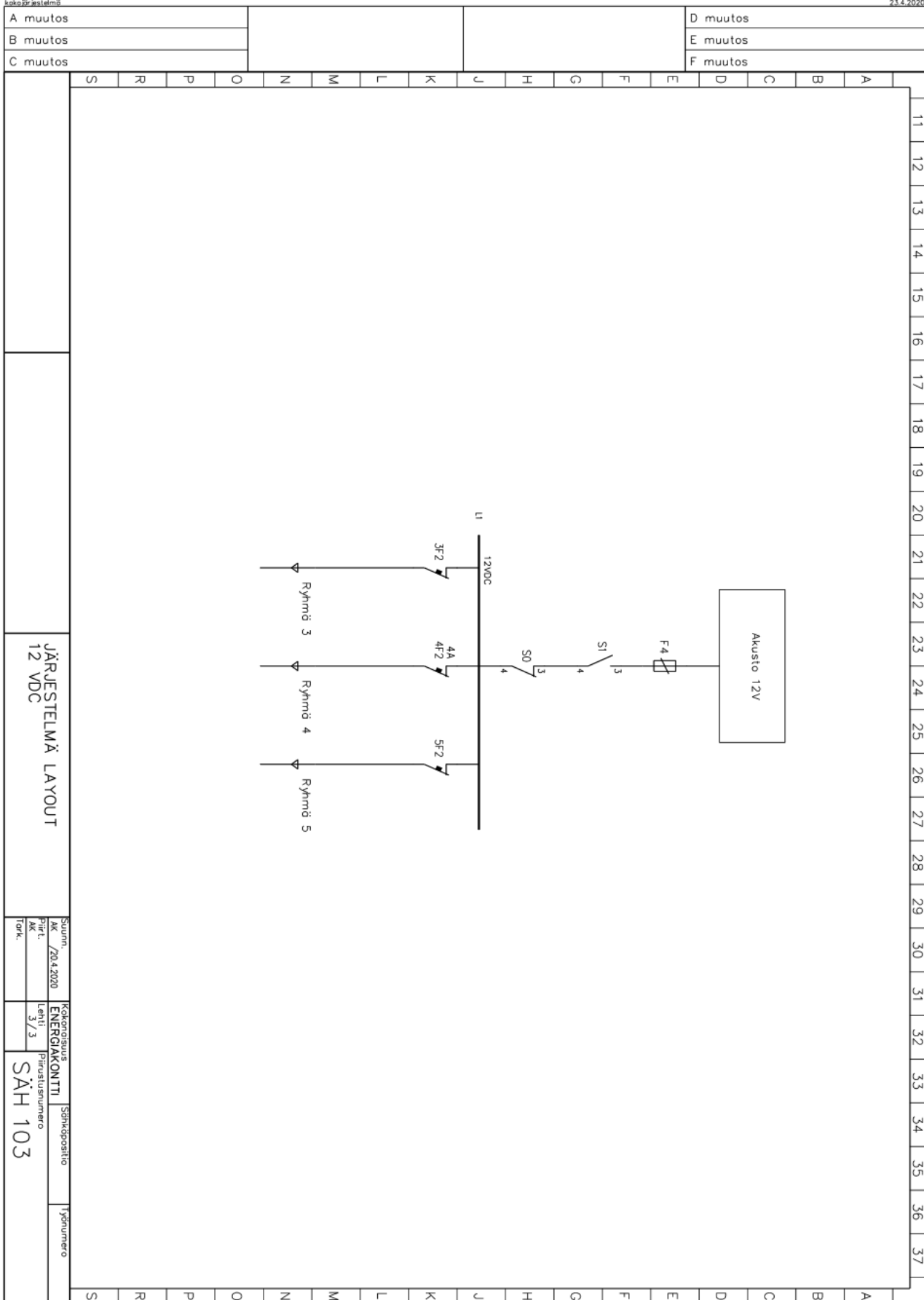


A muutos		D muutos	
B muutos		E muutos	
C muutos		F muutos	

Suunn.	AK / 20.4.2020	Kokonaisuus	ENERGIAKONTTI	Sähköpostio	
PiirL	AK	Lähti	1 / 3	Piirustenumero	
Tark.					

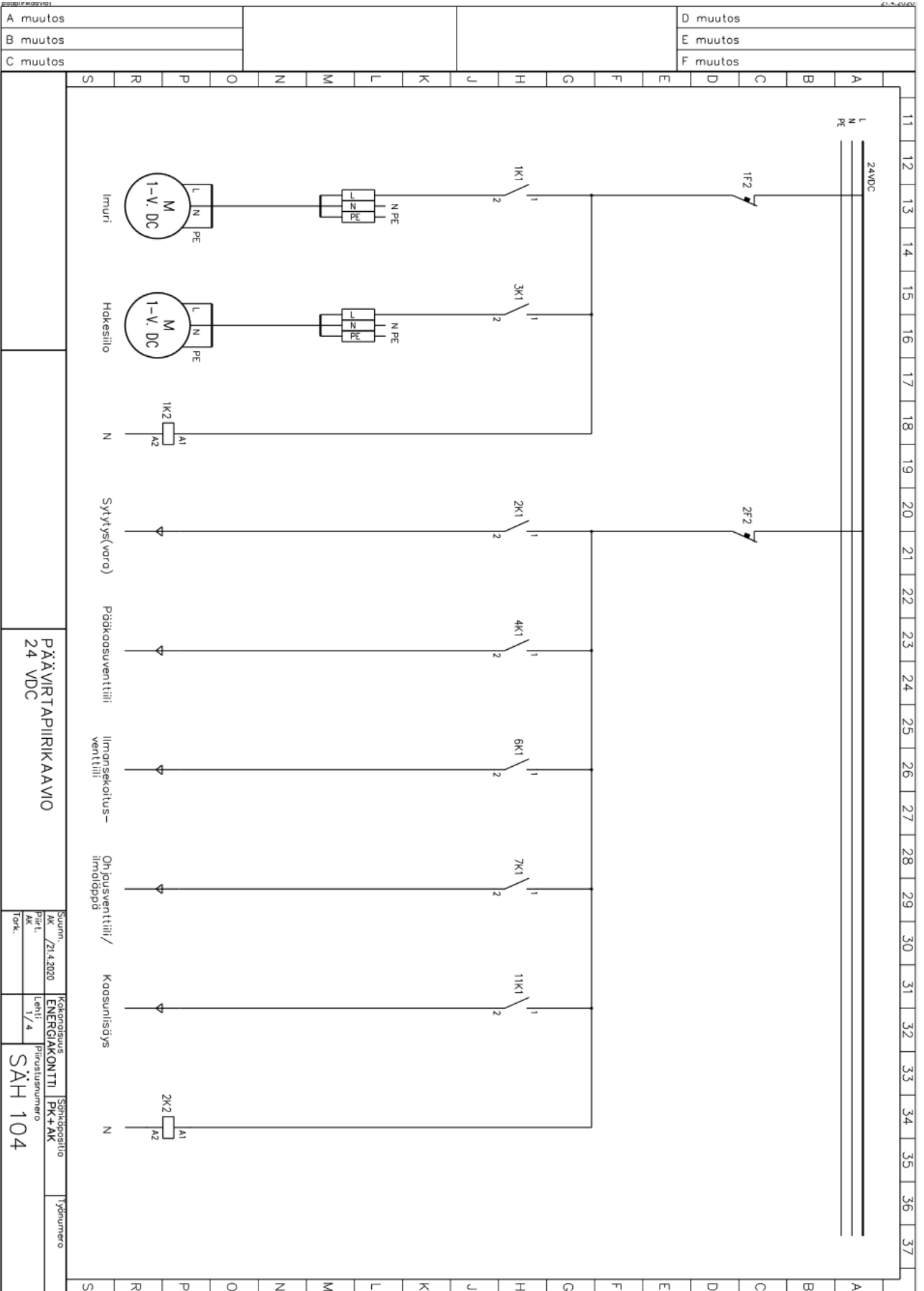
JÄRJESTELMÄ LAYOUT
230 VAC
SÄH 103

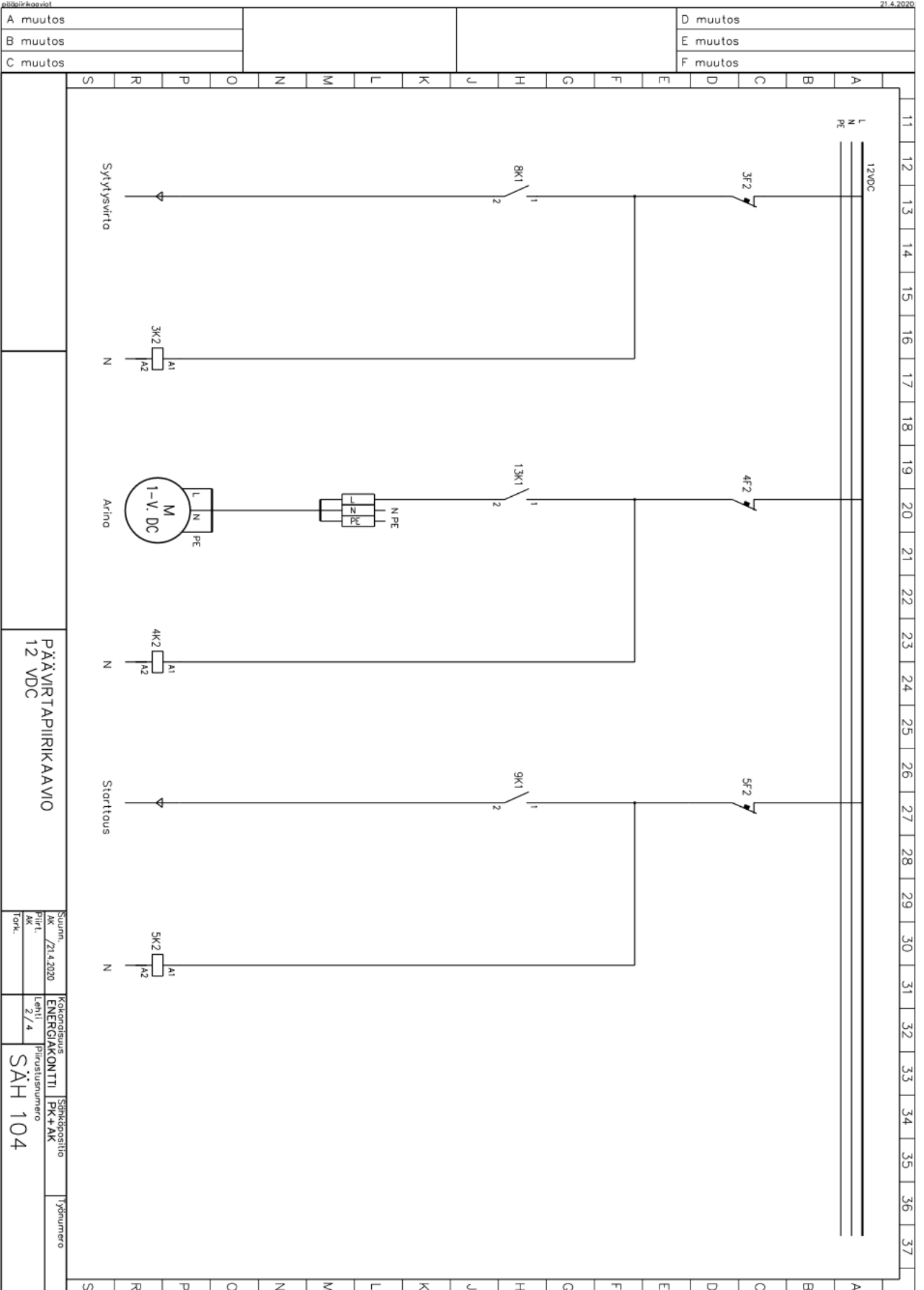




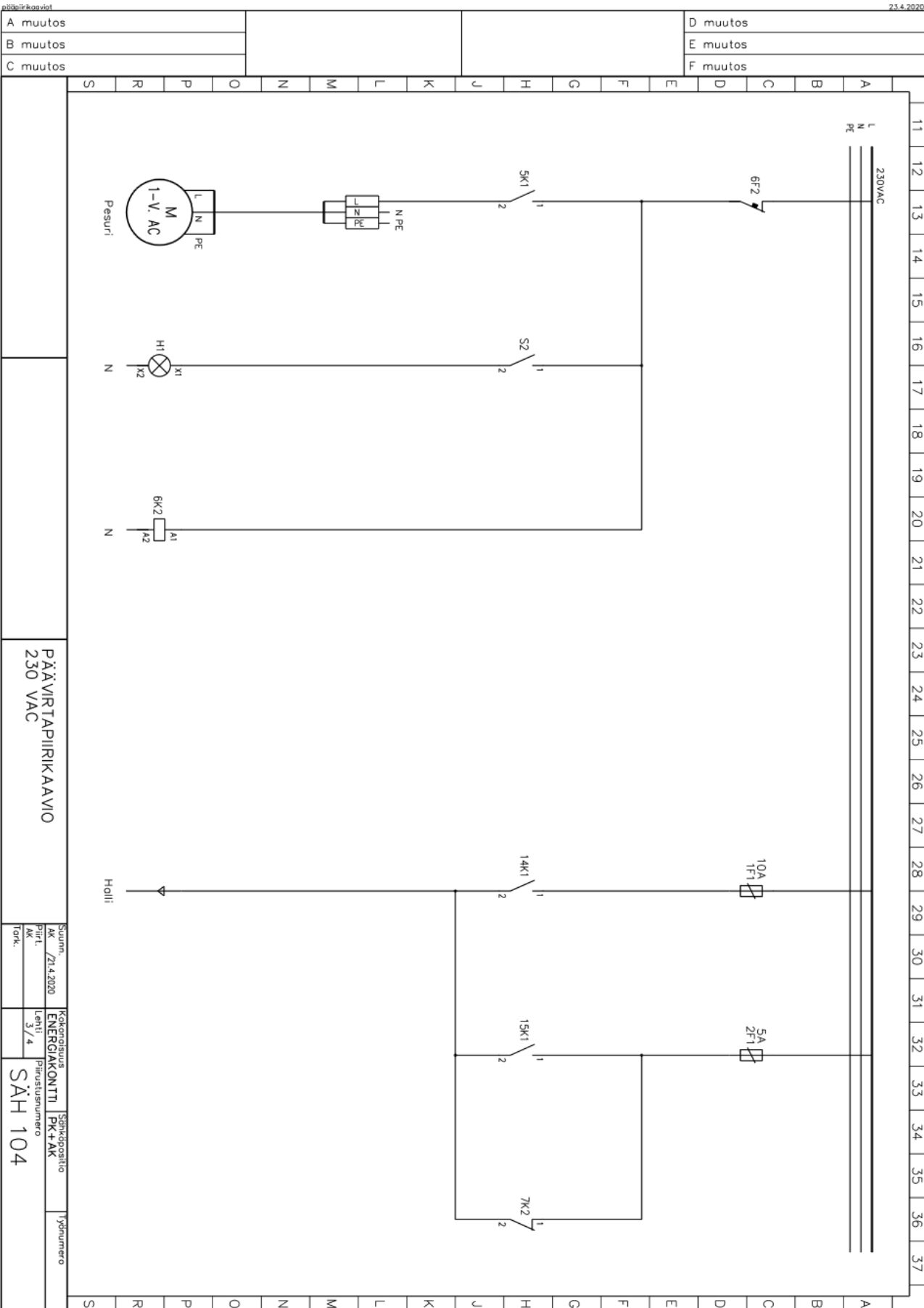
JÄRJESTELMÄ LAYOUT
12 VDC

Siunni. / 20.4.2020 Pjrt. / AK Tark.	Kokonaisuus ENERGIAKONTTI Lehti 3 / 3 Pivutusnumero SÄH 103
Sähköposti	Yhteyshenkilö





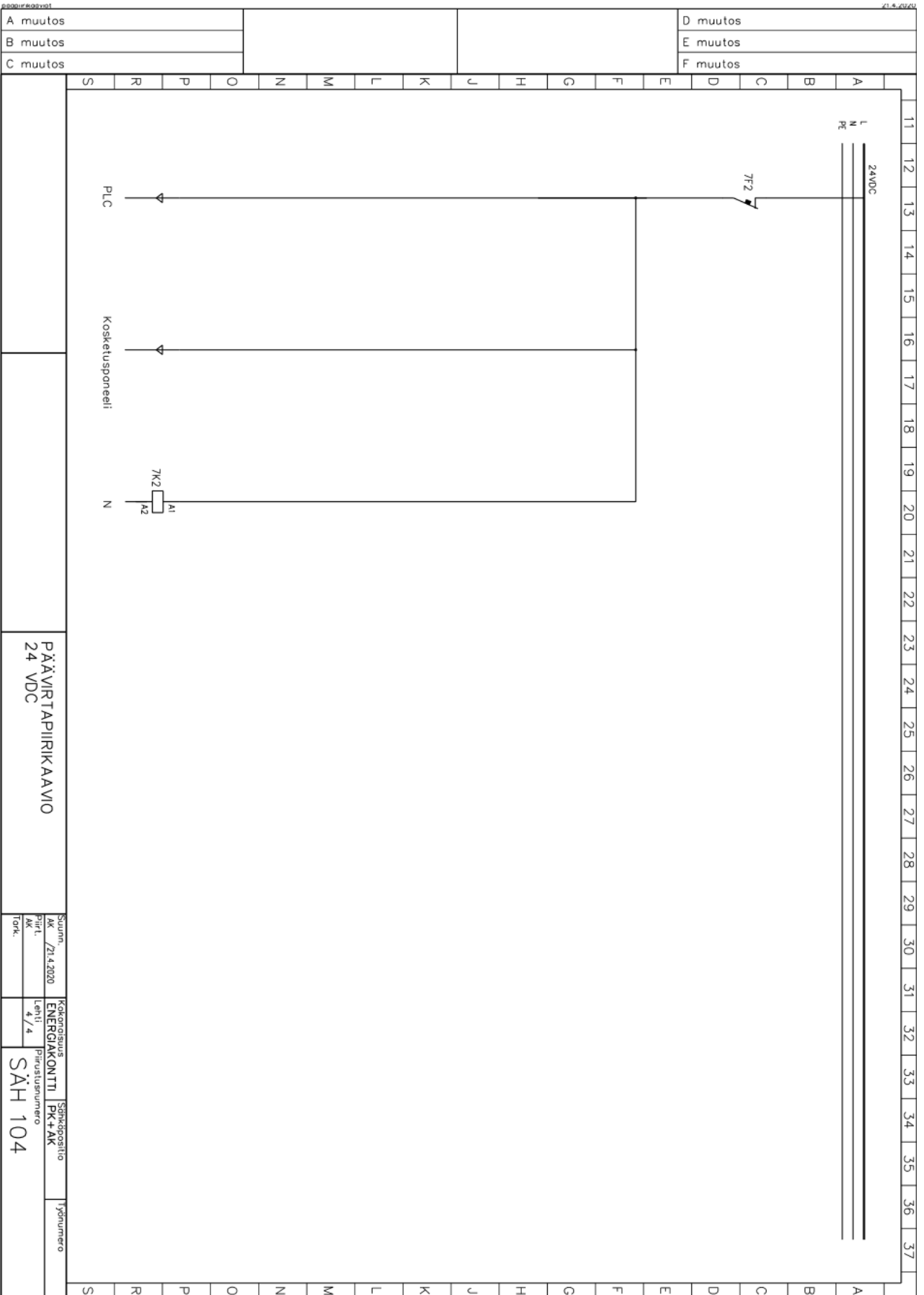
23.4.2020



A muutos	D muutos
B muutos	E muutos
C muutos	F muutos

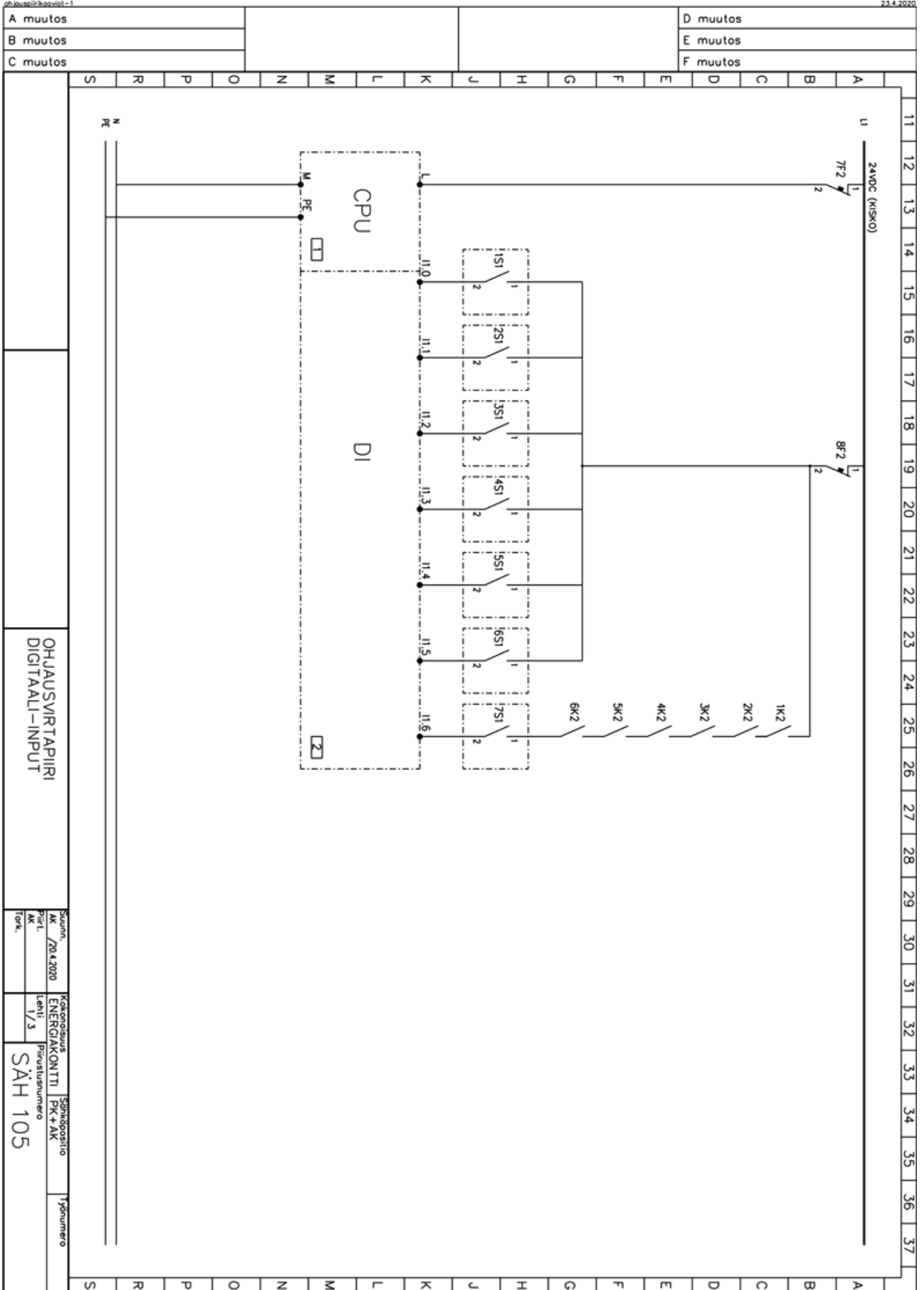
PÄÄVIRTAPIIRIKAAVIO
230 VAC

Suunn. AK	Käsitellyt ENERGIAKONTTI	Sähköasio PK + AK	Yhtymänumero
Piiritt. AK	Lehti 3 / 4	Piirustussuunn. SÄH 104	
Tark.			



PÄÄVIRTAPIIRIKAAVIO
24 VDC

Suunn. JK / 21.4.2020 Pöytä. AK Tark.	Käsikirjoitus ENERGIAKONTTI Letti: 4 / 4 Päiväysnumero SAH 104 Sähköpiirio PK+AK Työnumero
---	---

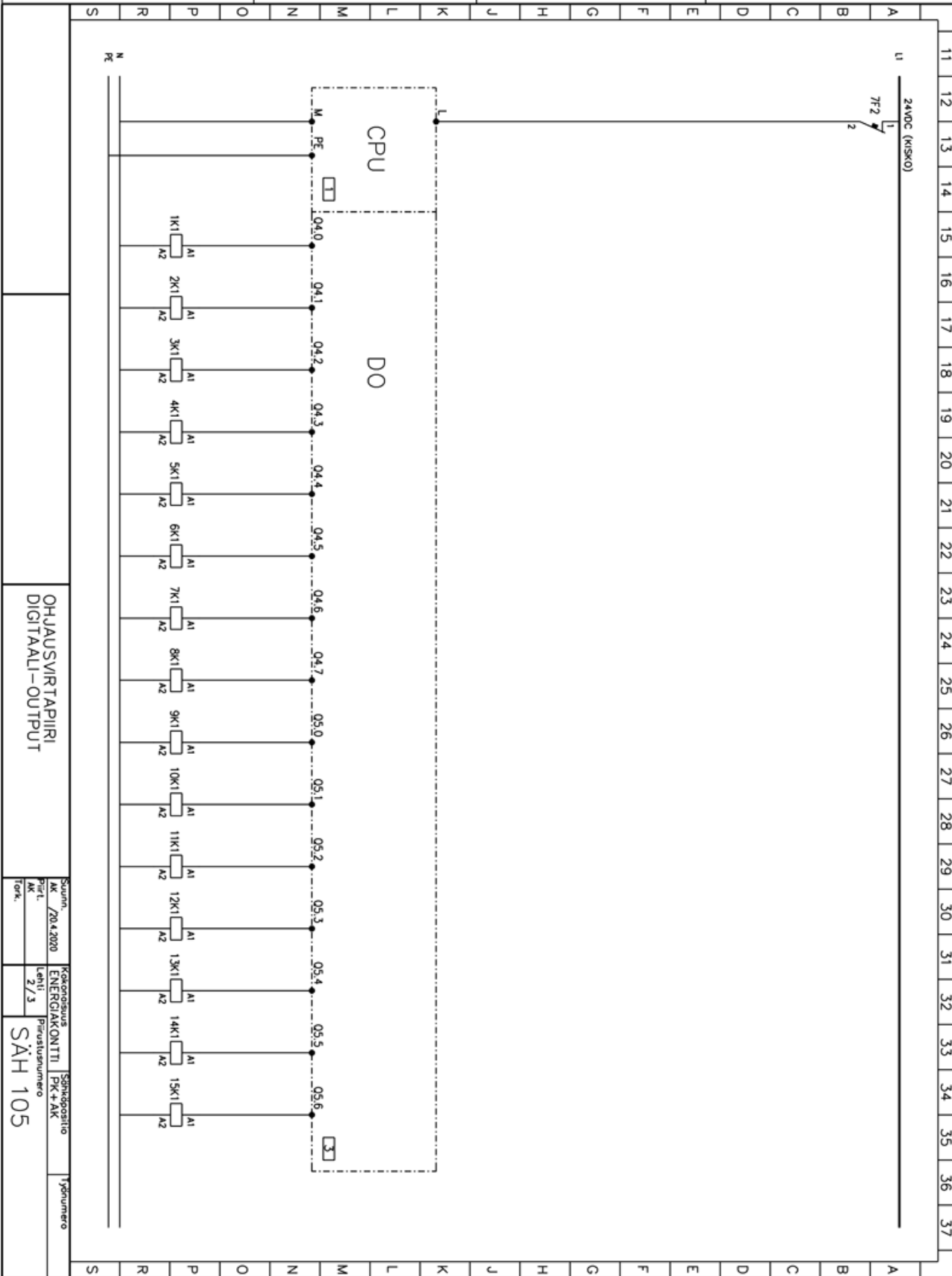


OHJAUSVIRTAPIIRI
DIGITAALI-INPUI

Suunn. AK / 20.4.2020	Kokoonasutus ENERGIÄKONTTI	Sijaintipaikka PK + AK
PiirL. AK	Lehti 1/3	Yhtymänumero
Tösk.	SÄH 105	

23.4.2020

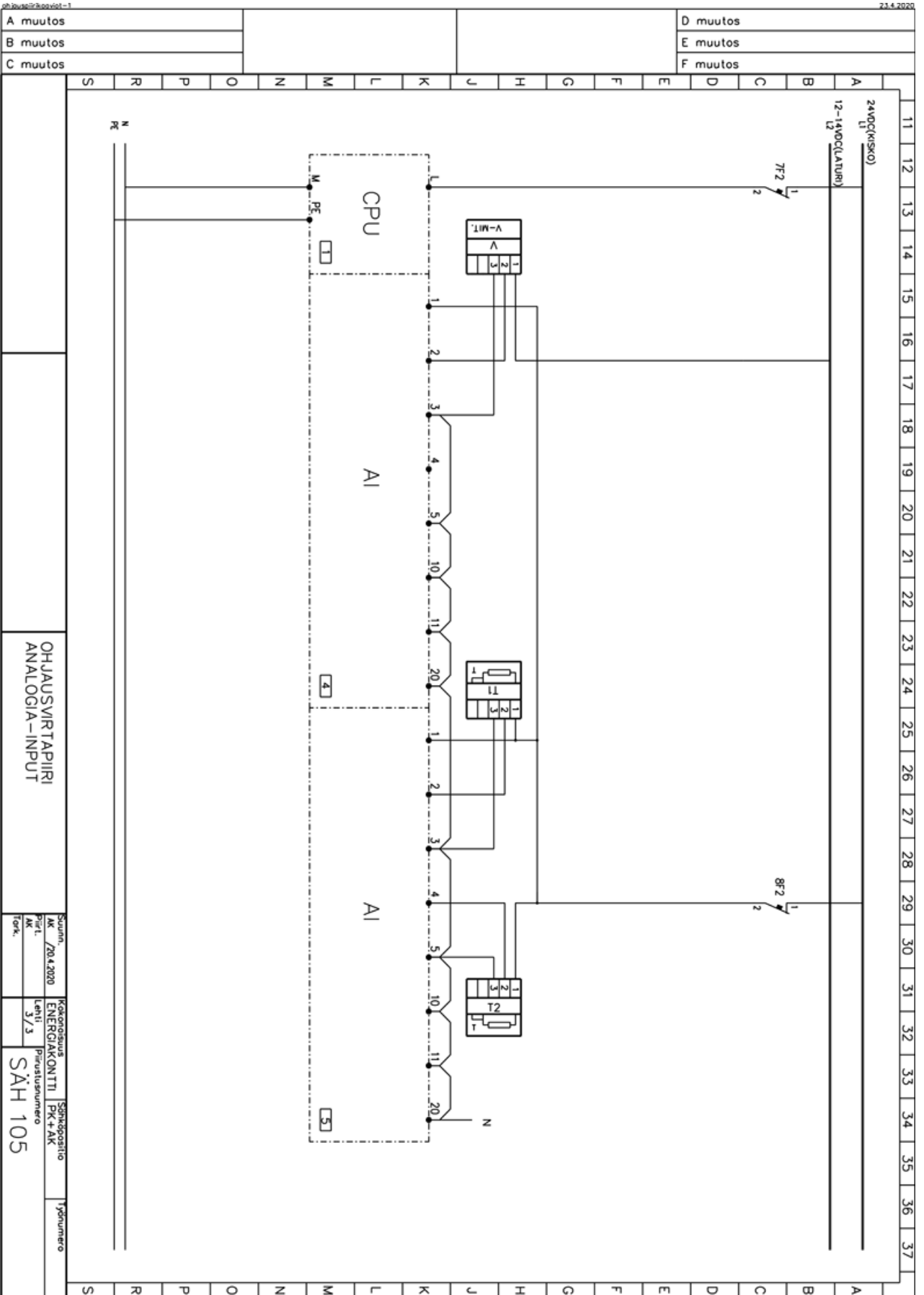
A muutos		D muutos
B muutos		E muutos
C muutos		F muutos



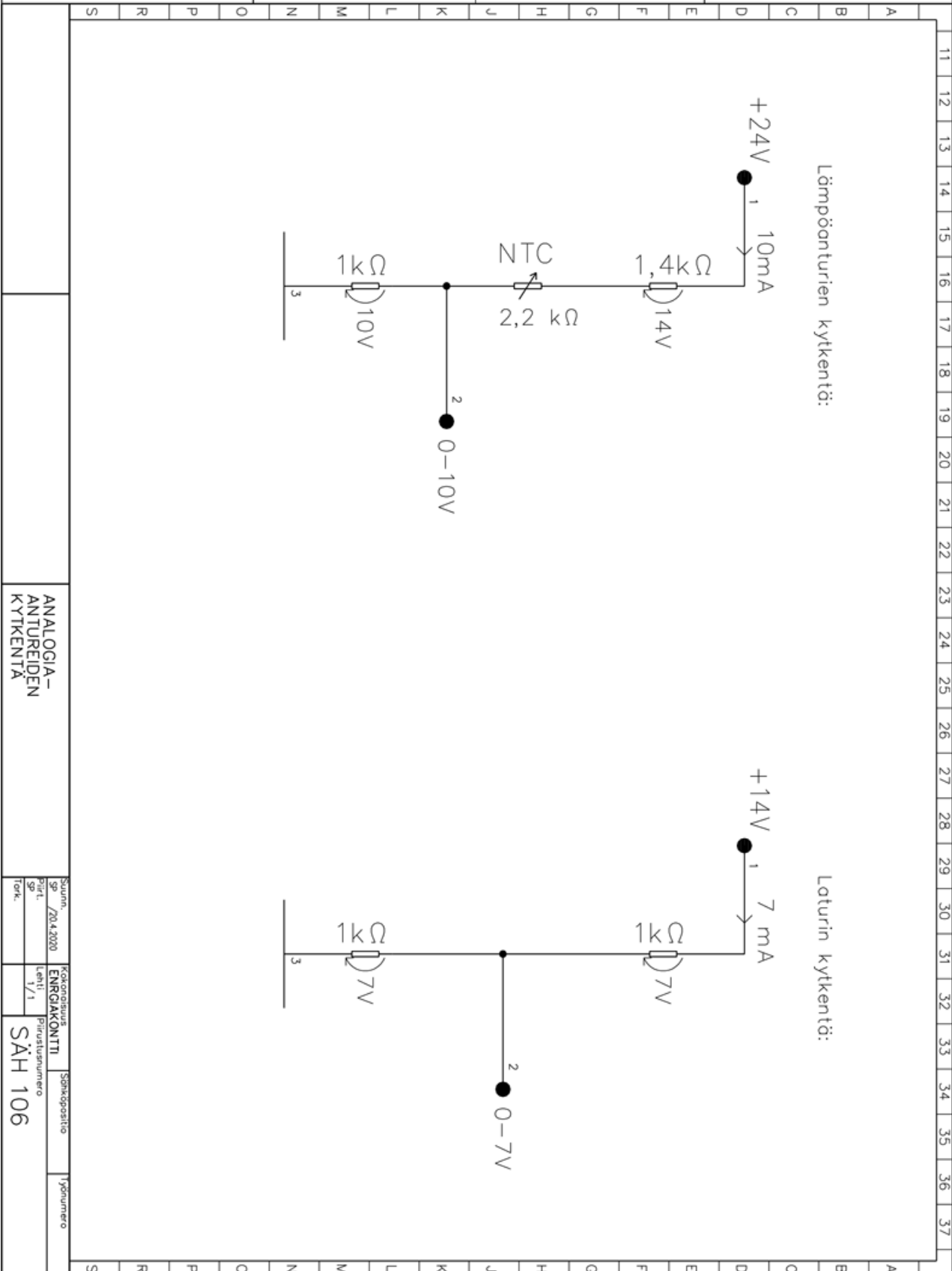
OHJAUSVIRTAPIIRI
DIGITAALI-OUTPUT

Summu: AK /20.4.2020
Kokoprosaus ENERGIÄKONTTIL PK+AK
Pörl. AK 2 / 3
Pisustusnumero SÄH 105

Yksinumero



A muutos		D muutos	
B muutos		E muutos	
C muutos		F muutos	



ANALOGIA-
ANTUREIDEN
KYTKENTÄ

Suunn.
sp. /20.4.2020

Kokoonisuus
ENRGAKONTTI

Sähkösäestio

Typnumero

SÄH 106

LAITELUETTELO

AK

Moduulinumero/tunnus	Laitte	lkm	Tyyppi	Valmistaja
1	PLC	1	6ES7315-1AF03-0AB0	Siemens
2	Digitaalitulomoduli	1	6ES7321-1BL00-0AA0	Siemens
3	Digitaalilähtömoduli	1	6ES7322-1BL00-0AA0	Siemens
4	Analogiatulomoduli	1	6ES7331-7KB01-0AB0	Siemens
5	Analogiatulomoduli	1	6ES7331-7KB02-0AB0	Siemens

Tekijä: AK

Pvm. 21.4.2020

Sivunumero: 1/1

Piirustusnumero: 108

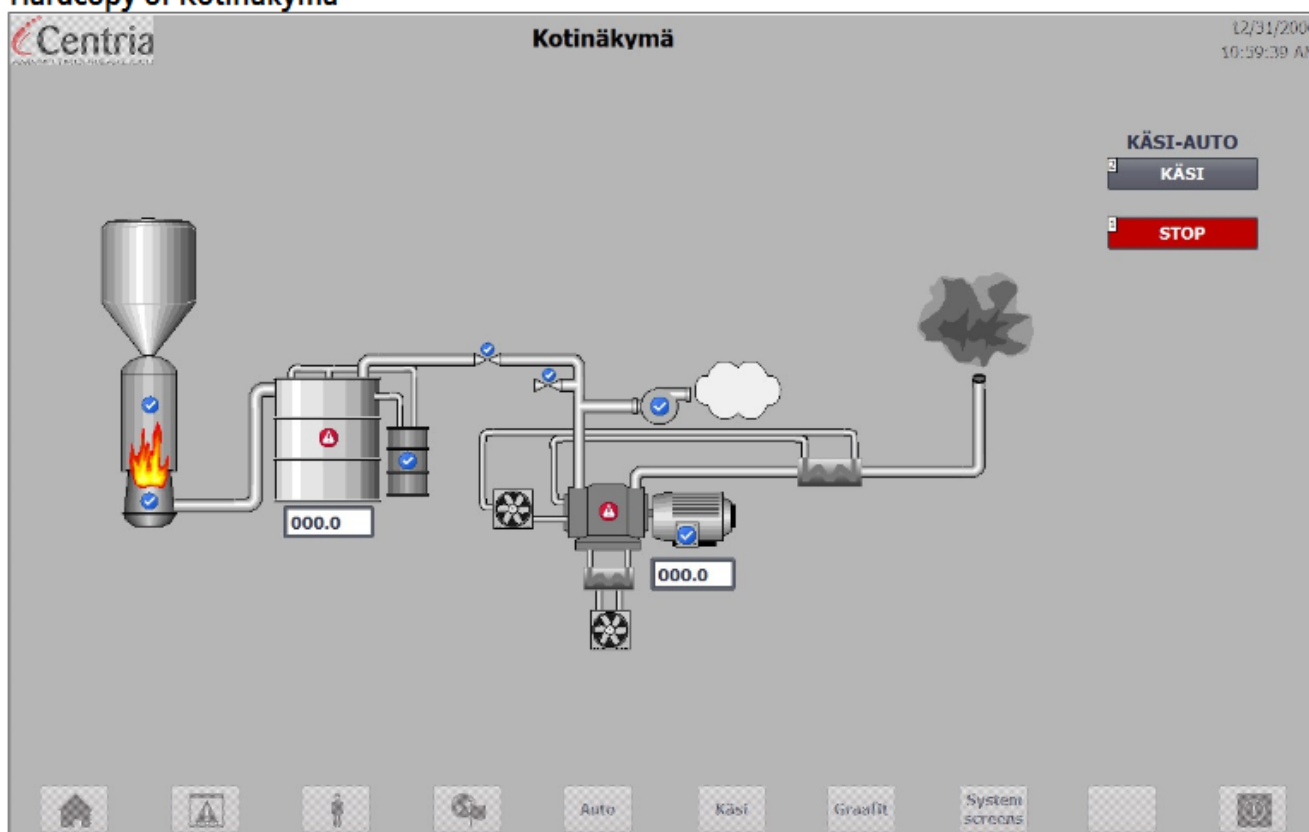
PIKAOHJE KAASUTUSPROSESSIN OHJAUKSEEN

1. Kotinäkymä

Käyttöohjelman Kotinäkymästä valitaan laitteistolla ajettava KÄSI-AUTO-tila, joko KÄSI eli käsi-käyttö tai AUTO eli automaattikäyttö. Tilan vaihto sammuttaa välittömästi laitteiston, jos edellisessä tilassa prosessia on ajettu. Myös STOP sammuttaa prosessin välittömästi riippumatta KÄSI-AUTO-tilasta. Navigointi prosessin käynnistämiseen tapahtuu alapalkin Käsi- tai Auto-napin kautta, riippuen aina KÄSI-AUTO-tilasta. Jos KÄSI-AUTO-tilassa on KÄSI päällä, niin valitaan alapalkista Käsi. Jos KÄSI-AUTO-tilassa on AUTO päällä, niin valitaan alapalkista Auto.

Kotinäkymä

Hardcopy of Kotinäkymä



2. Käsikäyttö

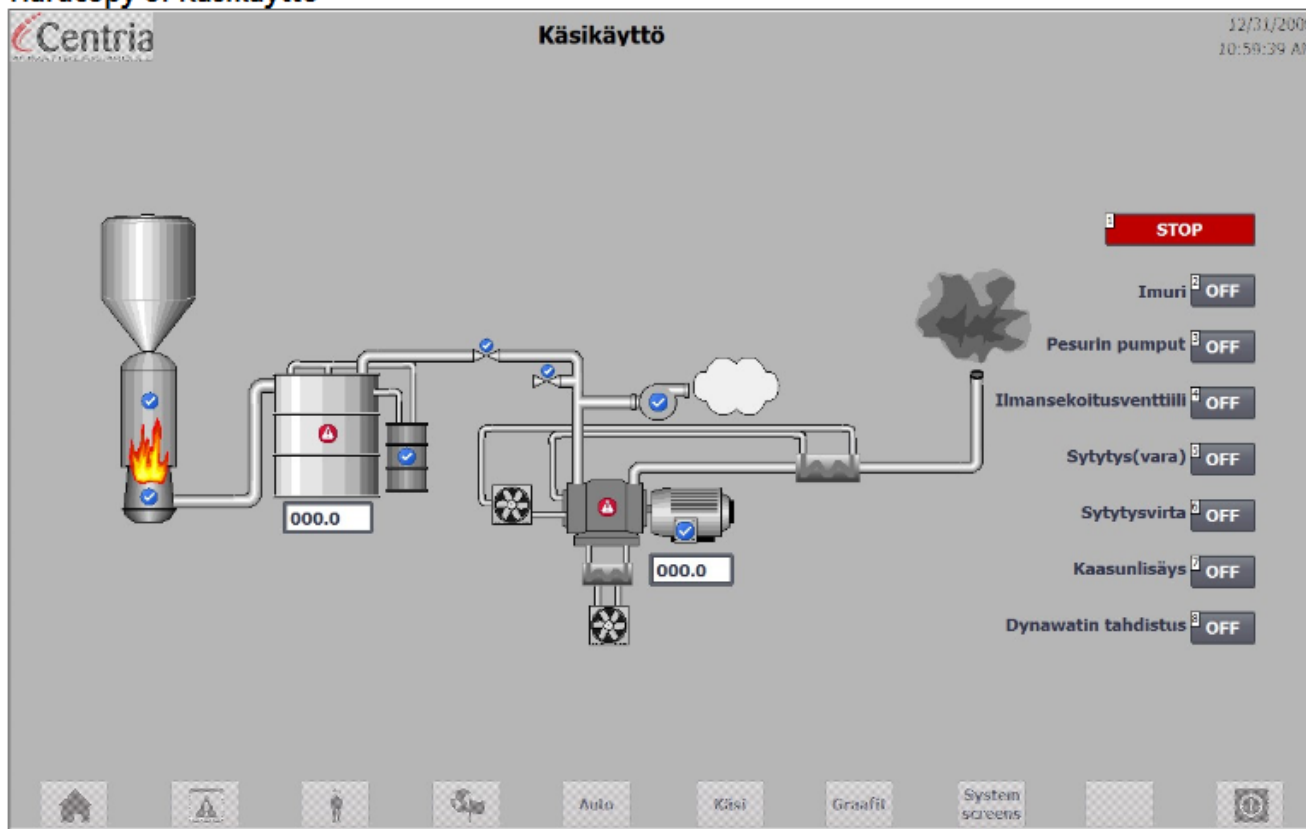
Käsikäytössä kaasutusprosessi aloitetaan alkuhuuhtelulla laittamalla Imuri, Pesurin pumpput ja Ilmansekoitusventtiili päälle. Jos käyttöohjelmaan ei ilmesty liekkiä kaasuttimen kohdalle noin 2 min aikana alkuhuuhtelun käynnistämisestä, täytyy poltettava orgaaninen materiaali sytyttää Sytytys(vara)-napilla, jota pidetään päällä noin 30 s ajan. Poltettava orgaaninen materiaali voi syttyä myös ilman sytyttämistä 2 min aikana, jos edellisestä prosessin ajosta on kulunut vain vähän aikaa, ja kaasuttimessa on hehkuva hiillos sen jäljiltä. Kun syttymien on varmistunut eli käyttöohjelmassa kaasuttimen kohdalle on ilmestynyt liekki, niin alkuhuuhtelua ajetaan vielä noin 7 min ennen kuin siirrytään seuraavaan vaiheeseen prosessissa.

Käy-vaihe aloitetaan sammuttamalla ensin Ilmansekoitusventtiili, jonka jälkeen noin 10 s päästä sammutetaan Imuri, ja käynnistetään polttomoottori Sytytysvirta-napilla. Jos polttomoottori ei käynnisty vielä, niin voidaan Sytytysvirta laittaa pois päältä ja laittaa takaisin päälle ns. uutena käynnistysyrityksenä. Käynnistysyritys kannattaa toteuttaa mahdollisesti vain muutaman kerran, koska häkäkaasun muodostus ja kulkeutuminen polttomoottorille tässä tilanteessa heikkenee. Tällaisessa tilanteessa täytyisi palata vielä muutamaksi minuutiksi alkuhuuhteluun ennen kuin siirrytään takaisin käy-vaiheeseen. Jos polttomoottori saadaan kuitenkin käyntiin, voidaan Dynawatt-invertteri yhdistää verkkoon Dynawatin tahdistus-napilla. Polttomoottorin kierroksia voidaan lisätä tämän jälkeen Kaasunlisäys-napilla. Tässä vaiheessa prosessia pysytään niin kauan, kunnes prosessi halutaan ajaa alas.

Loppuhuuhdeltu-vaihe aloitetaan sammuttamalla Kaasunlisäys, Dynawatin tahdistus ja Sytytysvirta. Tämän jälkeen tulee laittaa päälle Ilmansekoitusventtiili ja Imuri. Tämän jälkeen loppuhuuhdeltua jatketaan noin viisi minuuttia, ennen kuin prosessi voidaan pysäyttää sammuttamalla vielä päällä olevat laitteet tai painamalla STOP-nappia. STOP-nappi toimii missä tahansa kohtaa prosessia, jotta laitteisto voidaan sammuttaa välittömästi ongelmatilanteissa.

Käsikäyttö

Hardcopy of Käsikäyttö

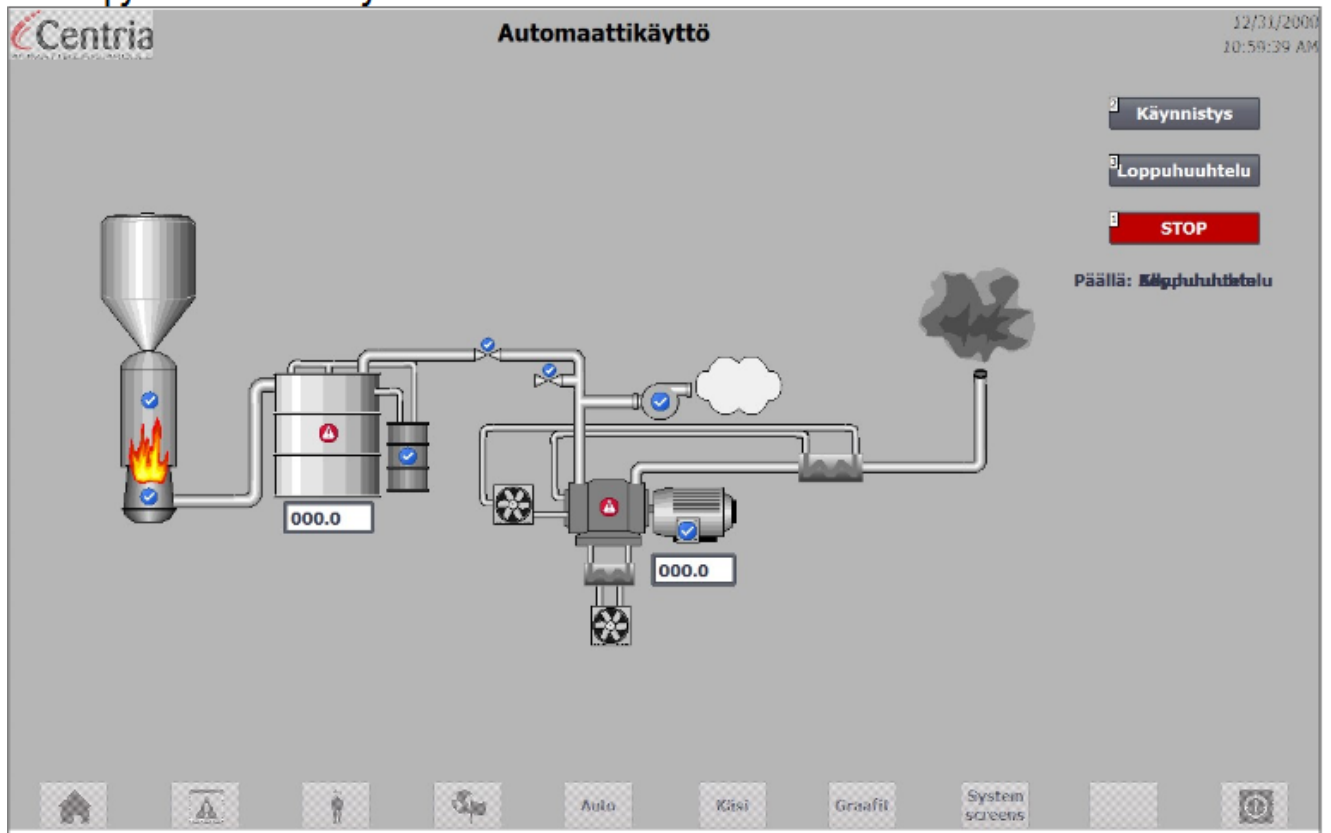


3. Automaattikäyttö

Automaattikäyttö käynnistetään Käynnistys-napilla, joka automaattisesti ajaa prosessin vaiheet läpi alkuhuuhtelusta käy-vaiheeseen, jos kolme polttomoottorin käynnistysyritystä eivät epäonnistu. Jos käynnistysyritykset epäonnistuvat, niin prosessi ajetaan automaattisesti alas loppuhuuhteluun ja pysäytykseen. Kun käy-vaihe on saavutettu, niin prosessia ajetaan siinä vaiheessa, niin kauan kuin halutaan. Prosessi ajetaan alas Loppuhuuhtelu-napilla, josta seuraa loppuhuuhtelu-vaihe ja pysäytys. Lisäksi STOP-nappi toimii missä tahansa kohtaa prosessia, jotta laitteisto voidaan sammuttaa välittömästi ongelmalanteissa.

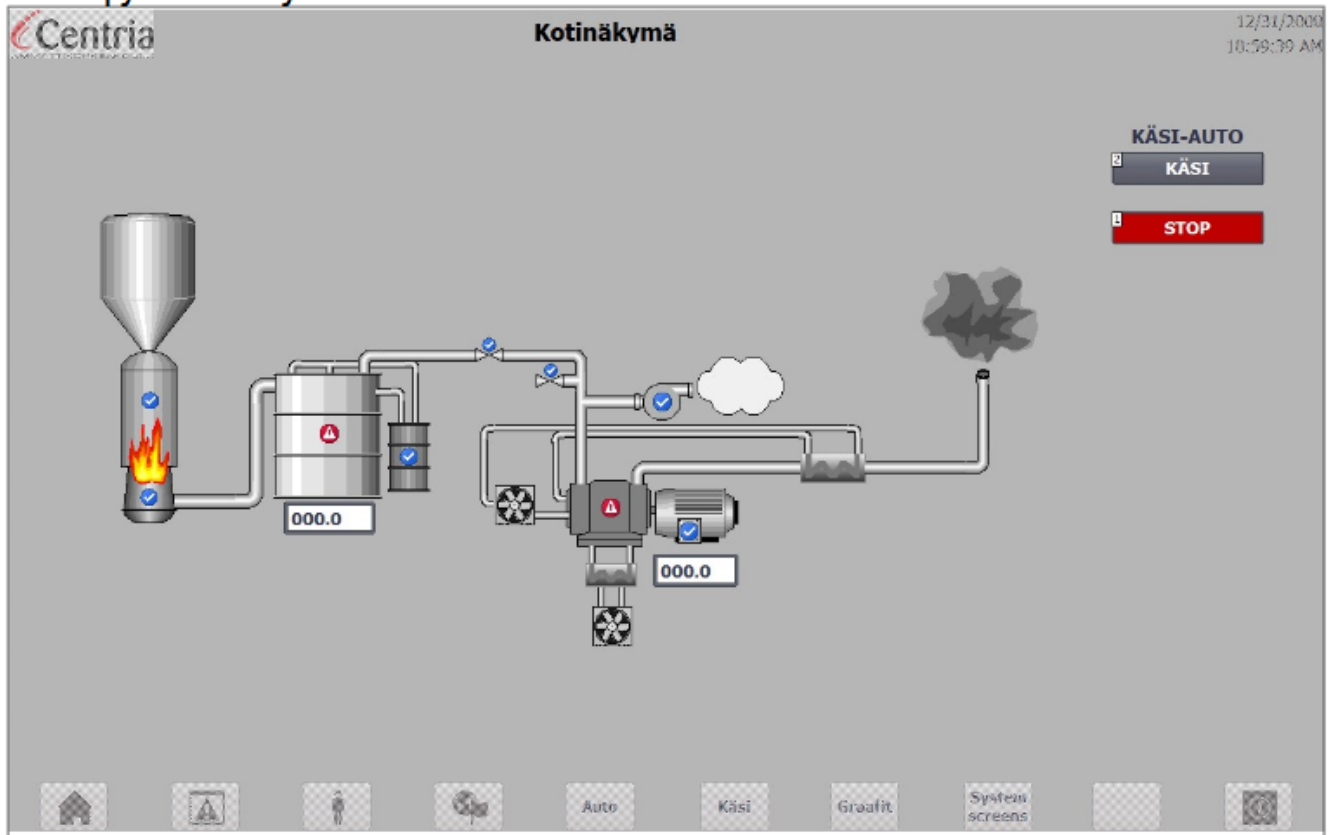
Automaattikäyttö

Hardcopy of Automaattikäyttö



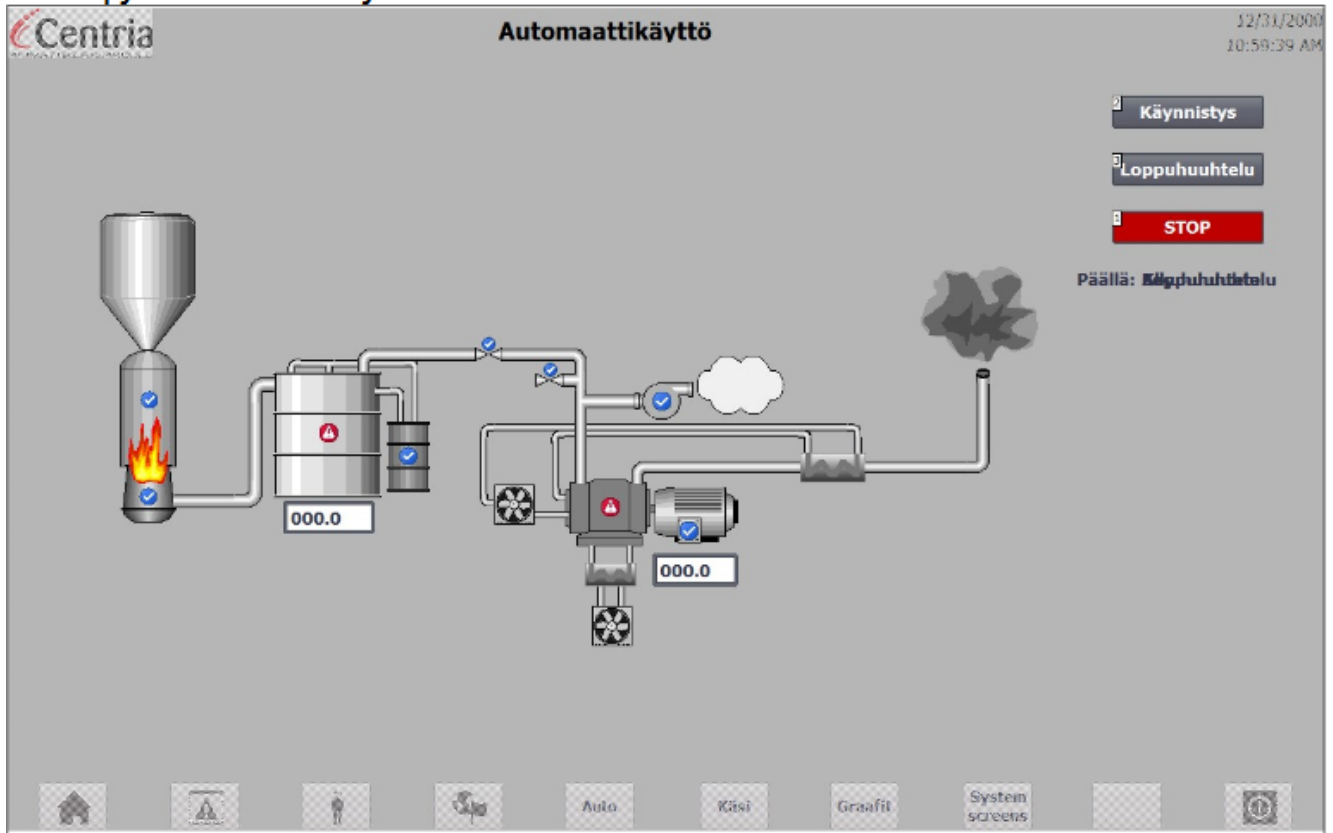
Kotinäkymä

Hardcopy of Kotinäky



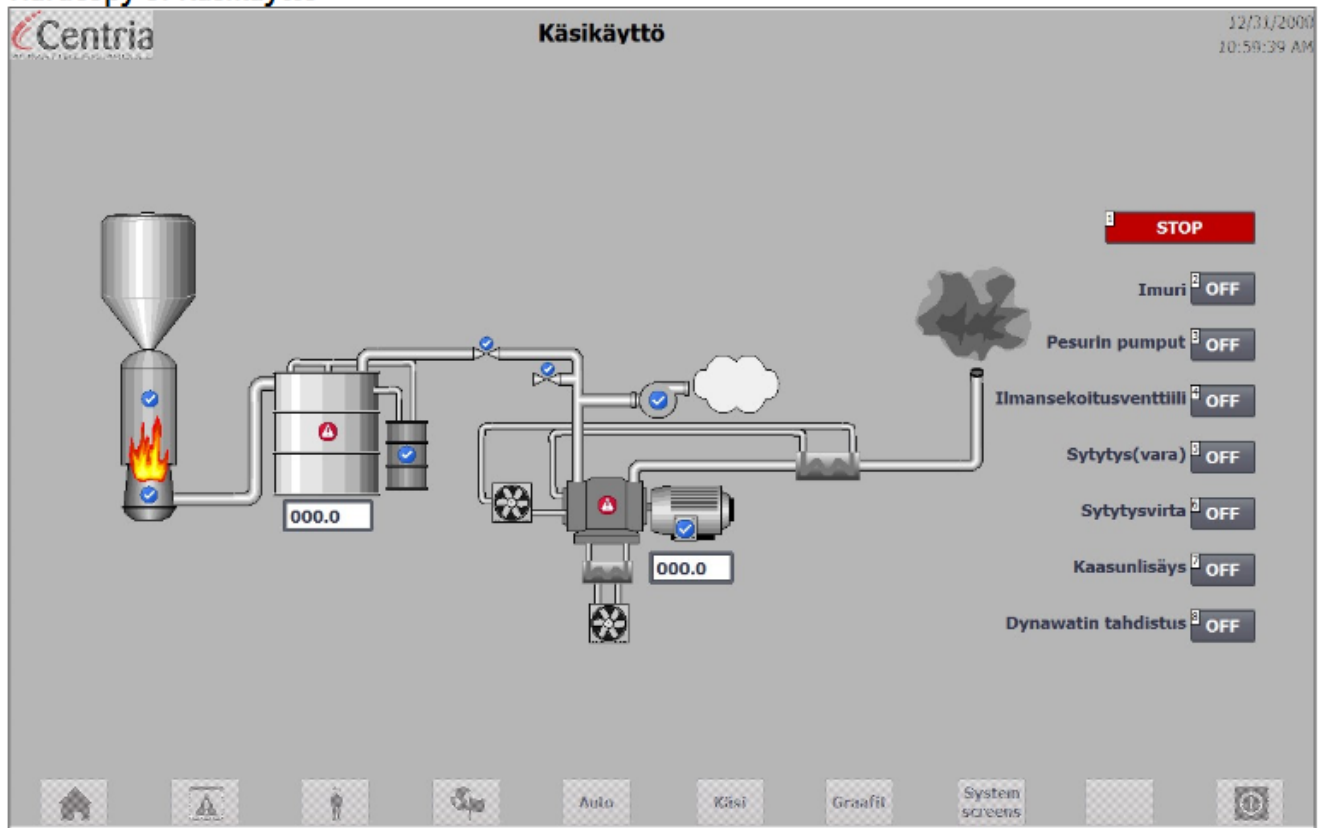
Automaattikäyttö

Hardcopy of Automaattikäyttö



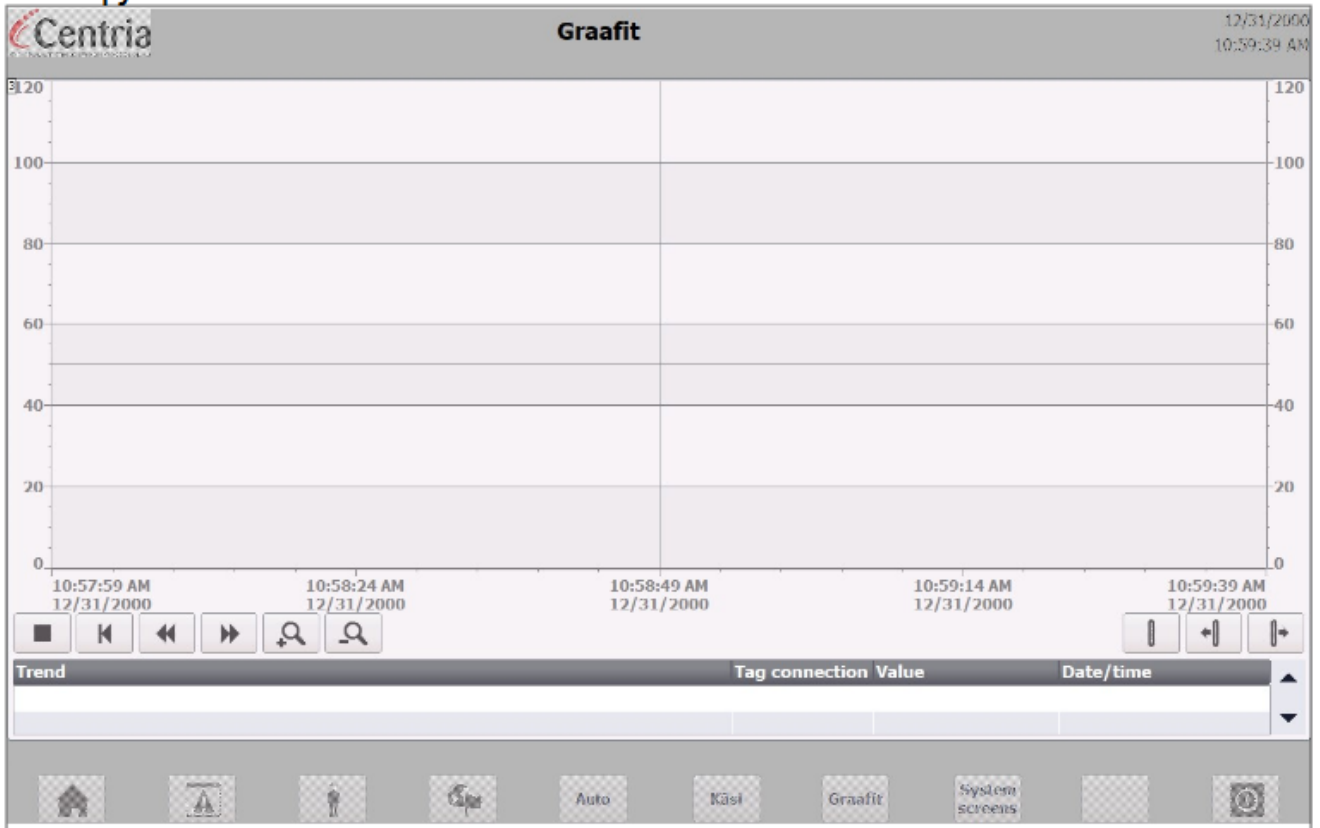
Käsikäyttö

Hardcopy of Käsikäyttö



Graafit

Hardcopy of Graafit



Hälytykset ja tapahtumat

Hardcopy of Hälytykset ja tapahtumat

The screenshot shows a software interface for monitoring alarms and events. The main window is titled "Hälytykset ja tapahtumat" and displays the date and time as 12/31/2008 10:59:39 AM. The interface is divided into two main sections:

- Left Panel:** A table with columns: Nro., Kello, Pvm., Tila, Ilmoitus, and PLC. The table is currently empty.
- Right Panel:** A section titled "Diagnostic buffer view" containing a table with columns: Nro., Kello, Pvm., and Tapahtuma. This table is also empty.

At the bottom of the interface, there is a navigation bar with several icons and buttons: a home icon, a back arrow, a forward arrow, a refresh icon, and a set of mode buttons labeled "Auto", "Käsi", "Graafit", and "System screens".

SIMATIC

Energiakontti_1_0\

04/21/2020 11:19:51 AM

SIMATIC 300 Station\CPU 315\S7 Program(4)\Symbols

Properties of symbol table

Name: Symbols
 Author:
 Comment:
 Created on: 03/31/2020 09:21:10 AM
 Last modified on: 04/21/2020 10:44:44 AM
 Last filter criterion: All Symbols
 Number of symbols: 57/57
 Last Sorting: Address Ascending

Status	Symbol	Address	Data type	Comment
	Käsi käyttö	FC 1	FC 1	Käsi käyttö
	Automaattikäyttö	FC 2	FC 2	Automaattikäyttö
	Resetointi	FC 3	FC 3	Resetointi
	Anturit	FC 4	FC 4	Anturit
	SCALE	FC 105	FC 105	Scaling Values
	100°C lämpötila-anturi	I 1.0	BOOL	
	Paineanturi	I 1.1	BOOL	
	Pesurikorkeusanturihälyt	I 1.2	BOOL	
	Tuhkakorkeusanturihälyt	I 1.3	BOOL	
	Pesurikorkeusanturivaroi	I 1.4	BOOL	
	Tuhkakorkeusanturivaroi	I 1.5	BOOL	
	Kärkitieto	I 1.6	BOOL	
	S1 prosessin käynnistys	M 0.0	BOOL	
	S2 prosessin sammutus	M 0.1	BOOL	
	Hätä seis	M 0.2	BOOL	
	C10	M 0.3	BOOL	
	C5	M 0.4	BOOL	
	C1	M 0.5	BOOL	
	C2	M 0.6	BOOL	
	Polttomootorin käynnist	M 0.7	BOOL	
	Prosessiohjaus 1/0	M 1.1	BOOL	
	Logiikkaohjaus	M 1.2	BOOL	
	Oljynpaine häiriötieto	M 1.3	BOOL	
	Laturin jännite	M 1.4	BOOL	
	C12	M 1.5	BOOL	
	Imuri 1/0	M 2.0	BOOL	
	Sytytys(vara) 1/0	M 2.1	BOOL	
	S3 Stop	M 2.2	BOOL	
	Arinan pyöritys 1/0	M 2.3	BOOL	
	Pesurin pumput 1/0	M 2.4	BOOL	
	Ilmansek.venttiili 1/0	M 2.5	BOOL	
	Sytytysvirta 1/0	M 2.7	BOOL	
	Kaasunlisäys 1/0	M 3.0	BOOL	
	Verkkoontahdistus 1/0	M 3.1	BOOL	
	Moottori hälytys	M 4.0	BOOL	
	Pesuri hälytys	M 4.1	BOOL	
	Pesuripinta hälytys	M 4.2	BOOL	
	Tuhkapinta hälytys	M 4.3	BOOL	
	Tuhkapinta varoitus	M 4.4	BOOL	
	Pesuripinta varoitus	M 4.5	BOOL	
	Sulake hälytys	M 4.6	BOOL	
	Pääohjelma	OB 1	OB 1	Pääohjelma
	Imuri	Q 4.0	BOOL	
	Sytytys(vara)	Q 4.1	BOOL	
	Hakesiilon pyöritys	Q 4.2	BOOL	
	Pääkaasuventtiili	Q 4.3	BOOL	
	Pesurin pumput	Q 4.4	BOOL	
	Ilmansekoitusventtiili	Q 4.5	BOOL	

SIMATIC

Energiakonttti_1_0\
SIMATIC 300 Station\CPU 315\S7 Program(4)\Symbols

04/21/2020 11:19:51 AM

Status	Symbol	Address	Data type	Comment
	Ohjausventt. / Ilmaläppä	Q 4.6	BOOL	
	Sytytysvirta	Q 4.7	BOOL	
	Starttaus	Q 5.0	BOOL	
	Dynawatin tahdistus	Q 5.1	BOOL	
	Kaasunlisäys	Q 5.2	BOOL	
	Häiriötieto	Q 5.3	BOOL	
	Arinan pyöritys	Q 5.4	BOOL	
	Hallin syöttö (Dynawatt)	Q 5.5	BOOL	
	Hallin syöttö (Victron)	Q 5.6	BOOL	

SIMATIC

Energiakontti_1_0\
SIMATIC 300 Station\CPU 315\...\OB1 - <offline>

04/21/2020 11:06:38 AM

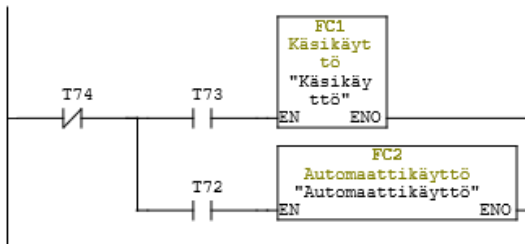
OB1 - <offline>

"Pääohjelma" Pääohjelma
Name: Family:
Author: Version: 0.1
Block version: 2
Time stamp Code: 04/21/2020 10:56:11 AM
Interface: 02/15/1996 04:51:12 PM
Lengths (block/logic/data): 00330 00190 00022

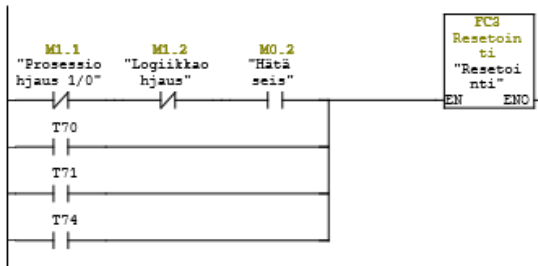
Name	Data Type	Address	Comment
TEMP		0.0	
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0	Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0	1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0	Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0	1 (Organisation block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0	Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0	Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0	Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0	Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0	Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0	Date and time OB1 started

Block: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"
Energiakontti pääohjelma
Tekijät: Arttu Kivimaa ja Santeri Pulli

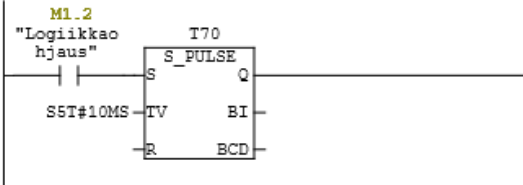
Network: 1 Käsi-/automaattiohjaus (Pääohjelma)



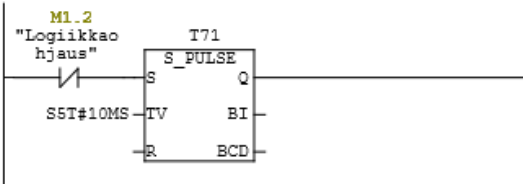
Network: 2 Resetointi funktio



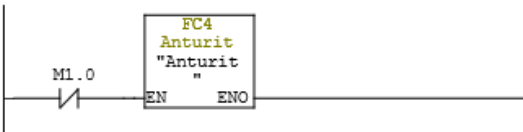
Network: 3 Ajastin resetointiin



Network: 4 Ajastin resetointiin



Network: 5 Anturi-funktio



Network: 6 Automaatti-käytön resetointi



Network: 7 Käsikäytön resetointi

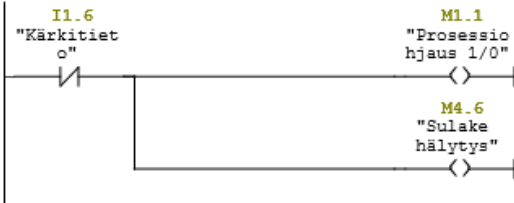


SIMATIC

Energiakontti_1_0\
SIMATIC 300 Station\CPU 315\...\OB1 - <offline>

04/21/2020 11:06:39 AM

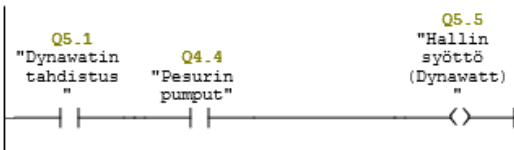
Network: 8 Sulakkeen toimintatieto



Network: 9 Prosessin keskeytys sulakkeen toimintatiedolla



Network: 10 Hallin syöttö Dynawattilla



Network: 11 Hallin syöttö Victronilla



SIMATIC

Energiakontti_1_0\
SIMATIC 300 Station\CPU 315\...\FC1 - <offline>

04/20/2020 09:56:05 AM

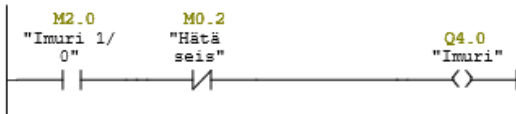
FC1 - <offline>

"Käsikäyttö" Käsikäyttö
Name: Family:
Author: Version: 0.1
Block version: 2
Time stamp Code: 04/14/2020 03:01:21 PM
Interface: 03/11/2020 09:36:56 AM
Lengths (block/logic/data): 00214 00094 00000

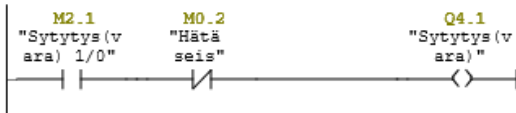
Name	Data Type	Address	Comment
IN		0.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Block: FC1
Energiakontin käsikäyttö

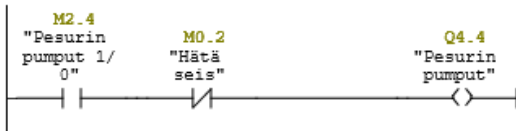
Network: 1 Imurin käynnistys



Network: 2 Pöntön sytytys (vara)



Network: 3 Pesurin pumppujen käynnistys



SIMATIC

Energiakontti_1_0\
SIMATIC 300 Station\CPU 315\...\FC1 - <offline>

04/20/2020 09:56:05 AM

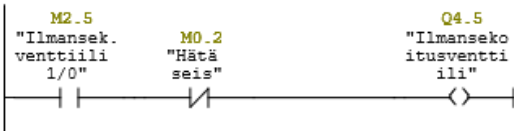
Network: 4 Hakesiilonpyöritys



Network: 5 Pääkaasuventtiilin toiminta



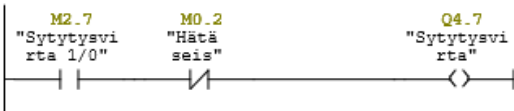
Network: 6 Ilmansekoitusventtiilin toiminta



Network: 7 Ohjausventtiilin / ilmaläpän toiminta



Network: 8 Sytytysvirta

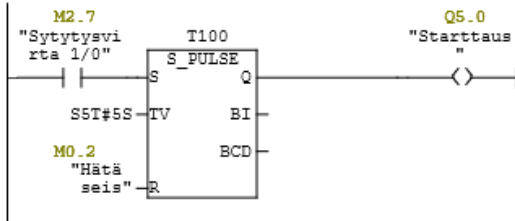


SIMATIC

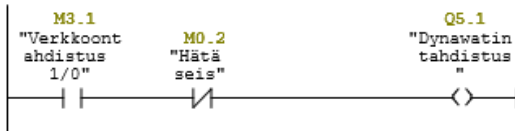
Energiakontti_1_0\
SIMATIC 300 Station\CPU 315\...\FC1 - <offline>

04/20/2020 09:56:05 AM

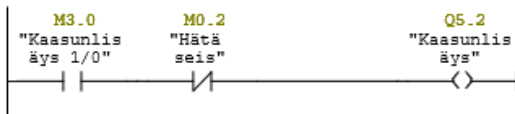
Network: 9 Starttaus



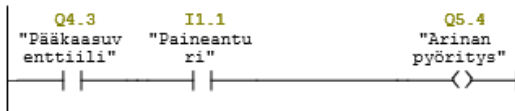
Network: 10 Verkkootahdistus



Network: 11 Kaasunlisäys



Network: 12 Arinan pyöritys

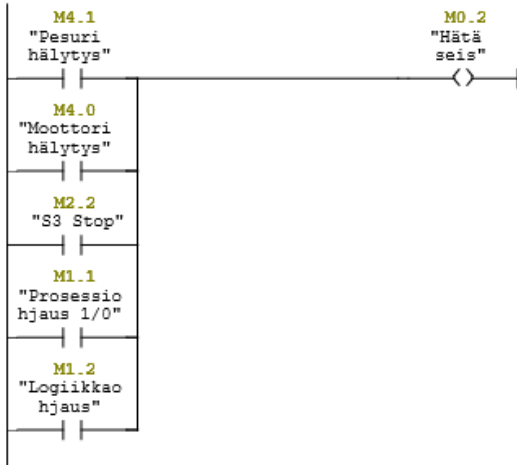


SIMATIC

Energiakontti_1_0\
SIMATIC 300 Station\CPU 315\...\FC1 - <offline>

04/20/2020 09:56:05 AM

Network: 13 Hälytysrajojen ylitys -> prosessin alasajo



SIMATIC

Energiakontti_1_0\
SIMATIC 300 Station\CPU 315\...\FC2 - <offline>

04/20/2020 09:56:56 AM

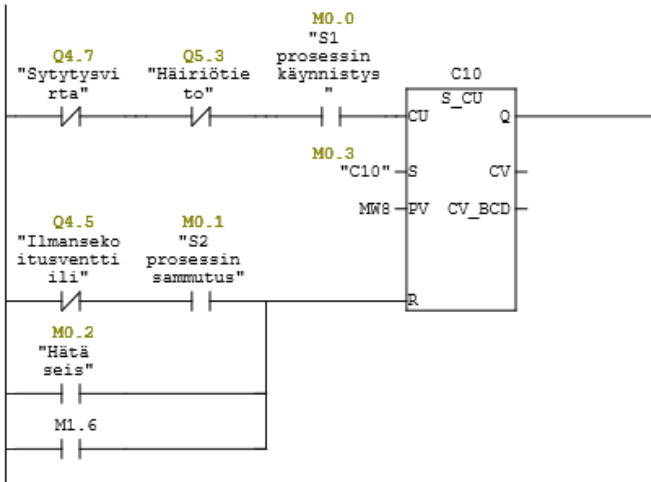
FC2 - <offline>

"Automaattikäyttö" Automaattikäyttö
Name: Family:
Author: Version: 0.1
Block version: 2
Time stamp Code: 04/20/2020 09:29:22 AM
Interface: 03/11/2020 09:36:56 AM
Lengths (block/logic/data): 00618 00474 00000

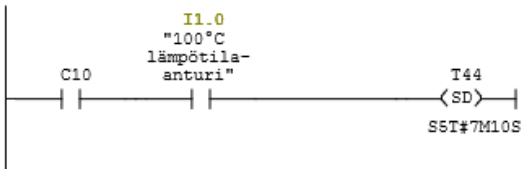
Name	Data Type	Address	Comment
IN		0.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Block: FC2
Energiakontin automaattikäyttö

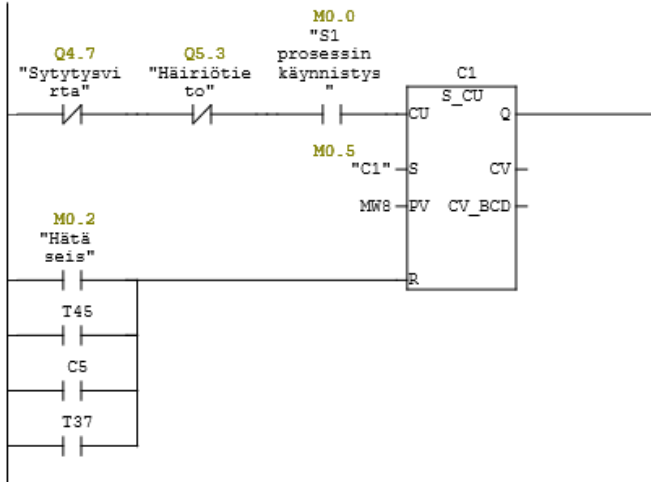
Network: 1 Prosessin käynnistys



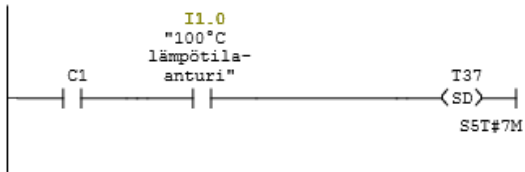
Network: 2 Käynnistys alkaa (T44 oltava tasan 10s>I37)



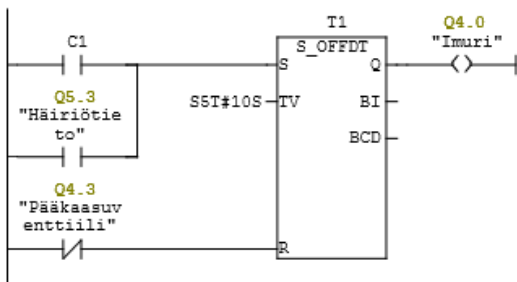
Network: 3 Prosessin käynnitys



Network: 4 Aika alkuhuuhtelun lopetukseen (T37 oltava 10s<T44)



Network: 5 Imurin käynnistys

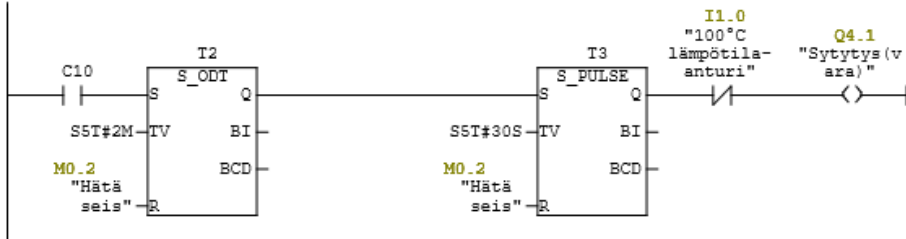


SIMATIC

Energiakontti_1_0\
SIMATIC 300 Station\CPU 315\...\FC2 - <offline>

04/20/2020 09:56:56 AM

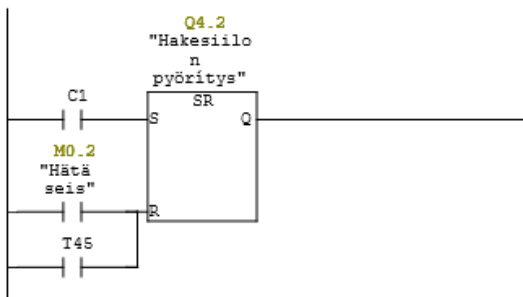
Network: 6 Hakkeen sytytyksen käynnistys (vara)



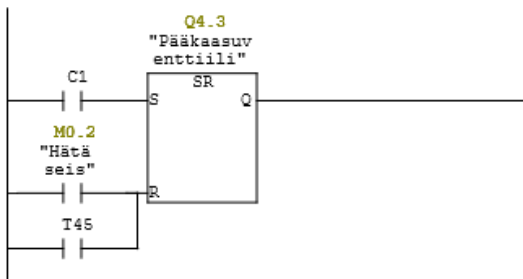
Network: 7 Ohjausventtiilin / ilmaläpän toiminta



Network: 8 Hakesiilon pyörittys



Network: 9 Pääkaasuventtiilin toiminta

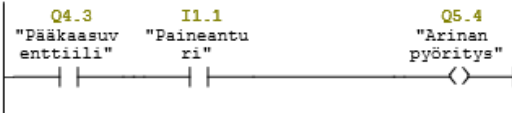


SIMATIC

Energiakontti_1_0\
SIMATIC 300 Station\CPU 315\...\FC2 - <offline>

04/20/2020 09:56:56 AM

Network: 10 Arinan pyöritys



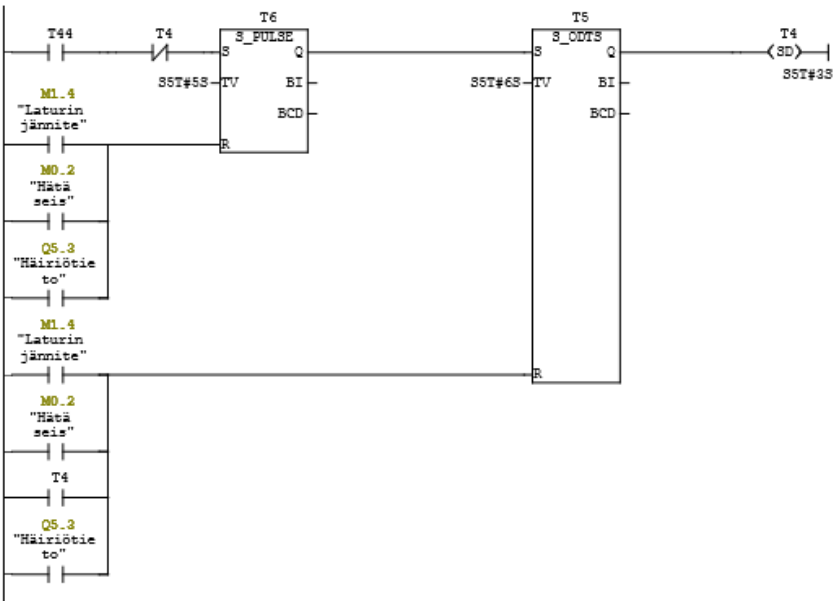
Network: 11 Pesurin toiminta



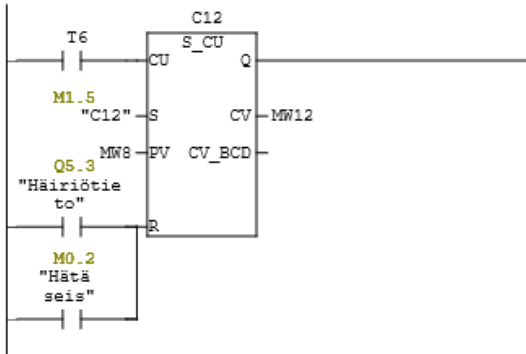
Network: 12 Ilmansekoitusventtiilin toiminta



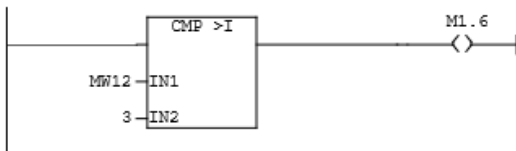
Network: 13 Käynnistys yritys



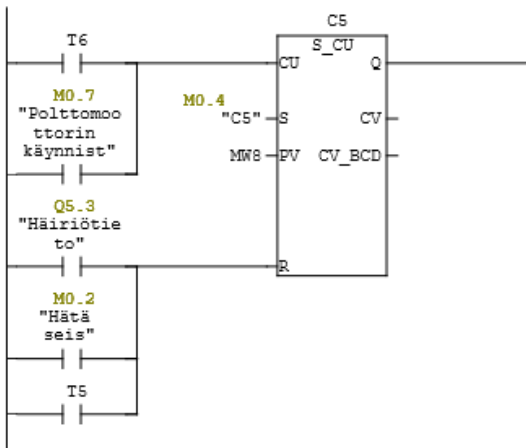
Network: 14 Käynnistyskertojen lkm.



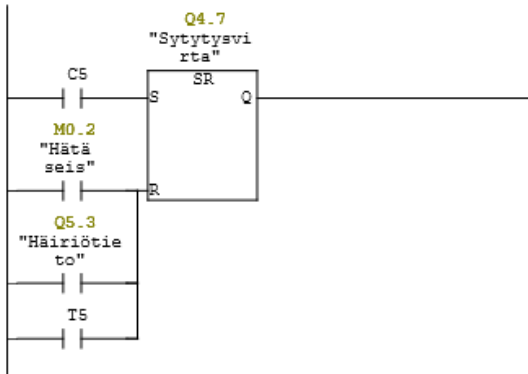
Network: 15 Käynnistys vertailu (3 käynnistysyritystä->loppuhuhtelu)



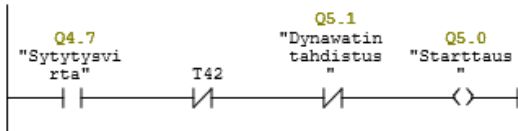
Network: 16 Moottorin käynnistys



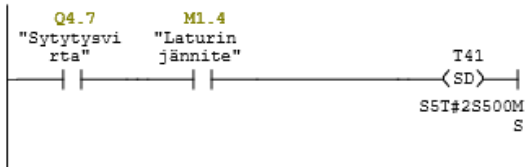
Network: 17 Sytytysvirta



Network: 18 Voimakoneen käynnistys



Network: 19 Tahdistuksen kytkentäviive



Network: 20 Tahdistus

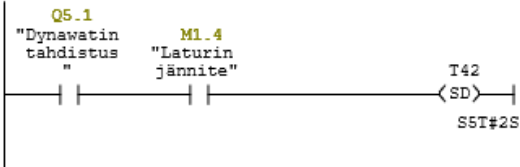


SIMATIC

Energiakontti_1_0\
SIMATIC 300 Station\CPU 315\...\FC2 - <offline>

04/20/2020 09:56:57 AM

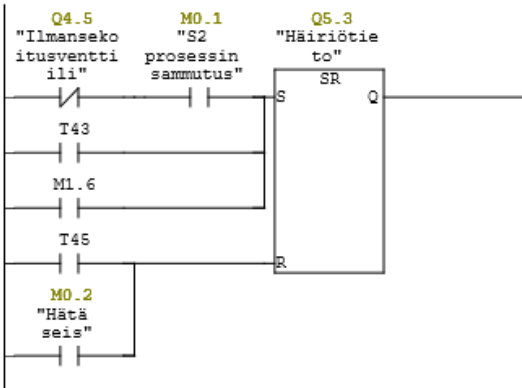
Network: 21 Tehonlisäys viive



Network: 22 Tehonlisäys



Network: 23 Prosessin sammutus / Loppuhuuhdtelu / Häiriötieto



Network: 24 Loppuhuuhdtelun aika

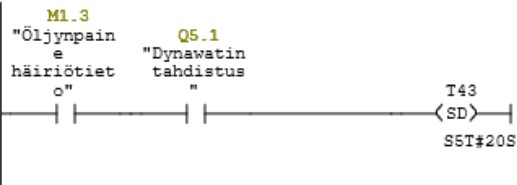


SIMATIC

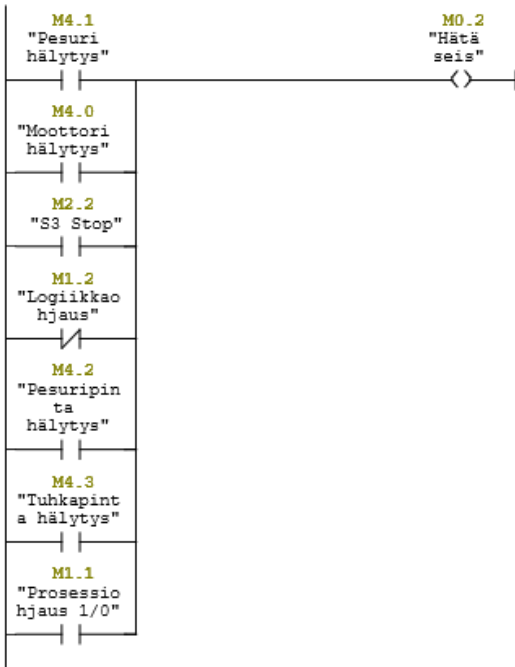
Energiakontti_1_0\
SIMATIC 300 Station\CPU 315\...\FC2 - <offline>

04/20/2020 09:56:57 AM

Network: 25 Öljynpaine viive (vara)



Network: 26 Hälytysrajojen ylitys -> prosessin alasajo



SIMATIC

Energiakontti_1_0\
SIMATIC 300 Station\CPU 315\...\FC3 - <offline>

04/20/2020 09:58:03 AM

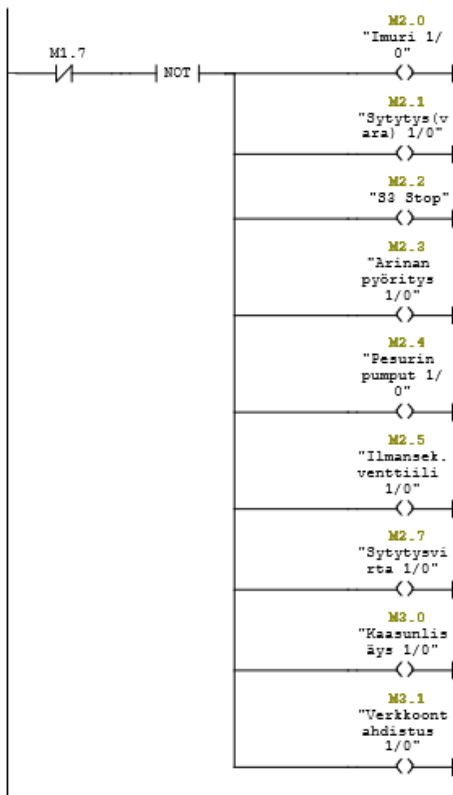
FC3 - <offline>

"Resetointi" Resetointi
Name: Family:
Author: Version: 0.1
 Block version: 2
Time stamp Code: 04/14/2020 02:37:11 PM
 Interface: 03/12/2020 01:53:55 PM
Lengths (block/logic/data): 00158 00060 00000

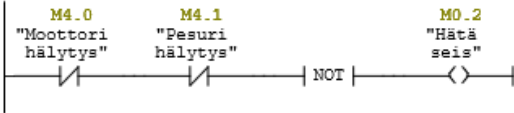
Name	Data Type	Address	Comment
IN		0.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Block: FC3
Energiakontin resetointi-funktio

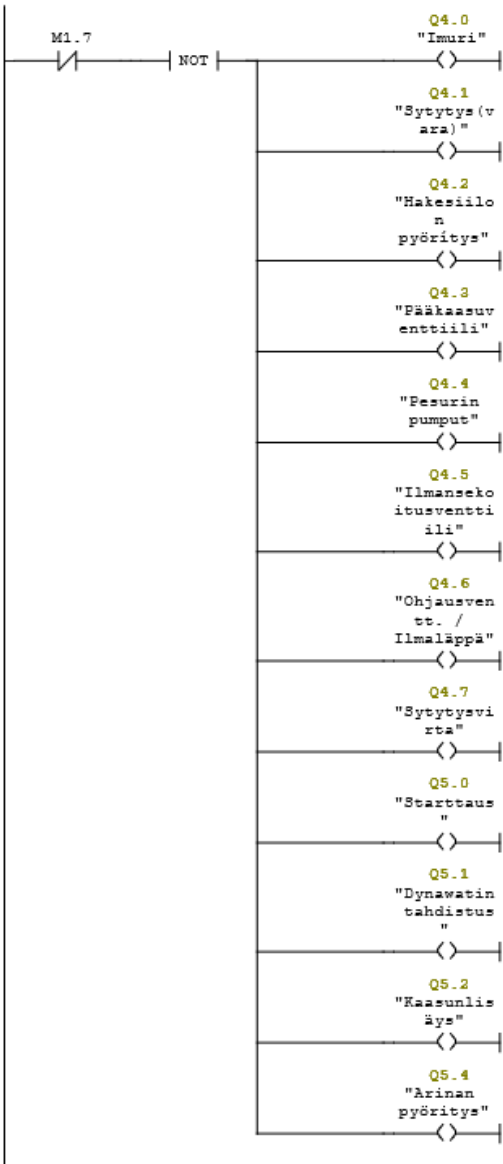
Network: 1 Resetointi käsikäytölle(muistipaikat)



Network: 2 Häätä seis resetointi



Network: 3 Resetointi käsikäytölle(lähdöt)



SIMATIC

Energiakontti_1_0\
SIMATIC 300 Station\CPU 315\...\FC3 - <offline>

04/20/2020 09:58:03 AM

SIMATIC

Energiakontti_1_0\
SIMATIC 300 Station\CPU 315\...\FC4 - <offline>

04/20/2020 09:58:53 AM

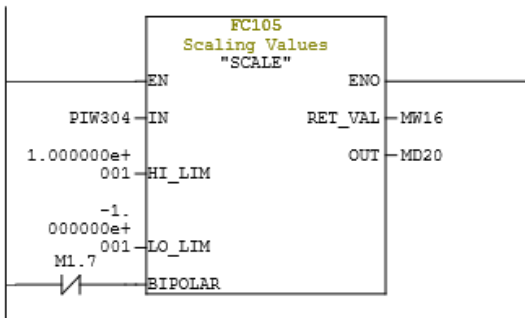
FC4 - <offline>

"Anturit" Anturit
 Name: Family:
 Author: Version: 0.1
 Block version: 2
 Time stamp Code: 04/14/2020 02:37:50 PM
 Interface: 03/25/2020 11:26:36 AM
 Lengths (block/logic/data): 00516 00396 00010

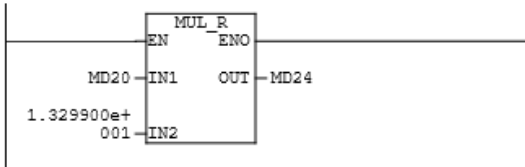
Name	Data Type	Address	Comment
IN		0.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Block: FC4
 Energiakontin anturi-funktio

Network: 1 Pesurin jänniteskaalaus



Network: 2 Lämpötilaskaalaus $T(x)=13,299*x - 50,572$

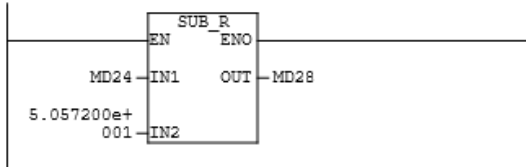


SIMATIC

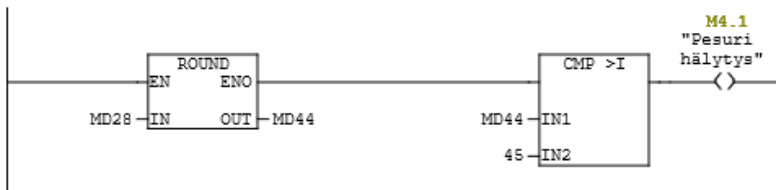
Energiakontti_1_0\
SIMATIC 300 Station\CPU 315\...\FC4 - <offline>

04/20/2020 09:58:53 AM

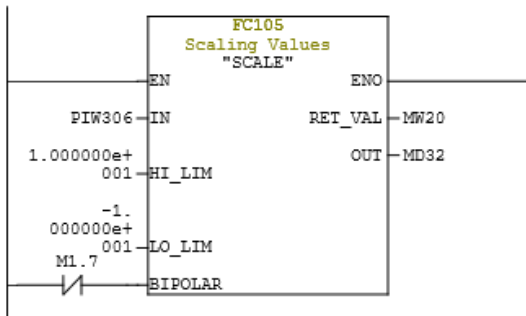
Network: 3 Lämpötilaskaalaus $T(x)=13,299*x - 50,572$



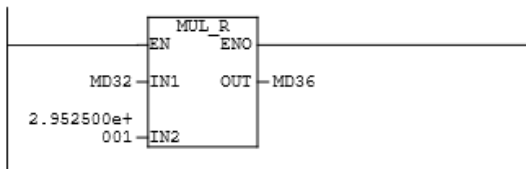
Network: 4 Pesurin TE-vertailu (Kun TE >= 45.5 astetta, pesuri hälytys=1)



Network: 5 Moottorin jänniteskaalaus



Network: 6 Lämpötilaskaalaus $T(x)=29,525*x - 174,7$

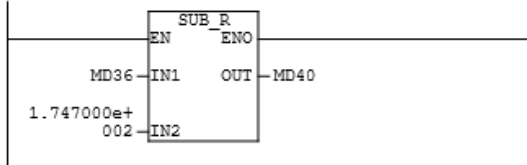


SIMATIC

Energiakontti_1_0\
SIMATIC 300 Station\CPU 315\...\FC4 - <offline>

04/20/2020 09:58:53 AM

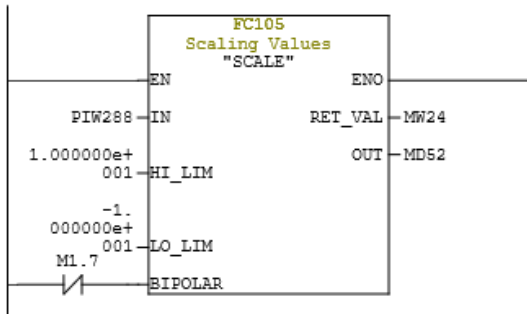
Network: 7 Lämpötilaskaalaus $T(x)=29,525*x - 174,7$



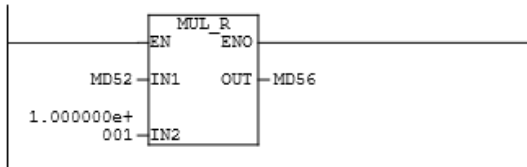
Network: 8 Moottorin TE-vertailu (Kun TE >= 105.5 astetta, moottori hääl=1)



Network: 9 Laturin jänniteskaalaus



Network: 10 Laturin jännite (pilkun siirto)

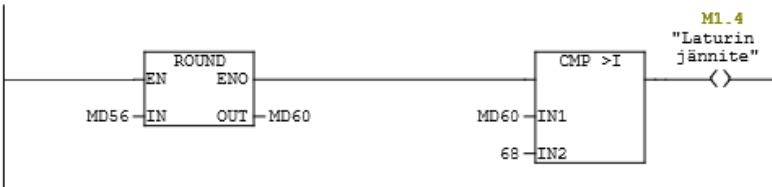


SIMATIC

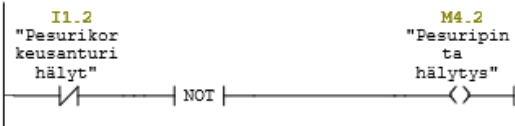
Energiakontti_1_0\
SIMATIC 300 Station\CPU 315\...\FC4 - <offline>

04/20/2020 09:58:53 AM

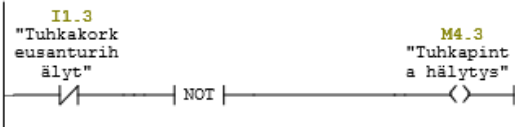
Network: 11 Laturin jännitevertailu (Kun arvo>=68.5, laturin jännite=1)



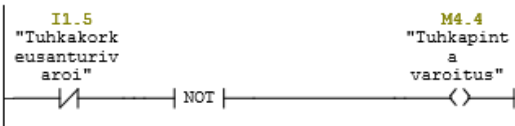
Network: 12 Pesurin pinnankorkeuden hälytys



Network: 13 Tuhkäsäiliön pinnankorkeuden hälytys



Network: 14 Tuhkäsäiliön pinnankorkeuden varoitus



Network: 15 Pesurin pinnankorkeuden varoitus

