



MÄRKÄPUHALLUSKONE 2.0

Sähkö- ja automaatio suunnittelu, virtuaalinen käyttöönotto

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Sähkö- ja automaatiotekniikka, insinööri (AMK)

Syksy, 2023

Mauri Hautamäki

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma

Tekijä Mauri Hautamäki

Työn nimi Märkäpuhalluskone 2.0

Ohjaaja Mika Oinonen

Tiivistelmä

Vuosi 2023

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on ollut suunnitella sähkö- ja automaatio suunnittelu aiemmin vuonna 1997 tehtyyn opinnäytetyöhön märkäpuhalluskone. Työ tehtiin VR Hyvinkään konepajan moottoriosastolle. Tässä työssä on myös suunniteltu virtuaalinen koneen käyttöönotto testaamalla ja simuloimalla. Nämä on tehty yhdessä työssä suunnitelluilla PLC-ohjelmalla, simulaatiomalleilla ja käyttöliittymällä (HMI).

Märkäpuhalluskone on kone, joka on tarkoitettu dieselveturien moottorien venttiilien puhdistamiseen veturien kunnossapidon yhteydessä. Kone on suunniteltu toimivaksi täysin automaattisesti puhdistusprosessin alusta loppuun. Koneella voidaan tehdä myös manuaalisia moottorien ja venttiilien ajoja.

Koneeseen suunniteltiin koko koneen kattava sähkösuunnittelu Catmatic-ohjelmalla, sisältäen 400 V ja 24 V jännitteenjaot, moottoripiirikaaviot, instrumentointipiirikaaviot, turvalaitteiden piirikaaviot, ohjauskaapin ja osa- ja kaapeliluettelot. Samalla päivitettiin koneen aiemmin suunniteltuja komponentteja tämän päivän komponenteiksi.

Koneen logiikkaohjelmointi (PLC) tehtiin Siemens TIA Portal V16-ohjelmalla. Logiikkaohjelma sisältää kattavat toiminnot kaikille koneen laitteille, jotka voidaan testata virtuaalisesti.

Simulointisuunnittelu suunniteltiin Siemens SIMIT SP-ohjelmalla. Kaikilla suunnitelluille koneen liikkeille ja toiminnoille suunniteltiin simulointimallit, jotta konetta pystytään käyttämään virtuaalisesti sekä automaatti- ja käsiajolla ilman fyysistä konetta.

Käyttöliittymäsuunnittelussa suunniteltiin kosketusnäytöltä ohjattava kokonaisuus, jossa monet visuaaliset toiminnot helpottavat koneen käyttämistä ja simulointia. Käyttöliittymään suunniteltiin myös koneen vikatilojen esitysnäkymät. Vikatilat pystytään myös simuloimaan ja testaamaan.

Avainsanat Sähkösuunnittelu, automaatio suunnittelu, simulointi, testaus

Sivut 40 sivua ja liitteitä 23 sivua

The purpose of this thesis was to design electrical and automation design for a wet blasting machine that was originally introduced in a thesis in 1997. The work was carried out for the engine department of VR Hyvinkää workshop. In this work, a virtual implementation of the machine is carried out by tests and simulations. This will be implemented by using PLC software, simulation models and user interface (HMI)

A wet blasting machine is intended for cleaning the valves of diesel locomotive engines during locomotive maintenance. The machine is designed to work fully automatically from the beginning to the end of the cleaning process. The machine can also be used for manual engine and valve runs.

Electrical design was carried out using the Catmatic software for the entire machine, including 400 V and 24 V voltage distributions, motor circuit diagrams, instrumentation circuit diagrams, circuit diagrams for safety devices, control cabinet and parts and cable lists. At the same time, the machine's previously designed components are updated.

Machine logic programming (PLC) was done using Siemens TIA Portal V16. The logic program includes comprehensive functions for all machine devices that can be tested virtually. The simulation design was designed using Siemens SIMIT SP. Simulation models are designed for all planned machine movements and functions so that the machine can be operated virtually, automatically and manually without a physical machine.

User interface design involves designing a touchscreen-controlled entity with many visual functions that facilitate machine operation and simulation. Presentation views of machine failure modes are also designed in the user interface. Failure modes can also be simulated and tested.

Keywords Electrical design, automation design, simulation, testing
Pages 40 pages and appendices 23 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Märkäpuhallusmenetelmä	2
3	Suunnittelutyökalut.....	3
4	Koneturvallisuus suunnittelussa	8
4.1	Konedirektiivi 206/42/EY	8
4.2	Standardi EN-ISO 13849-1:2015	9
5	Toiminnallinen kuvaus.....	9
5.1	Sovelluksen määrittely	10
5.2	Koneen käytön aloitus.....	10
5.3	Altaan täyttö ja tyhjennys	12
5.4	Kuomuoven avaaminen ja sulkeminen.....	14
5.5	Venttiilien asettaminen koneeseen.....	15
5.6	Automaattinen puhdistus.....	17
5.7	Laitteiston määrittely	18
6	Sähkö- ja kenttäsuunnittelu (Cadmatic Electrical)	19
6.1	400 VAC jännitteenjako.....	19
6.2	24 VDC jännitteenjako	19
6.3	Piirikaaviot	19
6.4	Kaapeliluettelo	20
6.5	Keskuskaappilayout ja osaluettelo	20
7	Automaatiojärjestelmän suunnittelu.....	20
7.1	PLC-laitteiston määrittely	21
7.2	PLC-ohjelmointi	22
7.3	Sekvenssiohjaukset (Graph)	24
7.4	Analoginen I/O	25
7.5	Märkäpuhalluskoneen turvallisuussuunnittelu	27
8	Käyttöliittymä, HMI	28
8.1	Päävalikko	28
8.2	Kuomuovi ja Allas	29
8.3	Automaattiajo.....	30
8.4	Käsiajo.....	31
8.5	Asetukset.....	32
9	Automaatiojärjestelmän simulointi ja testaussuunnittelu (Siemens SIMIT SP).....	34
9.1	Automaatiojärjestelmän simulointi ja testaus.....	35

9.2	Simulointi Siemens SIMIT SP	35
9.3	Simulointi Siemens TIA Portal.....	36
9.4	Ohjelman testaus	37
10	Pohdinta.....	38
	Lähteet	39

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1.	Märkäpuhallusmenetelmä	3
Kuva 2.	Siemens TIA Portal V16.....	4
Kuva 3.	Siemens HMI	6
Kuva 4.	Siemens TIA Selection Tool.....	7
Kuva 5.	Siemens SIMIT SP.....	8
Kuva 6.	Dieselveturin DV12 MGO V 16 BSHR moottori	10
Kuva 7.	Märkäpuhalluskoneen käyttöliittymän päävalikko	11
Kuva 8.	Käyttöliittymän "Mode" valintapainikkeet, STOP ja eSTOP	12
Kuva 9.	Altaan täyttö vedellä ja sekoitus käyttöliittymästä	13
Kuva 10.	Altaan tyhjennys käyttöliittymästä	14
Kuva 11.	Kuomuoven ohjaus käyttöliittymästä, kuomuovi ylhäällä	15
Kuva 12.	30-paikkainen indeksipöytä ja Satelliittipöydän venttipidike	16
Kuva 13.	Puhdistettavien venttiilien määrä, puhdistetut venttiilit ja Nollaus	16
Kuva 14.	Venttiilien puhdistuksen aloitus "START PUHDISTUS"	17
Kuva 15.	Siemens TIA Selection Tool "Ostoslista" Märkäpuhalluskone 2.0.....	21

Kuva 16. Function-Kuomuoven avaus	22
Kuva 17. Hydrostaattisen pinnanmittauksen skaalaus	23
Kuva 18. TOF-ajastin	23
Kuva 19. Märkäpuhalluskoneen puhdistus sekvenssi	25
Kuva 20. Proportionaaliventtiin analogisen lähdön skaalaus	26
Kuva 21. Venttiilien pyöritysmoottorin taajuusmuuttajan skaalaus	26
Kuva 22. Analogiset säädöt käyttöliittymässä	27
Kuva 23. Turvarele Pilz PNOZ s4 750104.....	28
Kuva 24. Käyttöliittymän sivu päävalikko.....	29
Kuva 25. Käyttöliittymän sivu Kuomuovi ja Allas	30
Kuva 26. Käyttöliittymän sivu Automaattiajo.....	31
Kuva 27. Käyttöliittymän sivu Käsiäjo.....	32
Kuva 28. Käyttöliittymän sivu Asetukset.....	33
Kuva 29. Satelliittipöydän pyöritysmoottorin M03 Siemens Simit-malli	35
Kuva 30. SIMIT-ohjelman simuloinnin käynnistys ja mallit	36
Kuva 31. Siemens TIA Portal watch table	37

Liitteet

Liite 1.	400 VAC Jännitteenjako 1
Liite 2.	400 VAC Jännitteenjako 2
Liite 3.	24 VDC Jännitteenjako
Liite 4.	M02 Allas sekoitus piirikaavio
Liite 5.	M03 Pumppu piirikaavio

- Liite 6. M04 Satelliittipöydän pyöritys piirikaavio
- Liite 7. HS-101 Altaan täyttö piirikaavio
- Liite 8. HS-102 Altaan tyhjennys piirikaavio
- Liite 9. LT-101 Pinnanmittaus piirikaavio
- Liite 10. A-103 Puhalluspistoolit piirikaavio
- Liite 11. PS01 Indeksipöytä piirikaavio
- Liite 12. SK-104 Kuomuovi piirikaavio
- Liite 13. R1 Turvaraja piirikaavio
- Liite 14. eSTOP Hätäseis piirikaavio
- Liite 15. JB1 Keskuskaappi
- Liite 16. JB1 Keskuskaappi osaluettelo
- Liite 17. Kaapeliluettelo
- Liite 18. Moottoriluettelo
- Liite 19. Laiteluettelo instrumentointi
- Liite 20. I/O-luettelo

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on jatkoa vuonna 1997 tehtyyn konetekniikan insinööri koulutusohjelman opinnäytetyöhön märkäpuhalluskoneen suunnittelu. Opinnäytetyön tilaajana oli VR Oy Hyvinkään konepajan moottoriosasto. Koneen tarkoituksena oli puhdistaa eri dieselvehuri sarjojen moottoriventtiilit automaattisesti, kun ne aiemmin oli puhdistettu käsityönä. Tuolloin opinnäytetyössä suunnittelun pääpaino oli koneen mekaaninen- ja rakenteellinen suunnittelu sisältäen koneenpiirustusta ja koneteknisten komponenttien valintaa, kuten moottorit, pumppu, laakerit ja puhalluslaitteistot. Vuonna 1997 markkinoilta ei löytynyt vastaavaa konetta, jolla venttiilit olisi saanut puhdistettua automaattisesti. Suunniteltua märkäpuhalluskonetta ei koskaan rakennettu, koska koska koneesta puuttuivat sähkö- ja automaatio suunnitelmat.

Tässä opinnäytetyössä jatketaan märkäpuhalluskoneen suunnittelua. Koneelle tehdään nyt sekä sähkö- että automaatio suunnittelu sisältäen käyttöliittymän, simuloinnin, toiminnallisen testauksen, virtuaalisen käyttöönoton ja turvatekniikan. Mekaanisia komponentteja päivitetään tähän päivään sopiviksi, koska vuoden 1997 komponentteja ei kaikkia ole enää saatavissa markkinoilta.

Sähkö- ja automaatio suunnittelun tarkoituksena on tehdä koneelle simuloinnin, virtuaalisen käyttöönoton ja visualisoinnin avulla toimiva märkäpuhalluskone. Logiikkaohjelman simuloinnilla varmistetaan, että kaikki ohjelman osiot toimivat oikein ja tehdään sääntöjen mukaisesti. Ennen kuin automaatiojärjestelmä otetaan käyttöön fyysisesti, simulointi mahdollistaa täydellisen testauksen virtuaalisessa ympäristössä. Tämä vähentää käyttöönoton riskejä ja varmistaa, että järjestelmä toimii odotetusti. Suunnittelussa tehdyt virheet pystytään korjaamaan helposti tietokoneen ruudulla ilman virheistä aiheutuvia ylimääräisiä kustannuksia.

Tämän päivän markkinoilta löytyy automaattisia märkäpuhalluskoneita, jotka yleensä on räätälöity puhdistamaan jotakin tiettyä kappaletta tai koneissa on ns. puhallusrumpu, johon puhallettavat kappaleet laitetaan.

Opinnäytetyölle ei ole tilaajaa.

2 Märkäpuhallusmenetelmä

Märkäpuhallus on puhdistusmenetelmä, joka käyttää vettä tai muita nesteitä ja hioma-ainetta yhdistettynä paineilmaan kappaleiden puhdistamiseksi. Tämä menetelmä voi poistaa epäpuhtauksia, kuten likaa, maalia, rasvoja, öljyä tai muita kerrostumia esim. karstaa. Hioma-aineena käytetään yleensä alumiinioksidia, piikarbidia, sirkonioksidia, lasikuulia ja keraamiset puhallushelmet. (Vapormatt Ltd, n.d.)

Märkäpuhalluksen etuna ovat pölyttömyys, puhtaus, pienempi pinnan kuluminen puhalluksessa ja ekologisuus. Märkäpuhalluksessa ei synny ympäristöön pölyhiukkasia, kuin syntyy perinteisessä kuivapuhalluksessa. Prosessissa käytettävä vesi sitoo hiukkaset, jotka pystytään kierrättämään jätteen mukana. Märkäpuhalluksessa työtila on puhtaampi ja turvallisempi. (Vapormatt Ltd, n.d.)

Märkäpuhallus on hyvin hellävarainen menetelmä kappaleiden puhdistuksessa, koska veden mukana voidaan käyttää hienojakoisempia hioma-aineita, jotka eivät kuluta kappaleen pintaa kuten kuivapuhallus. Vesi eliminoi staattista sähköä, hionta-aineiden uppoamista pehmeisiin pintoihin sekä lämpöä, joka voi vaurioittaa herkkiä pintoja. (Vapormatt Ltd, n.d.)

Märkäpuhallus on ekologisempi vaihtoehto puhdistaa kappaleita kuin kuivapuhallus. Märkäpuhalluksessa sama vesi ja hioma-aine kiertää prosessissa koko ajan. Epäpuhtaudet saadaan kerättyä helposti erilleen ja toimitettua ne oikeisiin jätteenkäsittelyihin. (Vapormatt Ltd, n.d.)

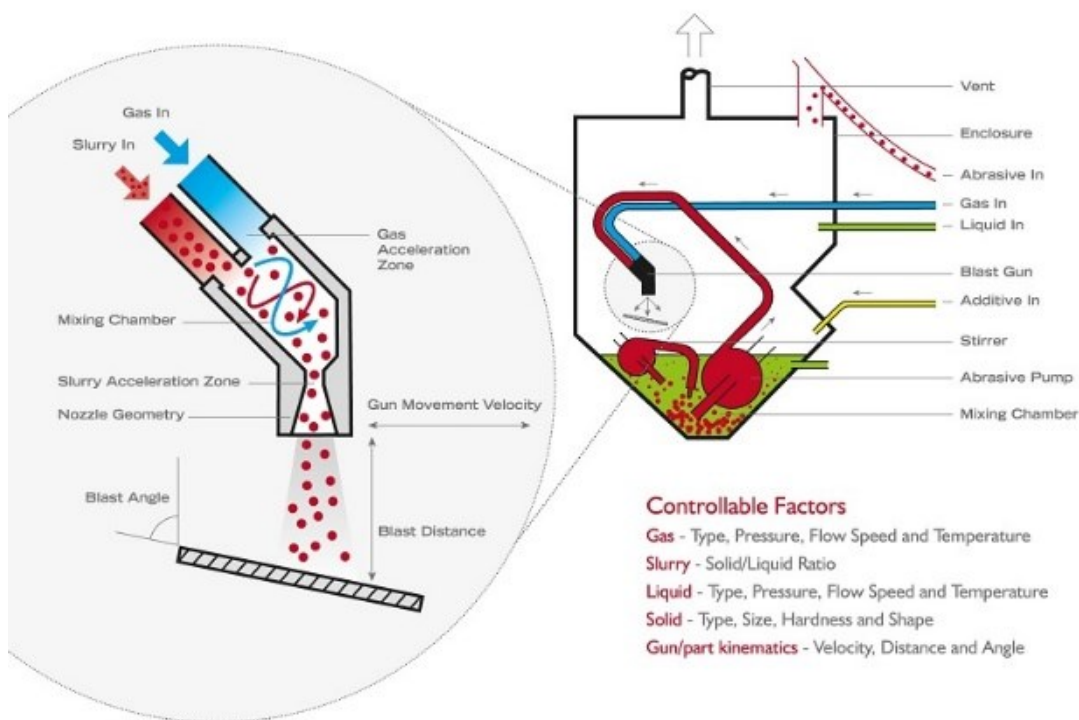
Märkäpuhallusjärjestelmiä on kolmea eri tyyppiä. Manuaaliset järjestelmät ovat tyypillisesti kaappeja, joissa on käsineportit, joiden avulla käyttäjä voi sijoittaa tai kääntää puhallettavan osan tai tuotteen. Automatisoidut järjestelmät mahdollistavat osien tai tuotteiden siirtämisen järjestelmän läpi mekaanisesti kuljetushihnalla, kääntöpöydällä, karalla, pyörivällä indeksointilaitteella tai rumputynnyrillä. Ne voidaan integroida saumattomasti tehdasjärjestelmään tai ladata ja purkaa manuaalisesti. Robottijärjestelmät ovat ohjelmoitavia pintakäsittelymenetelmiä, joiden avulla käyttäjä voi toistaa monimutkaisia prosesseja mahdollisimman tarkasti ja vähällä työmäärällä. (Wettechnologies, n.d.)

Märkäpuhalluslaitteisto koostuu yleensä paineilmaa tuottavasta kompressorista, nesteen ja hioma-aineen syötöstä, puhallusletkuista, puhallussuuttimista, nesteen ja hionta-aineen kierrätyksestä, jätteenkeräysjärjestelmästä ja ohjausjärjestelmästä sisältäen sähkökeskuksen ja logiikan.

Märkäpuhallusmenetelmässä (Kuva 1) neste ja hioma-aine pumpataan pumpun avulla puhallusputkistojen kautta puhallussuuttimille. Pumpun tuotto märkäpuhalluskoneessa on 200 l/min. Puhallussuuttimissa neste, hioma-aine ja paineilma sekoittuvat ja niiden seos ohjataan puhdistettavalle pinnalle, märkäpuhalluskoneessa venttiilille.

Märkäpuhalluskoneessa puhalluksen voimakkuutta säädetään paineilman paineensäätöproportionaaliventtiilillä, säätöalueena 0–10 bar ja puhdistettavan kappaleen pyörimisen taajuusmuuttaja ohjatulla nopeudensäädöllä 0–60 r/min. Puhallusaika on myös säädettävissä. Kaikki prosessin säädöt tehdään, jotta päästään haluttuun pinnanlaatuun.

Kuva 1. Märkäpuhallusmenetelmä (Vapormatt Ltd, n.d.)



3 Suunnittelutyökalut

Opinnäytetyön suunnittelutyökaluina käytetään sähkösuunnittelussa Catmatic-ohjelmaa. Automaatiosuunnittelussa Siemens TIA Portal V16-ohjelmaa, jossa tehdään myös käyttöliittymäsuunnittelu. Simulointi suunnittelu tehdään Siemens SIMIT SP-ohjelmalla.

Cadmatic Electrical on sähkösuunnittelun työkalu, jonka hienoudet kohdistuvat käytettävyyteen ja työaikaa säästävään suunnitteluun. Se on suunnitteluohjelma kokonaisuus, jolla tuotetaan tehokkaasti piiri- ja johdotuskaaviot, taulukot ja luettelot, pääpiirikaaviot ja keskuslayoutit. Sitä käytetään sähkö-, instrumentointi- tai automaatio suunnitteluprojekteissa. (Catmatic, n.d.)

Catmatic-ohjelman tärkeimmät ominaisuudet ovat ryhmätyön optimointi usean käyttäjän ja tietokantaominaisuuksien avulla. Globaalit symbolikirjastot, joissa on yli 10 000 älykästä symbolia (IEC, ANSI, GB/T). Ohjelmalla voidaan integroida kaikki tietomallinnus sekä sähkö-, instrumentointi- ja automaatiiodokumentaatio yhteen pakettiin. Ohjelman helppo navigointi tukee älykästä tiedonhallintaa. Catmatic Electrical voidaan integroida esimerkiksi Excelin, valaistussuunnittelun DIALUX:in ja muiden Catmatic-suunnittelusovellusten kanssa. Keskitetty tiedonhallinta tarkoittaa, että tiedot luodaan kerran, mutta useaan käyttöön, tietojen muokkaaminen yhdessä paikassa päivittää ne aina. Ohjelmassa päästään yhden suunnitteluikkunan kautta käsiksi kaikkiin projektitietoihin. (Catmatic, n.d.)

Siemens TIA Portal (Kuva 2) on Siemensin suunnittelema ohjelmistosuunnittelukehys automaatiojärjestelmien ohjelmointiin ja konfigurointiin. Se on yhtenäinen suunnittelualusta, joka integroi erilaiset automaatiotehtävät, kuten PLC (Programmable Logic Controller) -ohjelmoinnin, käyttöliittymä HMI (Human Machine Interface) -suunnittelun, taajuusmuuttajan kokoonpanon ja paljon muuta, yhteen ympäristöön. (Siemens, n.d.)

Kuva 2. Siemens TIA Portal V16 (Siemens, n.d.-a)



TIA-portaali tarjoaa yhteisen alustan Siemensin automaatiolaitteistojen konfigurointiin ja ohjelmointiin, mukaan lukien PLC:t, HMI:t, asemat ja tiedonsiirtomoduulit. Se yksinkertaistaa suunnitteluprosessia antamalla käyttäjille mahdollisuuden työskennellä johdonmukaisella

käyttöliittymällä eri automaatiokomponenteille, mikä vähentää tarvetta vaihtaa useiden ohjelmistotyökalujen välillä. (Siemens, n.d.-a)

Siemens TIA -portaalin tärkeimpiä komponentteja ja ominaisuuksia ovat:

1. PLC-ohjelmointi: TIA Portal tukee Siemens PLC: iden ohjelmointia, mukaan lukien suositut S7-1200- ja S7-1500-sarjat. Se käyttää ohjelmointiin kieliä, kuten tikaslogiikkaa (Ladder), toimintolohkokaaviota (FBD) ja strukturoitua tekstiä. (Siemens, n.d.-a)

2. Käyttöliittymä HMI-suunnittelu: TIA Portal sisältää työkaluja käyttöliittymän (HMI) suunnitteluun käyttäjän vuorovaikutusta automaatiojärjestelmän kanssa. Sen avulla käyttäjät voivat luoda graafisia käyttöliittymiä prosessien seuraamiseksi ja ohjaamiseksi. (Siemens, n.d.-a)

3. Aseman kokoonpano: TIA Portal tukee taajuusmuuttajien konfigurointia moottoreiden ja muiden laitteiden ohjaamiseksi. Tämä sisältää parametrien asettamisen liikkeenohjaukselle ja viestinnälle muiden automaatiokomponenttien kanssa. (Siemens, n.d.-a)

4. Viestintä: TIA Portal helpottaa viestintää automaatiojärjestelmän eri laitteiden välillä. Se tukee erilaisia viestintäprotokollia, kuten Profinet, Profibus ja muut. (Siemens, n.d.-a)

5. Integroitu turvallisuus: TIA Portal sisältää turvallisuusteknisiä ominaisuuksia automaatiojärjestelmän turvallisuustoimintojen toteuttamiseksi. Tämä on ratkaisevan tärkeää sekä koneiden että henkilöstön turvallisuuden varmistamiseksi. (Siemens, n.d.-a)

6. Skaalautuvuus: TIA Portal on suunniteltu skaalautuvaksi, jolloin käyttäjät voivat aloittaa pienellä järjestelmällä ja laajentaa sitä tarpeen mukaan. Se tukee laajaa valikoimaa Siemensin laitteista pienistä PLC-laitteista suuriin ja monimutkaisiin automaatiojärjestelmiin. (Siemens, n.d.-a)

Siemens TIA Portal:in tarkoituksena on virtaviivaistaa suunnittelun työkulkua, lyhentää kehitysaikaa ja parantaa automaatiojärjestelmien konfiguroinnin ja ylläpidon tehokkuutta. Sitä käytetään laajalti eri teollisuudenaloilla, mukaan lukien valmistus, prosessiteollisuus ja paljon muuta. (Siemens, n.d.-a)

HMI on lyhenne sanoista Human Machine Interface. Se on osa teollisuusautomaatiota, joka mahdollistaa vuorovaikutuksen ihmisten ja koneiden välillä. HMI-paneeli on käyttöliittymä

(Kuva 3), joka tarjoaa käyttäjille visuaalisen tavan valvoa, ohjata ja seurata teollisuusprosesseja. HMI voi sisältää fyysisen laitteen, kuten kosketusnäytön tai näppäimistön, sekä siihen liittyvää ohjelmistoa. Tämän avulla käyttäjät voivat nähdä reaaliaikaista tietoa prosessin tilasta, tehdä säätöjä ja antaa komentoja koneille ja laitteille. (Siemens, n.d.-b)

Kuva 3. Siemens HMI (Siemens, n.d.-b)

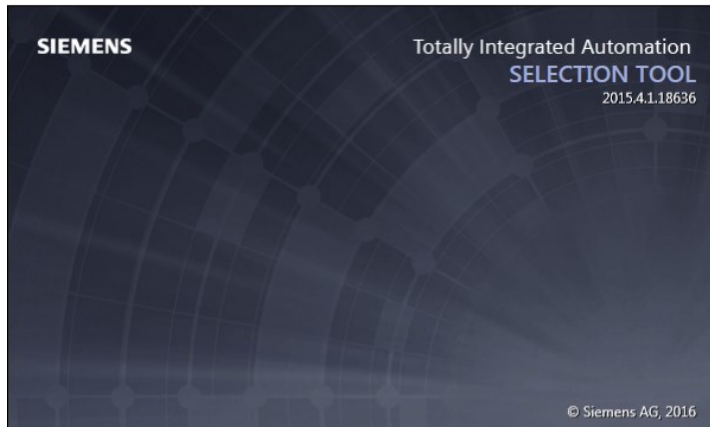


HMI-paneeleissa on seuraavia toimintoja: Visualisointi, joka näyttää graafisesti teollisuusprosessin tilan ja komponenttien tilat. Ohjaus, joka mahdollistaa koneiden ja laitteiden ohjauksen käyttäjän antamien komentojen perusteella. Hälytykset, joka ilmoittaa käyttäjälle poikkeavista tilanteista tai hälytyksistä. Tietojen keruu, joka kerää ja tallentaa tietoa prosessista, joka voi myöhemmin olla hyödyllistä analysoinnissa ja raportoinnissa. Trendianalyysi, joka näyttää historiatietoa prosessin suorituskyvystä ja kehityksestä. HMI-paneelit ovat laajalti käytössä monilla teollisuudenaloilla, kuten valmistuksessa, energia-alalla, ja prosessiteollisuudessa. Ne ovat olennainen osa teollisuusautomaatiota, ja niiden avulla voidaan parantaa prosessien tehokkuutta, nopeuttaa vasteaikoja ja tehdä monimutkaisten järjestelmien hallinnasta helpompaa ja käyttäjäystävällisempää. (Siemens, n.d.-b)

TIA Selection Tool-ohjelma (Kuva 4) on maksuton älykäs konfiguraattori Siemensin automaatio portfolioon. Se opastaa käyttäjät nopeasti ja helposti virheettömään laitevalintaan ja konfigurointiin automaatioprojektissa ilman asiantuntemusta tai käsikirjaa. Se auttaa tarkistamaan osien yhdenmukaisuuden, ehdottaa lisävarusteita ja luettelee, mitkä moduulit ovat saatavilla halutulle suorittimelle tai I/O-laitteelle. Se luo lopullisen osaluettelon Excelissä

ja antaa pikakuvakkeet Siemens-tukisivustolle, josta saa yksityiskohtaista tietoa komponenteista. (Siemens, n.d.-c)

Kuva 4. Siemens TIA Selection Tool (Siemens, n.d.-c)



Siemens SIMIT SP (Kuva 5) on Siemensin tarjoama ohjelmisto, joka on suunniteltu erityisesti prosessien simulointiin ja testaukseen teollisuusautomaatiossa. Ohjelmisto mahdollistaa käyttäjille virtuaalisen ympäristön luomisen, jossa he voivat simuloida ja testata automaatiojärjestelmän toimintaa ennen sen käyttöönottoa fyysisessä ympäristössä. (Siemens, n.d.-d)

SIMIT-ohjelmistoa käytetään tyypillisesti seuraaviin tarkoituksiin. SIMIT mahdollistaa prosessien simuloinnin, mikä tarkoittaa, että käyttäjät voivat luoda virtuaalisen mallin prosessista tai automaatiojärjestelmästä. Tämä simulointi auttaa ymmärtämään, miten järjestelmä käyttäytyy eri tilanteissa. SIMIT-ohjelmiston avulla käyttäjät voivat testata automaatiojärjestelmän toimintaa eri skenaarioissa. Tämä sisältää esimerkiksi häiriötilanteiden simuloinnin tai erilaisten prosessiparametrien muuttamisen ja niiden vaikutusten tarkastelun. Ennen kuin automaatiojärjestelmä otetaan käyttöön fyysisessä ympäristössä, SIMIT auttaa varmistamaan, että kaikki toimii suunnitellusti. Tämä voi auttaa välttämään käyttöönoton aikaisia ongelmia ja parantamaan järjestelmän luotettavuutta. (Siemens, n.d.-d)

Simit-ohjelmisto liittyy kiinteästi Siemensin SIMATIC-järjestelmään ja tarjoaa käyttäjilleen välineet suorituskyvyn optimointiin ja virheiden ennakoointiin ennen tuotantoprosessin käynnistämistä. Tämä voi säästää aikaa, kustannuksia ja vähentää riskiä mahdollisista häiriöistä tuotantoympäristössä. (Siemens, n.d.-d)

Kuva 5. Siemens SIMIT SP (Siemens, n.d.-d)



4 Koneturvallisuus suunnittelussa

Märkäpuhalluskoneen sähkö- ja automaatio suunnittelu tehdään konedirektiivin 206/40/EY ja standardin EN-ISO 13849-1:2015 mukaisesti. Suunnittelussa tehdään koneelle turvallisuuden tavoitteiden asettaminen, riskien arviointi, riskien vähentäminen, turvatoimintojen valinta, suoritustason määrittäminen, komponenttien valinta, validointi ja todentaminen.

4.1 Konedirektiivi 206/42/EY

Konedirektiivin 206/40/EY tavoitteena on koneiden vapaa liikkuvuus markkinoilla sekä tällaisia koneita käyttävien työntekijöiden ja kuluttajien suojeleminen. Direktiivissä määritellään yleisesti sovellettavat olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset, joita täydennetään useilla erityisvaatimuksilla tiettyjä koneluokkia varten. (Eurofins, n.d.)

Valmistajalla olisi oltava täysi vastuu varmentaa, että heidän koneensa ovat konedirektiivin säännösten mukaisia. Koneenvalmistajan laatima tekninen rakennetiedosto ja koneeseen kiinnittämä CE-merkintä osoittavat, että kone on koneasetuksen tai sitä vastaavan direktiivin vaatimusten mukainen. Vaatimustenmukaisia ja CE-merkittyjä koneita voidaan myydä vapaasti koko Euroopan talousalueella. (Eurofins, n.d.)

4.2 Standardi EN-ISO 13849-1:2015

EN-ISO 13849-1 on kansainvälinen standardi, joka keskittyy koneiden turvallisuusjärjestelmien suunnitteluun. Standardi tarjoaa kattavat suunnitteluvaatimukset, joiden avulla valmistajat voivat arvioida ja vähentää koneiden käytön aiheuttamia riskejä. Se sisältää ohjeet riskiarvioinnin suorittamiseen, määrittelee turvallisuusluokat ja niiden vaatimukset sekä tarjoaa menetelmiä turvallisuusohjauksen arviointiin. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, n.d.)

Standardi EN-ISO 13849-1 auttaa varmistamaan, että koneiden turvallisuusjärjestelmät on suunniteltu ja toteutettu tietyt turvallisuusstandardit täyttäen. Standardi korostaa yhteensopivuutta CE-merkinnän kanssa, mikä osoittaa, että koneet täyttävät Euroopan talousalueen terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Ymmärtäminen ja noudattaminen standardin määräyksiä auttavat varmistamaan turvallisen käytön ja vähentämään riskiä koneiden käytössä. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, n.d.)

5 Toiminnallinen kuvaus

Ennen märkäpuhalluskoneen suunnittelun aloittamista tehdään koneelle toiminnallinen kuvaus. Toiminnallisen kuvauksen tarkoituksena on saada koneen suunnittelulle kaikki tarvittava tieto ja materiaali oikean lopputuloksen saavuttamiseksi.

Toiminnallinen kuvaus määrittelee järjestelmän, joka toteuttaa ne käyttäjien vaatimukset, jotka on asetettu käyttäjävaatimuksissa, tai laitteen toiminnot, joiden on ajateltu vastaavan käyttäjän tarpeita. Se kuvaa myös, mitä järjestelmän on kuviteltu tekevän ja mitkä mahdollisuudet se tarjoaa käyttöön. Kuvaus muodostaa pohjan järjestelmän tai laitteen suunnittelulle. (Suomen Automaatioseura ry, n.d.)

Toiminnallinen kuvaus kuvaa toiminnot, joita järjestelmä suorittaa, tiedot, joiden perusteella järjestelmä toimii, sekä toimintaympäristön. Se kuvaa kaikki oletukset, rajaukset ja standardit (näyttö, tulostus, ohjelmointi ja turvallisuus) sekä erityisesti poikkeamat käyttäjävaatimuksista. Paino on tarjottavissa toiminnoissa, ei ohjelmiston teknisessä rakenteessa. Toiminnallinen kuvaus on käyttäjävaatimuksia tarkempi toimittajan vastaus siihen, miten vaaditut toiminnot voidaan toteuttaa. (Suomen Automaatioseura ry, n.d.)

5.1 Sovelluksen määrittely

Märkäpuhalluskoneen tarkoituksena on puhdistaa automaattisesti dieselveturien Dr13, Dr 16 ja Dv 12 moottorien (Kuva 6) venttiilit peruskorjauksen yhteydessä. Venttiilit ovat yleensä moottorin pakopuolen venttiilejä, jotka ovat karstan ja muiden epäpuhtauksien peitossa pitkänkin käytön jälkeen. Koneessa voidaan puhdistaa kerralla 1–30 kpl venttiilejä. Koneen puhallus, venttiilin pyörytys ja aika-arvoja voidaan säätää käyttöliittymästä (HMI), jotta päästään parhaaseen puhdistus tulokseen. Koneessa on käsi- ja automaattiajo mahdollisuus.

Kuva 6. Dieselveturin DV 12 moottori MGO V 16 BSHR (VR Oy, n.d.)



5.2 Koneen käytön aloitus

Märkäpuhalluskoneen käyttö aloitetaan virran kytkemisellä koneeseen. Se tapahtuu vääntämällä pääkytkin Q0 asentoon 1. Virran kytkeytyessä käynnistyy kone, koneen ohjelmoitava logiikka PLC ja käyttöliittymän kosketusnäyttö HMI. Koneen turvallisuuden kannalta pitää koneen kuomuovi olla aina kiinni, kun kone käynnistetään.

Märkäpuhalluskoneessa on turvallisuutta varten kytkimiä, painikkeita ja käyttöliittymässä nappeja. Koneen turvaraja R1, joka sijaitsee koneen rungon ja kuomuoven välissä, avaa turvapiirin heti, kun kuomuovi avataan. Piirin ollessa avoimena voidaan ainoastaan avata ja sulkea kuomuovea. Teksti ”Turvapiiri R1 Auki” käyttöliittymän jokaisella sivulla ilmoittaa myös asiasta. Koneessa on myös hätäpysäytyspainike ja sen kuittaus nappi keskuskaapin JB1 ovelta sekä ”eSTOP”-nappi käyttöliittymän jokaisessa valikossa.

Märkäpuhalluskoneen käyttöliittymän päävalikosta (Kuva 7) valitaan toiminto, joka halutaan suorittaa. Käyttöliittymässä on neljä valikkosivua, joista päästään takaisin päävalikkoon halutessa.

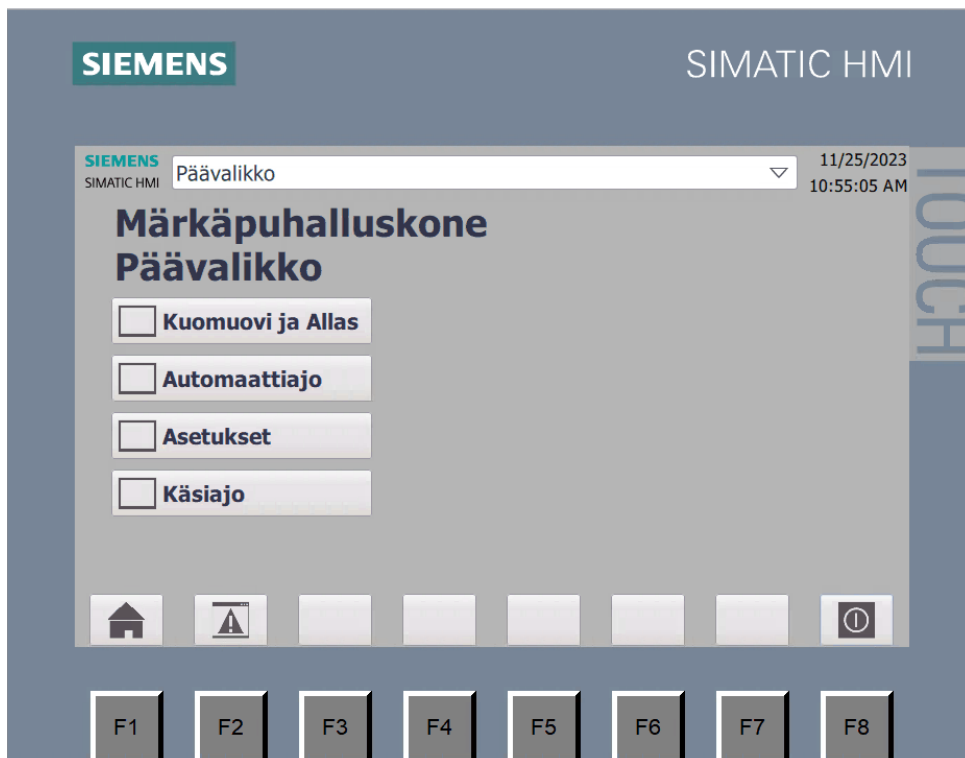
Valikko ”Kuomuovi ja Allas”, josta saadaan operoitua koneen kuomuovea, altaan täyttämistä ja tyhjentämistä sekä altaan sekoitusta ja sen aikaa. Valikossa visuaalinen seuranta kuomuovelle ja altaan veden täytölle ja tyhjennykselle.

Valikko ”Automaattiajo”, josta valitaan puhdistettavien venttiilien määrä, asetetaan puhdistus- ja kuivausaika ja käynnistetään koneen automaattiajo. Valikossa on visuaalinen prosessinseuranta.

Valikko ”Käsiajo”, josta voidaan testata ja ajaa pumpun moottoria M03 ja satelliittipöydän pyöritysmoottoria M04. Nämä toiminnot tarkoitettu tilannetta varten, jossa on epäselvää moottorien toiminnassa.

Valikko ”Asetukset”, josta säädetään puhallustehoa asteikolla 0–100 % ja satelliittipöydän pyörimisnopeutta asteikolla 0–50 Hz. Asetukset asetetaan käsin kosketusnäytöltä.

Kuva 7. Märkäpuhalluskoneen käyttöliittymän päävalikko

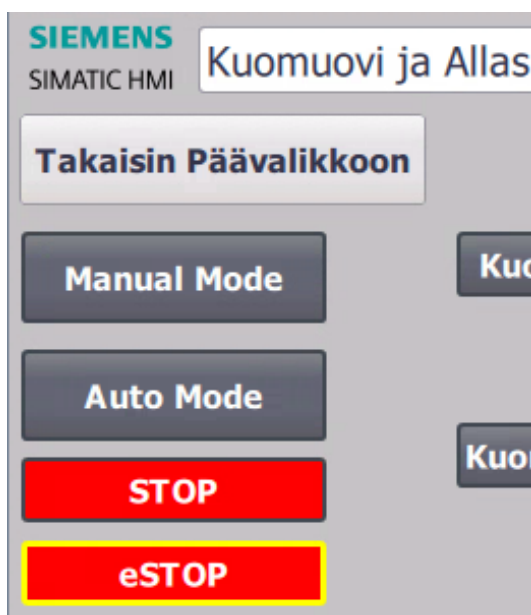


5.3 Altaan täyttö ja tyhjennys

Käyttöliittymän sivulta ”Kuomuovi ja Allas” päästään täyttämään koneen allas vedellä tai allas tyhjentämään ja uudelleen täyttämään. On myös mahdollista ohittaa tämä vaihe, jos koneessa on käyttökelpoinen vesi hioma-aineseos. Käyttökelpoisuus riippuu käytettävästä hioma-aineesta, epäpuhtauksista ja puhalluksessa irronneesta kiintoaineesta. Hioma-aineen valmistajat ohjeistavat oikeaan käyttöön ja kuinka kauan hioma-ainetta voidaan käyttää prosessissa.

Koneen kuomuoven tulee olla kiinni ennen täytön aloittamista. Veden annostelu altaaseen ei toimi, jos kuomuovi on auki. Tällöin koneen turvapiiri on avoimena ja estää kaikki muut toiminnot paitsi kuomuoven avaamisen ja sulkemisen. Altaan täyttö ja tyhjennys tapahtuvat koneen ”Manual Mode”-tilassa, joka valitaan käyttöliittymän välilehdeltä ”Kuomuovi ja Allas” painamalla ”Manual Mode”-nappia (Kuva 8).

Kuva 8. Käyttöliittymän ”Mode” valintapainikkeet, STOP ja eSTOP



Altaan täyttö aloitetaan avaamalla manuaalinen vesiventtiili HS-100, jonka jälkeen altaan täyttö tapahtuu käyttöliittymän kosketusnäytöltä (Kuva 4). Painetaan ”START TÄYTTÖ”-nappia. Vesiventtiili HS-101 aukeaa ja veden syöttö altaaseen alkaa. Täyttö tapahtuu tämän jälkeen automaattisesti.

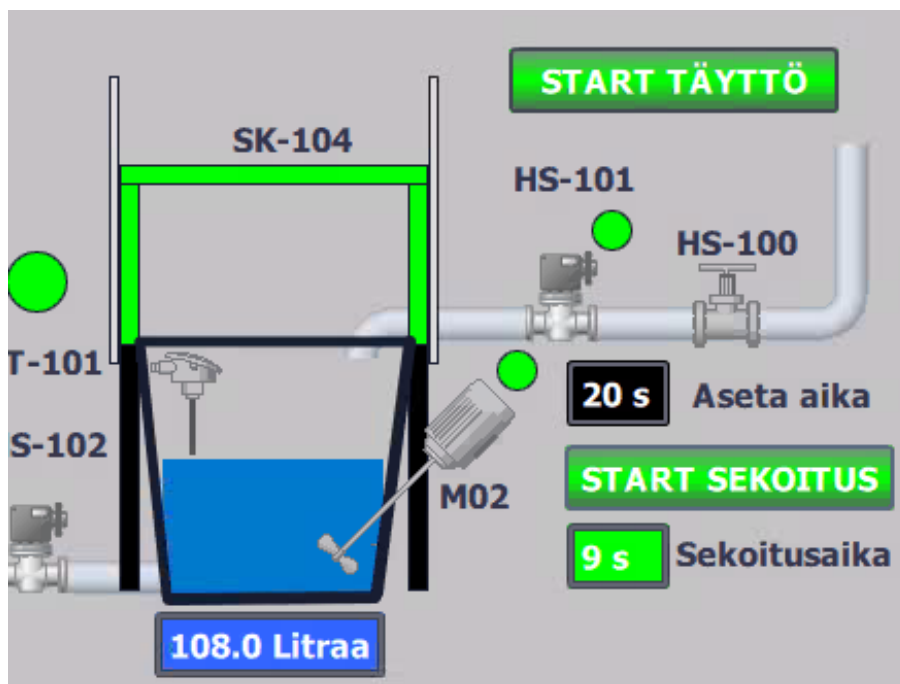
Allas on varustettu hydrostaattisella tason mittauksella LT-101 (Deltapilot FMB50), joka mittaa veden määrän altaassa ja estää altaan ylitäyttymisen. Altaan vetoisuus on 250 litraa,

mutta tarvittava vesimäärä on 200 litraa, joka on ohjelmoitu koneeseen eikä sitä voi muuttaa kuin logiikkaohjelmasta. Veden määrän altaassa näkee myös litroina käyttöliittymän visualisoinnista.

Veden annostelun voi keskeyttää painamalla "STOP"-nappia tai "eSTOP"-nappia, jolloin vesiventtiili HS-101 sulkeutuu. "eSTOP" pudottaa "Manual Mode"-tilan pois päältä. Annostelua voidaan pysäytyksen jälkeen jatkaa painamalla "Manual Mode"-nappia ja painamalla "START TÄYTTÖ"-nappia (Kuva 9). Normaalisti allas täytetään vedellä kokonaan yhdellä kertaa.

Veden annostelun jälkeen annostellaan vielä altaaseen hioma-aine valmistajan ohjeen mukaisesti sekä suljetaan veden syöttö sulkemalla vesiventtiili HS-100. Veden ja hioma-aineen seos sekoitetaan käynnistämällä sekoitusmoottori M02 painamalla "START SEKOITUS"-nappia käyttöliittymästä. Sekoitusaikaa voidaan säätää käyttöliittymästä. Sekoitus aika tässä tapauksessa annetaan syöttämällä aika kenttään "Aseta aika". Kulunut sekoitusaika näkyy myös käyttöliittymästä kohdassa "Sekoitusaika" (Kuva 9).

Kuva 9. Altaan täyttö vedellä ja sekoitus käyttöliittymästä

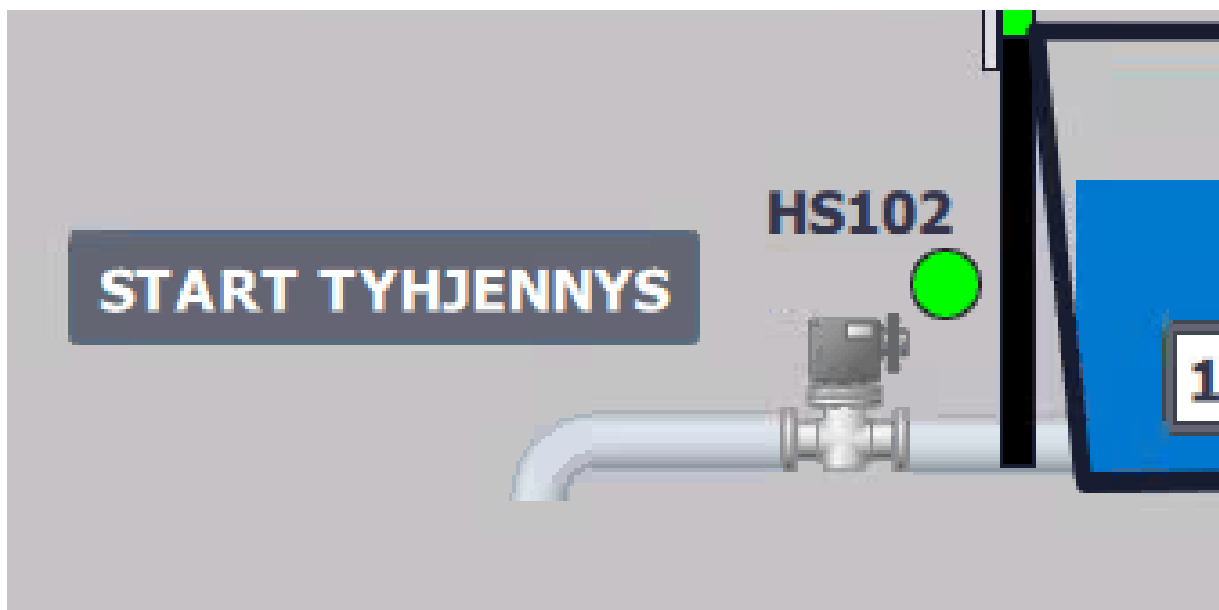


Altaan tyhjennys tapahtuu myös käyttöliittymän kosketusnäytöltä (Kuva 10), josta painetaan "ALTAAN TYHJENNYS"-nappia. Vesiventtiili HS102 aukeaa ja allas alkaa tyhjentyään. Kun allas on tyhjä vesiventtiili HS102 menee kiinni.

Altaan veden tyhjennysprosessi voidaan keskeyttää painamalla joko ”STOP”-nappia tai ”eSTOP”-nappia. Tyhjennystä voidaan pysäytyksen jälkeen jatkaa painamalla ”Manual Mode”-nappia ja painamalla ”START TYHJENNYS”-nappia. Normaalisti allas tyhjenetään vesi hioma-aine seoksesta kokonaan yhdellä kertaa.

Altaan vesi hioma-aineseos ohjataan erilliseen astiaan, jolla se kuljetetaan määrättyyn jätteenkäsittelyyn. Tämä on tärkeää, koska venttiilien puhdistuksessa voi venttiileistä irrota ongelmajätteenä luokiteltua ainesta.

Kuva 10. Altaan tyhjennys käyttöliittymästä



5.4 Kuomuoven avaaminen ja sulkeminen

Kuomuoven tehtävänä on suojata itse konetta ja sen ympäristöä prosessissa irtoavasta jätteestä ja vesi hioma-aineen suihkuamisesta koneen ulkopuolelle. Kuomuovessa on ikkuna, josta voidaan seurata prosessia tarvittaessa.

Kuomuovi avataan ja suljetaan käyttöliittymän sivulta ”Kuomuovi ja Allas” (Kuva 11). Kuomuovi aukeaa painamalla käyttöliittymästä ”Kuomu AUKI”-nappia. Panieliman ohjausventtiili SK104 ohjaa paineilmasylinterit (2 kpl) auki asentoon läheisyysanturille ZSO104. Ilmasylinterit nostavat kuomuoven ylös. Turvaraja R1 avautuu. Käyttöliittymälle ilmestyy punainen teksti ”Turvapiiri R1 AUKI”. Kuomuoven ollessa ylhäällä, koneen turvaraja R1 pitää huolen siitä, ettei mikään koneen toiminto käynnisty ja aiheuta

työtapaturmaa käyttäjän ollessa koneen sisällä. Kuomuovea avatessa tulee olla erittäin huolellinen, ettei ihmisiä tai tavaroita ole kuomuoven toiminta ympäristössä.

Kuomuovi sulkeutuu painamalla käyttöliittymästä ”Kuomu KIINNI”-nappia”. Ilmaventtiili SK104 ohjaa sylinterit kiinni asentoon läheisyysanturille ZSC104. Samalla turvaraja R1 kytkeytyy päälle ja koneen kaikki toiminnot palautuvat toiminnalliseen tilaan.

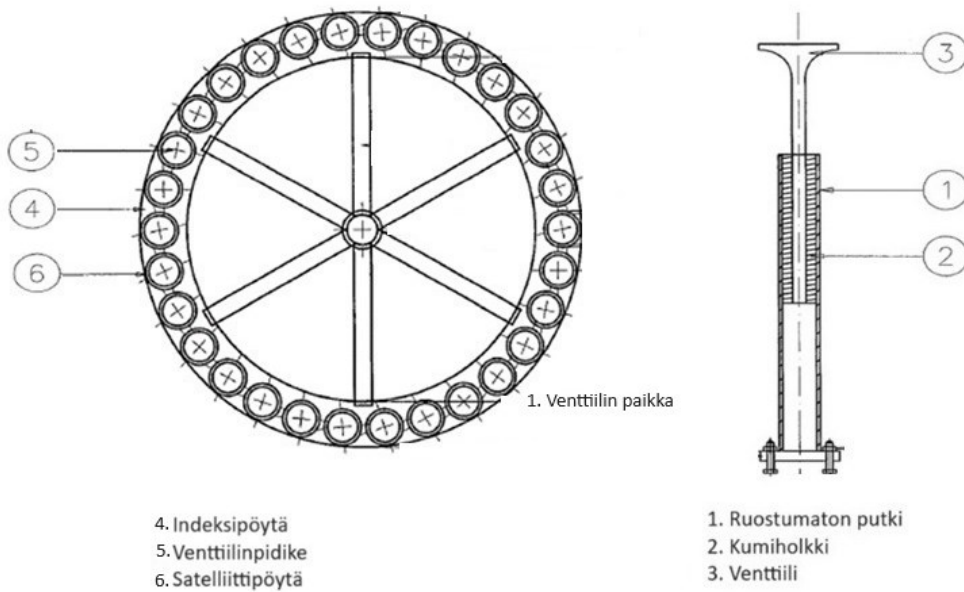
Kuva 11. Kuomuoven ohjaus käyttöliittymästä, kuomuovi ylhäällä



5.5 Venttiilien asettaminen koneeseen

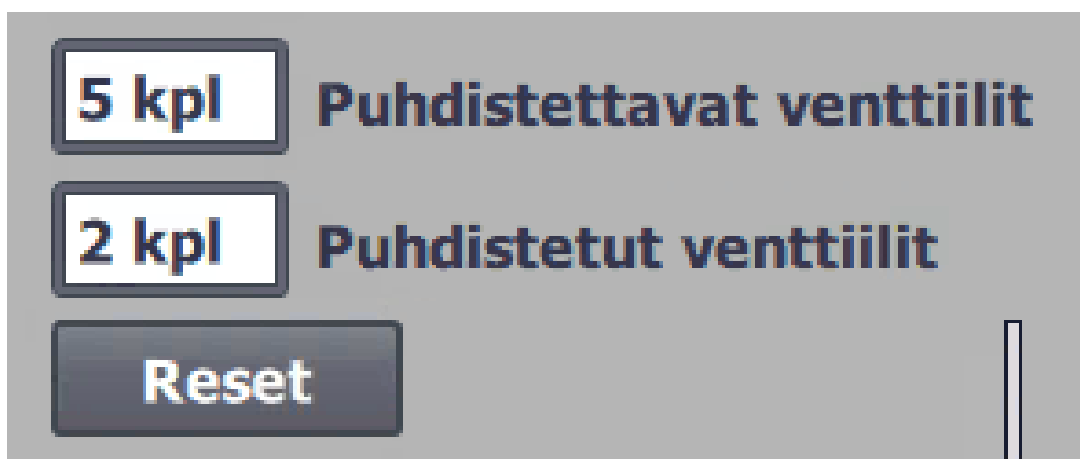
Kuomuoven ollessa avattuna asennetaan venttiilit indeksipöydässä olevien satelliittipöytien venttiilipidikkeisiin aloittaen paikasta 1, joka on merkittynä indeksipöytään (Kuva 12). Venttiilit asetetaan peräkkäisiin venttiilipidikkeisiin, jotta puhallusprosessissa kaikki venttiilit tulevat puhalletuiksi. Kone ei tunnista pidikkeissä olevia venttiilejä. Venttiilipidikkeet on varustettu kumiholkeilla, jotka pitävät asetetut venttiilit tiukasti paikoillaan puhallusprosessin aikana. On myös tärkeää, että venttiilit painetaan pohjaan asti venttiilipidikeihin. Märkäpuhalluskoneella on mahdollista puhdistaa 1–30 venttiiliä kerralla. Kun kaikki puhdistettavat venttiilit ovat paikoillaan, käyttäjä sulkee koneen kuomuoven painamalla ”Kuomu KIINNI”-nappia.

Kuva 12. 30-paikkainen indeksipöytä ja Satelliittipöydän venttipidike



Käyttöliittymän välilehdeltä "Automaattiajo" asetetaan venttiilimäärä, jotka on tarkoitus puhdistaa, kohtaan "Puhdistettavat venttiilit" (Kuva 13). Käyttöliittymästä näkee myös kyseisen automaattiajon aikana puhdistetut venttiilit. Automaattiajon jälkeen voidaan puhdistetut venttiilit lukumäärä "nollata" painamalla "Reset"-nappia. Tilanteessa, jossa prosessi joudutaan keskeyttämään painamalla "STOP"-nappia laskuri ei "nollaannu". Uudelleen käynnistettäessä laskuri jatkaa siitä lukemasta mihin se oli jäänyt ennen pysäyttämistä.

Kuva 13. Puhdistettavien venttiilien määrä, puhdistetut venttiilit ja nollaus

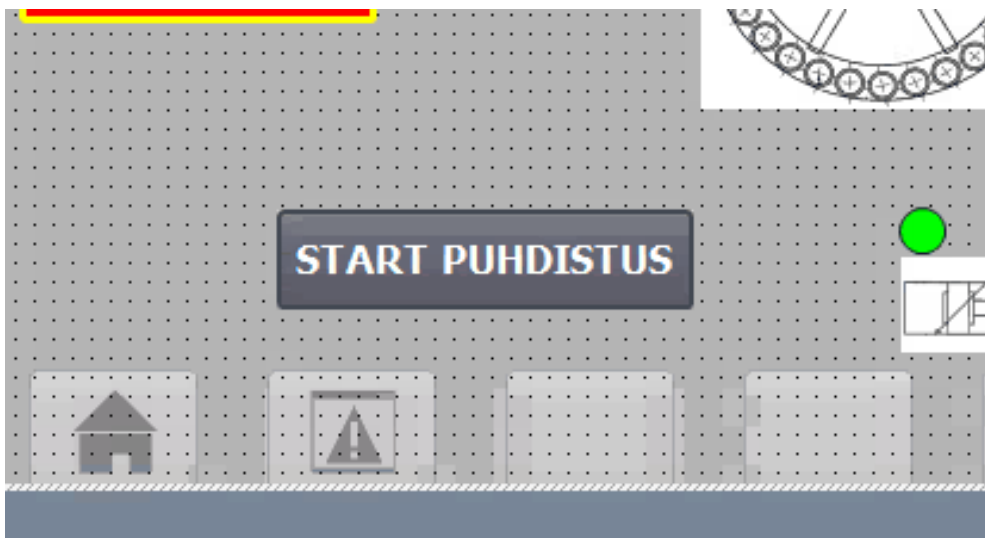


5.6 Automaattinen puhdistus

Venttiilien automaattinen puhdistus aloitetaan valitsemalla käyttöliittymän päävalikosta välilehti "Automaattiajo". Sitten painetaan "Auto Mode"-nappia, jolloin koneen automaattiajo käynnistyy. Tämän saa pois päältä painamalla joko "Manual Mode"-nappia tai painamalla "eSTOP"-nappia.

Venttiilien puhdistusprosessi käynnistetään painamalla "START PUHDISTUS"-nappia (Kuva 14), jolloin kone aloittaa automaattisen venttiilien puhdistamisen sekvenssi ajona. Kone puhdistaa automaattisesti asetetun venttiilimäärän mukaisesti ja lopettaa puhdistusprosessin, kun kaikki venttiilit on puhdistettu. Puhdistusprosessin voi pysäyttää painamalla joko "STOP"-nappia tai "eSTOP"-nappia. Nämä toiminnot pudottavat "Auto Mode"-tilan pois päältä, joten puhdistus prosessin jatkaminen vaatii "Auto Mode"-tilan uudelleen valinnan ja "START PUHDISTUS"-napin painamisen.

Kuva 14. Venttiilien puhdistuksen aloitus "START PUHDISTUS"



Automaattiajo suoritetaan sekvenssijona. Sekvenssin ensimmäisellä vaiheessa (Step 1) käynnistetään puhdistusohjelma. Toisessa vaiheessa (Step 2) paineliman ohjausventtiili PS01 ohjaa paineilmasylinterin auki asentoon läheisyysanturilta S2 "Sylinteri kiinni" läheisyysanturille S1 "Sylinteri auki". Sylinteri liikuttaa indeksipöytää yhden venttiilipaikan eteenpäin sylinterin ollessa auki asennossa. Indeksipöydässä on yhteensä 30 venttiili paikkaa. Tämän jälkeen sylinteri palautuu takaisin läheisyysanturille S2 "Sylinteri kiinni".

Kolmannessa vaiheessa (Step 3) käynnistetään moottori M02 altaan sekoitusmoottori. Sekoitusajaksi on ohjelmoitu 10 sekuntia tässä askeleessa. Sekoitus jatkuu seuraavassa askeleessa (step 3) ja sekoitusmoottori M02 pysähtyy, kun askeleen 3 kaikki toiminnot on suoritettu.

Neljännessä vaiheessa (Step 4) tehdään venttiilin puhdistustoiminnot. Altaan sekoitus on yhä käynnissä Taajuusmuuttaja ohjattu vaihdemoottori M04 alkaa pyörittämään satelliittipöytää, jossa venttiili asetettuna venttiilipidikkeeseen. Samalla käynnistyy puhallustoiminto. Pumppu M03 käynnistyy ja alkaa pumpata vesi hioma-aine seosta altaasta puhalluspistooleille (2 kpl). Proportionaaliventtiili PVR-103 alkaa syöttää paineilmaa puhalluspistooleille. Moottoria M04 satelliittipöydän pyörimisnopeutta, paineilmaiventtiiliä PRV103 ja puhallusprosessin aikaa voidaan säätää käyttöliittymästä välilehdeltä "Asetukset".

Ohjelma ja kone pysähtyvät, kun kaikki asetetut puhdistettavat venttiilit saavuttavat tilan puhdistetut venttiilit. Puhdistusprosessi on valmis. Puhtaat venttiilit voidaan poistaa koneesta avaamalla kuomuovi ja ottamalla venttiilit irti satelliittipöydistä.

5.7 Laitteiston määrittely

Laitteiston määrittelyssä tehtiin märkäpuhalluskoneelle laiteluettelo, moottoriluettelo ja I/O-varausluettelo. Nämä luettelot sisältävät kaikki tarvittavat laitteet, joita koneessa tarvitaan.

Laiteluettelossa (Liite 19), on esitetty kaikki märkäpuhalluskoneen instrumentointi laitteet, niiden piiripositiot, piirikuvaukset, nimet, laitepositiot, valmistajat ja laitekoodit.

Laiteluettelossa myös laitteiden I/O-kanavat.

Moottoriluettelossa (Liite 18) on esitetty märkäpuhalluskoneen moottorit, niiden moottoripositiot, piirikuvaukset, laitepositiot, laitenimitykset, tehot, virrat, kierrosnopeudet ilman vaihdetta, kierrosnopeudet vaihteen kanssa, välityssuhteet, taajuudet, asennus asennot, valmistajat, tyyppikoodit, suojalaitteiden tyyppikoodit, ohjauskojeiden tyyppikoodit ja moottorilähtöjen muut komponentit.

I/O-luettelossa (Liite 20) on esitetty märkäpuhalluskoneen logiikan I/O-kortit, laitteiden ja toimintojen "Tag"-nimet, Data-tyypit, osoitteet, korttiosoitteet ja ohjauspaikka. Näitä käytetään PLC-ohjelman teossa.

6 Sähkö- ja kenttäsuunnittelu (Cadmatic Electrical)

Tässä opinnäytetyössä Cadmatic Electricalilla tehtiin kaikki sähkösuunnitteluun tarvittava dokumentaatio. Märkäpuhalluskoneen 400 VAC jännitteenjako, 24 VDC jännitteenjako, instrumenttipiirikaaviot, moottoripiirikaaviot, keskuslayout osaluetteloineen ja kaapeliluettelo.

6.1 400 VAC jännitteenjako

Märkäpuhalluskoneen sähkösuunnittelun 400 VAC jännitteenjaossa (Liite 1 ja 2) piirrettiin jännitteen syöttö koneen keskuskaapille. Syötöt kaapissa oleville moottorinsuojakatkaisijoille, johdonsuojakatkaisijoille, 24 VDC virtalähteelle ja keskuskaapin pistorasialle.

Moottorit ja laitteet on esitetty keskuskaapin osaluetteloissa, moottoriluettelossa ja laiteluettelossa. Luetteloista löytyy tarkat koodit kaikille laitteille.

6.2 24 VDC jännitteenjako

Märkäpuhalluskoneen sähkösuunnittelun 24 VDC jännitteenjaossa (Liite 3) piirrettiin jännitteen syöttö logiikan CPU:lle, DI-kortille, DQ-kortille, AI-kortille, AQ-kortille. Syöttö rakennettiin myös käyttöliittymän HMI-paneelille johdonsuojakatkaisijalla ja keskuskaapin puhaltimelle johdonsuojakatkaisijalla.

24 VDC jännite on jaettuna keskuskaapissa riviliittimille, joihin kaapin ulkopuolelta tulevat kaapelit kytketään. Keskuskaapissa on myös 0 VDC, PE ja TE riviliittimet.

6.3 Piirikaaviot

Piirikaaviot piirrettiin kaikille moottoreille M02 altaan sekoitus (Liite 4), M03 pumppu (Liite 5) ja M04 satelliittipöydän pyöritys taajuusmuuttajalla (Liite 6). Piirikaavioissa sekä kytkentäkaapin JB1 osuus ja kenttä osuus.

Piirikaaviot vesiventtiileille HS101 veden syöttö (Liite 7) ja HS102 altaan tyhjennys (Liite 8). Piirikaavioissa sekä kytkentäkaapin JB1 osuus ja kenttä osuus.

Piirikaaviot ilmaventtiileille PS01 indeksipöydän pyöritys Liite 11) ja SK104 kuomuoven auki/kiinni (Liite 12) Piirikaavioissa sekä kytkentäkaapin JB1 osuus ja kenttä osuus.

Piirikaaviot A103 ilman puhallus proportionaaliventtiili (Liite 10) ja LT-101 (Liite 9) pinnanmittaukselle. Piirikaavioissa sekä kytkentäkaapin JB1 osuus ja kenttä osuus.

6.4 Kaapeliluettelo

Kaapeliluettelo (Liite 17), jossa kaapelitunnukset, kaapelityypit, kaapeleiden lähtö- ja päätepisteet ja kaapeleiden pituudet. Kaapeliluettelo saadaan tulostettua Catmatic Electrical ohjelmasta, kun kaikki kaapeloinnit on suunniteltu valmiiksi jännitteenjakoihin ja piirikaavioihin.

Kaapelointisuunnittelussa käytettiin pääasiassa häiriönsuojattuja kaapeleita. Häiriön suojauksen tarkoituksena on estää heikkovirta kaapeleiden häiriöt.

6.5 Keskuskaappilayout ja osaluettelo

Märkäpuhalluskoneen keskuskaapiksi valittiin Rittal'in AX-peruskaappi asennuslevyllä, jonka koko on 800 x 1000 x 300. Asennuslevyyn 35 mm asennuskiskot komponenttien kiinnitystä varten ja kaapelikourut kaapelien ohjaukseen ja kiinnittämiseen.

Keskuskaappiin (Liite 15) laitteiden sijoittelussa pyrittiin siihen, että vaihtovirtapiiriin (400 VAC) komponentit sijoitetaan kaapin oikealle puolelle ja tasavirta (24 VDC) komponentit sijoitetaan kaapin vasemmalle puolelle. Keskuskaapin osaluettelossa (Liite 16) esitetään positio, missä osa sijaitsee, osan kuvaus, osan tyyppi, osan valmistaja ja osan kappalemäärä positiossa.

7 Automaatiojärjestelmän suunnittelu

Automaatiosuunnittelussa käytettiin SIEMEN TIA Portal V16-ohjelmaa. Suunnittelu aloitettiin määrittämällä kokoonpano laitteistolle. Sen jälkeen tehtiin PLC-ohjelmointi kaikille märkäpuhalluskoneen liikkeille ja tapahtumille.

7.1 PLC-laitteiston määrittely

Märkäpuhalluskoneen automaation laitteiston määrittelyyn käytettiin Siemensin TIA Selection Tool-ohjelmaa (Kuva 15). Märkäpuhalluskoneeseen tarvittavat PLC-komponentit ja lisävarusteet valittiin Siemensin S7-1500 sarjasta. Valittiin seuraavat komponentit:

Virtalähde (SITOP PSU100L/1AC/24VDC/5A). Suoritin (CPU 1511-1PN), jossa Profinet-liitäntä, työmuisti 225 KB, tietomuisti 1 MB ja jännite +24 V.

Digitaalisten tulojen tarve oli 24 kpl (DI 32x24VDC HF), digitaalisten lähtöjen tarve oli 10 kpl (DQ 16x24VDC/0,5A HF), analogisten tulojen tarve oli 1 kpl (AI 8xU/I/RTD/TC ST) ja analogisten lähtöjen tarve oli 2 kpl (AQ 4xU/I HF). Tulojen ja lähtöjen tarve mitoitettiin 10 prosentin laajennusvaralla.

HMI-paneeliksi valittiin 7” TFT-näyttö (SIMATIC HMI KTP700 Basic), jossa näppäin ja kosketustoiminto, 65536 väriä ja Profinet-liitäntä.

Siemens TIA Selection Tool tuottaa komponenttivalinnoista ns. ostoslistan, jossa on luetteluna kaikki tarvittavat laitevalinnat ja lisävarusteet (Kuva 12). Ostoslistan avulla on helppo tilata tarvittavat tuotteet suoraan valmistajalta.

Kuva 15. Siemens TIA Selection Tool ”Ostoslista” Märkäpuhalluskone 2.0 (Siemens, n.d.-c)

Order list Project Märkäpuhalluskone 2.0

SIEMENS

1. Order list

Basic Panel			
Article number	Name	Quantity	Single parts
6AV2123-2GB03-0AX0	SIMATIC HMI KTP700 Basic	1 Pieces	1
S7-1500_1			
Article number	Name	Quantity	Single parts
6ES7590-1AC40-0AA0	S7-1500, mounting rail 245 mm (9.6")	1 Pieces	1
6ES7511-1FK02-0AB0	CPU 1511F-1PN, 225KB prog, 1MB data	1 Unit	1
6ES7954-8LP03-0AA0	SIMATIC S7 Memory Card, 2 GB	1 Unit	1
6ES7521-1BL00-0AB0	S7-1500, DI 32x24VDC HF	1 Pieces	1
6ES7592-1AM00-0XB0	Frontconnector Screw Type (35mm Mod.)	4 Pieces	4
6ES7522-1BH01-0AB0	S7-1500, DQ 16x24V DC/0.5A HF	1 Pieces	1
6ES7531-7KF00-0AB0	S7-1500, AI 8xU/I/RTD/TC ST	1 Pieces	1
6ES7532-5ND00-0AB0	S7-1500, AQ 4xU/I HF	1 Pieces	1
SITOP			
Article number	Name	Quantity	Single parts
6EP1332-1LB00	SITOP PSU100L/1AC/24VDC/2.5A	1 Pieces	1
SITOP_2			
Article number	Name	Quantity	Single parts
6EP1333-1LB00	SITOP PSU100L/1AC/24VDC/5A	1 Pieces	1

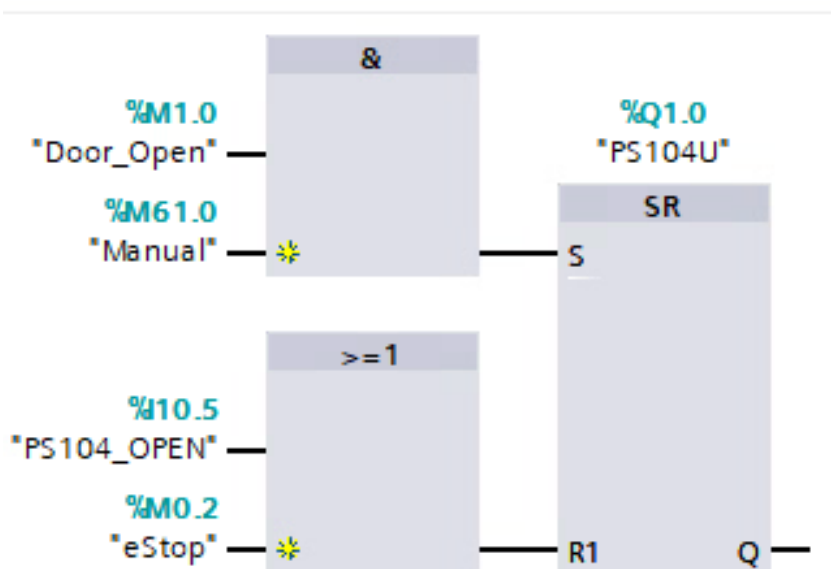
7.2 PLC-ohjelmointi

PLC-ohjelmointi aloitettiin suunnittelemalla, millaisia toiminnallisia kokonaisuuksia koneessa on I/O-luettelon pohjalta. Ohjelmointikielenä käytettiin FBD-kieltä (Function block diagram).

Kuomuoven aukaiseminen ja sulkeminen, joka toteutettiin Function-toiminnolla (FC), johon oven molemmalle liikesuunnalle tehtiin oma SR-lohko (Set/reset flip-flop) (Kuva 16).

Käyttöliittymään tehtiin painikkeet ”Kuomu AUKI” kuomun aukaisua varten ja ”Kuomu KIINNI” sulkemista varten.

Kuva 16. Function-Kuomuoven avaus

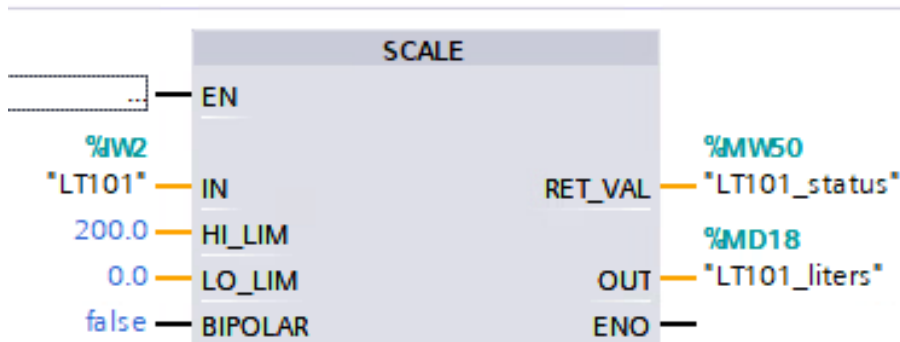


Altaan täyttö vedellä ja tyhjennys toteutettiin sekvenssillä, joka on tyypiltään ”Function block”. Sekvenssiohjauksesta on kerrottu opinnäytetyön kohdassa 5.4 Sekvenssiohjukset. Molemmilla toiminnoilla on oma sekvenssinsä. Veden täyttö sekvenssi käynnistetään ”START Allas_Täyttö”-komennolla ensimmäisessä vaiheessa (Step 1). Toisessa vaiheessa (Step 2) vesiventtiili HS101 aukeaa ja ohjelma laskee altaaseen 200 litraa vettä. Tämän jälkeen vesiventtiili HS101 sulkeutuu. Veden tyhjennys sekvenssi käynnistetään ”START_Allas_Tyhjennys” komennolla ensimmäisessä vaiheessa (Step 1). Toisessa vaiheessa (Step 2) vesiventtiili HS102 aukeaa ja ohjelma laskee altaasta 200 litraa vettä pois, altaan tyhjäksi. Tämän jälkeen vesiventtiili HS102 sulkeutuu.

Täyttö ja tyhjennys voidaan keskeyttää kesken sekvenssin painamalla käyttöliittymästä ”STOP” tai ”eSTOP”. Normaalisti allas täytetään täyteen kerralla ja tyhjennetään tyhjäksi kokonaan,

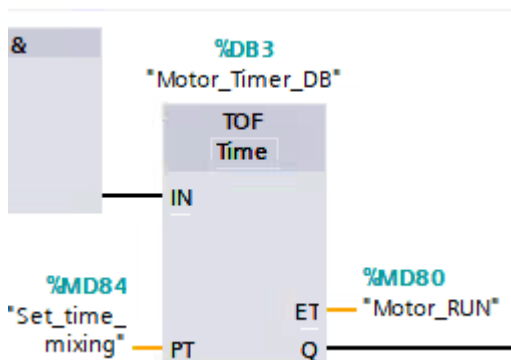
Veden hydrostaattisen pinnanmittauksen 4–20 mA raaka-arvo 27648 skaalattiin, jotta saatiin tulos esitettyä litroina (Kuva 17). Altaan tilavuudeksi asetettiin 200 litraa.

Kuva 17. Hydrostaattisen pinnanmittauksen skaalaus



Altaan sekoitusmoottorin M02 käsjäjo toteutettiin Function-toiminnolla (FC). Moottori käynnistyy ”Start M02”-komennolla. Funktiossa mukana TOF-ajastin (Kuva 18), joka pysäyttää sekoituksen, kun käyttöliittymästä asetettu aika on kulunut.

Kuva 18. TOF-ajastin



Automaattiajo, jossa märkäpuhalluskone puhdistaa venttiilit automaattisesti toteutettiin sekvenssillä (Kuva 19). Sekvenssi käynnistyy ”Start_Puhdistus”-komennolla ensimmäisessä vaiheessa (Step 1), puhdistuksen käynnistys.

Toisessa vaiheessa (Step 2), indeksipöytä, pyöräytetään indeksipöytää yhden askeleen verran. Ilmasynterinin venttiili PS01 aukeaa ja sylinterinvarsi siirtyy rajalta S1 (Sylinteri kiinni) rajalle S2 (Sylinteri auki), PS01 sulkeutuu ja sylinteri palaa takaisin rajalta S2 rajalle S1.

Kolmannessa vaiheessa (Step 3), altaan sekoitus, altaan sekoitusmoottori M02 käynnistyy ja sekoittaa 5 sekuntia. Sekoitus jatkuu seuraavassa askeleessa.

Neljännessä sekvenssin vaiheessa (Step 4), puhdistus prosessi, sekoitusmoottori M02 jatkaa sekoitusta vaiheen loppuun. Pumppu M03 alkaa pumpata vesi hioma-aine seosta puhallussuuttimille. Satelliittipöydän pyöritysmoottori M04 käynnistyy ja pyörittää venttiiliä ja jatkaa viidenteen vaiheeseen (Step 5). Proportionaaliventtiili PRV103 aukeaa ja alkaa syöttämään ilmaa puhallussuuttimille ja jatkaa viidenteen vaiheeseen (Step 5). Pumppu M03 ja sekoitusmoottori M02 pysähtyvät vaiheen neljä jälkeen. Vaiheessa 4 on ajastin, jolla puhallus syklin aikaa voidaan säätää käyttöliittymästä.

Viidennessä sekvenssin vaiheessa (Step 5), kuivaus, proportionaaliventtiili PRV103 jatkaa ilman puhallusta puhallussuuttimille ja pyöritysmoottori M04 jatkaa venttiilin pyörittämistä niin kauan kuin vaiheessa oleva ajastin saavuttaa kuivausajan, joka on asetettu käyttöliittymästä. Sekvenssi on valmis ja palaa takaisin askeleeseen 2, jos suunniteltu venttiilimäärä ei ole saavutettu. Kun venttiilimäärä on saavutettu, koneen automaattiajo pysähtyy.

7.3 Sekvenssiohjaukset (Graph)

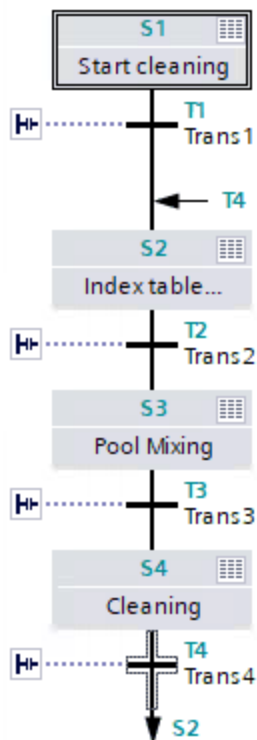
Sekvenssi on prosessin automatisoimista tai järjestämistä tietyssä järjestyksessä. Se tarkoittaa sitä, että erilaiset toiminnalliset vaiheet suoritetaan automaattisesti tietyn määritetyn järjestelmän mukaisesti. Sekvenssi automaatiassa käytetään usein ohjelmistoja, algoritmeja tai ohjauksjärjestelmiä varmistamaan, että eri vaiheet tapahtuvat tietyn kaavan mukaisesti. Esimerkiksi on teollisuusprosessi, jossa raaka-aineiden käsittely, tuotantovaiheet ja lopputuotteen valmistus tapahtuvat tietyn sekvenssin mukaisesti. Automaatiojärjestelmä voi ohjata koneita ja laitteita suorittamaan eri vaiheet automaattisesti, mikä tehostaa prosessia ja vähentää virheiden mahdollisuutta. (Siemens, n.d.-e)

Ohjelmoinnissa sekvenssi automaatiassa voi liittyä ohjelmakoodin suorittamiseen tietyssä järjestyksessä. Ohjelmoija määrittelee toiminnot ja niiden järjestyksen, ja sitten ohjelmisto suorittaa ne määrättyssä sekvenssissä. (Siemens, n.d.-e)

Sekvenssi automaatio on laajasti käytössä eri aloilla, kuten teollisuusautomaatiossa, tietotekniikassa, tietojärjestelmissä ja monissa muissa sovelluksissa, joissa toimintoja halutaan automatisoida ja suorittaa tietyssä järjestyksessä. (Siemens, n.d.-e)

Märkäpuhalluskoneen automaatiassa sekvenssiohjausta (Kuva 19) käytettiin "Auto Mode"-tilan automaattisessa puhdistustoiminnossa- "Manual Mode"-tilassa sekvenssiohjausta käytettiin kuomuoven avauksessa ja suljennassa.

Kuva 19. Märkäpuhalluskoneen puhdistus sekvenssi

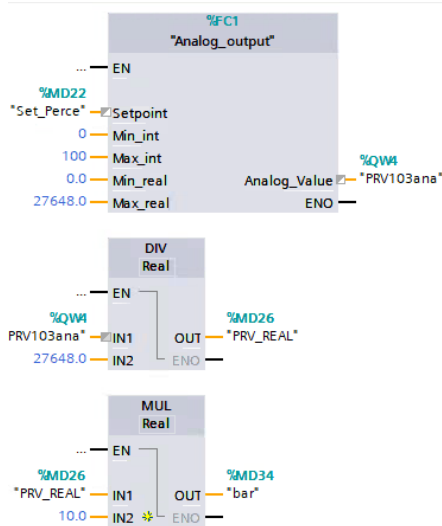


7.4 Analoginen I/O

Analogisen I/O:n signaalien arvoalue on yleensä suurempi kuin 1 tai 0, eivätkä signaalit ole vain päällä/pois tai auki/kiinni. Analoginen I/O mittaa yleensä jännitettä tai virtaa ja syöttää sen lähtöön. Esimerkkejä analogisista tulosta ovat lämpötila-anturit, öljynpaineanturit, hiilidioksidianturit ja painovaa'at. Lähtöjä analogisessa I/O:ssa käytetään tehon, virran tai jännitteen ohjaamiseen. Analoginen I/O yleensä mittaa analogisia tuloja, jotka voivat olla muodossa -10 - +10 VDC, 0 - +10 VDC, 1–5 VDC, 0–1 mA tai 4–20 mA. Jotta PLC ymmärtää analogiset signaalit, on ne muunnettava A/D-muuntimen avulla digitaalisiksi lukuarvoiksi. (George Brown College, 2021)

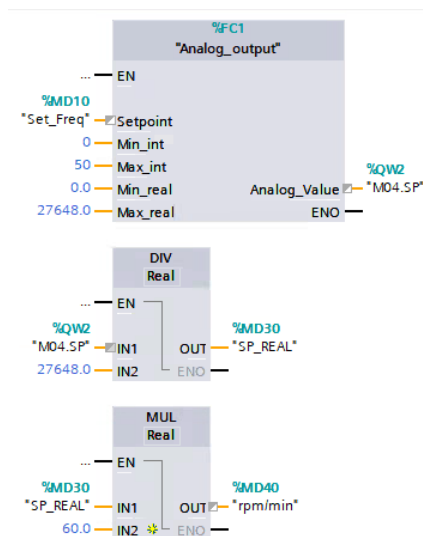
Märkäpuhalluskoneessa käytettiin analogista I/O:ta kolmen laitteen ohjaamiseen. Analogista lähtöä käytettiin puhallusilman proportionaaliventtiin (Festo MPYE-51/4-420-B) 4–20 mA säätöön maksimi 10 baaria (Kuva 20). Säätväli proportionaaliventtiilissä on 0–100 % (Kuva 22)

Kuva 20. Proportionaaliventtiin analogisen lähdön skaalaus



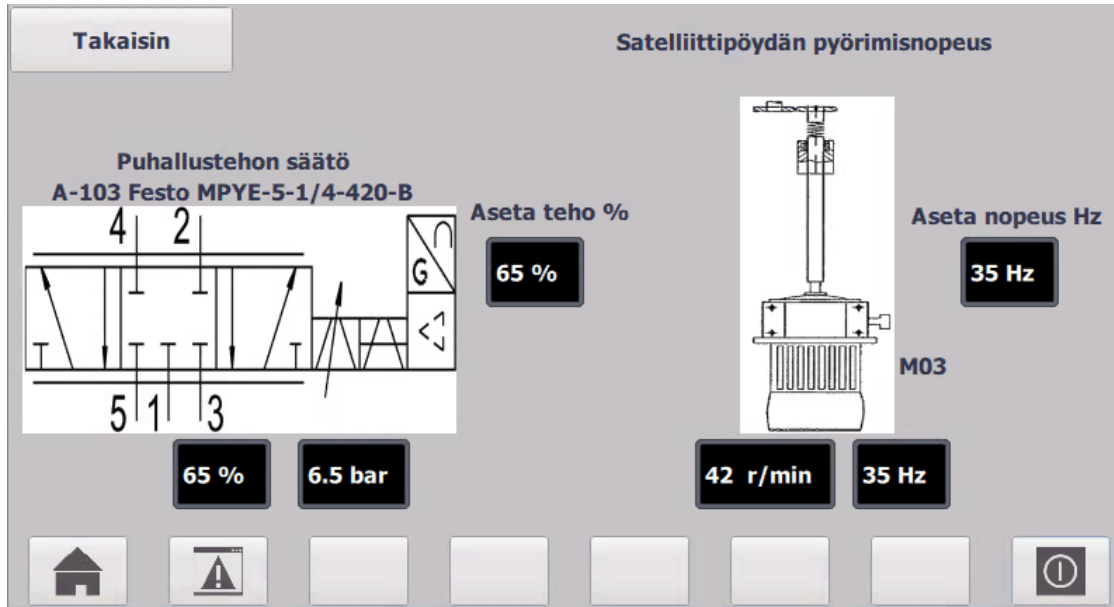
Satelliittipöydän venttiilien pyöritysmoottorin nopeuden säätöön taajuusmuuttajan (ABB AC580-01-03A4-4) ohjauksessa 4–20 mA. Satelliittipöydän moottori on vaihdemoottori, jonka pyörimisnopeus on 1455 r/min ja vaihteen kanssa 60 r/min välityssuhteella 24,42. Säätväli taajuusmuuttajaohjauksessa on 0–50 Hz (Kuva 21).

Kuva 21. Venttiilien pyöritysmoottorin taajuusmuuttajan skaalaus



Analogista tuloa käytettiin altaan veden pinnanmittauksessa pintalähtetimestä (Deltapilot FMB50). Tulo skaalattiin raaka-arvosta litroiksi.

Kuva 22. Analogiset säädöt käyttöliittymässä



PLC-ohjelmoinnin lopuksi kaikki ohjelmalohkot lisättiin TIA Portal-ohjelman pääohjelmaan. Tämä siksi, että kaikki ohjelmalohkot toimisivat yhdessä kokonaisuutena.

7.5 Märkäpuhalluskoneen turvallisuussuunnittelu

Märkäpuhalluskoneessa suunniteltiin kaksi turvapiiriä, jotka takaavat koneen turvallisen käytön. Turvapiirit ovat kuomuoven oviraja "R1" (Liite 13) ja hätäpysäytys "eSTOP" (Liite 14). Turvapiirien tarkoitus on estää kaikki vaarallinen toiminta koneen läheisyydessä ja estää riskejä ja niiden aiheuttamia työtaturmia.

Kuomuovi toimii koneen suojana, kun se on suljettuna. Tällöin kukaan ei pääse koneen sisälle, kun koneen puhdistusprosessi on käynnissä. Kuomuoven ja koneen rungon välissä on turvaraja R1, joka estää kuomuoven ollessa ylhäällä kaikkien toimilaitteiden käynnin paitsi kuomuoven aukaisun ja sulkemisen. Turvareleenä kuomuovessa käytettiin Pilzin PNOZ s4 750104 turvarelettä (Kuva 23).

Kuva 23. Turvarele Pilz PNOZ s4 750104 (Pilz, n.d.)



Märkäpuhalluskoneessa on hätäseispiiri varustettuna ohjauskeskuksen kannessa olevalla ”Hätäseis”-painikkeella ja sen kuittausnapilla. Käyttöliittymän jokaisella sivulla on myös kosketusnäytöltä toimivat ”Hätäseis”-painikkeet, jotka pysäyttävät koneen toiminnot tarvittaessa. Turvareleena hätäseispiirissä käytettiin Pilzin PNOZ s4 750104 turvarelettä. (Kuva 23).

8 Käyttöliittymä, HMI

Käyttöliittymä suunnittelussa käytettiin SIEMEN TIA Portal V16-ohjelmaa. Ohjelmassa on oma osionsa valitulle HMI-käyttöliittymälle, josta päästään suunnittelemaan toimintakuvauksen mukainen käyttöliittymä.

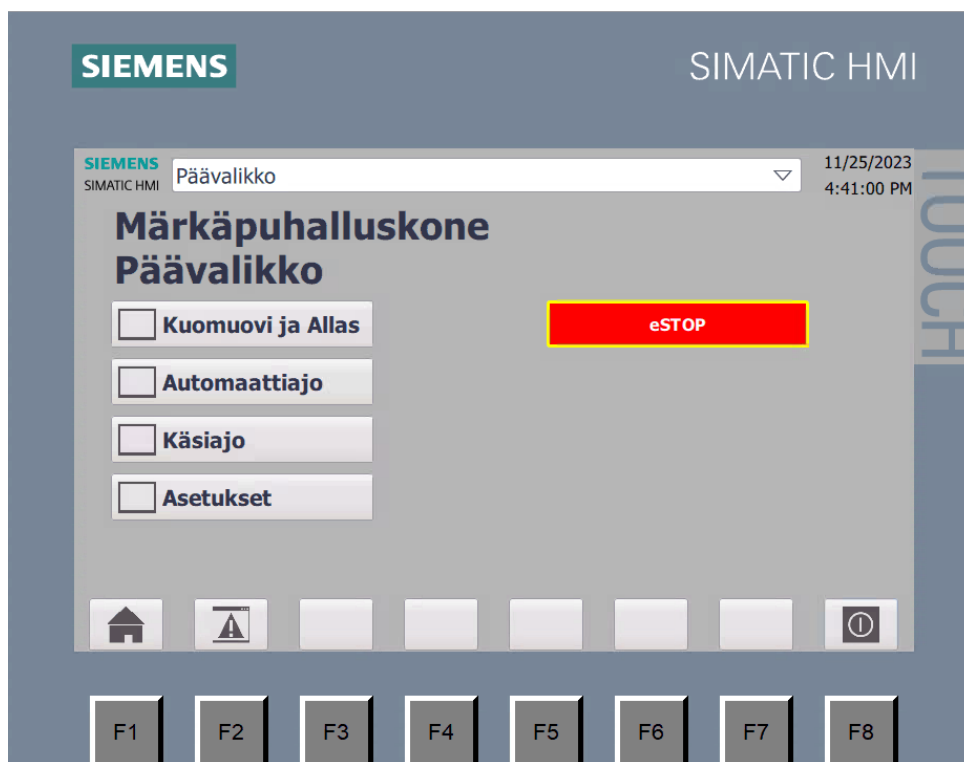
Käyttöliittymän tarkoituksena on antaa koneen käyttäjälle mahdollisimman helppokäyttöinen työkalu koneen toiminnallisuuteen. Käyttöliittymässä myös visuaalisia elementtejä käyttäjän työn helpottamiseksi.

8.1 Päävalikko

Märkäpuhalluskoneen käyttöliittymään tehtiin päävalikon (Kuva 24) lisäksi neljän välilehden käyttöliittymä. Nämä välilehdet ovat: ”Kuomuovi ja Allas”, ”Automaattiajo”, ”Käsiajo” ja ”Asetukset”.

Päävalikosta päästään haluttuun valikkoon painamalla valikon nappia tai hakemalla haluttu valikko näytön ylälaudassa olevasta luettelosta. Takaisin päävalikkoon päästään painamalla välilehdillä ”Takaisin Päävalikkoon”-nappia tai painamalla näytön vasemmassa alareunassa olevaa talonkuvaa-nappia. Päävalikko sisältää myös hätäpysäytys napin ”eSTOP”.

Kuva 24. Käyttöliittymän sivu päävalikko



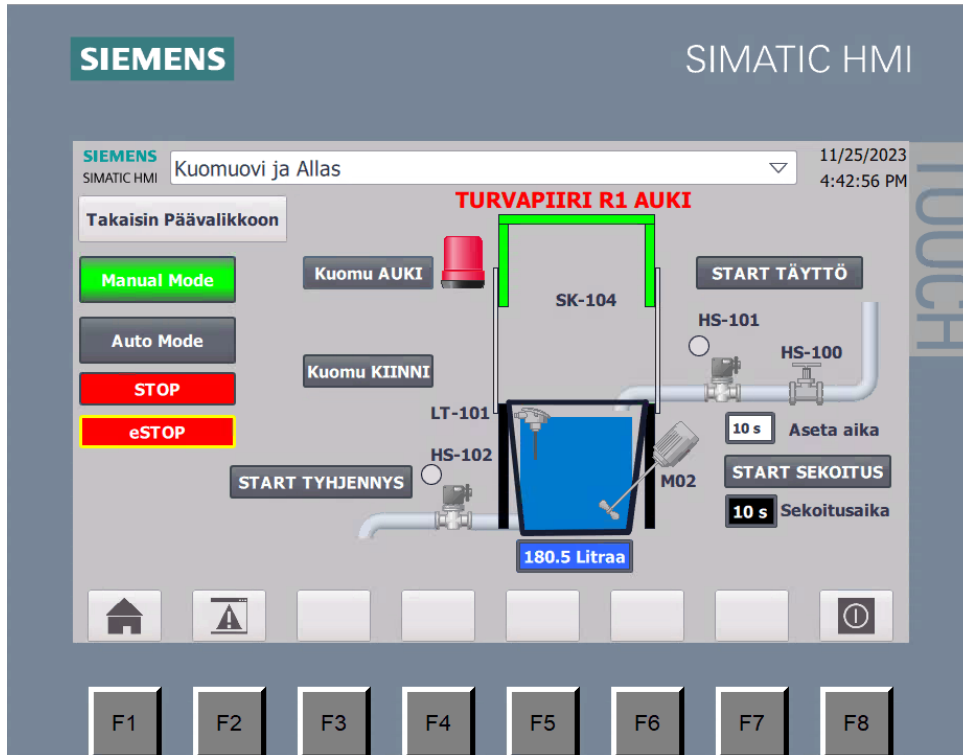
8.2 Kuomuovi ja Allas

Käyttöliittymän välilehdeltä ”Kuomuovi ja Allas” (Kuva 25) päästään tekemään koneen käytön aloitukseen liittyviä toimia. Näitä ovat Kuomuoven avaus ja sulkeminen, altaan täyttäminen vedellä, altaan tyhjentäminen vedestä ja altaassa olevan vesi hioma-aine seoksen sekoittaminen. Välilehdellä myös napit automaatti- ja käsiajoa varten sekä pysäytys – ja hätäseisnapit. Välilehdeltä päästään takaisin päävalikkoon.

Välilehdelle on rakennettu animaatioita ja visualisointia helpottamaan koneen käyttäjän ymmärrystä koneen toiminnasta. Tällaisia ovat Kuomuoven animaatio ala- tai yläasennossa (vihreät palkit) ja teksti ”TURVAPIIRI R1 AUKI” punaisella, kun kuomuovi on auki ja turvapiiri kytkettyneenä. Venttiileissä animaatio auki- tai kiinniasennosta, vihreä venttiili auki ja harmaa venttiili kiinni. Animaatio altaan täyttymisestä ja tyhjentymisestä sekä numeerinen

veden määrän näyttö. Sekoitus toimintoon on tehty I/O-kenttä, johon syötetään sekoitusaika. Toisessa I/O-kentässä näkyy sekoituksen kulunut aika.

Kuva 25. Käyttöliittymän sivu Kuomuovi ja Allas

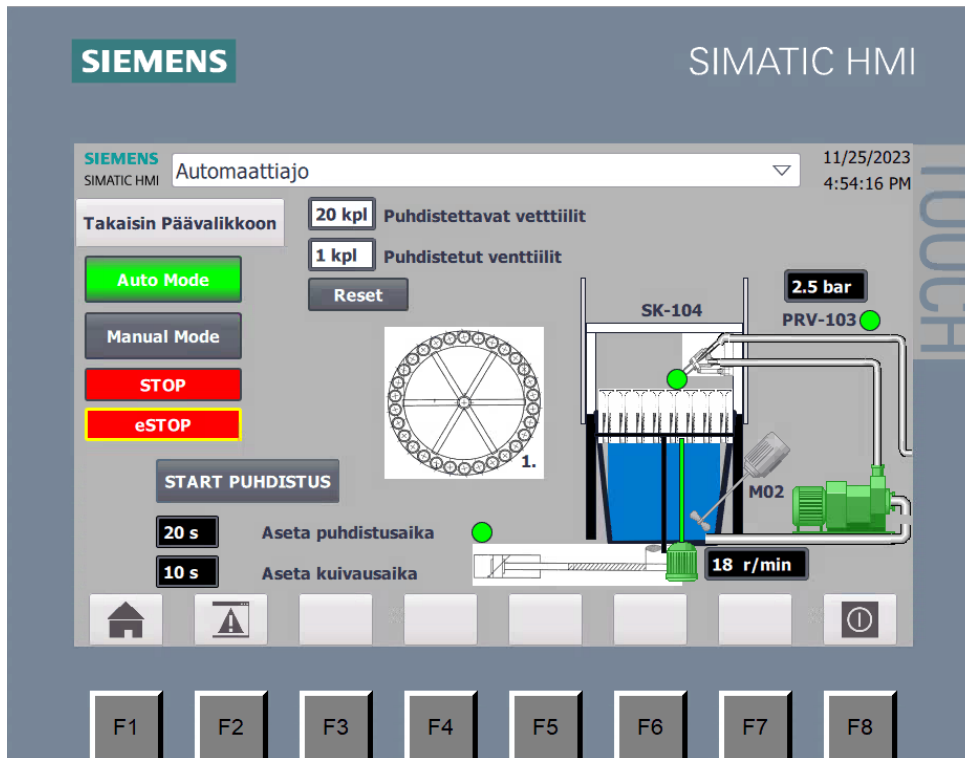


8.3 Automaattiajo

Käyttöliittymän välilehdeltä "Automaattiajo" (Kuva 26) päästään käyttämään märkäpuhalluskonetta automaattiajolla. Ennen automaattiajon käynnistämistä tarkastetaan, että puhallettavien venttiilien määrä, puhallusaika ja kuivausaika ovat oikein. Automaattiajo käynnistyy valitsemalla "Auto Mode!" ja "START PUHDISTUS". Kone puhaltaa kaikki asetetut venttiilit, ellei toimintoa katkaista "STOP"-nappulalla tai "eSTOP"-nappulalla.

Välilehdelle on rakennettu animaatioita ja visualisointia helpottamaan koneen käyttäjän ymmärrystä koneen toiminnasta. Tällaisia ovat indeksipöydän sylinterin merkki auki tai kiinni ilmaisevat vihreät pallot. Paineilman tulosta ilmaiseva vihreä pallo. Puhdistussuuttimessa oleva vihreä pallo merkinä veden, hioma-aineen ja ilman tulosta. Moottorien M02 venttiilin pyöritysmoottorin ja pumpun moottorin M03 animaatiot, vihreät symbolit moottorien käydessä ja harmaat, kun moottorit ovat pysähtyneenä.

Kuva 26. Käyttöliittymän sivu Automaattiajo



8.4 Käsiajo

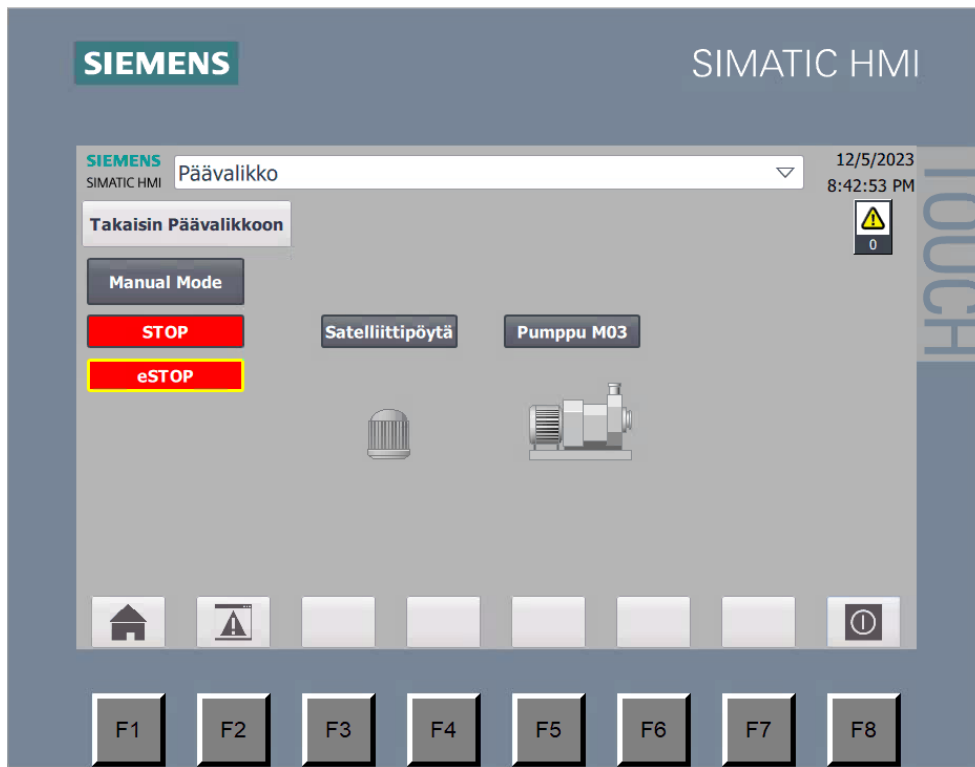
Käyttöliittymän välilehdeltä "Käsiajo" (Kuva 27) päästään tarvittaessa ajamaan yksittäisiä liikkeitä tai toimintoja. Käsiajo-toiminto on tarkoitettu huoltotoimenpiteitä varten ja sellaisia tilanteita varten, jossa automaattiajo pysähtyy odottamattomasti kesken ohjelman ja toiminto täytyy saada tehtyä loppuun.

Kuomuoven avaus ja sulkeminen sekä altaan veden täyttö ja tyhjennys suoritetaan aina käsiajo-tilassa. Tämä tapahtuu välilehdeltä "Kuomuovi ja Allas"

Käsiajolla voidaan pyörittää satelliittipöytää eri nopeuksilla ohjaten moottoria M04. Sekoittaa altaassa olevaa veden ja hioma-aineen seosta ohjaamalla sekoitinmoottoria M02.

Kuva 27. Käyttöliittymän sivu Käsiajo

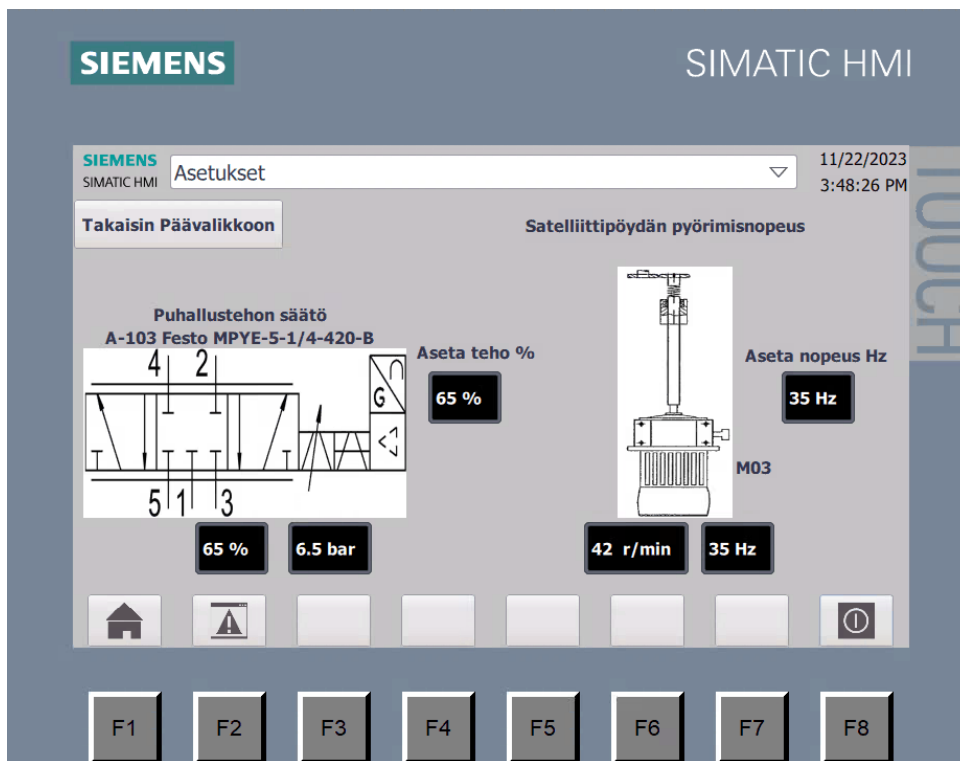
Käyttöliittymän kuva asetuks



8.5 Asetukset

Käyttöliittymän välilehdeltä "Asetukset" (Kuva 28) päästään tekemään märkäpuhalluskoneen puhalluksen ilmanpaineen säätöjä ja venttiilin pyöritysmoottorin säätöjä. Näillä säädöillä varmistetaan, että puhdistusprosessissa päästään haluttuun puhdistus laatuun.

Kuva 28. Käyttöliittymän sivu Asetukset



Märkäpuhalluskoneen järjestelmään syötetään 10 bar ilmanpaine tuotettuna erillisellä kompressorilla. Puhalluksen ilmanpaineen säädössä käytetään Festo:n proportionaaliventtiiliä MYE-5-1/4-420-B (A-103). Venttiili toimii alueella 4–20 mA. Säätö tehdään asteikolla 0–100 %, joka syötetään käyttöliittymän kohtaan ”Aseta teho %”. Tämä tarkoittaa esimerkiksi, jos asetetaan paineilman tehoksi 45 %, on todellinen puhalluspistoolille menevä ilmanpaine 4,5 bar. Säädetty ilmanpaineen arvo näkyy myös näytössä.

Satelliittipöytien pyöritys vaihdemoottorin vakio pyörimisnopeus on 1455 r/min. Moottoriin on integroitu hammasvaihe, jonka nopeus on 60 r/min välityssuhteella 24,42. Moottorin nopeutta säädetään taajuusmuuttajan avulla. Moottorin pyörimisnopeutta voidaan säätää asteikolla 0–50 Hz käyttöliittymän kohdasta ”Aseta nopeus Hz”. Tämä tarkoittaa, kun asetetaan nopeudeksi esimerkiksi 20 Hz, moottori vaihdemoottori pyörii 24 r/min. Säädetty nopeus näkyy myös näytössä. Oikea nopeus täytyy hakea testaamalla eri nopeuksia prosessissa.

9 Automaatiojärjestelmän simulointi ja testaussuunnittelu (Siemens SIMIT SP)

Simulointi Simit-ohjelmalla aloitettiin tuomalla PLC-ohjelmasta lähdöt ja tulot Simit-ohjelmaan, jotka liittyvät sekä PLC-ohjelmaan että simulointiin. Tämä tehtiin Simit-ohjelman ”Couplings”-toiminolla.

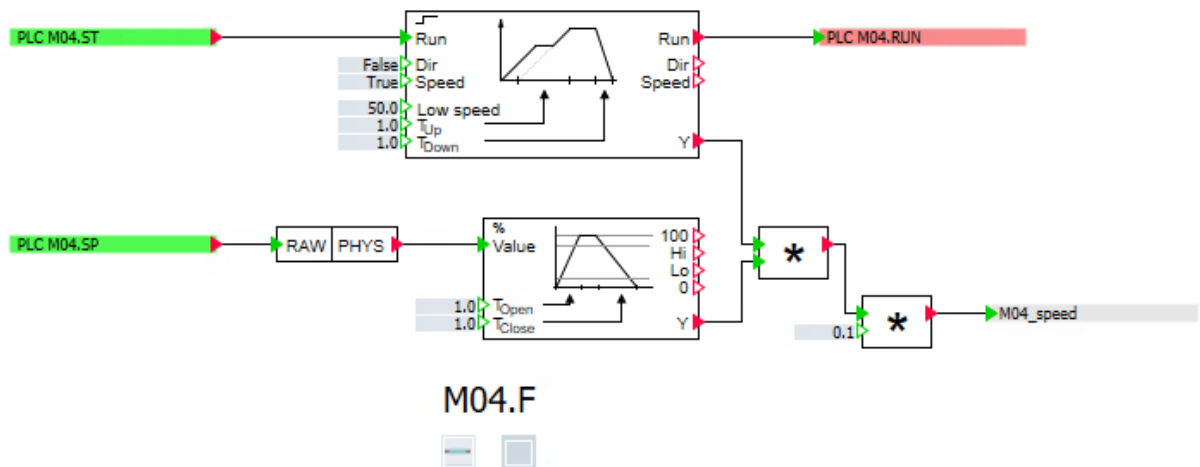
Simulointi suunnittelussa rakennettiin Siemens SIMIT-ohjelmalla jokaiselle märkäpuhalluslaitteen toiminnolle oma mallinsa ”Chart”. Ohjelmassa on kymmenen mallia simulointia varten.

1. Sekoitusmoottorin M02 ohjaus simulointimalli ”Blend”. 2. Pumpun moottorin M03 ja proportionaliventtiilin simulointimalli ”Flow”. 3. Indeksipöydän sylinterin PS01 simulointimalli ”Indextable”. 4. Altaan täyttö vedellä simulointimalli ”Pool fill”. 5. Altaan tyhjennys simulointimalli ”Pool emptying”. 6. Altaan hydrostaattisen pinnantason mittarin LT-101 simulointimalli ”Pool level”. 7. Kuomuoven sylinterien SK-104 auki/kiinni simulointimalli ”Safety door Open_Closed”. 8. Kuomuoven animaatio ”Safetydoor HMI”. 9. Satelliittipöydän pyöritysmoottorin M04 simulointimalli ”Satelitetable” (Kuva 29). 10. Moottorien M02, M03 ja M04 vikatilojen simulointimalli.

Mallien rakennuksessa käytettiin Simit ohjelman seuraavia lohkoja: DriveP1-lohkoa moottorien käyntitiedon simulointiin, DriveV1-lohkoa ilman virtauksen simulointiin, DriveV4-lohkoa taajuusmuuttajan nopeuden simulointiin. Muita simuloinnin mallinnuksessa käytettäviä osia olivat: Int, Compare, MUL, Selection, SUB, Phys2Raw, OR, AND, NOT ja Raw2Phys.

Moottoreille M02, M03 ja M04 on malleihin lisätty painikkeet vikatilojen simulointia varten. Moottorien M02 ja M03 turvakytkimille on myös painikkeet vikatiloja varten. Kaikki vikatilat tehty yhteen SIMIT-malliin ”Faulds”.

Kuva 29. Satelliittipöydän pyörittysmoottorin M04 Siemens Simit-malli



9.1 Automaatiojärjestelmän simulointi ja testaus

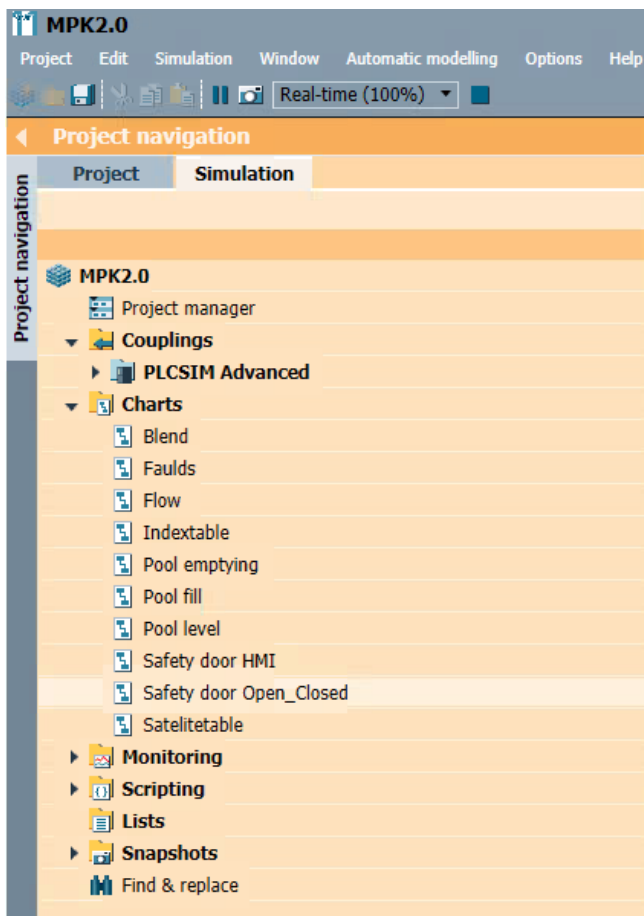
Automaatiojärjestelmän simulointi ja testaus tehtiin yhdessä Siemens SIMIT-ohjelman ja Siemens TIA Portal-ohjelman kanssa. Simuloinnissa päästiin testaamaan kaikki märkäpuhalluskoneen liikkeet ja moottorien vikatilanteet sekä automaatti- että käsiajolla. Simuloinnilla päästiin myös testaamaan turvalaitteiden toimivuus.

9.2 Simulointi Siemens SIMIT SP

Testaus aloitetaan käynnistämällä Siemens SIMIT-ohjelma MPK2.0, jossa on kaikki tarvittavat märkäpuhalluskoneen simulointimallit. SIMIT-ohjelma antaa PLC-ohjelmalle moottorien käyntitiedot ja vikatiedot, venttiileille auki ja kiinni tiedot, veden ja ilman virtaus tiedot.

Simulaatio aloitetaan käynnistämällä simulointi "start"-painikkeesta (Kuva 30). Simuloinnissa tulee SIMIT ohjelma käynnistää ennen kuin PLC-ohjelma ladataan CPU:lle (Central Processing Unit), koska SIMIT-ohjelma toimii simulaattorina PLC-ohjelmalle.

Kuva 30. SIMIT-ohjelman simuloinnin käynnistys ja mallit



9.3 Simulointi Siemens TIA Portal

Siemens TIA Portal-ohjelmassa avataan PLC-ohjelma ”Märkäpuhalluskone 2.0.ap16”. Ohjelma ladetaan CPU:lle painamalla ”Download to device”-nappia. Ennen latauksen aloitusta ohjelma tarkastaa, että ohjelma on tehty oikein, ilmoittaa virheet ja varoitukset, jos niitä ohjelmassa on. Latauksen jälkeen ohjelma on ”online”-tilassa. ”Online”-tila mahdollistaa diagnostiikan suorittamisen reaaliajassa.

Latauksen jälkeen avataan ohjelmalle tehty ”watch table”-taulukko (Kuva 31). ”Watch table” mahdollistaa prosessiarvojen seurannan reaaliajassa. Taulukossa voidaan esittää erilaisia muuttujia, kuten anturidataa, ohjausarvoja ja muita prosessiin liittyviä tietoja. Tehdyssä taulukossa on Tilojen ”Auto” ja ”Manual” tiedot, moottorien M02, M03 ja M04 käyntitiedot, vesiventtiilien auki ja kiinni tiedot, ilmasynterien ja ilmaventtiilien liiketiedot, veden litramääräinen tieto ja turvarajan R1 päällä/pois tieto.

Kuva 31. Siemens TIA Portal watch table

Märkäpuhalluskone 2.0 ▶ PLC_1 [CPU 1511-1 PN] ▶ Watch and force tables ▶ Watch table_1

	Name	Address	Display format	Monitor value	Modify value
1	"Manual"	%M61.0	Bool	<input type="checkbox"/> FALSE	
2	"Auto"	%M61.1	Bool	<input type="checkbox"/> FALSE	
3	"M02.RUN"	%I1.3	Bool	<input type="checkbox"/> FALSE	
4	"M03.RUN"	%I1.6	Bool	<input type="checkbox"/> FALSE	
5	"M04.RUN"	%I10.1	Bool	<input type="checkbox"/> FALSE	
6	"PS01.ST_E"	%Q0.2	Bool	<input type="checkbox"/> FALSE	
7	"HS101_OPEN"	%I0.0	Bool	<input type="checkbox"/> FALSE	
8	"HS101_CLOSED"	%I0.1	Bool	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	
9	"LT101_liters"	%MD18	Floating-point nu...	0.0	
10	"HS102_OPEN"	%I0.2	Bool	<input type="checkbox"/> FALSE	
11	"HS102_CLOSED"	%I0.3	Bool	<input checked="" type="checkbox"/> TRUE	
12	"PRV103"	%Q1.2	Bool	<input type="checkbox"/> FALSE	
13	"PS104U"	%Q1.0	Bool	<input type="checkbox"/> FALSE	
14	"PS104D"	%Q1.1	Bool	<input type="checkbox"/> FALSE	
15	"R1"	%I0.6	Bool	<input type="checkbox"/> FALSE	
16					

Seuraavaksi ladataan vielä käyttöliittymä PLC-ohjelmaan valitsemalla HMI-paneeli ja käynnistetään se painamalla "Start simulation"-nappia. Ruudulle aukeaa valittu HMI-paneeli, jossa on mukana kaikki käyttöliittymään suunniteltu materiaali.

9.4 Ohjelman testaus

Ohjelma on valmis testattavaksi, kun SIMIT-ohjelma on käynnissä, PLC-ohjelma on ladattu laitteelle ja HMI-paneeli simulointitilassa. Testaus siis tehdään virtuaalitulassa, jossa kaikki märkäpuhalluskoneen toiminnot voidaan testata reaaliajassa ilman fyysistä konetta.

Testaaminen aloitetaan asettamalla arvot puhallusteholle ja satelliittipyöryksen pyörimisnopeudelle. Nämä saadaan tehtyä käyttöliittymän sivulla "Asetukset" (Kuva 28).

Seuraavaksi täytetään allas vedellä, avataan kuomuovi hioma-aine annostelun ajaksi ja sekoitetaan vesi hioma-aine seos. Nämä toiminnot tehdään käyttöliittymän sivulla "Kuomuovi ja Allas" (Kuva 25). Samalta sivulta käyttötoiminto altaan tyhjennykselle.

Märkäpuhalluskoneen automaattiajo toiminto käynnistyy käyttöliittymän sivulta "Automaattiajo" (Kuva 26). Ennen automaattiajon käynnistystä annetaan pudistettavien venttiilien määrä ja asetetaan puhdistusaika ja kuivausaika. Automaatti ajo käynnistyy "START PUHDISTUS"-nappia painamalla. Ohjelma tekee kaikki ohjelmoidut toimenpiteet

oikeassa järjestyksessä ja pysähtyy, kun kaikki venttiilit on puhdistettu. Jokainen toiminto on simuloitu käyttöliittymään, jotta voidaan olla varmoja, että kaikki suunniteltu toimii.

10 Pohdinta

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on ollut tehdä sähkö- ja automaatio suunnittelu märkäpuhalluskoneelle, joka on tarkoitettu dieselveturien moottoriventtiilien puhdistamiseen. Suunnittelussa pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman yksinkertainen toimiva kone, jota on turvallinen ja helppo käyttää.

Alkuperäiseen 1997 tehtyyn mekaaniseen suunnitteluun ei tehty rakenteellisia muutoksia. Komponentit ja moottorit vaihdettiin tämän päivän komponenteiksi.

Opinnäytetyön työläimmässä osassa sähkösuunnittelussa edettiin suunnittelusääntöjen mukaisesti. Tuotettiin kuvat jokaisesta jännitteenjaosta, piireistä ja keskuskaapista. Ja näihin myös osa- ja kaapeliluettelot. Sähkö suunnittelussa pyrittiin tekemään mahdollisimman tarkat kuvat, joiden pohjalta koneen voisi rakentaa.

Automaatio suunnittelussa koneen toiminnallinen kuvaus auttoi ohjelman rakentamisessa. Tässäkin suunnittelussa pyrittiin mahdollisimman yksinkertaiseen ohjelmaan, joka toimisi luotettavasti. Käyttöliittymä suunnitteluun panostettiin, jotta konetta olisi helppo käyttää ja käyttäjä näkisi käyttöliittymästä koneen toiminnan reaaliajassa.

Simulointi ohjelman rakentaminen oli vaikein osuus koko opinnäytetyössä, johtuen vähäisestä kokemuksesta käyttää SIMIT-ohjelmaa. Kuitenkin toimivat mallit saatiin rakennettua, jotta päästiin testaamaan PLC-ohjelmaa.

Ohjelman simulointi ja testaus, virtuaalinen käyttöönotto, oli työn antoisin vaihe. Siinä päästiin korjaamaan PLC-ohjelmassa tehdyt virheet, kokeilemaan erilaisia toiminnallisia vaihtoehtoja ja tekemään koneelle virtuaalinen käyttöönotto.

Mielestäni saavutin itselleni antamat opinnäytetyö tavoitteet. Opin paljon uutta PLC-ohjelmoinnista ja simuloinnista. Sain suunniteltua virtuaalisesti toimivan märkäpuhalluskoneen. Seuraavaksi voisi selvittää, olisiko alkuperäinen työn tilaaja vielä kiinnostunut rakentamaan koneen.

Lähteet

Cadmatic (21.11.2023). *Cadmatic Electrical*.

<https://www.cadmatic.com/fi/process-and-industry/process-and-industry-ohjelmistoratkaisut/cadmatic-electrical/>

Eurofins (04.12.2023). *Koneiden vaatimustenmukaisuus ja CE-merkintä*.

https://www.eurofins.fi/expertservices/palvelut/sertifointi-ja-tuotehyvaeksyntae/koneiden-vaatimustenmukaisuus-ja-ce-merkintae/?gclid=CjwKCAiA1McrBhAoEiwAC2d64WwyeZhUZcCl8vb7Jty9BuyvPVglURBtfxXVCIVmZPpNMJXPk-7WcxoCKTcQAvD_BwE

George Brown College (2021). *Discrete vs. Analog I/O: What's the Difference?*

<https://www.plctechician.com/news-blog/discrete-vs-analog-io-whats-difference>

Pilz (04.12.2023). *PNOZ s4 24VDC 3n/o1n/c*.

<https://www.pilz.com/fi-FI/eshop/Ohjauslaitteet/Toiminnallisen-turvallisuuden-valvontareleet/PNOZsigma-turvareleet/H%C3%A4t%C3%A4pys%C3%A4ytyksen-turvaporttien-valoverhojen-valvonta/PNOZ-s4-24VDC-3-n-o-1-n-c/p/750104>

Siemens. (n.d.-a). *Totally Integrated Automation Portal*.

<https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal.html>

Siemens (n.d.-b). *SIMATIC HMI Panels – machine-oriented operation made easy*.

<https://www.siemens.com/global/en/products/automation/simatic-hmi/panels.html>

Siemens (n.d.-c). *TIA Selection Tool*.

<https://www.siemens.com/global/en/products/automation/topic-areas/tia/tia-selection-tool.html>

Siemens (n.d.-d). *SIMATIC SIMIT Simulation Platform*.

<https://www.automation.siemens.com/sce-static/learning-training-documents/tia-portal/example-processes/sce-020-120-documentation-en.pdf>

Siemens (n.d.-e) *Automation of Sequential Process with GRAPH in the S7-1500*.

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/822/109759822/att_963255/v3/109759822_GRAPH_TIAPortal_V15_V1.0_en.pdf

Suomen Automaatioseura ry (21.11.2023). *Laatu Automaatiossa s. 157*.

<https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1426/laatuautomaatiossa.pdf>

Vapormatt Ltd (20.11.2023). *What is wet blasting?*

<https://www.vapormatt.com/our-technology/what-wet-blasting>

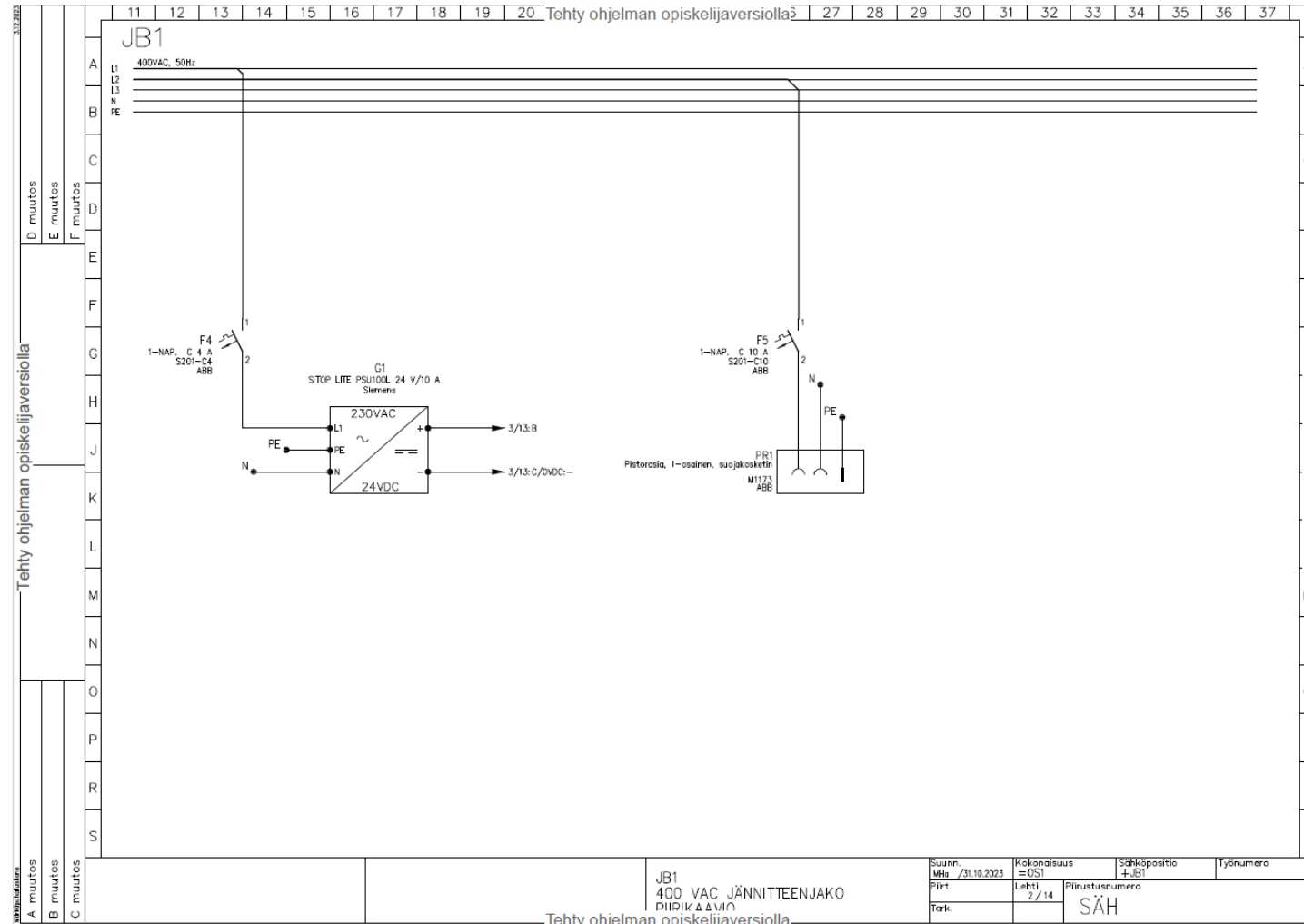
VR Oy (07.12.2023) *Dieselveturin DV 12 moottori MGO V 16 BSHR*.

<http://vaunut.org/kuva/81645?s=1>

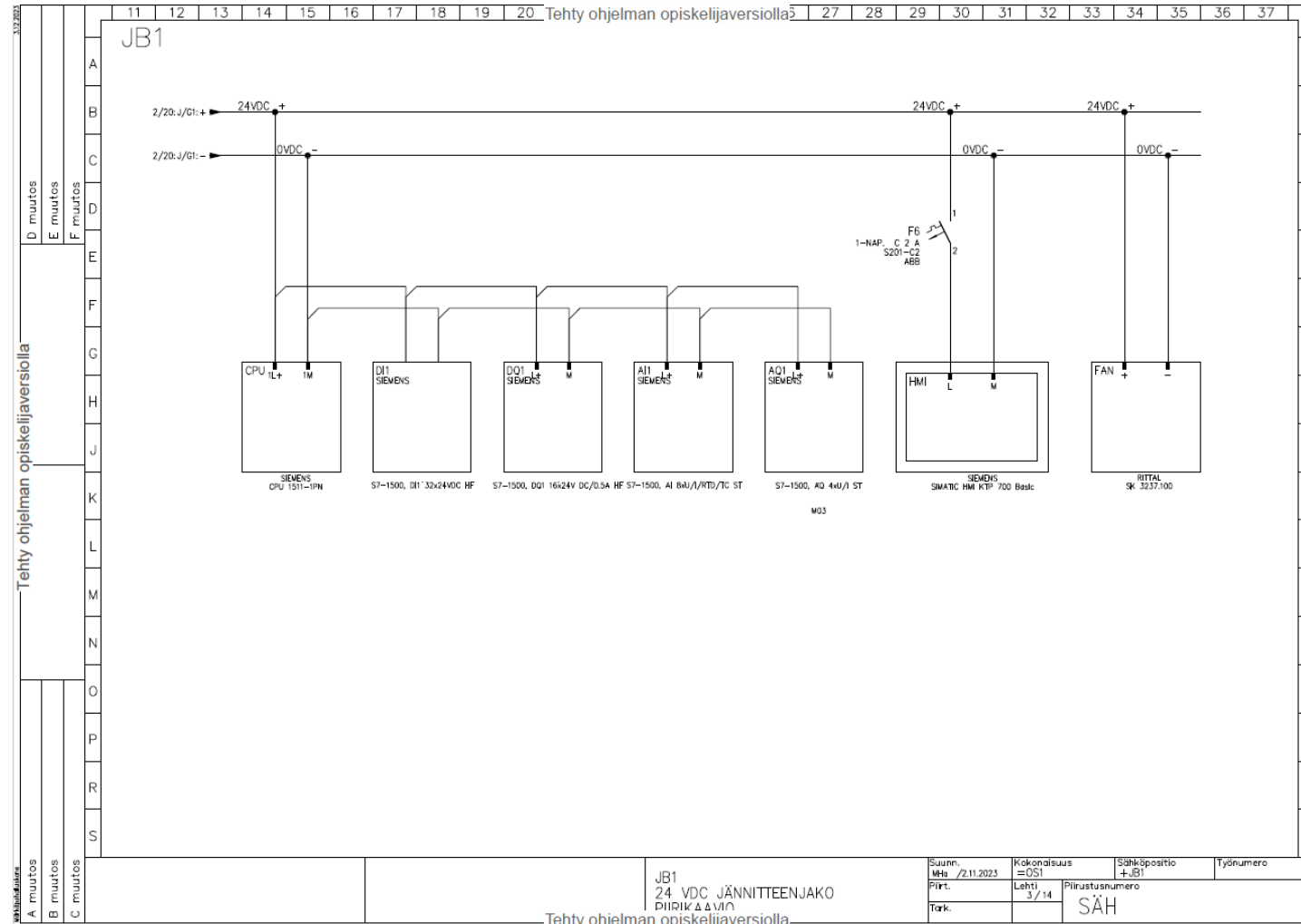
Wettechnologies (07.12.2023). *What Types of Wet Blast Systems Are Available?*

<https://www.wettechnologies.com/what-is-wet-blasting/>

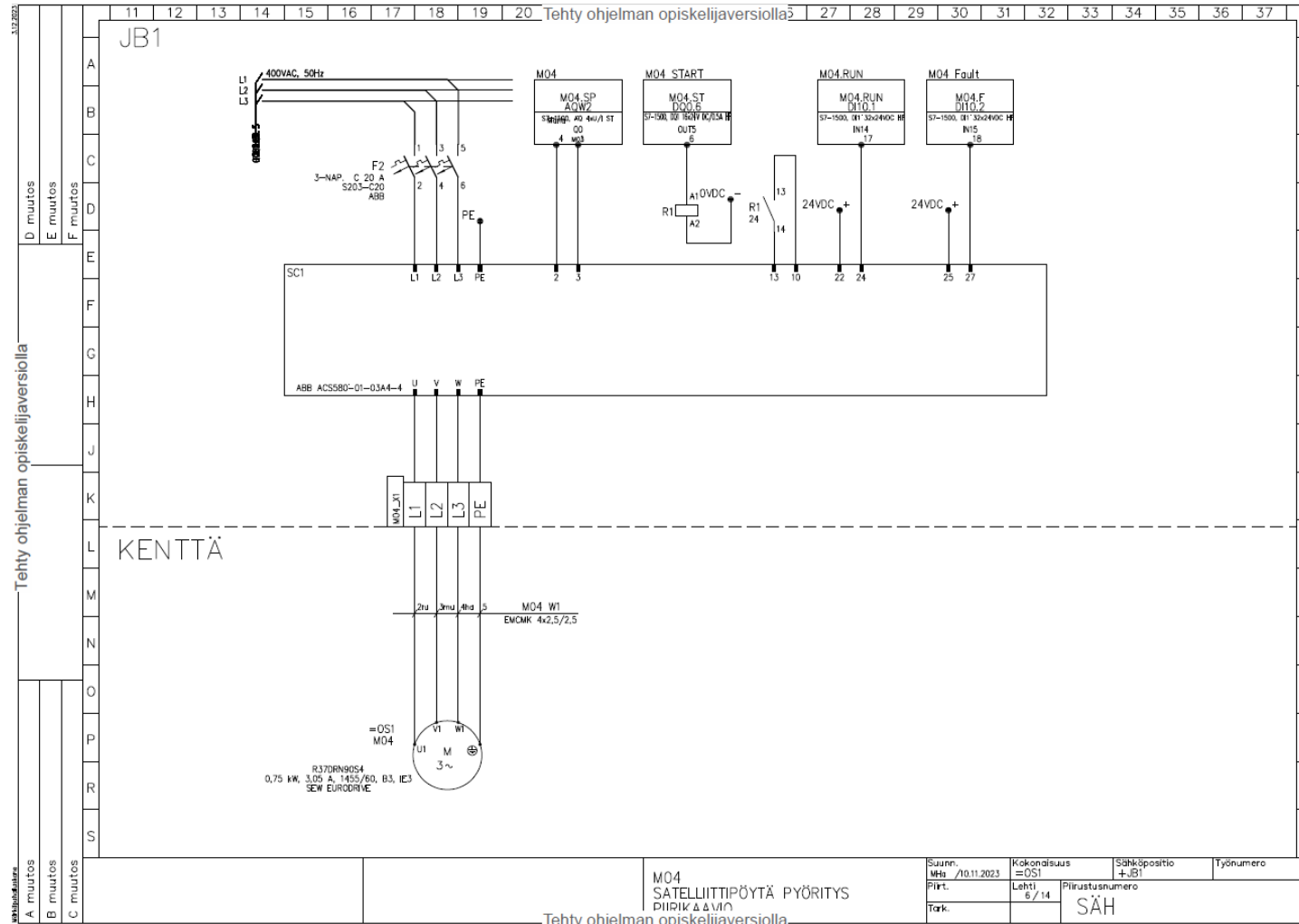
Liite 2. 400 VAC Jännitteenjako 2



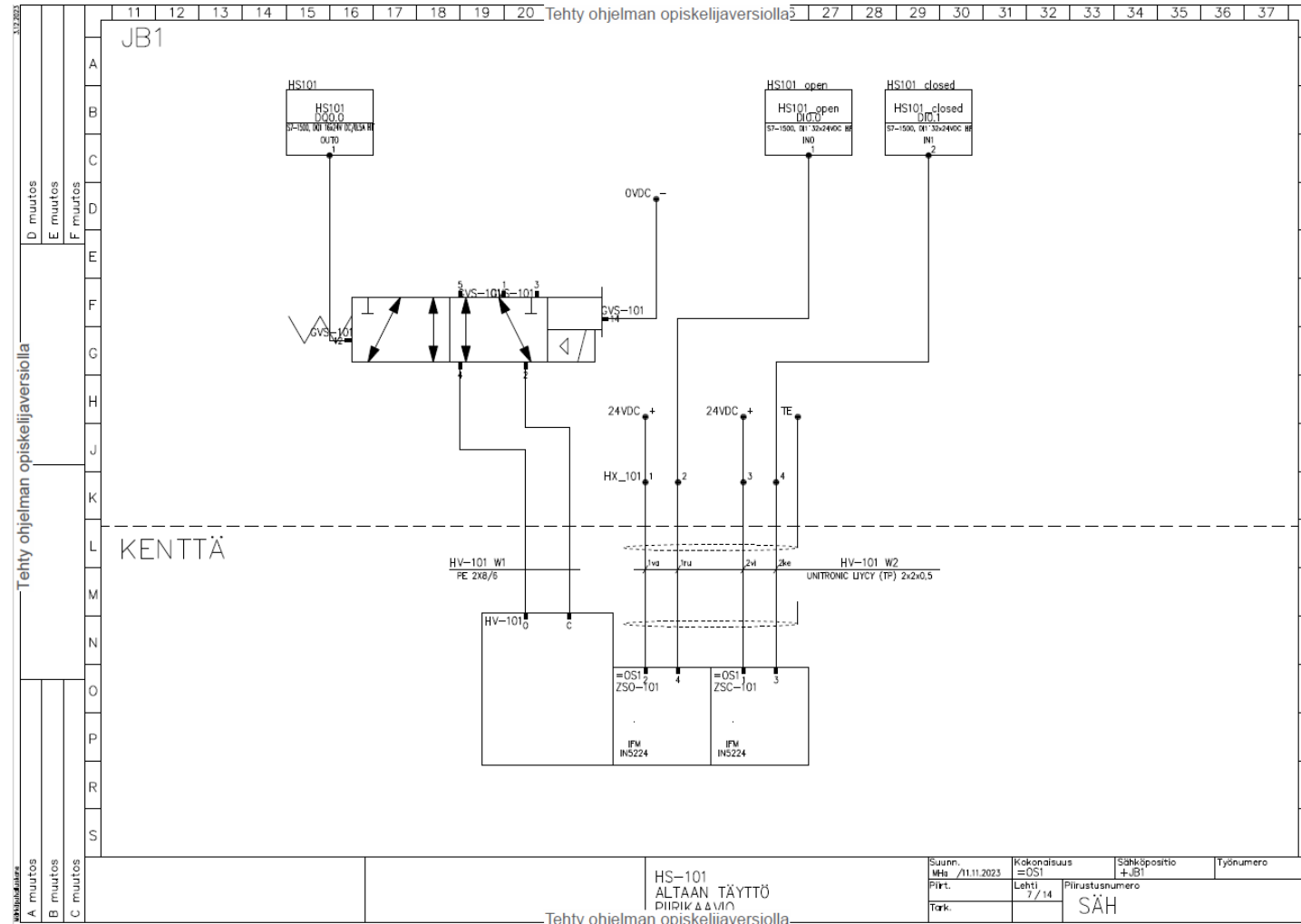
Liite 3. 24 VDC Jännitteenjako



Liite 6. M04 Satelliittipöydän pyöritys piirikaavio



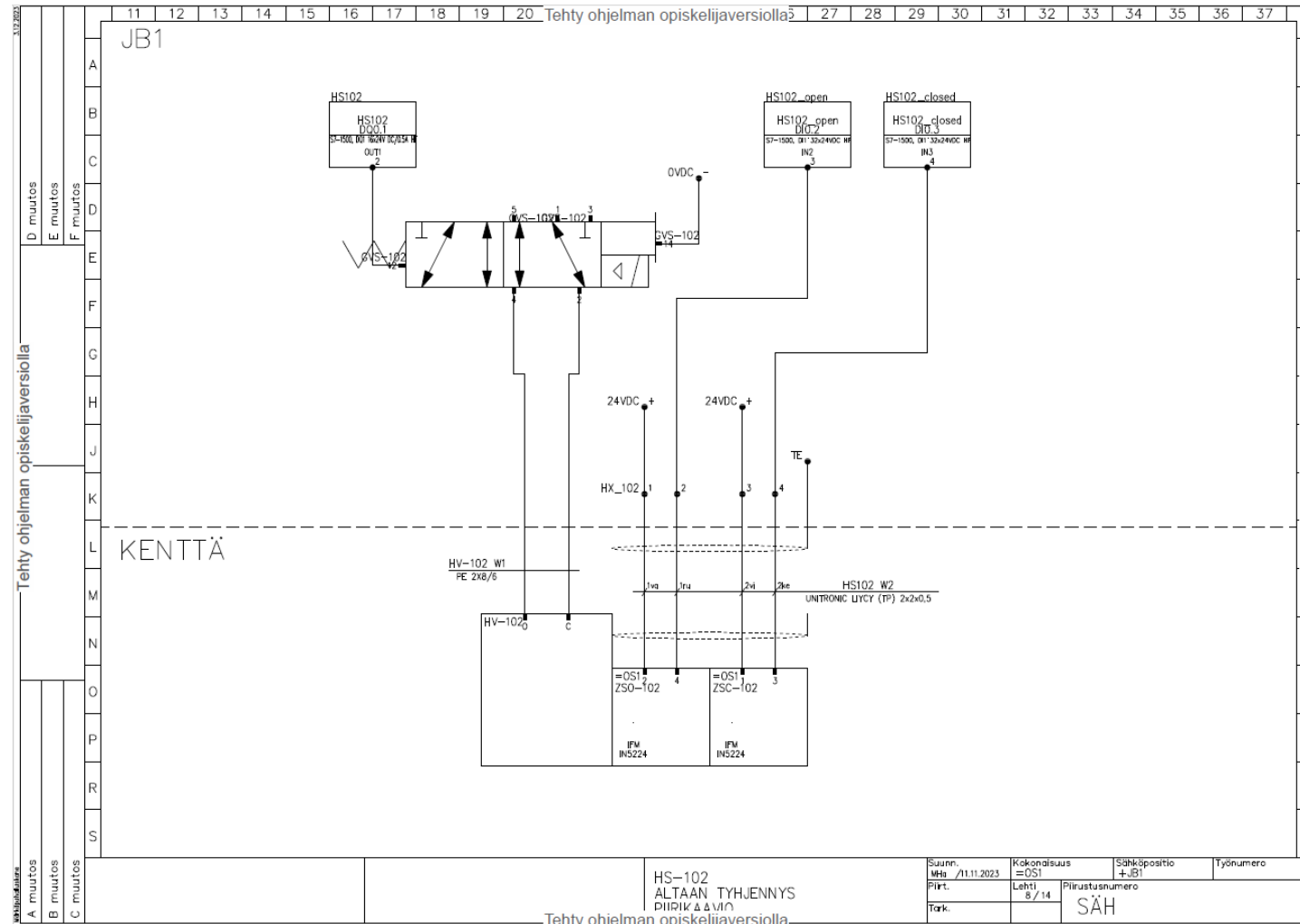
Liite 7. HS-101 Altaan täyttö piirikaavio



HS-101
ALTAAN TÄYTTÖ
PIIRIKAAVIO

Suunn. MHa /11.11.2023	Kokonaisuus =OS1	Sähkösopio +B1	Työnumero
Piirt. Tark.	Lehti 7 / 14	Piirustusnumero SÄH	

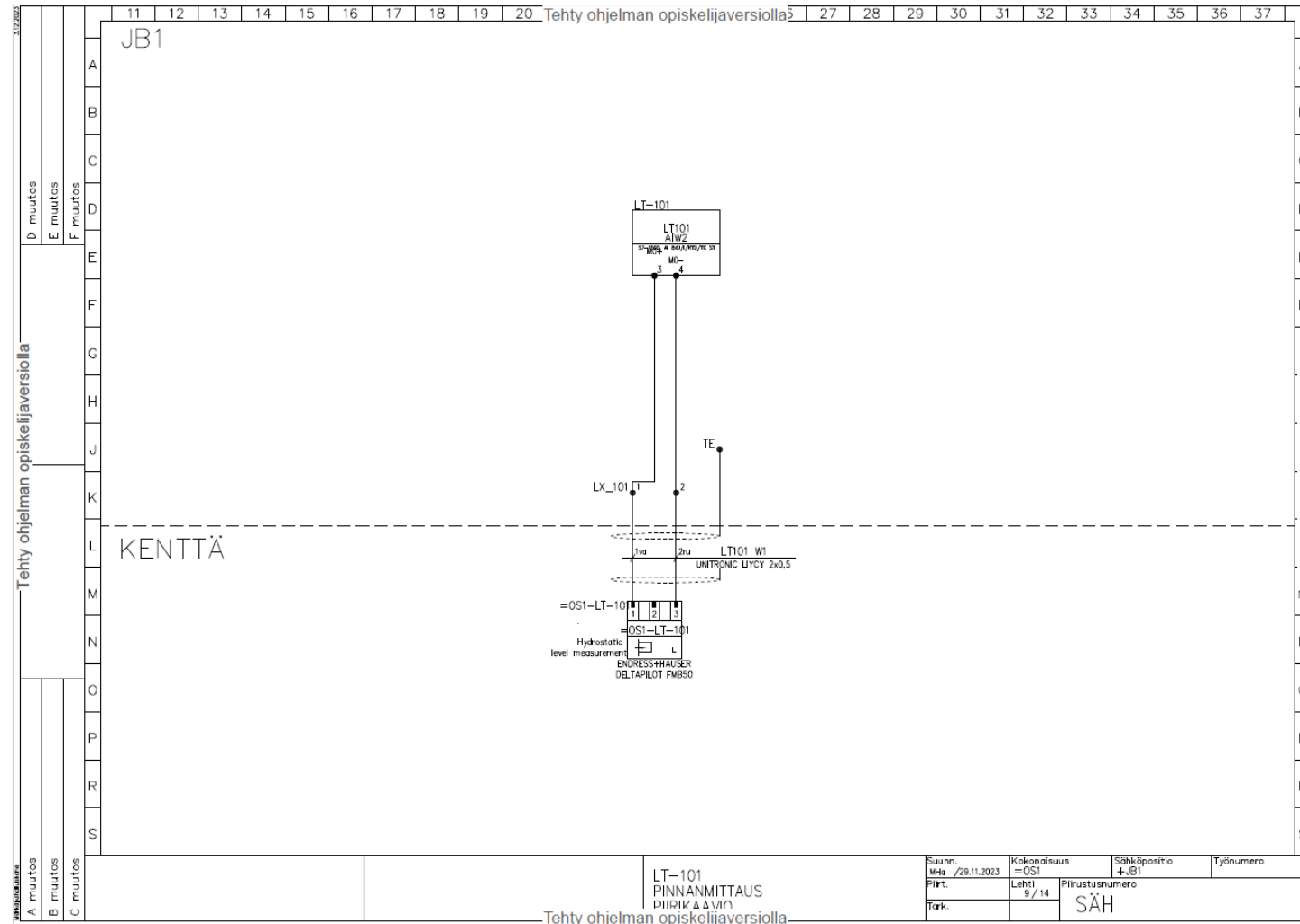
Liite 8. HS-102 Altaan tyhjennys piirikaavio



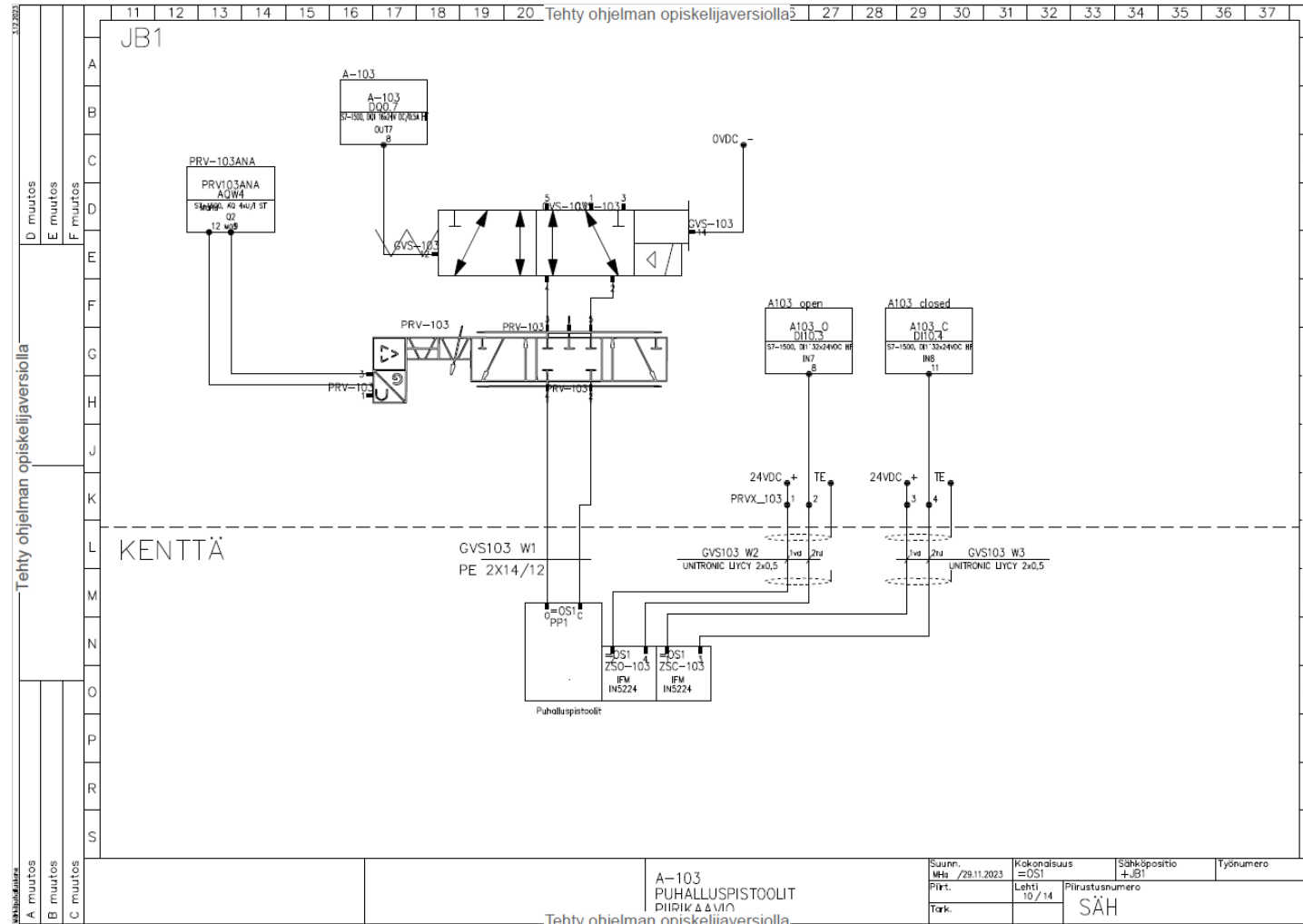
HS-102
ALTAAN TYHJENNYS
PIIRIKAAVIO
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Suunn. Mts /11.11.2023	Kokonaisuus =OS1	Sähköposito +351	Työnumero
Flirt.	Lehti 8 / 14	Piirustusnumero	
Tark.	SÄH		

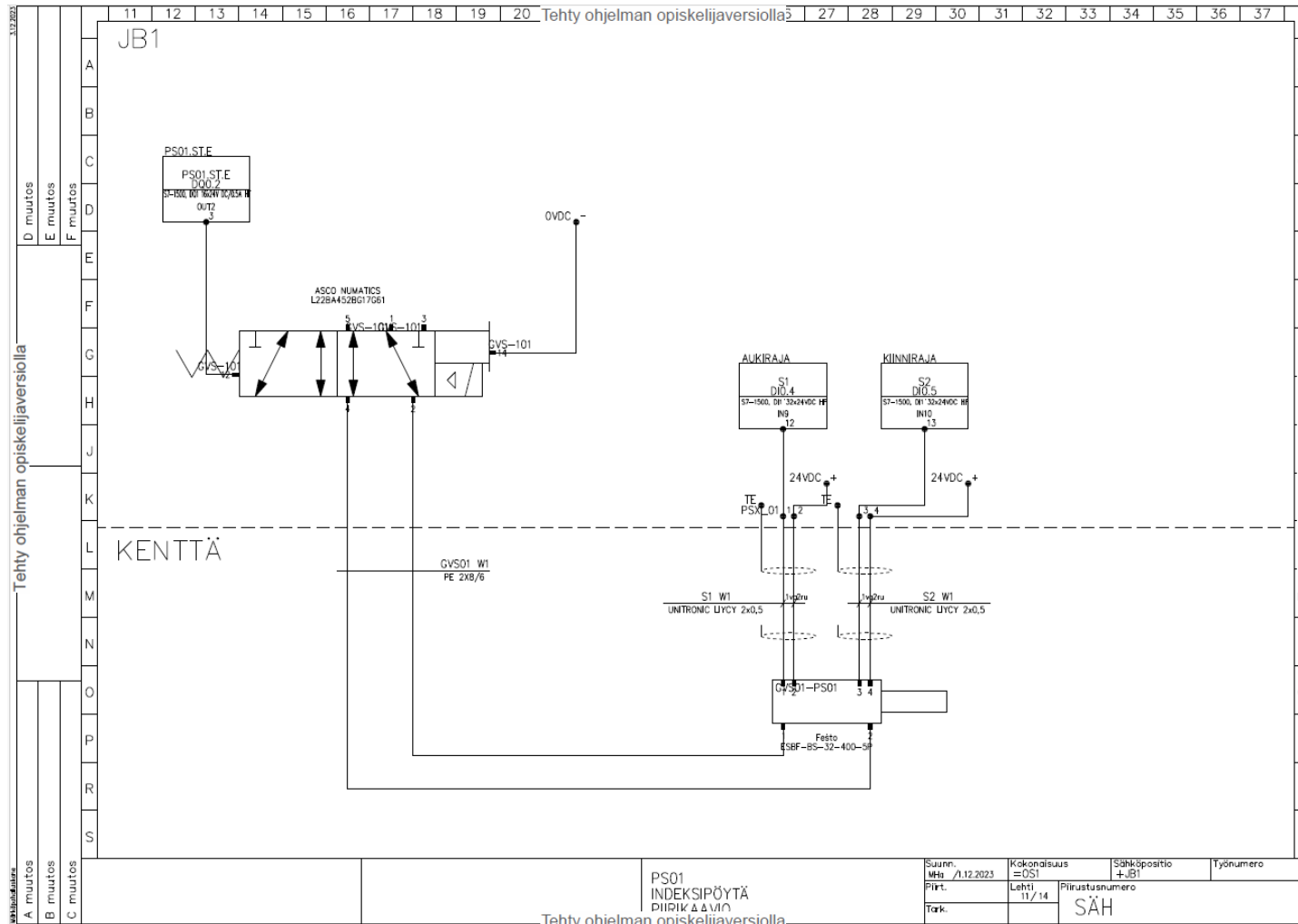
Liite 9. LT-101 Pinnanmittaus piirikaavio



Liite 10. A-103 Puhalluspistoolit piirikaavio



Liite 11. PS01 Indeksipöytä piirikaavio



3.12.2023
 Tehty ohjelman opiskelijaversiolla
 A muutos
 B muutos
 C muutos

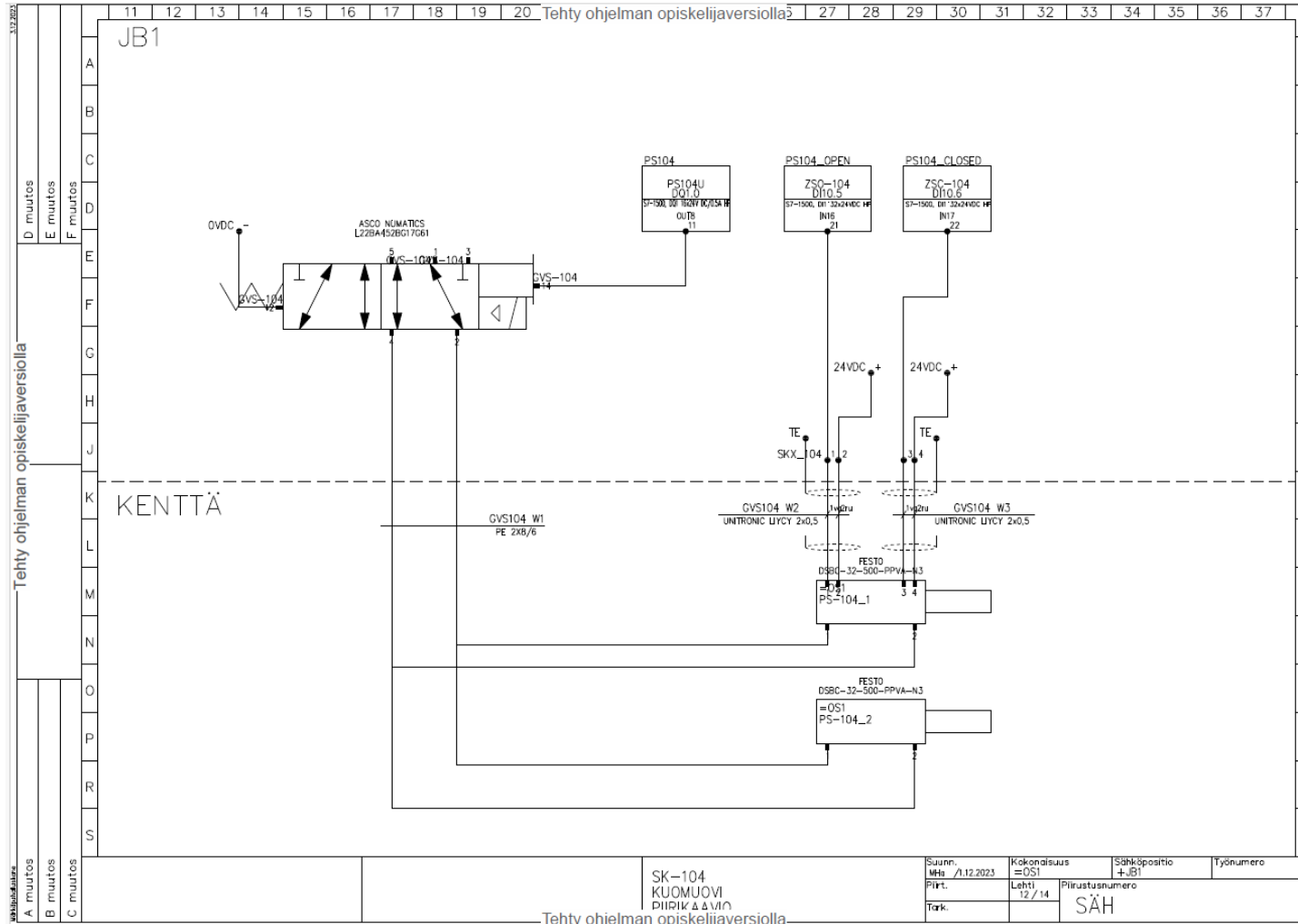
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Tehty ohjelman opiskelijaversiolla	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
A	JB1																					A
B																						B
C																						C
D																						D
E																						E
F																						F
G																						G
H																						H
J																						J
K																						K
L	KENTTÄ																					L
M																						M
N																						N
O																						O
P																						P
R																						R
S																						S

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

PS01
 INDEKSIPOYTÄ
 PIIRIKÄÄNTÖ
 Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

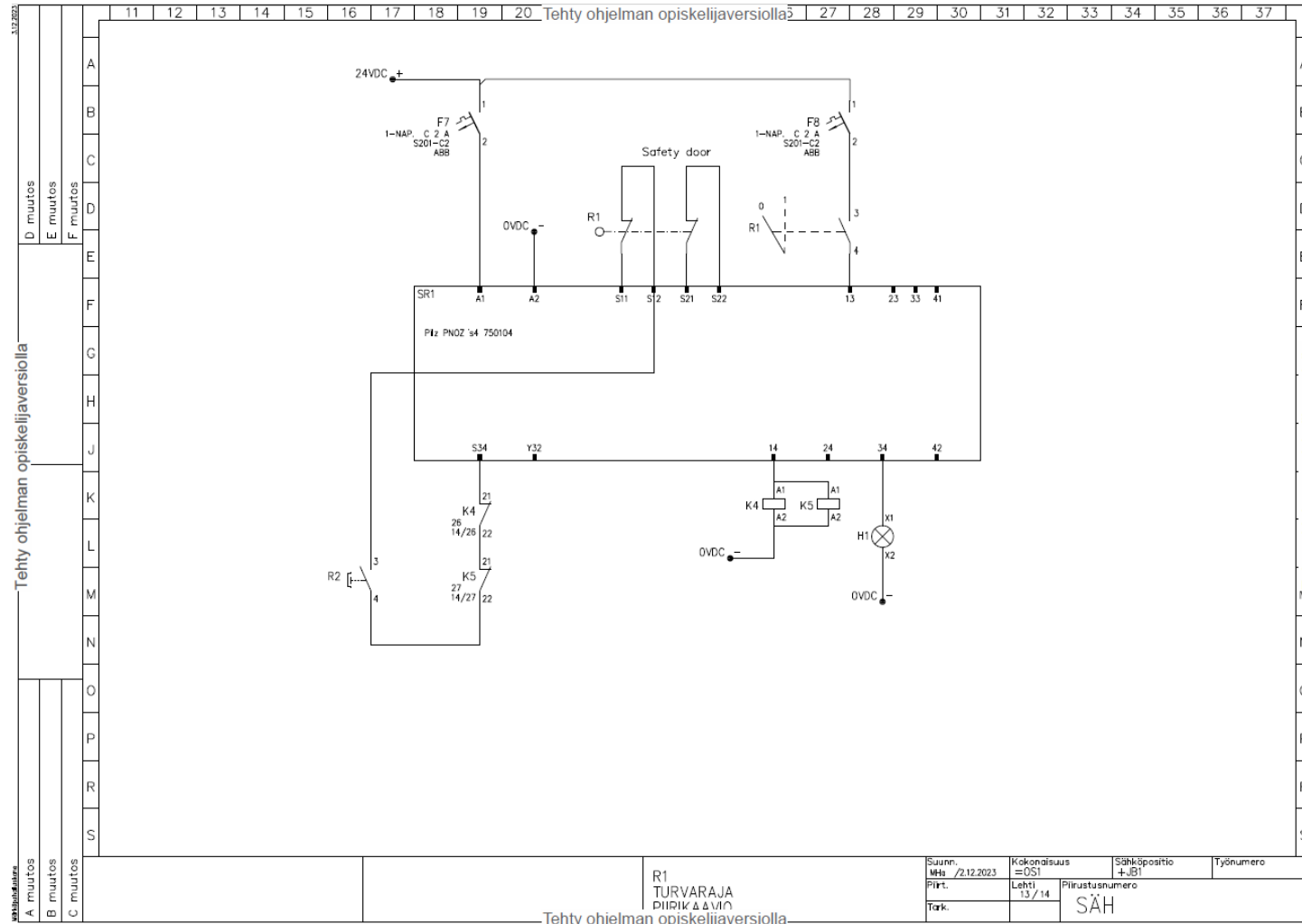
Suunn. Määr. /1.12.2023	Kokonaisuus =031	Sähköpositio +31	Työnnumero
Pirt.	Lehti 11/14	Piirustusnumero	
Tark.	SÄH		

Liite 12. SK-104 Kuomuovi piirikaavio



Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

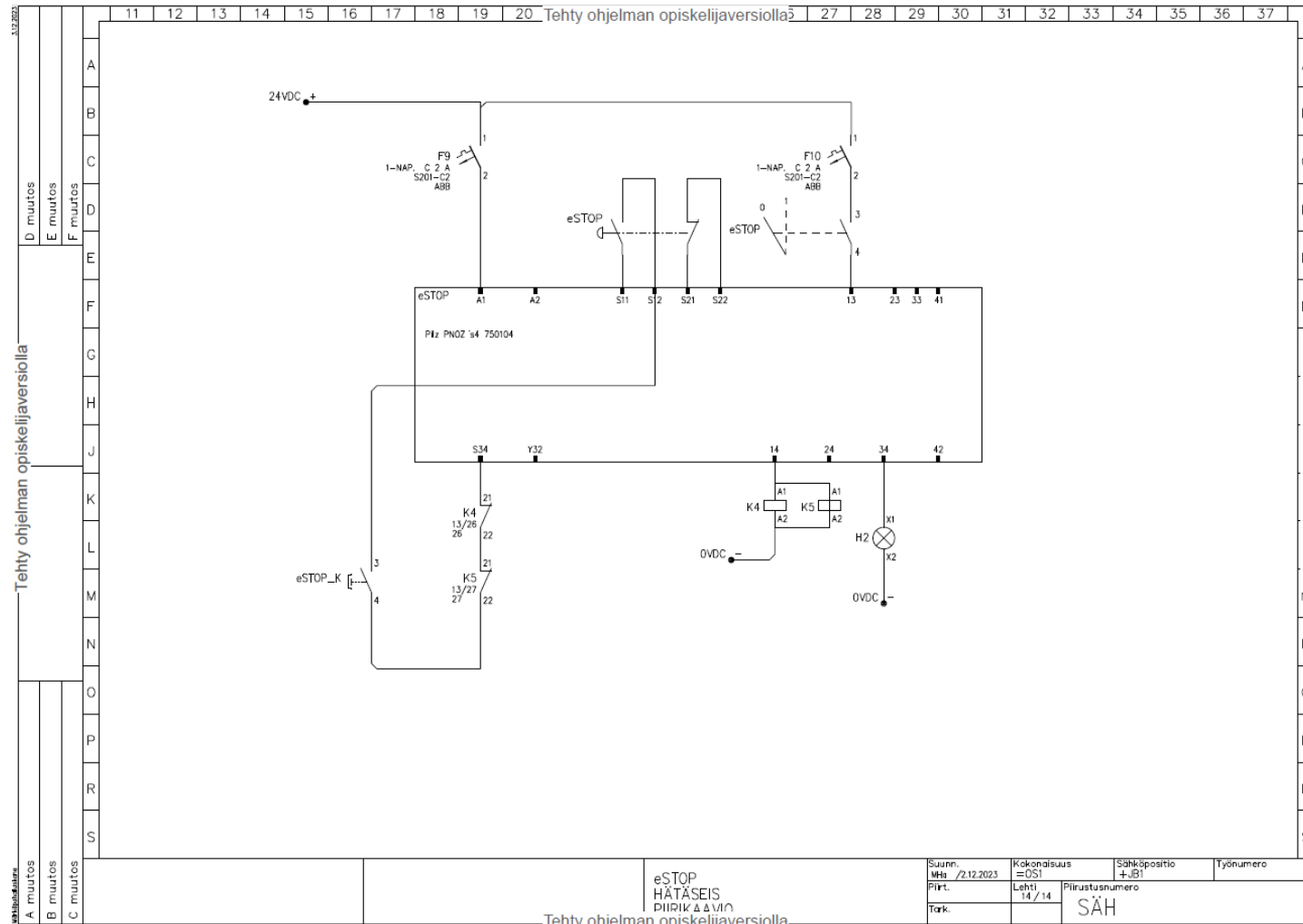
Liite 13. R1 Turvaraja piirikaavio



R1
TURVARAJA
PIIRIKAAVIO
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Suunn. MHe /2.12.2023	Kokonaisuus =OS1	Sähköpaatio 4-J51	Työnumero
Piir. Tark.	Lehti 13 / 14	Piirustusnumero SÄH	

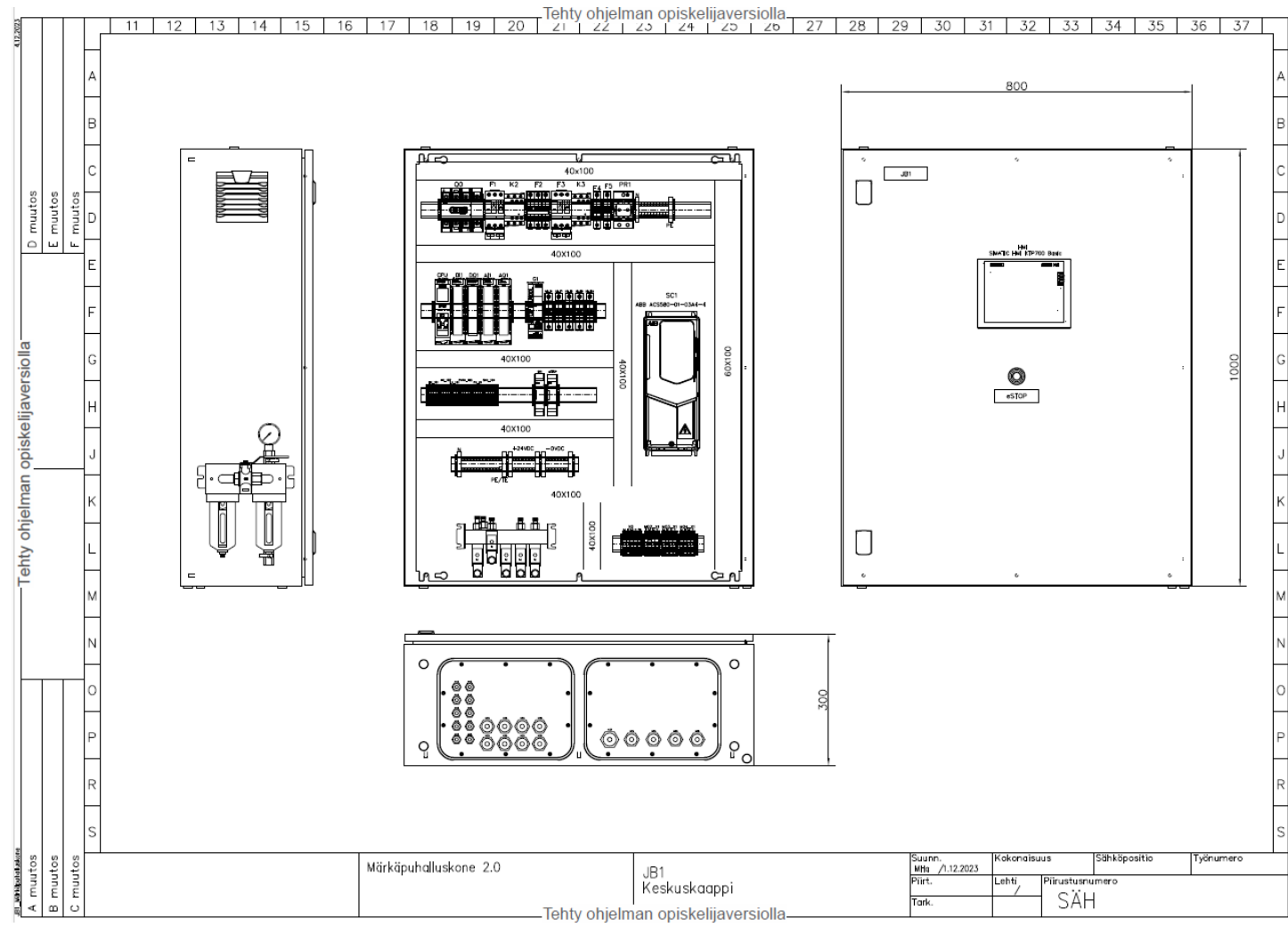
Liite 14. eSTOP Hätäseis piirikaavio



eSTOP
HÄTÄSEIS
PIIRIKAAVIO
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Suunn. Mts /2.12.2023	Kokonaisuus =05	Sähköpositio +18	Työnumero
Piirt. Lähti 14/14	Piirustusnumero	SÄH	
Tark.			

Liite 15. JB1 Keskuskaappi



Liite 16. JB1 Keskuskaappi osaluettelo

OSALUETTELO										
Projekti:	Märkäpuhalluskone 2.0		JB1							
Asiakas										
Kohde:			03.12.2023				S	Toimittaja		
Suunn.	03.12.2023	MHa					I	Asennus		
Tark.	03.12.2023	XX					C	Asiakas		
Hyv.	03.12.2023	XX					H	Valmistaja		
PVM			Nimi	Rev						
Rivi	Positio	Kuvaus	Tyyppi	Valmistaja	Piirustus	kpl	S	I	Huom.	Rev.
1	JB1	SEINÄKAAPPI 800X1000X300	AX 1180.000	RITTAL		1	H	H		
2	JB1	TUULETINYKSIKKÖ	TopTherm SK 3237.100	RITTAL		1	H	H		
3	JB1	HMI-PANEELI	SIMATIC HMI KTP700 Basic	SIEMENS		1	H	H		
4	JB1	SEINÄKIINNIKKE	AX 2508.020	RITTAL		4	H	H		
5	JB1	KAAPELIKOURU	Segma 40x100	RITTAL		7	H	H		
6	JB1	KAAPELIKOURU	Segma 60x100	RITTAL		1	H	H		
7	JB1	NIMIKYLTTI VALK	JB1	RITTAL		1	H	H		
8	JB1	RIVILIITINKISKO	DIN-kisko, 35 mm	ENSTO		5	H	H		
9	JB1	HOLKKITIIVISTE+VASTAM. MUOVI	SKINTOP® ST-M M16x1,5	SKINTOP		10	H	H		
10	JB1	HOLKKITIIVISTE+VASTAM. MUOVI	SKINTOP® ST-M M25x1,5	SKINTOP		12	H	H		
11	JB1	HOLKKITIIVISTE+VASTAM. MUOVI	SKINTOP® ST-M M32x1,5	SKINTOP		1	H	H		
12	JB1	PÄÄTYPURISTIN	CLIPFIX 35-5	PHOENIX CONTACT		37	H	H		
13	X0	RIVILIITIN	PT 6	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
14	X0	RIVILIITIN	PT 6	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
15	X0	RIVILIITIN	PT 6	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
16	X0	RIVILIITIN	PT 6-PE	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
17	X0	RIVILIITIN	PT 6 BU	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
18	X0	PÄÄTYLEVY	D-PT 6	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
19	X0	RIVILIITINMERKINTÄ		PHOENIX CONTACT		5	H	H		
20	M02_X1	RIVILIITIN	PT 6	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
21	M02_X1	RIVILIITIN	PT 6	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
22	M02_X1	RIVILIITIN	PT 6	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
23	M02_X1	RIVILIITIN	PT 6-PE	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
24	M02_X1	PÄÄTYLEVY	D-PT 6	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
25	M02_X1	RIVILIITINMERKINTÄ		PHOENIX CONTACT		4	H	H		
26	M03_X1	RIVILIITIN	PT 6	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
27	M03_X1	RIVILIITIN	PT 6	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
28	M03_X1	RIVILIITIN	PT 6	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
29	M03_X1	RIVILIITIN	PT 6-PE	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
30	M03_X1	PÄÄTYLEVY	D-PT 6	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
31	M03_X1	RIVILIITINMERKINTÄ		PHOENIX CONTACT		1	H	H		
32	M04_X1	RIVILIITIN	PT 6	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
33	M04_X1	RIVILIITIN	PT 6	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
34	M04_X1	RIVILIITIN	PT 6	PHOENIX CONTACT		1	H	H		

OSALUETTELO										
Projekti:	Märkäpuhalluskone 2.0			JB1						
Asiakas										
Kohde:			03.12.2023				S	Toimittaja		
Suunn.	03.12.2023	MHa					I	Asennus		
Tark.	03.12.2023	XX					C	Asiakas		
Hyv.	03.12.2023	XX					H	Valmistaja		
PVM			Nimi	Rev						
Rivi	Positio	Kuvaus	Tyyppi	Valmistaja	Piirustus	kpl	S	I	Huom.	Rev.
35	M04_X1	RIVILIITIN	PT 6-PE	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
36	M04_X1	PÄÄTYLEVY	D-PT 6	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
37	M04_X1	RIVILIITINMERKINTÄ		PHOENIX CONTACT		1	H	H		
38	X0	RIVILIITIN	PT 2,5-TWIN	PHOENIX CONTACT		8	H	H		
39	HX_101	PÄÄTYLEVY	D-ST 2,5-TWIN	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
40	HX_101	RIVILIITIN	PT 2,5-TWIN	PHOENIX CONTACT		4	H	H		
41	HX_102	PÄÄTYLEVY	D-ST 2,5-TWIN	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
42	HX_102	RIVILIITIN	PT 2,5-TWIN	PHOENIX CONTACT		4	H	H		
43	LX_101	PÄÄTYLEVY	D-ST 2,5-TWIN	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
44	LX_101	RIVILIITIN	PT 2,5-TWIN	PHOENIX CONTACT		2	H	H		
45	PVRX_103	PÄÄTYLEVY	D-ST 2,5-TWIN	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
46	PVRX_103	RIVILIITIN	PT 2,5-TWIN	PHOENIX CONTACT		4	H	H		
47	PX_01	PÄÄTYLEVY	D-ST 2,5-TWIN	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
48	PX_01	RIVILIITIN	PT 2,5-TWIN	PHOENIX CONTACT		4	H	H		
49	SKX_104	PÄÄTYLEVY	D-ST 2,5-TWIN	PHOENIX CONTACT		1	H	H		
50	SKX_104	RIVILIITIN	PT 2,5-TWIN	PHOENIX CONTACT		4	H	H		
51	N/PE	N/PE-KISKO	KN4.206	ENSTO		4	H	H		
52	Q0	PÄÄKYTKIN	OT125F3	ABB		1	H	H		
53	K4	KONTAKTORI	LC1 D09BD	SCHNEIDER ELECTRIC		1	H	H		
54	K5	KONTAKTORI	LC1 D09BD	SCHNEIDER ELECTRIC		1	H	H		
55	F1	MOOTTORINSUOJAKYTKIN	GV2 ME08	SCHNEIDER ELECTRIC		1	H	H		
56	F1	GV2/GV3 Hälytys- ja apukosketin 1 NC + 1 NO	GV2 AE11	SCHNEIDER ELECTRIC		1	H	H		
57	K2	KONTAKTORI	LC1 D09BD	SCHNEIDER ELECTRIC		1	H	H		
58	F2	JOHDONSUOJAKATKAISUJA	S203-C20	ABB		1	H	H		
59	F3	MOOTTORINSUOJAKYTKIN	GV2 ME08	SCHNEIDER ELECTRIC		1	H	H		
60	F3	GV2/GV3 Hälytys- ja apukosketin 1 NC + 1 NO	GV2 AE11	SCHNEIDER ELECTRIC		1	H	H		
61	K3	KONTAKTORI	LC1 D09BD	SCHNEIDER ELECTRIC		1	H	H		
62	F4	JOHDONSUOJAKATKAISUJA	S201-C4	ABB		1	H	H		
63	F5	JOHDONSUOJAKATKAISUJA	S201-C10	ABB		1	H	H		
64	24V F6	JOHDONSUOJAKATKAISUJA	S201-C2	ABB		1	H	H		
65	24V F7	JOHDONSUOJAKATKAISUJA	S201-C2	ABB		1	H	H		
66	24V F8	JOHDONSUOJAKATKAISUJA	S201-C2	ABB		1	H	H		
67	24V F9	JOHDONSUOJAKATKAISUJA	S201-C2	ABB		1	H	H		
68	24V F10	JOHDONSUOJAKATKAISUJA	S201-C2	ABB		1	H	H		
69	G1	VIRTALÄHDE (DIN) 24 V DC	PSU1200L	SIEMENS		1	H	H		
70	CPU	KESKUSYKSIKKÖ	CPU 1511-1PN	SIEMENS		1	H	H		
71	DI1	DIGITAALINEN TULOMODUULI	S7-1500, DI1 32x24VDC HF	SIEMENS		1	H	H		

OSALUETTELO										
Projekti:	Märkäpuhalluskone 2.0		JB1							
Asiakas:										
Kohde:			03.12.2023				S	Toimittaja		
Suunn.	03.12.2023	MHa					I	Asennus		
Tark.	03.12.2023	XX					C	Asiakas		
Hyv.	03.12.2023	XX					H	Valmistaja		
PVM			Nimi	Rev						
Rivi	Positio	Kuvaus	Tyyppi	Valmistaja	Piirustus	kpl	S	I	Huom.	Rev.
72	DQ1	DIGITAALINEN LÄHTÖMODUULI	S7-1500, DQ 16x24V DC/0.5A HF	SIEMENS		1	H	H		
73	AI1	ANALOGINEN TULOMODUULI	S7-1500, AI 8xU/I/RTD/TC ST	SIEMENS		1	H	H		
74	AQ1	ANALOGINEN LÄHTÖMODUULI	S7-1500, AQ 4xU/I ST	SIEMENS		1	H	H		
75	eSTOP	HÄTÄPYSÄYTYSNAPPI	HARMONY XB4	SCHNEIDER ELECTRIC		1	H	H		
76	PR	PISTORASIA 16A	M1175	ABB		1	H	H		

Liite 17. Kaapeliluettelo

3.12.2023

1/1

Kaapeliluettelo MARKAPUHALLUSKLONE 2.0

Tunnus	Tyyppi	Mistä	Mihin	Pituus	Huomautus
GVS01 W1	PE 2X8/6	GVS01	PS01		
GVS103 W2	UNITRONIC LIYCY 2x0,5	PRVX_103	ZSO-103		
GVS103 W3	UNITRONIC LIYCY 2x0,5	PRVX_103	ZSC-103		
GVS104 W1	PE 2X8/6	GVS-104	PS-104_1, PS104_2		
GVS104 W2	UNITRONIC LIYCY 2x0,5	SKX_104	ZSO-104		
GVS104 W3	UNITRONIC LIYCY 2x0,5	SKX_104	ZSC-104		
HS102 W2	UNITRONIC LIYCY (TP) 2x2x0,5	HX_102	ZSO-102, ZSC-102		
HV-101 W1	PE 2X8/6	GVS-101	HV-101		
HV-101 W2	UNITRONIC LIYCY (TP) 2x2x0,5	HX_101	ZSO-101, ZSC-101		
HV-102 W1	PE 2X8/6	GVS-102	HV-102		
LT101 W1	UNITRONIC LIYCY 2x0,5	LX_101	LT-101		
M02 W1	EMCMK 4x2,5/2,5	M02_X1	Q2		
M02 W2	EMCMK 4x2,5/2,5	Q2	M02		
M03 W1	EMCMK 4x2,5/2,5	M03_X1	Q3		
M03 W2	EMCMK 4x2,5/2,5	Q3	M03		
M04 W1	EMCMK 4x2,5/2,5	M04_X1	M04		
Q2 W1	UNITRONIC LIYCY 2x0,5	T_X1	Q2		
Q3 W1	UNITRONIC LIYCY 2x0,5	TX_X1	Q3		
S1 W1	UNITRONIC LIYCY 2x0,5	PSX_01	PS01		
S2 W1	UNITRONIC LIYCY 2x0,5	PSX_01	PS01		

Liite 18. Moottoriluettelo

PROJEKTI: MÄRKÄPUHALLUSKONE 2.0		MOOTTORILUETTELO																	MCC Tyypit				
ASIAKAS: HAMK		MARKAPUHALLUSKONE 2.0																	ND =SUORA LÄHTÖ				
OSASTO: INSAM21X7																			RD = KÄRSISUUNTALAHTI				
SUUNN: Maun Hautamäki																			SC = TAAJUUSMUUTTALAHTI				
TARK: HYV.																							
PVM:		MUUTOS																					
NIMI:																							
MOOTTORI- POSITIO	PIIRIKUVAUS 1	PIIRIKUVAUS 2	LAITE- POS.	LAITE- NIMITYS	TEHO kW	VIRTA I (A)	RPM (1/min)	RPM Valhde	VÄLITYS- SUHDE	JÄNNITE (V)	TAAJ. (Hz)	AS.ASE NTO	MOOTT. VALMISTAJA	MOOTTORIN TYYPPIKOODI	MOOTT. TOIMITTAJA	SUOJALAITTE TYYPPIKOODI	OHJAUSKOJE TYYPPIKOODI	MOOTTORILÄHDÖN MUUT KOMPONENTIT	MCC tyyppi	DI	DO	AI	AO
M02	ALLAS	SEKOITUS			1,10	4,45/2,56	1455			230/400	50	B3	SEW EURODRIVE	DRN9034/FI	SEW EURODRIVE	Schneider GV2ME08	Schneider LC1 D09BD	Schneider GV2 AE11	RD		1		
M02	ALLAS	SEKOITUS	M02.ST	START																			
M02	ALLAS	SEKOITUS	M02.R	RUN																1			
M02	ALLAS	SEKOITUS	M02.F	FAULT																1			
M04	SATELLIITTIPOYTÄ	PYÖRITYS			0,75	3,05/1,76	1455	60	24,42	230/400	50	B3	SEW EURODRIVE	R37DRN9034	SEW EURODRIVE	ABB 0203-C16	ABB AC9580-01-03A4-4		QC			1	
M04	SATELLIITTIPOYTÄ	PYÖRITYS	M04.ST	START																			
M04	SATELLIITTIPOYTÄ	PYÖRITYS	M04.RUN	RUN																	1		
M04	SATELLIITTIPOYTÄ	PYÖRITYS	M04.F	FAULT																	1		
M04	SATELLIITTIPOYTÄ	PYÖRITYS	M04.SP	SPEED																		1	1
M03	ALLAS/PUHALLUS	PUMPPU			1,50	5,4/3,15	2890			230/400	50	B14	SIEMENS	900	GRUNFOS	Schneider GV2ME08	Schneider LC1 D09BD	Schneider GV2 AE11	RD		1		
M03	ALLAS/PUHALLUS	PUMPPU	M03.ST	START																			
M03	ALLAS/PUHALLUS	PUMPPU	M03.R	RUN																	1		
M03	ALLAS/PUHALLUS	PUMPPU	M03.F	FAULT																	1		
																				6	3	1	1

Liite 19. Laiteluettelo instrumentointi

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>PROJEKTI MÄRKÄPUHALLUSKONE 2.0</p> <p>ASIAKAS OSASTO SUUNN. TARK. HYV.</p> </div> <div style="width: 40%; text-align: center;"> <h3>LAITELUETTELO</h3> <p>INSTRUMENTOINTI</p> </div> <div style="width: 30%;"></div> </div>													
PVM	NIMI		MUUTOS										
PIIRIPOS	PIIRIKUVAUS 1	PIIRIKUVAUS 2	KPL	LAITEPOS	LAITENIMI	VALMISTAJA	LAITEKODI	KORTTI	I/O KANAVA	AI	AO	DI	DO
L1-101	ALLAS TÄYTTO	PINTAKYTKIN	1	LT-101	PINTALAHETIN	ENDRESS+HAUSER	DELTAPILOT FMB50	S7-1500, AI 8xU/VRTD/TC ST	AIW2	1			
HS-101	ALLAS TÄYTTO	VESIVENTTIILI	1	HV-101	ON-OFF VENTTIILI	AVS-FINLAND	77-40-FB-S1-25-C+DA52						
HS-101	ALLAS TÄYTTO	VESIVENTTIILI	1	GVS-101	MAGNEETTIVENTTIILI	ASCO NUMATICS	L22BA452BG17G61	S7-1500, DQ1 16x24V DC/0.5A HF	DQ0.0				1
HS-101	ALLAS TÄYTTO	VESIVENTTIILI	1	ZSO-101	AUKIRAJA	IFM	IN5224	S7-1500, DI1 32x24VDC HF	DI0.0			1	
HS-101	ALLAS TÄYTTO	VESIVENTTIILI	1	ZSC-101	KIINNIRAJA	IFM	IN5224	S7-1500, DI1 32x24VDC HF	DI0.1			1	
HS-102	ALLAS TYHJENNY	VESIVENTTIILI	1	HV-102	ON-OFF VENTTIILI	AVS-FINLAND	77-40-FB-S1-25-C+DA52						
HS-102	ALLAS TYHJENNY	VESIVENTTIILI	1	GVS-102	MAGNEETTIVENTTIILI	ASCO NUMATICS	L22BA452BG17G61	S7-1500, DQ1 16x24V DC/0.5A HF	DQ0.1				1
HS-102	ALLAS TYHJENNY	VESIVENTTIILI	1	ZSO-102	AUKIRAJA	IFM	IN5224	S7-1500, DI1 32x24VDC HF	DI0.2			1	
HS-102	ALLAS TYHJENNY	VESIVENTTIILI	1	ZSC-102	KIINNIRAJA	IFM	IN5224	S7-1500, DI1 32x24VDC HF	DI0.3			1	
PS01	INDEKSIPOYTA	PAINEILMASYLINTERI	1	PS01	PAINEILMASYLINTERI	FESTO	ESBF-BS-32-400-8P						
PS01	INDEKSIPOYTA	PAINEILMASYLINTERI	1	GVS01	MAGNEETTIVENTTIILI	ASCO NUMATICS	L22BA452BG17G61	S7-1500, DQ1 16x24V DC/0.5A HF	DQ0.2				1
PS01	INDEKSIPOYTA	PAINEILMASYLINTERI	1	S1	LÄHEISYYSSANTURI AUKI	IFM	STM-8M-A-PS-24V-E-0.3-M8D	S7-1500, DI1 32x24VDC HF	DI0.4			1	
PS01	INDEKSIPOYTA	PAINEILMASYLINTERI	1	S2	LÄHEISYYSSANTURI KIINNI	IFM	STM-8M-A-PS-24V-E-0.3-M8D	S7-1500, DI1 32x24VDC HF	DI0.5			1	
A-103	PUHALLUSPISTOOLIT	PAINEENSÄÄTÖVENTTIILI	1	PRV-103	PROPORTIONAALIVENTTIILI	FESTO	MPYE-5-1/4-420-B	S7-1500, AQ 4xU/I ST	AQW4		1		
A-103	PUHALLUSPISTOOLIT	PAINEENSÄÄTÖVENTTIILI	1	GVS-103	MAGNEETTIVENTTIILI	ASCO NUMATICS	L22BA452BG17G61	S7-1500, DQ1 16x24V DC/0.5A HF	DQ1.2				1
A-103	PUHALLUSPISTOOLIT	PUHALLUSPISTOOLI	2	PP1	PUHALLUSPISTOOLI	PREMAC OY							
A-103	PUHALLUSPISTOOLIT	PAINEENSÄÄTÖVENTTIILI	1	ZSO-103	AUKIRAJA	IFM	IN5224	S7-1500, DI1 32x24VDC HF	DI10.3			1	
A-103	PUHALLUSPISTOOLIT	PAINEENSÄÄTÖVENTTIILI	1	ZSC-103	KIINNIRAJA	IFM	IN5224	S7-1500, DI1 32x24VDC HF	DI10.4			1	
SK-104	SUOJAKUOMU	PAINEILMASYLINTERI	2	PS-104	PAINEILMASYLINTERI	FESTO	DSBC-32-500-PPVA-N3						
SK-104	SUOJAKUOMU	PAINEILMASYLINTERI	1	GVS-104	MAGNEETTIVENTTIILI	ASCO NUMATICS	L22BA452BG17G61	S7-1500, DQ1 16x24V DC/0.5A HF	DQ1.0				1
SK-104	SUOJAKUOMU	PAINEILMASYLINTERI	1	ZSO-104	LÄHEISYYSSANTURI AUKI	FESTO	STM-8M-A-PS-24V-E-0.3-M8D	S7-1500, DI1 32x24VDC HF	DI10.5			1	
SK-104	SUOJAKUOMU	PAINEILMASYLINTERI	1	ZSC-104	LÄHEISYYSSANTURI KIINNI	FESTO	STM-8M-A-PS-24V-E-0.3-M8D	S7-1500, DI1 32x24VDC HF	DI10.6			1	
										1	1	10	5
									I/O Amount	AI	AO	DI	DO
										1	1	10	5

Liite 20. I/O-luettelo

IO-LUETTELO MÄRKÄPUHALLUSKONE 2.0

Pos.		"Tag Name"	Data type	Address	DI	DO	AI	AO	Control
MANUAL MODE				%M1.0					KÄSIOHJAUUS NÄYTÖLTÄ
AUTO MODE				%M1.1					KÄSIOHJAUUS NÄYTÖLTÄ
START		START	Bool	%M1.2					KÄSIOHJAUUS NÄYTÖLTÄ
STOP		STOP	Bool	%M1.3					KÄSIOHJAUUS NÄYTÖLTÄ
LT-101	ALTAAN PINNANMITTAUS	LT101	Int	%IW2			1		SÄÄTÖ NÄYTÖLTÄ
HS-101	ALTAAN TÄYTTÖ VEDELLÄ (Max 200 L)								
HV-101	ON-OFF VENTTIILI								
GVS-101	MAGNEETTIVENTTIILI	HS101	Bool	%Q0.0		1			KÄSIOHJAUUS NÄYTÖLTÄ
ZSO-101	ALTAAN TÄYTTÖ AUKIRAJA	HS101_open	Bool	%I0.0	1				
ZSC-101	ALTAAN TÄYTTÖ KIINNIRAJA	HS101_closed	Bool	%I0.1	1				
HS-102	ALTAAN TYHJENNYS								
HV-102	ON-OFF VENTTIILI								
GVS-102	MAGNEETTIVENTTIILI	HS102	Bool	%Q0.1		1			KÄSIOHJAUUS NÄYTÖLTÄ
ZSO-102	ALTAAN TYHJENNYS AUKIRAJA	HS102_open	Bool	%I0.2	1				
ZSC-102	ALTAAN TYHJENNYS KIINNIRAJA	HS102_closed	Bool	%I0.3	1				
PS01	INDEKSIPOYTYÄ M01								AUTO / MANUAL NÄYTÖLTÄ
PS01	PAINELMÄSYLINTERI								
GV/S01	MAGNEETTIVENTTIILI	PS01.ST_E	Bool	%Q0.2		1			
S1	AUKIRAJA	S1	Bool	%I0.4	1				
S2	KIINNIRAJA	S2	Bool	%I0.5	1				
M02	ALTAAN SEKOITIN M02								AUTO / MANUAL NÄYTÖLTÄ
M02.ST	SEKOITUS M02 KÄYNTIIN	M02.ST	Bool	%Q0.4		1			KONTAKTORI
M02.RUN	SEKOITUS M02 KÄYNTITIETO	M02.RUN	Bool	%I1.3	1				KONTAKTORILTA
M02.F	M02 VIKATILA	M02.F	Bool	%I1.4	1				SUOJALAITTEELTA
TK2	TURVAKYTKIN	TK2	Bool	%I1.5	1				TURVAKYTKIMELTÄ
M03	PUMPPU M03								
M03.ST	VEDENHIONTAINEEN PUMPPAUS M03 KÄYNTIIN	M03.ST	Bool	%Q0.5		1			KONTAKTORI
M03.RUN	PUMPPAUS M03 KÄYNTITIETO	M03.RUN	Bool	%I1.6	1				KONTAKTORILTA
M03.F	M03 VIKATILA	M03.F	Bool	%I1.7	1				SUOJALAITTEELTA
TK3	TURVAKYTKIN	TK3	Bool	%I10.0	1				TURVAKYTKIMELTÄ
M04	SATELLIITTIPOYTYÄ M04								AUTO / MANUAL NÄYTÖLTÄ
M04.ST	SATELLIITTIPOYDÄN PYÖRITYS M04	M04.ST	Bool	%Q0.6		1			TAAJUUSMUUTTAJA
M04.RUN	SATELLIITTIPOYDÄN M04 KÄYNTITIETO	M04.RUN	Bool	%I10.1	1				TAAJUUSMUUTTAJALTA
M04.F	M04 VIKATILA	M04.F	Bool	%I10.2	1				TAAJUUSMUUTTAJALTA
M04.SP	SATELLIITTIPOYDÄN PYÖRITYSNOPEUS	M04.SP	Int	%QW2				1	TAAJUUSMUUTTAJALTA
TK4	TURVAKYTKIN	TK4	Bool		1				
M	PAINELMÄNSÄÄTÖ								SÄÄTÖ NÄYTÖLTÄ
PRV-103	ILMAN PÄINEEN SÄÄTÖ	PVR103	Int	%QW4				1	
GVS-103	MAGNEETTIVENTTIILI	A103	Bool	%Q0.7		1			
ZSO-103	PAINELMA AUKIRAJA	A103_open	Bool	%I10.3	1				
ZSC-103	PAINELMA KIINNIRAJA	A103_closed	Bool	%I10.4	1				

