

**Juha Kemppainen**

**MEKAANISTEN YKSIKKÖPROSESSIEN  
MODERNISOINTI**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA Ammattikorkeakoulu  
Syyskuu 2015**

**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**

<b>Yksikkö</b> Tekniikan ja liiketalouden yksikkö, Kokkola	<b>Aika</b> Toukokuu 2015	<b>Tekijä/tekijät</b> Juha Kemppainen
<b>Koulutusohjelma</b> Tietotekniikan koulutusohjelma		
<b>Työn nimi</b> Mekaanisten yksikköprosessien modernisointi		
<b>Työn ohjaaja</b> Hannu Ala-Pönttiö	<b>Sivumäärä</b> 38 + 3	
<b>Työelämäohjaaja</b> Tuomas Savolainen		
<p>Tässä opinnäytetyössä modernisoitiin Centria ammattikorkeakoulun tekniikan ja liiketalouden yksikön murskaamossa sijaitsevat mekaaniset yksikköprosessit, joita käytetään kemiantekniikan laboratorioharjoituksissa.</p> <p>Työn tavoitteena oli toteuttaa toimiva ja helppokäyttöinen automaatiojärjestelmä, helpottamaan laboratoriotöiden suoritusta.</p>		

**Asiasanat**

Automaatio, ohjelmoitava logiikka, taajuusmuuttuja, Siemens

**ABSTRACT**

<b>Unit</b> Unit for technology and business, Kokkola - Pietarsaari	<b>Date</b> Toukokuu 2015	<b>Author/s</b> Juha Kemppainen
<b>Degree programme</b> Information Technology		
<b>Name of thesis</b> MODERNISATION OF MECHANICAL SINGLE PROCESSES		
<b>Instructor</b> Hannu Ala-Pöntiö		<b>Pages</b> 38 + 3
<b>Supervisor</b> Tuomas Savolainen		
<p>The purpose of this thesis work was to modernise the mechanical single process in crushing plant. The process is located in the laboratory of Centria UAS. Mechanical single processes are used in the practical work of chemical engineering.</p>		

<p><b>Key words</b> Automation, Programmable logic, SINAMICS Drive, SIEMENS</p>
---

**TIIVISTELMÄ  
ABSTRACT  
SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 PROSESSIAUTOMAATIO</b>	<b>2</b>
2.1 Keskitetty prosessiautomaatio	2
2.2 Hajautettu prosessiautomaatio	3
<b>3 STANDARDIVIESTIT</b>	<b>4</b>
3.1 Mittaussignaali	4
3.2 Analogi viestit	4
3.3 Digitaalinen viestit	6
<b>4 SIEMENS LAITTEISTO</b>	<b>7</b>
4.1 SIMATIC S7-1200	7
4.2 HMI KTP Basic - Paneeli	8
4.3 SINAMICS V20 Taajuusmuuttaja	9
<b>5 MEKAANISET YKSIKKÖPROSESSIT</b>	<b>11</b>
5.1 Kuulamyly	12
5.2 Murskain	14
5.3 Ilmaerotin	15
<b>6 LAITTEISTON SUUNNITTELU</b>	<b>17</b>
6.1 Laitteiston valinta	17
6.2 Sähkösuunnittelu	18
6.3 Automaatiokeskus	18
<b>7 LAITTEISTON KOKOAMINEN</b>	<b>21</b>
<b>8 AUTOMAATIO- JA SÄHKÖASENNUKSET</b>	<b>23</b>
8.1 Turvallisuus	23
8.2 Maadoitukset	24
8.3 Energian syöttö	24
8.4 Sinamics V20 -konfigurointi	26
<b>9 LOGIIKKA JA HMI- PANEELI OHJELMAT</b>	<b>28</b>
9.1 HMI-Paneeli	28
9.1.1 Visuaalinen suunnittelu	29
9.1.2 Käyttöliittymän suunnittelu	29
9.2 Ohjelmoitava logiikka	30
9.2.1 Ohjelman suunnittelu	30
9.2.2 Ohjelman testaukset	35
<b>10 POHDINTA</b>	<b>36</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>37</b>
<b>LIITTEET</b>	

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa mekaanisten yksikköprosessien modernisointi. Työ toteutettiin Centria-ammattikorkeakoulussa tekniikan ja liiketalouden yksikössä kemiantekniikan murskaamossa. Valitsin kyseisen työn opinnäytetyökseni kiinnostuksestani automaatio suunnittelua sekä ohjelmointia kohtaan ja voidakseni hyödyntää kursseilla opittuja taitojani työssä. Opinnäytetyö sisällään kolme päävaihetta: modernisointiin käytettävän laitteiston määrittelyn ja asennuksen, sähkö- ja automaatio suunnittelun ja käyttöönoton.

Tavoitteena oli suunnitella sekä toteuttaa toimiva automaatiojärjestelmä, jolla helpotetaan kemiantekniikan opiskelijoiden laboratorioharjoitusten suoritusta. Aloitin opinnäytetyön esisuunnittelun kesällä 2014, jolloin aikarajaksi asetettiin kevät 2015.

Esittelin opinnäytetyössäni mekaaniset yksikköprosessit, joihin modernisointi suoritettiin sekä modernisoinnissa käytetyt laitteistot, sekä ohjelmistot. Opinnäytetyössä käsittelemäni myös käytössä olleet turvallisuusasiat ja kävin läpi erilaisia standardiviestejä sekä esittelin kaksi erilaista prosessiautomaatioluokkaa.

## **2 PROSESSIAUTOMAATIO**

Prosessiautomaatio mahdollistaa eri teollisuudenalojen turvallisuuden lisäämisen, sekä tehostaa tuotantolaitosten toimintaa. Ilman prosessiautomaatiota tuotantolaitosten laaduntarkkailu veisi paljon aikaa sekä laitteiden huollot suoritettaisiin kiintein aikavälein. Tämä tekisi käyttöolosuhteista turvattomampia ja tuotannon toiminta jäisi alle tavoitteiden. (ABB 1, 2015.)

Prosessiautomaatiolla voidaan yksinkertaistaa tuotantolaitosten toimintaa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tuotantolaitoksen tuhansiin kohtiin on liitetty erilaisia tiedonkeräysantureita, joilla kerätään tarvittavia tietoa esimerkiksi eri laitteiden lämpötiloista, paineista ja energiankulutuksesta. Nämä tiedot tallentuvat prosessiautomaatio järjestelmään, ja näin koko tuotantolaitosta ja sen laitteita voidaan valvoa valvomosta käsin. Tarvittaessa prosessiautomaatiojärjestelmä on mahdollista ohittaa manuaalisesti. (ABB 1, 2015.)

### **2.1 Keskitetty prosessiautomaatio**

Ennen digitaalista aikakautta prosessiautomaation valvomo- ja kenttälaitteet käyttivät lähinnä analogisia signaaleja. Analogiset signaalit olivat sähköisiä tai pneumaattisia signaaleita. Laitoksessa sijaitsi tyypillisesti yksi valvomo, johon kerättiin lähes kaikki informaatio kentältä. Valvomossa oli suuret ohjauspulpetit ja seinäpaneelit, joissa sijaitsi osoitinkojeet, piirturit, säätimet ja hälytyslaitteet. (Kallio, Mäkinen & Tantarimäki 2009, 156.)

## 2.2 Hajautettu prosessiautomaatio

Hajautettuun prosessiautomaatioon on siirrytty 1980-luvulta lähtien. Hajaute-  
tussa prosessiautomaatiossa tietojen käsittely ja eri toiminnot ovat jaettu usealle  
itsenäiselle tietokoneelle. Nykypäivänä tällä tavoin toimivat valvomoasemat,  
prosessiasemat, kenttäväylät ja niiden kenttälaitteet, ohjelmointilaitteet sekä etä-  
käyttöasemat. (Kallio, Mäkinen & Tantarimäki 2009, 156.)

Älykkäät toimilaitteet ja anturit sisältävät muistia, laskentakapasiteettia sekä  
säätimä. Ne ovat yhteydessä prosessiasemaan ja toisiinsa kenttäväylän avulla.  
Kenttäväylätekniikka vähentää järjestelmän kaapelointia. Prosessiasema tekee  
itsenäisesti mittaus-, ohjaus- ja säätötoimenpiteitä kentältä tulleiden signaalien  
perusteella. Valvomosta henkilökunta voi tarkkailla prosessin arvoja laitteiden  
ja ohjelmistojen avulla. (Kallio, Mäkinen & Tantarimäki 2009, 156.)

Yhden prosessiaseman rikkoontuminen ei välttämättä pysäytä koko automaa-  
tiojärjestelmää hajautetun prosessiautomaation ansiosta. Näin saavutetaan jär-  
jestelmään parempi luotettavuus. (Kallio, Mäkinen & Tantarimäki 2009, 156.)

### 3 STANDARDIVIESTIT

Mittausjärjestelmien ollessa laajoja saavutetaan paljon etua, jos kaikkien mittauslaitteiden signaalit ovat alueellisesti ja muodollisesti samanlaiset. Tällöin voidaan käyttää samanlaisia signaalin käsittelylaitteita riippumatta siitä, mitä anturityyppiä käytetään. Näitä signaaleja kutsutaan standardiviesteiksi. (Aumala, Ihalainen, Jokinen & Kortelainen 1998, 11.)

#### 3.1 Mittaussignaali

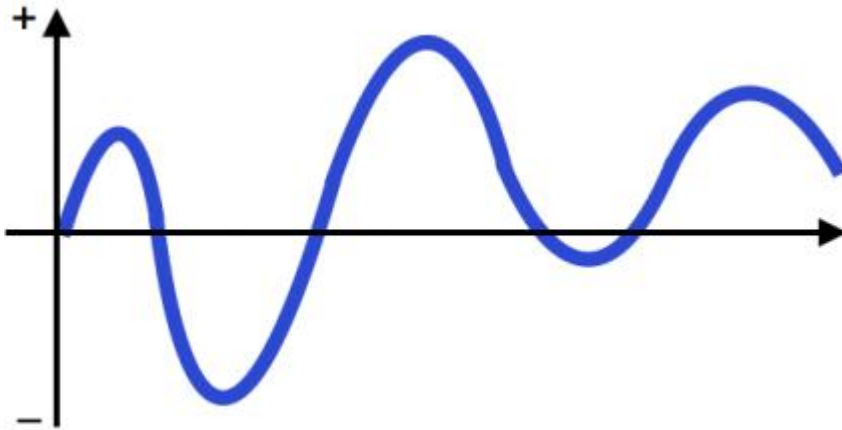
Sanaa signaali käytetään mittaustekniikassa kuvastamaan anturiin kohdistuvaa fysikaalista suuretta, joka muodostetaan mittaustiedoksi ja siirretään käsiteltäväksi. Mittaussignaalin kaksi tärkeintä ominaisuutta ovat sen soveltuvuus eri tavoin käsiteltäväksi ja mahdollisuus siirtää mittaustieto muuttumattomana eteenpäin. (Aumala ym. 1998, 5.)

Automaatiojärjestelmissä signaali on yleisemmin standardisignaali. Standardisignaali eli standardiviesti voi olla digitaalinen tai analoginen viesti. Mittaustiedon siirtoon voidaan myös käyttää muita signaalimuotoja kuten, esimerkiksi, valoa, radioaaltoa tai pneumatiikkaa. (Aumala ym. 1998, 5.)

#### 3.2 Analogiviestit

Mittaussignaali luokitellaan analogiseksi viestiksi, jos sen signaaliparametrit kuvaavat mitattavaa suuretta jatkuvana, kuten kuvioista 1 nähdään. Analoginen viesti on altis häiriöille, joten analogisissa viesteissä tulisi käyttää riittävää signaalitehoa. Yleisimpiä häiriöitä, joita signaalijohtimessa esiintyy, ovat induktiivisia tai kapasitiivisia häiriöitä. Nämä häiriöt voivat nostattaa signaalijohtimen jännitetasoa kymmeniä millivolteja tai enemmän. (Aumala ym. 1998, 8.)





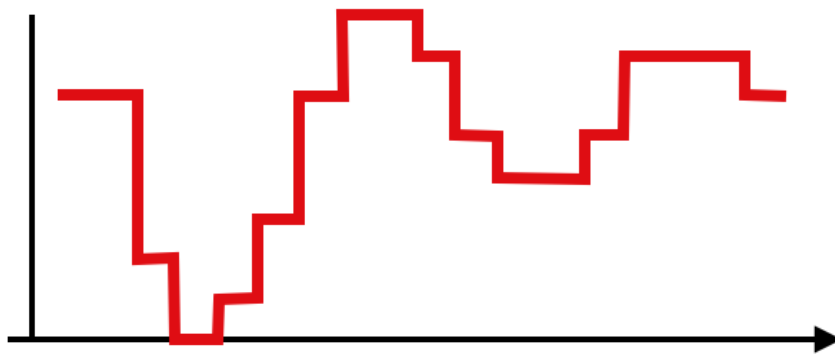
KUVIO 1. Analogi signaaliviesti. (Aaltomuoto. Harju M. 2012.)

Tärkein standardiviesti on virtaviesti. Se on analoginen signaaliviesti, jonka alue on yleisimmin 4 ... 20 mA (milliampeeria). Virtaviestinä voidaan käyttää myös 0 ... 20 mA, mutta tällöin virtaviestiä ei ole mahdollista käyttää anturin tehon syöttämiseen, vaan anturin käyttöjännitteet kulkevat eri johtimessa viestin kanssa. (Aumala ym. 1998, 11.)

Toinen analoginen standardoitu viesti on jänniteviesti. Yleisin käytössä oleva jänniteviesti on 1 ... 5 V (Voltia). Jänniteviesti saadaan kun standardivirtaviesti johdetaan 250 ohmin vastuksen lävitse. (Aumala ym. 1998, 11.)

### 3.3 Digitaliviestit

Jos automaatiojärjestelmässä on paljon digitaalisia laitteita, on niiden välinen tiedonsiirto hyvä toteuttaa käyttäen väyläteknikkaa. Digitaalisessa viestissä tiedonsiirto tapahtuu sähkövirralla tai jännitteellä käyttäen joko sarjamuotoista lähetystä, jossa kaikki lähetettävät bitit lähetetään peräkkäin tiedonsiirto väylälle tai rinnakkaismuotoista lähetystä, jossa kaikki bitit lähetetään yhtäaikaisesti. Mittaussignaali voi olla joko monikanavainen tai yksikanavainen digitaalinen binäärisignaali. Kuviossa 2 nähdään otos binäärisignaalista. (Aumala ym. 1998, 12.)



KUVIO 2. Digitaalinen signaaliviesti. (Aaltomuoto. Harju M. 2012.)

Digitaalisessa tiedonsiirrossa saattaa esiintyä häiriöitä. Digitaaliseen viestiin saattaa muodostua häiriö kohinaa ympäristöstä, esimerkiksi muista lähellä olevista laitteista. Kohina voidaan suodattaa joko kokonaan pois tai sitä voidaan vaimentaa huomattavasti. Digitaalisessa tiedonsiirrossa saattaa esiintyä myös väylään kytketyistä laitteista johtuvia häiriöitä. Esimerkiksi kun kukin väylään kytketty laite käynnistävät oman tiedonsiirtonsa, voivat viestit törmätä tiedonsiirto väylällä. Tällöin tiedonsiirto voi viivästyä yli näytejaksoajan, ja siirrettävästä informaatiosta voi jäädä jokin tieto siirtämättä, joka puolestaan pienentää tiedonsiirron luetettavuutta. (Aumala ym. 1998.)

## **4 SIEMENS-LAITTEISTO**

Siemens AG on elektroniikan ja elektroniikkatekniikan kansainvälinen yritys, joka työllistää noin 450 000 ihmistä. Siemens AG on perustettu 1800-luvulla Werner von Siemensin toimesta. Yritys toimii lähes 200 eri maassa. (Siemens 2015.)

Suomeen Siemens tuli kahdeksan vuotta yrityksen perustamisen jälkeen. Venäjän toimesta Siemens sai tehtäväkseen rakentaa lennätinlinjan Pietarin ja Helsingin ja Turun välille. Näin Suomi liitettiin kansainväliseen tietoverkostoon. (Siemens 2015.)

### **4.1 Simatic S7- 1200**

Kuviossa 3 näkyvällä Simatic S7-1200 ohjelmoitavalla logiikalla on mahdollista ohjata monia pieniä tai keskisuuria automaatiosovelluksia. S7-1200 logiikasta on saatavilla neljä eri mallia: CPU 1211C, CPU 1212C ja CPU 1214 sekä CPU 1215, jotka kaikki sisältävät PROFINET liitännäismahdollisuuden, joka mahdollistaa laitteistojen välisen tiedonsiirron sekä laitteiden ohjelmoinnin väylän kautta. S7-1200 logiikka sisältää itsessään kuusi erittäin nopeaa laskuri tuloa sekä kaksi erittäin nopeaa pulssilähtöä. Siinä voidaan myös käyttää 16:sta automaattisen viritustoiminnan omaavaa PID -säädintä. (Siemens 2015.)



KUVIO 3. Siemens Simatic S7-1200. (Siemens 2015.)

Kyseiseen logiikkaan on mahdollista laajentaa kahdeksalla signaalikortilla, jotka yhdistetään logiikan oikealle puolelle ja kolmella kommunikointikortilla sekä yhdellä signaalilaudalla, joka kiinnitetään logiikan päälle. S7-1200:lla ohjelmoitaessa on käytettävä SiemensTIA-Portal ohjelmointityökalua. (SIMATIC S7-1200 Brochure 2010.)

#### 4.2 HMI KTP Basic – Paneeli

Kuviossa 4 nähtävällä Siemens HMI KTP Basic-paneelilla voidaan parantaa visuaalisesti laitteiden tai sovellusten operointia. PROFINET-liittymän avulla HMI KTP Basic-paneeli voi kommunikoida S7-1200 logiikan kanssa saumattomasti. Näin ollen paneelin välityksellä voidaan ohjata logiikkaa. (SIMATIC S7-1200 Brochure 2010.)



KUVIO 4. Siemens HMI KTP Basic.

Paneelilla on IP65-luokitus, jonka ansiosta se soveltuu koviin teollisuuden ympäristöihin. Paneeli sisältää hyviä ominaisuuksia, kuten esimerkiksi hälytyshistorian, reseptien hallinnan, vektorigrafiikkaa ja trendejä sekä laajan kirjan kuvia ja objekteja teollisuuden aloilta. (SIMATIC S7-1200 Brochure 2010.)

### 4.3 SINAMICS V20 Taajuusmuuttuja

Kuviossa 5 näkyvä Siemens Sinamics V20 taajuusmuuttuja on pienikokoinen vaihtosähkötaajuusmuuttuja, joka tarjoaa edullisen ja helppokäyttöisen taajuusmuuttujaratkaisun. V20 taajuusmuuttujaa on saataville 120 watin tehosta aina 1500 watin tehoon asti, ja sitä voidaan käyttää esimerkiksi pyörittämään moottoreita, pumppuja ja liukuhihnoja. (Empautomation 2013.)



KUVIO 5. SIEMENS SINAMICS V20

## 5 MEKAANISET YKSIKKÖPROSESSIT

Aikaisemmin mekaanisiin yksikköprosesseihin liittyvä kuulamyly oli käytössä Centria-ammattikorkeakoulun tekniikan ja liiketalouden yksikön kemiantekniikan prosessilaboratoriossa. Esisuunnitteluvaiheen alussa laitteistot siirrettiin koululla sijaitsevaan murskaamoon. Prosessilaboratoriossa sijaitsee kuviossa 6 näkyvä Chemplant, eli kemian pilottitehdas. Pilottitehtaassa tehdään tutkimuksia ja kokeita eri kemian yrityksille.



KUVIO 6. Chemplant-koetehdas (Centria 2012.)

Chemplant-pilottitehtaan ytimenä on liuosreaktori, jonka ympärillä on useita eri prosesseja, kuten kiinteän raaka-aineen käsittely, kaasupuhdistus ja kiintoainesten ja liuoksen erotusprosessi. Prosessit toimivat pääsääntöisesti suorana prosessista seuraavalle -periaatteella, mutta eri yksikköprosesseja voidaan ajaa myös erikseen. Chemplantin laitteiston järjestystä on mahdollista muunnella, jotta se soveltuisi käytettäväksi erilaisissa käyttötarkoituksissa. Pilottitehtaan päälaitteistoja ovat reaktori, tislain, kaasupesuri, suodatin, murskain, kuulamyly

sekä seulontalaitteisto. Pilottitehtaan laitteiston automaatiojärjestelmänä oli käytetty ABB 800xA:ta, mutta opinnäytetyön myötä mekaanisille yksikköprosesseille automaatiojärjestelmäksi vaihtui Siemens.

## **5.1 Kuulamyly**

Kuviossa 7 näkyvä kuulamyly siirrettiin opinnäytetyön alussa murskaamoon. Kuulamylyä käytetään murskatun kivimurskeen hienontamiseen. Hienontaminen tapahtuu siten, että hienonnettava murske laitetaan sopivan kokoiseen astiaan ja astia sijoitetaan kuviossa 2 näkyvien mustien akselien päälle. Kun kuulamylyn moottoria pyöritetään, akseleilla oleva astia alkaa pyöriä. Astian pyöriessä, astian sisällä olevat kuulat hienontavat murskaa. Kuulamylyn moottoria ohjataan Siemens Sinamics V20 taajuusmuutujalla, joka esitellään myöhemmin opinnäytetyössä.





KUVIO 7. Kuulamyly

Kuulamylyn operointi tapahtuu Siemens HMI KTP basic-paneelilta. Kuulamylyn operointi aloitetaan valitsemalla käytössä oleva jauhausastian koko. Tämän jälkeen asetetaan haluttu astianpyörimisnopeus ja painetaan START-painiketta. Laite pysähtyy kuulamylyn vieressä sijaitseva turvakytkimestä, tai kun vihreää START-painiketta painetaan uudemman kerran. Taajuusmuuttujan ansiosta kuulamylyn nopeutta voidaan ohjata portaattomasti.

Kuulamylyn moottorin teho on 370W (wattia). Sen maksimaalinen pyörimisnopeus alennusvaihteiston kanssa on 385 rpm (kierrosta minuutissa).

## 5.2 Murskain

Kuviossa 8 näkyvää Retsch-murskainta käytetään kivimurskan valmistamiseen, jota hienonnetaan kuulamylyssä. Murskain on tyypiltään leukamurskain, jonka teho on 1500W, ja sitä ohjataan kontaktorilla.



KUVIO 8. Murskain.

Murskainta ja kuulamylyä operoidaan usein yhtäaikaisesti. Tämän vuoksi niitä on mahdollista käyttää samanaikaisesti ohjauspaneelista. Murskaimen operointi on myös mahdollista suorittaa ohjauspaneelin omalta ruudulta. Murskaimen operointi alkaa painamalla START-painiketta murskaimen ruudulta. Tämän jälkeen murskain ei vielä käynnisty, vaan murskain on tarkistettava ja sen kyljessä sijaitseva turvakytkin on käännettävä ON-asentoon. Murskain sammuu, kun vihreää START-painiketta painetaan uudemman kerran, tai murskaimen turvakytkin käännetään OFF-asentoon.

### 5.3 Ilmaerotin

Kuviossa 9 näkyvällä Ilmaerottimella erotellaan suuremmat hiekan jyvät pienemmistä hiekanjyvistä. Moottorin teho on 1100W ja maksimi pyörimisnopeus 1390 rpm. Ilmaerottimessa moottorin pyörimisnopeus välitetään ilmaerottimen akselille kiilahihnalla, erikokoisten hihnapyörien välityksellä. Näin ilmaerotinta on mahdollista pyörittää eri nopeuksilla, vaikka ilmaerottimen moottori pyörisi vakio nopeudella. Ilmaerottimen moottoria ohjataan Siemens Sinamics V20 1.1Kw -taajuusmuuttujalla.



KUVIO 9. Ilmaerotin.

Ilmaerottimen operointi alkaa sen välityssuhteen valinnalla. Välityssuhde valitaan siirtämällä hihnaa erikokoisten hihnapyörien välillä. Erikokoisten hihnapyörien avulla moottorin pyörimisnopeus muunnetaan erilaiseksi nopeudeksi ilmaerottimelle. Kun välityssuhde on valittu, asetetaan sama välityssuhde myös ohjauspaneeliin ilmaerottimen välityssuhde ruudulle. Kun välityssuhde on valittu ja asetettu, syötetään ilmaerottimelle haluttu pyörimisnopeus ja lopuksi painetaan START-painiketta. Ilmaerotin sammuu, kun vihreää START-painiketta painetaan toistamiseen tai kun ilmaerottimen turvakytkin katkaisee ohjausvirran.

Taajuusmuuttujaohjauksen ansiosta ilmaerotin nopeutta on mahdollista muuttaa portaattomasti.

## 6 LAITTEISTON SUUNNITTELU

Kesäkuussa 2014 esisuunnittelun ensimmäinen vaihe oli tutustua mekaanisiin prosessiyksiköihin ja suunnitella, millaisia laitteistoja tarvittaisiin niiden modernisoinnissa. Huomioonotettavia asioita olivat automaatioaste, turvallisuus ja laitteiston sijainti sekä käytettävyys.

### 6.1 Laitteiston määrittely

Mekaanisten prosessiyksiköiden laitteiston valintoihin vaikuttivat laitteiden käyttötarkoitukset sekä ominaisuudet, kuten moottorien tehot ja ohjaustavat. Kuulamylyn, ilmaerottimen ja murskaimen operoinnit toteutettiin käyttäen Siemens HMI KTP1000 Basic -näyttöpaneelia ja Siemens S7-1200 -logiikkaa. S7-1200 logiikkaan liitettiin kolme lisäkorttia: analog input SM 1231, analog output SM 1232 sekä Network CSM 1277. Lisäkorttien avulla S7-1200 -logiikkaa oli mahdollista laajentaa täyttämään mekaanisten prosessiyksiköiden käyttövaatimukset. Kaikki tarvittavat laitteet sekä pientarvikkeet, kaapelit, kaapit ja johdotuskourut, tilattiin Keski-Pohjanmaan Sähkö ja Automaatio-liikkeestä.

Kuulamylyn laitteiston valinnan aloitimme tutkimalla kuulamylyn moottoria ja sitä, kuinka sen ohjaus tulisi toteuttaa. Ohjaus toteutettiin Siemens Sinamics V20 -taajuusmuuttujan avulla, jolloin kuulamylyä oli mahdollista ohjata portaattomasti. Taajuusmuuttujaa valitessa oli huomioitava kuulamylyn moottorin nimellisteho. Ilmaluokittimen laitteistoa valitessa oli otettava huomioon samat asiat kuin kuulamylyn laitteiston valinnassa. Tarkistimme ilmaluokittimen moottorin nimellistehon ja valitsimme sen jälkeen sille sopivan taajuusmuuttujan. Ilmaluokittimelle ja kuulamylylle valittiin myös turvakytkimet. Murskaimen ohjaustavaksi määriteltiin kontaktiohjaus. Murskain sisältää turvakytkimen, joten sille emme valinneet erillistä turvakytkintä.

## 6.2 Sähkö ja automaatiosuunnittelu

Kun laitteisto oli saapunut toimittajalta, oli aika suunnitella laitteiden sähköistys. Sähkösuunnittelun aloitin tutkimalla kytkettävien laitteiden asennusohjeita, joista löysin tietoa käyttöjännitteistä ja käytettävistä johtotyypeistä. Piirikaavioiden suunnittelun suoritin AutoCad-ohjelmalla.

Piirikaavioiden suunnittelun aloitin piirtämällä logiikan virtalähteen PM 1207 kytkennät (LIITE 1). Virtalähteen piirikaavioon suunnittelin myös logiikan lisäkorttien, ohjauspaneelin ja kaapin tuulettimen kytkennät. Toiseen piirikaavioon piirsin ilmaerottimen ja kuulamylyn moottorikytkennät ja murskaimen kontaktorikytkennän.

Piirikaavioiden ollessa valmiit, suunnittelin murskaamohuoneessa kaapeleiden asennus reitin automaatiokeskukselta mekaanisille yksikköprosesseille. Murskaimen kaapeloinnin suunnittelin asennettavaksi kaapelihyllyä pitkin, jonka jälkeen kaapeli laskettaisiin putken sisällä murskaimelle. Tällä samalla menetelmällä toteutettiin myös kuulamylyn ja ilmaerottimen kaapeloinnit.

## 6.3 Automaatiokeskus

Automaatiokeskuksen suunnittelu alkoi käytännössä jo laitteiden valintaa tehdessä. Automaatiokeskus asennettiin Centria-ammattikorkeakoulun kemiantekniikan murskaamoon kuviossa 10 näkyvälle paikalle. Laitteiden asennuspaikkojen suunnittelu automaatiokeskukseen suoritettiin AutoCad- piirto -ohjelmalla.



KUVIO 10. Automaatiokeskus.

Ennen AutoCad-suunnittelua otin asennettavista laitteista ja automaatiokeskuksesta tarvittavat ulko- ja sisämitat. Tämän jälkeen piirsin mittojen perusteella kuvat keskuksen sisällöstä ja laitteistoista. Huomioon otettava asia keskuskaapin sisällön suunnittelussa oli taajuusmuuttujien paikkojen valinta. Taajuusmuuttujien paikat tuli suunnitella niin, että tuuletus olisi riittävä ja ettei taajuusmuuttujista säteilemä lämpö ylikuumentaisi muita keskuksessa olevia laitteita. Tätä ongelmaa varten suunnittelin keskuskaappiin asennettavaksi oikeaan alakulmaan tuulettimen, joka puhaltaisi jäähdytysilmaa keskuskaappiin. Tuulettimen avuksi suunnittelin myös asennettavaksi tuuletusaukon keskuskaapin yläreunaan taajuusmuuttujien taakse. Näin alhaalta tuleva viileä ilma virtaisi lämmitessään alhaalta ylöspäin, jäähdyttäen koko keskuskaapin laitteiston. Toinen huomioitava asia oli keskuksen kannessa oleva ohjauspaneeli, sillä taajuusmuuttujat eivät sopeet suoraan sen taakse.

Logiikan ja logiikan laitteistojen sijoituspaikan suunnittelin olevan keskellä keskuskaappia samassa linjassa taajuusmuuttujien kanssa. Opinnäytetyön edetessä logiikkalaitteiston asennuslinja kuitenkin muuttui uusien laiteasennusten vuoksi.

Mittauksien perusteella logiikkalaitteisto ei ollut liian lähellä kanteen kiinnitettävää ohjauspaneelia, joten ne suunnittelin asennettavaksi samalle kohdalle suoraan ohjauspaneelin taakse.

Automaatiokeskuksen alimmaiselle riville suunnittelin asennettavaksi sulakkeet, murskaimen kontaktorin ja riviliittimet. Aivan alimmaiseksi oli jätettävä tyhjää tilaa sähkökytkentöjä varten. Keskuskaapin sivuille ja taajuusmuuttujien yläpuolelle suunnittelin asennettavaksi 40 mm:n johtokourut. Taajuusmuuttujien alapuolelle suunniteltiin asennettavaksi 20 mm:n johtokouru.



## 7 LAITTEISTON TOTEUTUS

Suunnitteluvaiheen jälkeen aloitin automaatiokeskuksen kokoamisen. Tuuletin, ilmaukko ja ohjauspaneeli olivat helpompi asentaa ensimmäisinä automaatiokeskukseen, koska automaatiokeskusta ei ollut vielä kiinnitetty murskaamon seinälle. Kokoamisen helpottamiseksi irrotin automaatiokeskuksen pohjalevyn ja suoritin kokoamisen konetekniikan laboratorioissa.

Ensimmäisenä mittasin ja piirsin taajuusmuuttujien kiinnityskohdat pohjalevyyn, sähköisten AutoCad-piirustuksien mukaisesti. Tämän jälkeen asensin molemmat taajuusmuuttajat paikoilleen ja sovitin pohjalevyä automaatiokeskukseen. Automaatiokeskusta mitatessa huomasin, ettei taajuusmuuttujien taakse jäisi riittävästi tilaa ilmankierrolle ja johtokourulle. Mittauksien perusteella huomasin, että taajuusmuuttujia olisi varaa laskea 30 millimetriä ilman, että ne ottaisivat keskuskaapin kannessa olevaan ohjauspaneeliin kiinni. Tällöin taajuusmuuttujien ja keskuskaapin päädyn väliin jäi 50 millimetriä väliä, jolloin ilmavirta pääsisi kulkemaan ja johtokouru mahtuisi paikoilleen. Tämän jälkeen irrotin pohjapaneelin uudestaan ja laskin taajuusmuuttujien kiinnityksiä ja sovitin pohjapaneelia uudestaan keskuskaappiin. Huomasin taajuusmuuttujien sopivan kaappiin ongelmitta.

Taajuusmuuttujien kiinnittämisen jälkeen aloin mitailla ja piirtää logiikkalaitteiston kiinnitystä. Logiikka ja sen oheislaitteet kiinnitettiin automaatiokeskuksen pohjalevyyn erillisellä kiinnityskiskolla. Kiinnityskiskoa oli saatavilla metritavarana, joten kiskosta oli sahattava oikean mittainen pala. Myöhemmin logiikkaan lisättiin vielä analog output SM 1232 -kortti.

Kun taajuusmuuttujat ja logiikkalaitteisto oli kiinnitetty, oli vuorossa riviliittimien, sulakkeiden ja murskaimen kontaktorin kiinnitys pohjalevyn alareunaan. Myös riviliittimet ja sulakkeet sekä kontaktori kiinnitettiin pohjalevyyn kiinnityskiskolla. Myöhemmin sähköasennuksia tehdessäni jouduin hankkimaan lisää riviliittimiä, sekä oikeanlaiset yksivaiheiset sulakkeet taajuusmuuttujille.

Laitteiden asennuksien jälkeen kiinnitin pohjalevyyn johtokourut, joita pitkin johdotukset erilaitteille kulkevat. Kourut piti tarkasti mitoittaa siten, että niiden liitoskohtiin ei jäisi tyhjää tilaa, vaan ne olisivat tiiviisti yhdessä. Kourujen kiinnityksen jälkeen asensin keskuskaapin pohjalevyn takaisin, ja mekaaninen asennus oli valmis.

## 8 AUTOMAATIO- JA SÄHKÖASENNUKSET

Laitteiston kokoamisen ollessa valmis aloitin automaatiokeskuksen automaatio- ja sähköasennuksien teon käyttäen apunani suunnittelemani piirikaavioita. Automaatiokeskuksen sisällä laiteohjauksien ja energiansyöttöjen kaapeloinnit pyrittiin kuljettamaan eri johtokourua pitkin suurjännitteistä aiheutuvien häiriöiden välttämiseksi.

### 8.1 Turvallisuus

Asensin kuulamyyllylle ja ilmaerottimelle kuvion 11 mukaiset energian saannin katkaisevat turvakytkimet. Niiden avulla saadaan moottorit virrattomiksi esimerkiksi huoltotoimenpiteiden ajaksi. Turvakytkimiltä saadaan kytkintieto logiikalle. Kun turvakytkin antaa kytkintiedon, ohjautuu se ohjauspaneelin näytölle hälytyksenä.



KUVIO 11. Turvakytkin

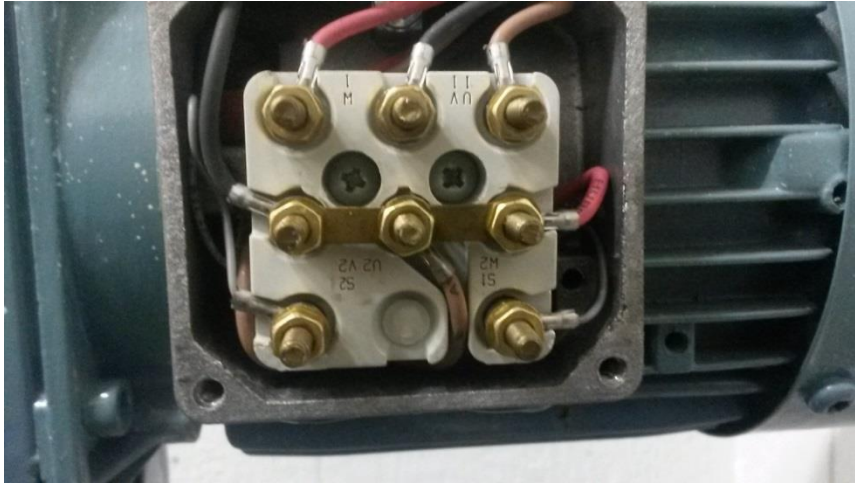
## 8.2 Maadoitukset

Automaatiokeskuksen laitteet, turvakytkimet sekä mekaanisten yksikköprosessilaitteiden moottorit on kytketty samaan suojamaadoitus tasoon. Automaatiokeskuksen oikeassa alakulmassa sijaitsee suojamaadoituspaikka, johon keskuksessa sijaitseva PE-riviliitin on yhdistetty. PE-riviliittimeen yhdistetään kaikkien laitteiden suojamaadoitukset.

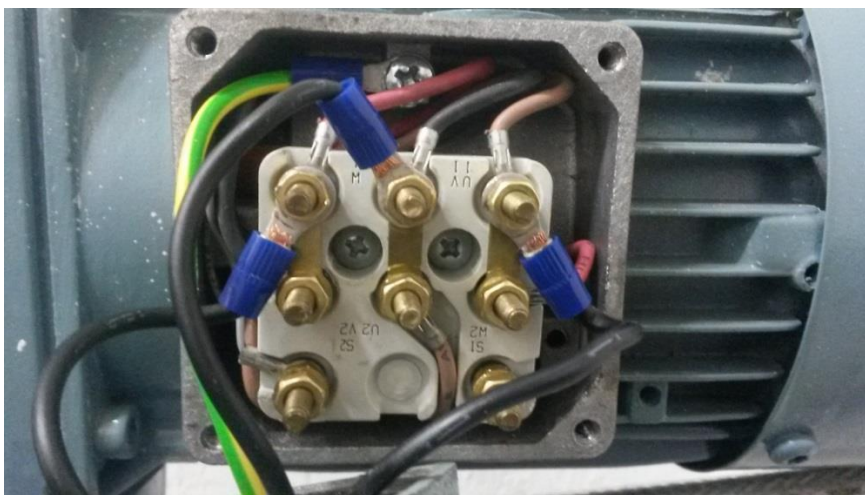
Taajuusmuuttujien ohjauksien nolla-tasot ja logiikan analogitulosten ja -lähtöjen nolla-tasot on yhdistetty riviliittimellä. Tasajännite nolla-tason riviliittimet ovat merkitty 0V- merkinnällä. Tähän merkittyyn riviliittimeen yhdistyy kaikki 24 Voltin tasajännitteen nollajohtimet, joita automaatiokeskuksessa käytetään. Vaihtosähkölaitteilla nollajohtimet on kytketty riviliittimeen, joka on merkitty N-merkinnällä.

## 8.3 Energian syöttö

Energiansyöttöjen kaapeloinnin aloitin asentamalla taajuusmuuttujilta kaapelit kuulamylyn ja ilmaerottimen moottoreille. Kaapeleina käytin taajuusmuuttujille sopivaa häiriösuojattua kaapelia. Automaatiokeskukselta kuljetin kaapelit turvakytkimille, joilta kaapelit jatkuivat suoraan moottoreille. Ilmaerottimen ja kuulamylyn moottorien sisäiset kytkennät piti muuttaa. Alunperin moottorit oli kytketty kuvion 11 mukaisesti tähtikytkentään, joissa ne toimivat 400 V:n jännitteellä. Taajuusmuuttujien saadessa syöttönsä yksivaiheisina, jouduin vaihtamaan moottorien kytkennät kuvion 12 mukaisesti kolmiokytkentöihin. Tällöin taajuusmuuttujien maksimi ulosanto jännite on 230 V.



KUVIO 11. Tähtikytketty moottori.



KUVIO 12. Kolmiokytketty moottori.

Kuulamylyn ja ilmaerottimen moottorien kaapeloinnin jälkeen vedin murskaimelle energian syöttökaapelin automaatiokeskuksessa sijaitsevalta kontaktorilta. Murskain saa tehonsa 3-vaihesulakkeen kautta. Kaapelointiin käytin tavallista kumivaippaista kaapelia. Murskaimen turvakytkimeltä ei haluttu ottaa erillistä asentotietoa automaatiokeskukseen.

Automaatiokeskuksen sisällä ensimmäisenä kaapeloin logiikka laitteiston PM 1207-virtalähteen. Virtalähde ottaa tehonsa 1-vaihe sulakkeen kautta ja tuottaa Siemens S7-1200 logiikalle ja sen lisälaitteille 24 Voltin tasajännitteen. Kaikille logiikkalaitteistoille ei riittänyt kytkentäpaikkoja suoraan virtalähteestä, vaan kytkin virtalähteen 24 Volttia merkittyihin riviliittimiin. Seuraavaksi kytkin taajuusmuuttujien käyttöjännitekaapelit. Taajuusmuuttajat ottavat tehonsa erillisten 1-vaihe sulakkeiden kautta. Kun muut laitteistot oli kaapeloitu, kaapeloin viimeisenä automaatiokeskuksen tuulettimen, joka toimii 230 Voltin vaihtosähkö jännitteellä. Tuuletin saa energiansa merkityistä riviliittimistä, joihin on kierrätetty 230 Volttia.

Kaikkien sähkö- ja automaatioasennuksien ollessa valmiita, tarkistettiin kaikki kytkennät ja liitettiin järjestelmä sähköverkkoon. Tämän jälkeen laitteisto testattiin ja todettiin toimivaksi.

#### **8.4 Sinamics V20 -konfigurointi**

Taajuusmuuttujan konfiguroinnin aloitin lukemalla taajuusmuuttujan ohjekirjaa ja valitsemalla sieltä sopivan ohjelman kuulamyyllylle ja ilmaerottimelle. Molemmille valitsin saman ohjelman, sillä ohjaustavat ja toiminnot olivat lähellä toisiinsa.

Taajuusmuuttujan konfigurointi oli helppoa. Apuna käytin taajuusmuuttujan mukana tullutta ohjekirjaa. Konfigurointi aloitettiin painamalla taajuusmuuttujan M-painiketta alle 2 sekuntia pohjassa. Tällöin moottorin tiedot valikko aukesi ja taajuusmuuttujaan syötettiin käytössä olevan moottorin tiedot. Kun moottorin tiedot olivat valmiit, painoin M-painiketta yli 2 sekunnin ajan, jolloin ohjelman valinta valikko aukesi. Tästä valikosta tuli valita haluttu ohjelma makro. Valitsin ohjelma makroksi CN002, joka tarkoitti potentiometristä ohjausta. Takaisin alkunäyttöön pääsin kun seurasi ohjekirjan ohjeita. Mitään muita valintoja tai muutoksia ei taajuusmuuttujaan tarvinnut tehdä.

Kun valittu ohjelma oli selvillä, katsoin ohjekirjasta, kuinka taajuusmuuttujan ohjaukset tulisi kytkeä vastaamaan valittua makro -ohjelmaa (LIITE 1).

## **9 LOGIIKKA JA HMI- PANEELIOHJELMAT**

Siemens S7-1200 logiikkaan ja HMI KTP-ohjauspaneeliin ohjelmakoodit toteutettiin käyttäen Siemens TIA-Portal -ohjelmistoa. Tämä ohjelmointityökalu mahdollisti logiikan ja ohjauspaneelin ohjelmistojen teon sekä ohjauspaneelin käyttöliittymän yhtäaikaisen suunnittelun.

Ohjelmoinnin aluksi oli luotava uusi projekti ja määriteltävä käytössä oleva logiikka ja ohjauspaneeli. Laitteiston määrittelyssä helpotti ohjelmassa oleva auto detec-komento. Tämän avulla TIA-Portal tunnisti logiikan ja ohjauspaneelin automaattisesti. Auto detec-komento ei kuitenkaan tunnistanut logiikan I/O-moduuleita, joten ne piti määritellä manuaalisesti. Kun laitteisto oli määritelty, tuli logiikalle ja HMI-paneelille antaa IP-osoitteet Ethernet-kommunikointia varten. Logiikan IP-osoitteeksi valitsin 10.20.30.10 ja ohjauspaneelin osoitteeksi 10.20.30.20.

### **9.1 HMI- paneeli**

Mekaanisia yksikköprosesseja operoidaan ohjauspaneelistä. Yksikköprosessien operointi paneelistä tapahtuu siten, että käyttäjä syöttää halutun laitteiston pyörimisnopeuden ja käynnistää laitteen. Ohjauspaneeli on sijoitettu automaatiokeskuksen kanteen laitteiston läheisyyteen, mahdollistamaan helpon laitteiston käytön.



### 9.1.1 Visuaalinen suunnittelu

Ohjauspaneelin visuaalisen ilmeen pyrin suunnittelemaan mahdollisimman selkeäksi ja informatiiviseksi. TIA-Portal ohjelmassa oli laaja valikoima erilaisia objekteja, joita oli mahdollista muokata Windows Paint-ohjelmalla sekä yhdistellä toisiin objekteihin. Ohjelmaan oli myös mahdollista hakea lisäkuvia ja objekteja Internetistä tai siirtää ja käyttää itsetehtyjä kuvia. Kuvat ja objektit liitettiin paneelin ruudulle drag & drop-menetelmällä.

Ohjauspaneelille on mahdollista tehdä useita eri ruutuja. Ruuduilta pystytään siirtymään toiselle ruudulle painonapeilla. Paneelin jokaisen ruudun alareunaan tein pienen palkin, jossa löytyy jokaisen käytössä olevan laitteiston ruudun siirtymis-painonappi. Tämä helpottaa käyttäjän liikkumista ruudulta toiselle. Ohjauspaneelin aloitusruuduksi tein kuulamylyn ja murskaimen ohjausruudun. Tältä ruudulta käyttäjän on mahdollista ajaa kuulamylyä sekä murskainta yhtäaikaisesti. Jokaiselle yksikköprosessille tein oman ohjausruudun, josta käyttäjän on mahdollista ohjata laitteistoja ja seurata niiden arvoja (LIITE 2). Jokaiselta ruudulta on mahdollista siirtyä ohje ruudulle, josta käyttäjä voi lukea laitteiden käyttöohjeet.

### 9.1.2 Käyttöliittymän suunnittelu

HMI-ohjauspaneeli toimii käyttäjän ja logiikkalaitteistojen välisenä rajapintana. Se muuntaa logiikalta tulevat mittaustiedot käyttäjälle ymmärrettävään muotoon ja välittää käyttäjän antamat ohjaustiedot logiikalle.

Käyttöliittymän suunnittelu oli käytännössä ruutuihin sijoitettujen I/O-nappien ja ikkunoiden konfigurointia. I/O-ikkunoihin määrittelin, mitä tietoja ne näyttävät ja mitä tietoja niistä oli mahdollista muuttaa. I/O-nappeihin määrittelin nappien painotoiminnot.

Tietojen välitys ohjauspaneelista logiikkaan tapahtuu PLC ja HMI TAG:n avulla. Annoin paneelissa oleville I/O-ikkunoille ja painonapeille omat HMI TAG:t, jotka kuvastivat niiden toimintaa. HMI TAG:lla viitataan samannimisiin logiikassa oleviin PLC TAG:eihin, jolloin logiikassa olevan ohjelman on mahdollista tunnistaa ne.

## **9.2 Ohjelmoitava logiikka**

Ohjelmoitava logiikka toteuttaa kaikki ohjauspaneelilta annettavat käskyt. Se kerää tietoja taajuusmuuttujilta ja muokkaa ne ymmärrettävään muotoon ja näyttää ne HMI-ohjauspaneelissa. Logiikan avulla säädetään sekä ohjataan mekaanisia yksikköprosesseja.

### **9.2.1 Ohjelman suunnittelu**

Kun HMI-ohjausrudut olivat valmiit, aloitin logiikan ohjelman suunnittelun. Ensimmäisenä suunnittelin kuviossa 12 esitetyn PLC TAG-listan. Tässä listassa annoin logiikan jokaiselle mittaukselle ja ohjaukselle oman position ja osoitteen. Osoitteiden avulla mittaukset ja ohjaukset viittasivat oikeaan TAG:n. Pääsääntöisesti osoitteet määräytyivät logiikkakytkentöjen perusteella. Esimerkiksi kuumamyllyn digitaalinen ohjaus tapahtui logiikan ensimmäisestä digitaalisesta lähdöstä, jolloin sen osoitteeksi annettiin Q0.0.

PLC tags							
	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Visibl...	Acces...
1	Kuulamyly pyörimisnopeus	Default tag table	Word	%W96	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Kuulamyly analoginen ohjaus	Default tag table	Word	%QW112	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Kuulamyly ohjaus(1)	Default tag table	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Tag_3	Default tag table	Word	%MW100	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	tefd	Default tag table	DInt	%MD0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Kuulamyly_päälle_ohjaus_hmi	Default tag table	Bool	%M4.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	HMI_ajjo	Default tag table	Bool	%M4.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Murska_ohjaus	Default tag table	Bool	%Q1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Murska_päälle_ohjaus_hmi	Default tag table	Bool	%M4.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	Turvakytkin 1	Default tag table	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Turvakytkin 2	Default tag table	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	Hälyysana1	Default tag table	Word	%MW50	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	aina1	Default tag table	Bool	%M4.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	Tag_6	Default tag table	Bool	%M50.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	Tag_7	Default tag table	Bool	%M50.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	Ilmaluokitin ohjaus	Default tag table	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	Ilmaluokitin_päälle_ohjaus_hmi	Default tag table	Bool	%M4.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	Ilmaluokitin pyörimisnopeus	Default tag table	Word	%W98	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	Ilmaluokitin analoginen ohjaus	Default tag table	DInt	%QW114	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	tefd2	Default tag table	DInt	%MD4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	temp5	Default tag table	Real	%MD8	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	temp6	Default tag table	Real	%MD12	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	temp7	Default tag table	Real	%MD16	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

KUVIO 13. PLC TAG-lista

PLC TAG-listan ollessa valmis, aloin rakentamaan ohjelmalle toimintablokkeja (FC). Ohjelman selventämiseksi tein jokaiselle ohjelman osa-alueelle oman blokin. Jokaisessa blokissa toteutetaan määrätty looginen toiminto, esimerkiksi ohjaukset blokissa toteutetaan laitteiden päälleohjaukset ja laskentablokissa kaikki laskennalliset toiminnot. Blokit tallentavat omat arvonsa datablokkeihin (DB). Datablokeissa ei suoriteta mitään loogista toimintoa, vaan sinne tallennetaan ja sieltä luetaan haluttuja arvoja. Kaikki blokit kutsuttiin suoritettavaksi päälohkossa eli OB1:ssä. Toteutin kaikkien ohjelmablokkien sisäiset koodit tikapuukaaviona (LIITE 3). Tikapuukaavio muistuttaa muodoltaan piirikaaviota ja on yleisesti käytössä oleva ohjelmointi tapa.

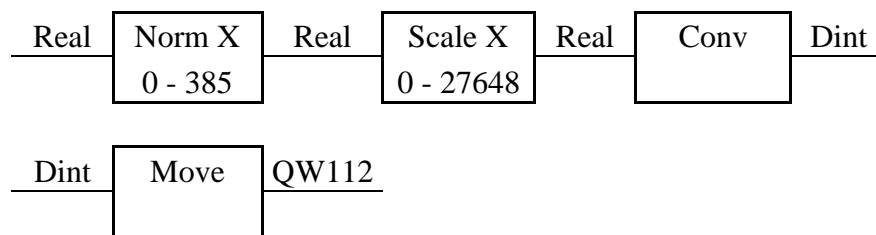
Kuulamylyyn ja ilmaerotimen moottorien ohjaukset toteutin laskennallisesti. Kuulamylyyn pyörimisnopeuden laskentakaava näkyy kuviossa 14.

$$\frac{\text{Astian koko}}{\text{Vetoakselin koko}} \times \text{Astian pyörimisnopeus}$$

KUVIO 14. Kuulamyllyn pyörimisnopeuden laskenta

Astian koko ja astian pyörimisnopeuden arvot syötetään ohjauspaneelista käsin. Vetoakselin koko on vakio. Jos vetoakseli vaihdetaan kuulamyllylaitteistoon, tulee ohjelmakoodiin tehdä muutoksia vetoakselin koon arvoon. Kuviosta 14 saadaan nopeuden arvo, jolla kuulamyllyn vetoakselia tulee pyörittää, jotta kuulamyllyn astia pyörisi haluttua nopeutta.

Kun pyörimisnopeus oli laskettu, tuli tämä vielä skaalata analogiseen muotoon ja siirtää tieto logiikan analogilähtöön. Seuraavassa esitetään siirtymätapahtuma.



KUVIO 15. Kuulamyllyn pyörimisnopeuden skaalaus ja siirto

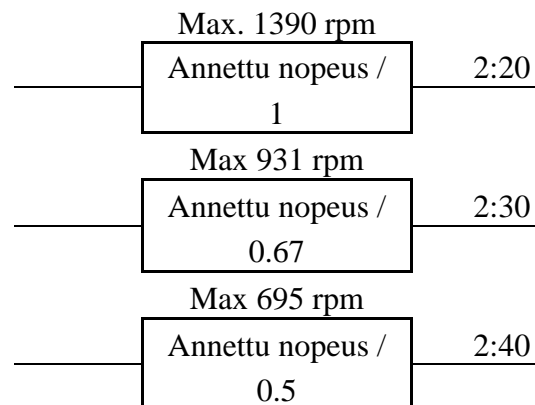
Alussa pyörimisnopeuden arvo skaalataan minimin ja maksimi arvon välille. Tämän jälkeen nopeuden arvo skaalataan analogisten rajoitteiden mukaan, analogikortille sopivaksi. Lopuksi nopeuden arvo muunnetaan Dint-arvoksi ja siirretään logiikan analogilähtöön, josta se siirtyy taajuusmuuttujalle.

Kuviossa 16 nähdään laskentakaava, jolla toteutin ohjauspaneelille prosentuaalisen näytön. Tästä näytöstä nähdään kuinka monta prosenttia asetettu kuulamyllyn astian pyörimisnopeus on kriittisestä astian pyörimisnopeudesta. Kyseisessä kaavassa astian koko on muutettu millimetreistä metreiksi.

$$\frac{42,3}{\sqrt{\text{Astian koko}}}$$

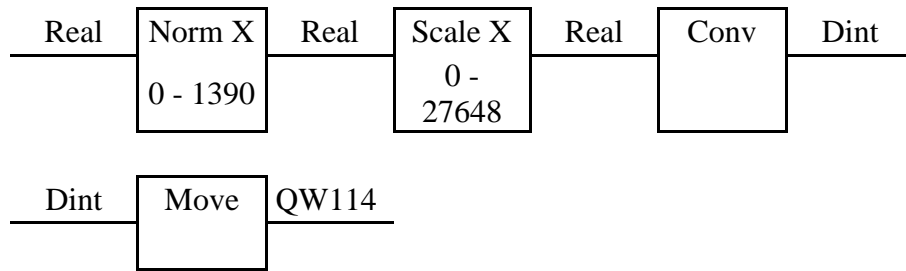
KUVIO 16. Kriittinen astian pyörimisnopeus

Ilmaerottimen pyörimisnopeuden laskennan toteutin seuraavasti. Kun valitaan välityssuhteeksi 2:2, ohjauspaneelille syötetty pyörimisnopeuden arvo jaetaan yhdellä, jolloin nopeuden arvo pysyy samana. Jos välityssuhteeksi valitaan 2:3, ohjauspaneelille syötetty nopeuden arvo jaetaan arvolla 0.67. Jos taas välityssuhde on 2:4, ohjauspaneelille syötetty nopeuden arvo jaetaan arvolla 0.50. Jokaiselle eri välityssuhteelle on oma sallittu maksimipyörimisnopeutensa. 2:2 välityssuhteella, ilmaerotinta saa pyörittää maksimissaan 1390 (rpm) kierrosta minuutissa. 2:3 välityssuhteella, maksiminopeus on 931 rpm ja 2:4 välityssuhteella maksiminopeus on 695 rpm.



KUVIO 17. Ilmaerottimen nopeuden muunto

Kun ilmaerottimen nopeudenarvo on laskettu, skaalataan se analogiseen muotoon ja siirretään logiikan analogiseen lähtöön kuvion 18 mukaisesti.



KUVIO 18. Ilmaerotin nopeuden skaalaus ja siirto.

Ohjauspaneelissa ilmaerotin ruudulle saatu ilmaerotin pyörimisnopeus saadaan laskettua päinvastaisella laskutavalla kuin ilmaerotin nopeuden laskenta.

### 9.2.2 Ohjelman testaukset

Ensimmäisen ohjelmatestauksen suoritin kuulamyyllyn ja murskaimen ohjelmien ollessa valmiit. Ongelmaksi muodostui kuulamyyllyn astianpyörintänopeuden prosentuaalinen näyttö. Näytön oli tarkoitus näyttää, kuinka paljon valittu astian pyörintänopeus olisi kriittisestä astian pyörintänopeudesta. Ongelma ratkesi muuttamalla prosentuaalisen näytön laskukaavaa ohjelma koodissa. Toinen ongelma oli kuulamyyllyn pyörintänopeuden saanti taajuusmuuttujalta. Analog input -kortti vilkutti punaisia vikavaloja. TIA-Portal-ohjelmiston avulla oli mahdollista suorittaa pienimuotoinen vianetsintä, jossa ilmeni, että analog input kortin arvot olivat ylittyneet. Ongelma ratkesi kun tarkistin analog input kortin signaalityypin ja vaihdoin sen jänniteviestistä 0-20 mA-virtaviestiksi.

Toisen ja viimeisen ohjelman ja laitetestauksen aikana esiintyi myös muutamia ongelmia. Ilmaerottimen ohjaus ei toiminut halutulla tavalla. Aluksi ilmaerotin ei pyörinyt ollenkaan ohjauspaneeli ohjauksella, mutta käsiajolla taajuusmuuttujasta käsin se alkoi toimia. Ongelman ratkaisuksi osoittautui virheellinen analogi lähdön osoite, jonka lopuksi korjasin oikeaksi. Toinen ongelma oli ilmaerottimen pyörimisnopeuden mittaaminen. Ohjauspaneelin näytöltä tarkastellessa ilmaerottimen pyörintänopeuden arvo oli väärä. Ongelma kuitenkin ratkesi, kun tarkistin analogi tulojen osoitteet ja signaalityypit. Signaalityyppi oli ollut väärä. Vaihdoin signaalityypin jänniteviestistä virtaviestiin, jolloin pyörintänopeuden tieto näkyi oikeana ohjauspaneelin ruudulla.

## 10 POHDINTA

Työ oli varsin opettavainen ja mielestäni sopivan laaja. Sille ei asetettu tiukkaa aikarajaa, vaan työ oli tarkoitus toteuttaa kevääseen 2015 mennessä. Työn suoritus sujui hyvin ja kaikki asetetut tavoitteet saavutettiin.

Työn esisuunnittelun aloitin kesällä 2014. Koulun alettua syksyllä, jatkoin opinnäytetyötäni sähkö- ja automaatio suunnittelulla, jonka jälkeen siirryin tekemään mekaanisia asennuksia. Kun mekaaniset asennukset oli suoritettu, aloitin sähkö- ja automaatioasennukset. Kaikkien asennuksien jälkeen aloitin ohjauspaneelin ja logiikan ohjelmisto suunnittelut. Lopuksi suoritin käyttöönoton.

Mekaanisessa asennuksessa ja sähkö- ja automaatioasennuksissa ei esiintynyt ongelmia. Ainoat ongelmat, jotka työssä esiintyivät, olivat ohjelmallisia. Kaikkiin ongelmiin löysin ratkaisun, kun keskityin työhöni ja suoritin TIA-Portal -ohjelmiston avulla vianetsinnän.

Työssä opittuja asioita olivat Siemens Sinamics V20-taajuusmuuttajien konfiguroinnit ja käyttäminen. Opin myös siistimmän ohjelmointi tyylin, jossa kaikkia ohjelmalohkoja ei laiteta samaan blokkiin. Olen tyytyväinen tehtyyn työhön sekä työstä saatuun kokemukseen.



## LÄHTEET

ABB. 2008. Mitä prosessiautomaatio tarkoittaa? Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.abb.fi/cawp/db0003db002698/0f4b9d5bbeb89b57c1257291003ef7b9.aspx>. Luettu 26.5.2015.

Aumala, O., Ihalainen, H., Jokinen H., & Kortelainen, J. 1998. Mittaussignaalien käsittely. 3. uudistettu painos. Tampere: Kligen Dahl Paino Oy

Aaltomuoto, Harju. M. 2012. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://aaltomuoto.wordpress.com/aani/digitaaliaudion-perusteet/> . Luettu 2.5.2015.

Chempant. 2012. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://projekti.centria.fi/\(S\(xelltexgzgkbp3pcy0vxp1w\)\)/Item.aspx?news=2782](http://projekti.centria.fi/(S(xelltexgzgkbp3pcy0vxp1w))/Item.aspx?news=2782). Luettu 28.4.2015.

Kallio, R., Mäkinen, M. J. J. & Tantarimäki, R. 2009. Prosessiteollisuuden sähkö- ja automaatioasennukset. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy

Räsänen, J. 1994. Automaatiotekniikan mittauksia. Helsinki: Painatuskeskus Oy

Sinamics V20. 2013. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.empautomation.com/LinkClick.aspx?fileticket=PdnLbf3Hu18%3D&tabid=348>. Luettu 28.4.2015.

Siemens. 2015. Historia. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.siemens.fi/fi/siemens\\_osakeyhtio/historia.htm](http://www.siemens.fi/fi/siemens_osakeyhtio/historia.htm). Luettu 26.4.2015.

Simatic S7-1200. 2010. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt\\_is/tuotteet/automaatiotekniikka/ohjelmoivat\\_logiikat/s7\\_1200/simatic\\_s7-1200\\_brochure.pdf](http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiotekniikka/ohjelmoivat_logiikat/s7_1200/simatic_s7-1200_brochure.pdf). Luettu 26.4.2015.

Siemens. TIA Portal- teollisuusautomaation ohelmistoalusta. 2015. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/tia\\_portal.php](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/tia_portal.php). Luettu 26.4.2015.

Siemens. 2015. Tietoja yrityksestä. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.siemens-home.fi/tietoja-yrityksest%C3%A4.html>. Luettu 26.4.2015.

Siemens. 2015. Www-dokumentti. Saatavissa: [https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/en/brochure\\_panels\\_en.pdf](https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/en/brochure_panels_en.pdf). Luettu 26.4.2015.

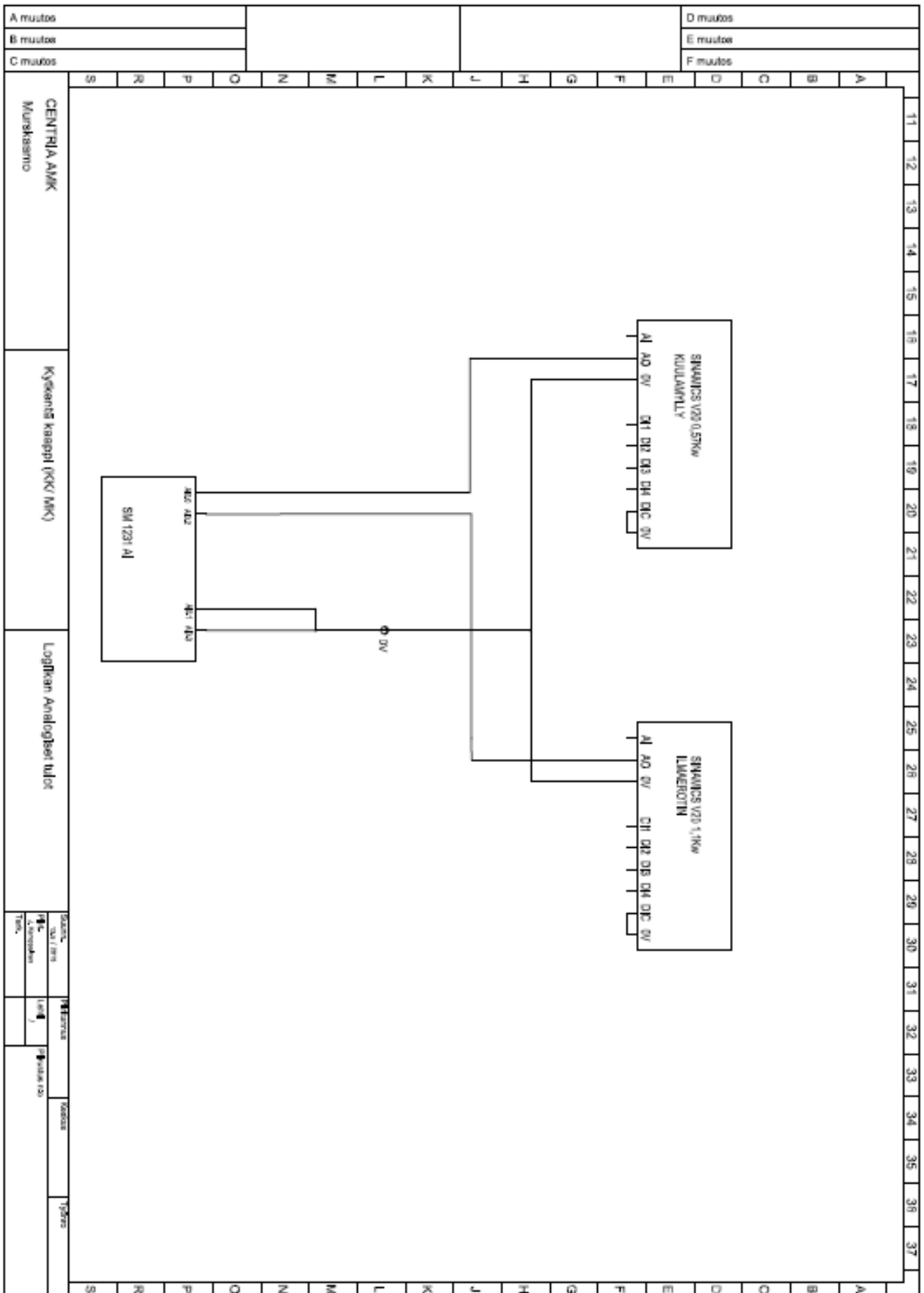




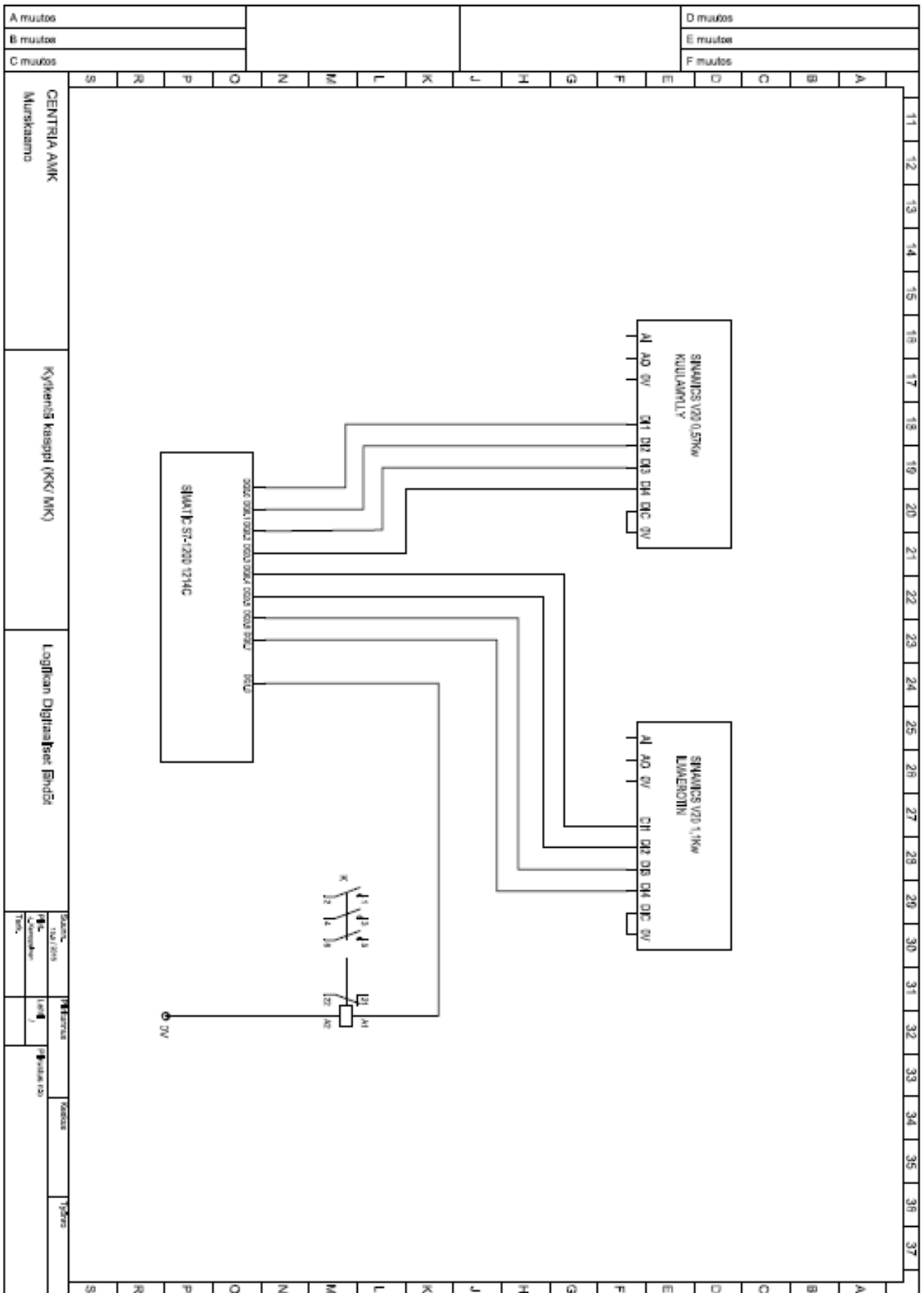




# LIITE 1 5/7

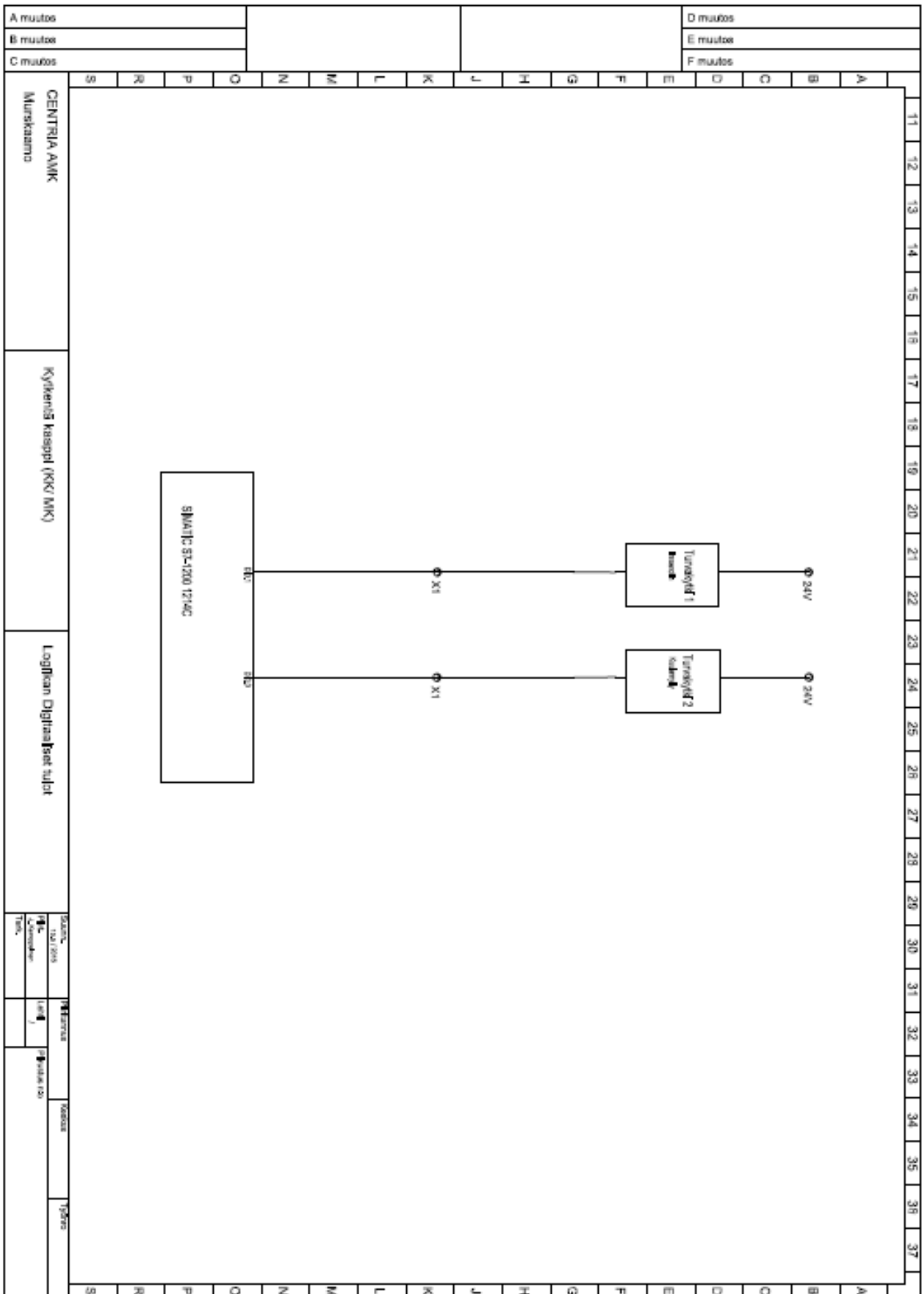


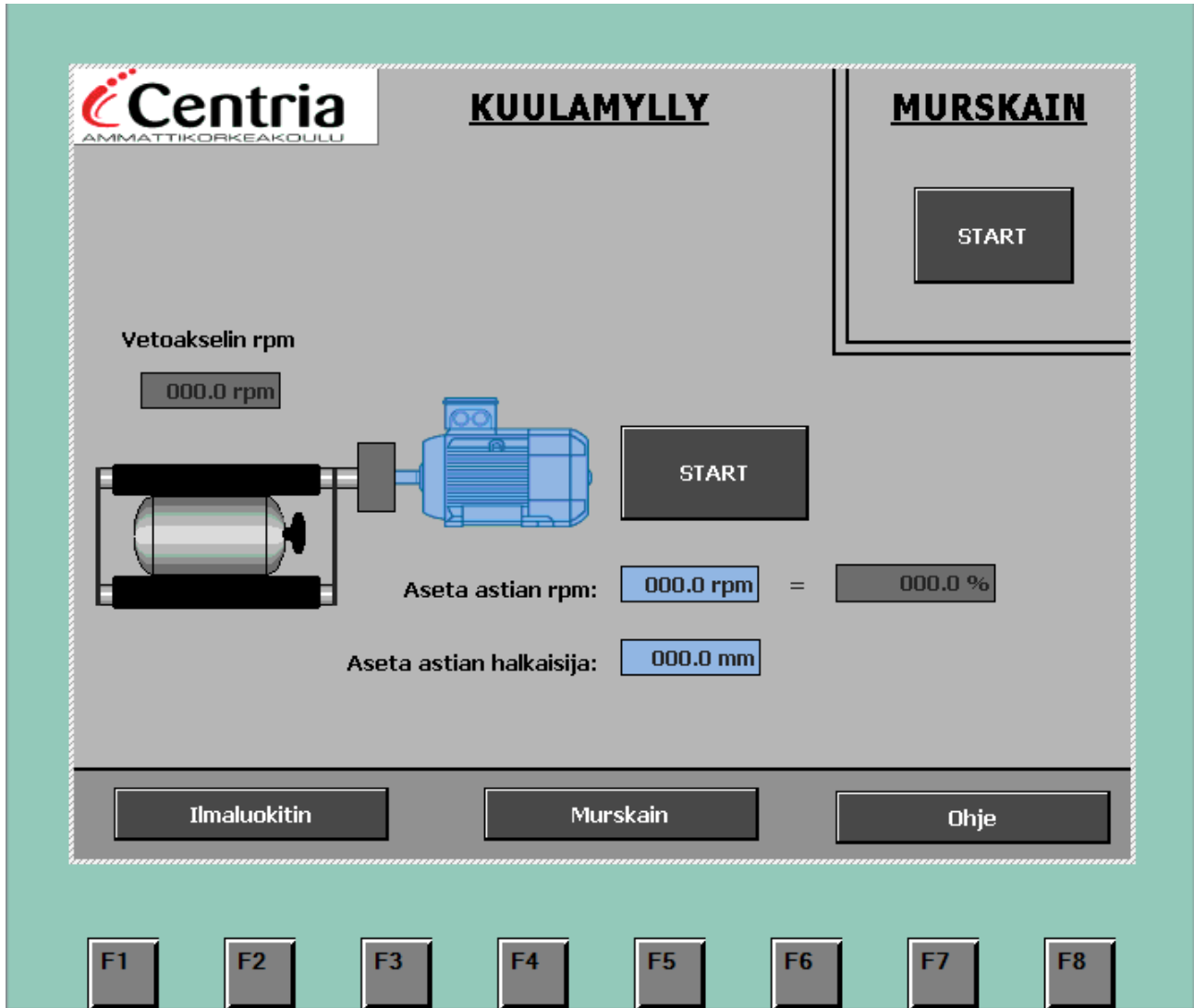
# LIITE 1 6/7



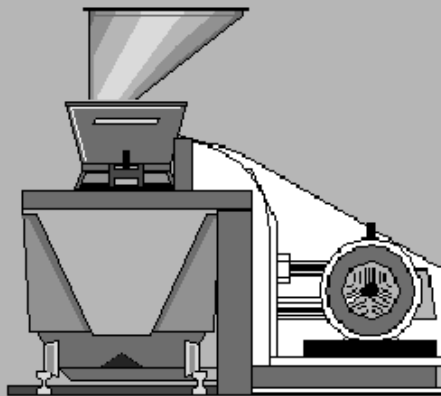


# LIITE 1 7/7





## MURSKAIN



START

Käännä turvakytin

Kuulamylly & Murskain

Ilmaluokitin

Ohje

F1

F2

F3

F4

F5

F6

F7

F8



## ILMALUOKITIN

Moottorin pyörimisnopeus :

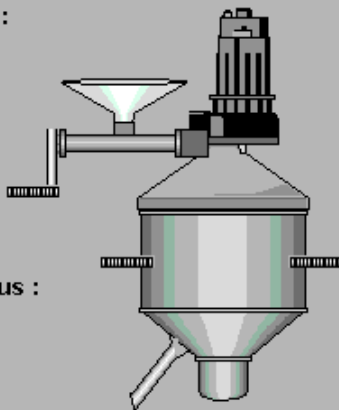
0000.0 rpm

Aseta Ilmaluokittimen rpm :

0000.0 rpm

Ilmaluokittimen pyörimisnopeus :

0000.0 rpm



Välityssuhteen valinta

START

Kuulamyly & Murskain

Murskain

Ohje

F1

F2

F3

F4

F5

F6

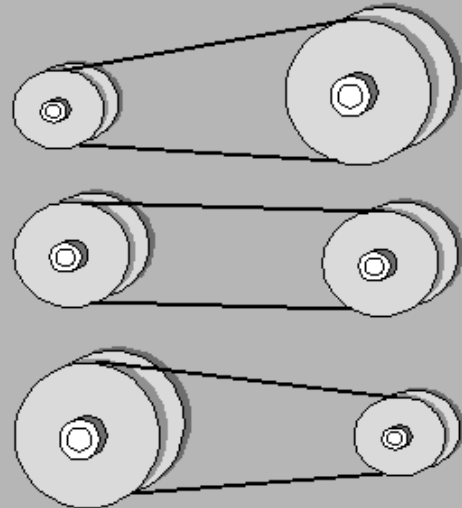
F7

F8

## ILMALUOKITTIMEN VÄLITYSSUHDE

Valitse käytössä oleva välityssuhde:

<b>2:4</b>	Max: 695 rpm
<b>2:3</b>	Max: 931 rpm
<b>2:2</b>	Max: 1390 rpm



Kuulamyly & Murskain

Ilmaluokitin

Ohje

F1

F2

F3

F4

F5

F6

F7

F8

## LAITTEIDEN KÄYTTÖOHJEET

### Kuulamyly

1. Aseta käytössä olevan astian koko millimetreissä.
2. Aseta astialle pyörintänopeus rpm- arvona. Viereisestä ruudusta näät paljonko kyseinen kierrosnopeus on prosentteina suurimmasta sallitusta pyörintänopeudesta.
3. Paina kosketusnäytön START- painiketta.
4. Kuulamyly sammuu kun painat kosketusnäytön START- painiketta uudelleen tai seinässä oleva turvakytimestä.

### Murskain

1. Paina START- painiketta.
2. Käännä murskaimen kyljessä oleva turvakytin päälle jolloin murskain käynnistyy.
3. Murskain sammuu kun painat kosketusnäytön START- painiketta uudelleen tai murskaimen turvakytimestä.

### Iimaluokitin

1. Valitse käytettävä välityssuhde.
2. Aseta haluttu ilmaluokittimen pyörintänopeus
3. Paina START- painiketta.
4. Iimaluokitin sammuu kun painat START- painiketta uudelleen tai seinässä olevasta turvakytimestä.

Kuulamyly & murskain

Murskain

Iimaluokitin

F1

F2

F3

F4
























F5

F6

F7

F8

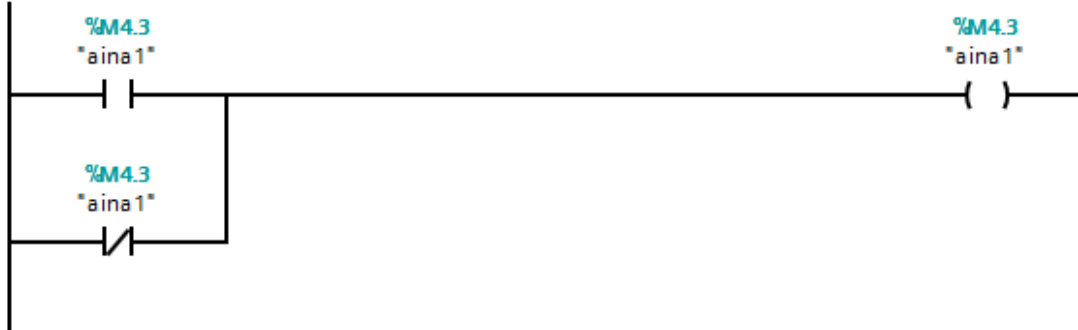
LIITE 3 1/25

PLC tags							
	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Visibl...	Acces...
1	 Kuulamyly pyörimisnopeus	Default tag table	Word	%IW96	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	 Kuulamylyn analoginen ohjaus	Default tag table	Word	%QW112	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	 Kuulamyly ohjaus(1)	Default tag table	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	 Tag_3	Default tag table	Word	%MW100	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	 tefd	Default tag table	DInt	%MD0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	 Kuulamyly_päälle_ohjaus_hmi	Default tag table	Bool	%M4.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	 HMI_ajo	Default tag table	Bool	%M4.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	 Murska_ohjaus	Default tag table	Bool	%Q1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	 Murska_päälle_ohjaus_hmi	Default tag table	Bool	%M4.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	 Turvakytkin 1	Default tag table	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	 Turvakytkin 2	Default tag table	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	 Hälyšana 1	Default tag table	Word	%MW50	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	 aina 1	Default tag table	Bool	%M4.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	 Tag_6	Default tag table	Bool	%M50.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	 Tag_7	Default tag table	Bool	%M50.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	 Ilmaluokitin ohjaus	Default tag table	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	 Ilmaluokitin_päälle_ohjaus_hmi	Default tag table	Bool	%M4.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	 Ilmaluokitin pyörimisnopeus	Default tag table	Word	%IW98	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	 Ilmaluokitin analoginen ohjaus	Default tag table	Word	%QW114	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	 tefd2	Default tag table	DInt	%MD4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	 temp5	Default tag table	Real	%MD8	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	 temp6	Default tag table	Real	%MD12	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	 temp7	Default tag table	Real	%MD16	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

► **Block title:** "Main Program Sweep (Cycle)"

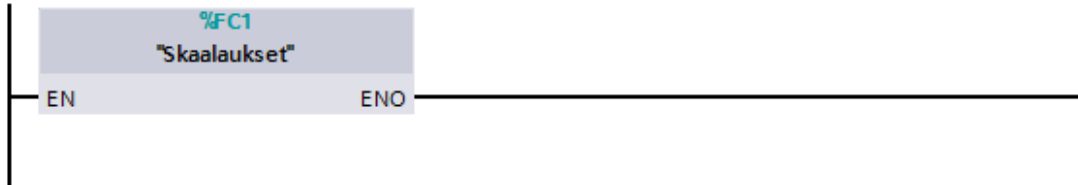
▼ **Network 1:** Asettuu päälle ja pysyy aina päällä.

Comment



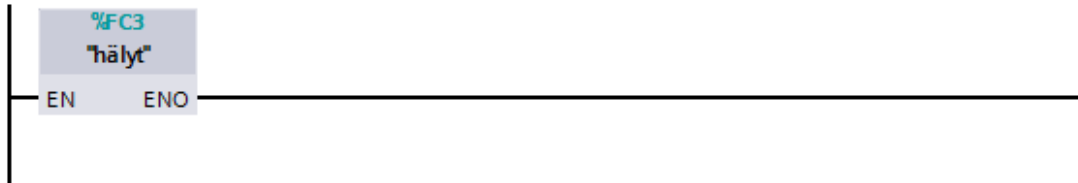
▼ **Network 2:** Toteuttaa skaalaukset.

Comment



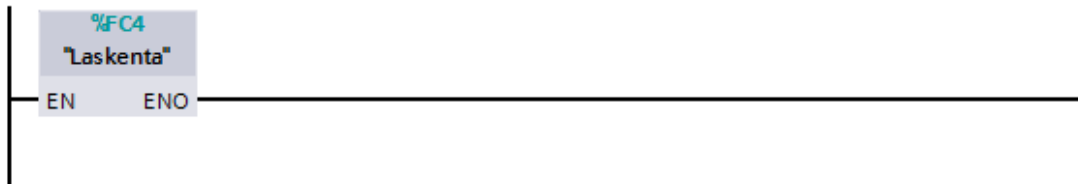
▼ **Network 3:** Toteuttaa hälytykset. Turvakytkimiltä tulee hälytykset.

Comment



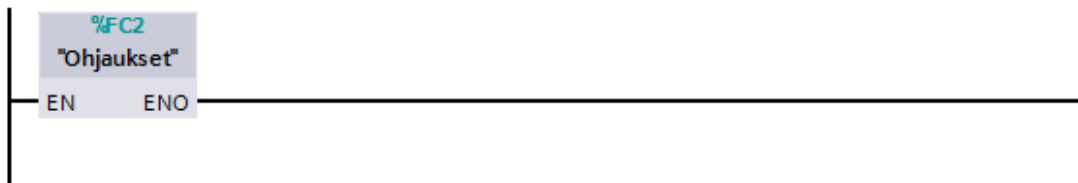
▼ **Network 4:** Toteuttaa laskutoimitukset.

Comment



▼ **Network 5:** Toteuttaa kaikki ohjaukset.

Comment



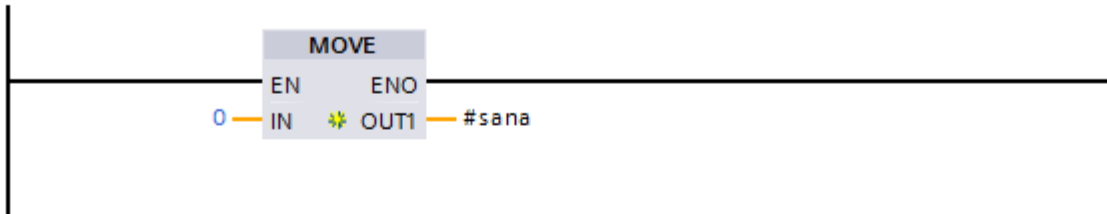


▼ **Block title:** Hälytykset

Tässä tehdään hälytyksille oma ohjelma lohko. Bitit muutetaan sanaksi (Bit -> Word).

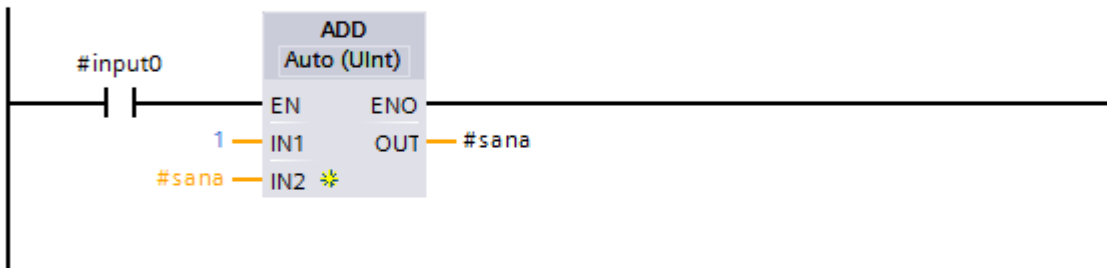
▼ **Network 1:** .....

Comment



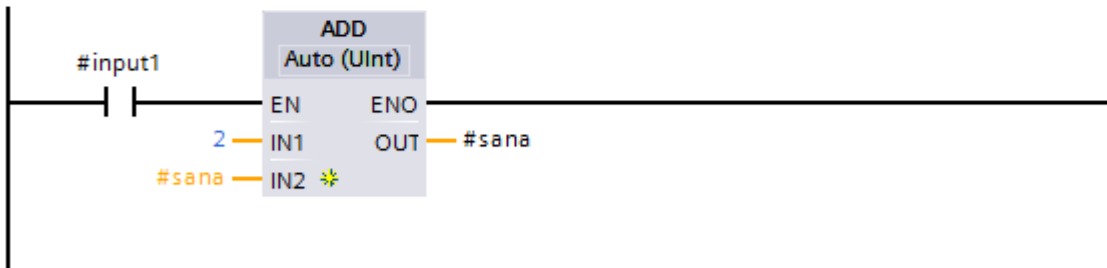
▼ **Network 2:** .....

Comment



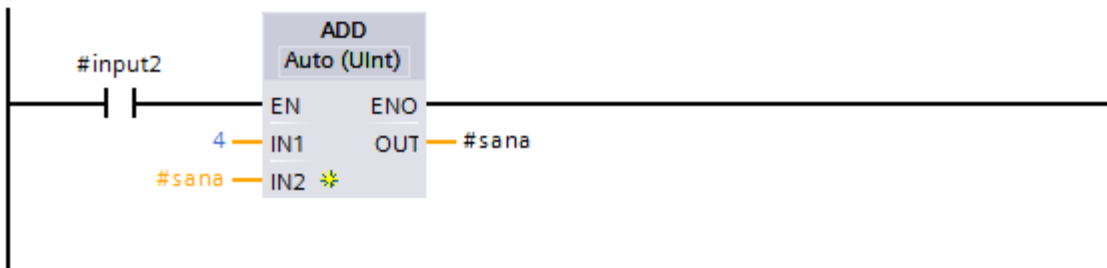
▼ **Network 3:** .....

Comment



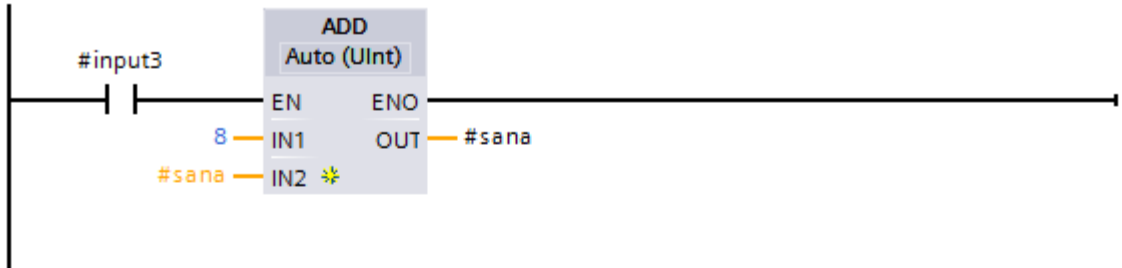
▼ **Network 4:** .....

Comment



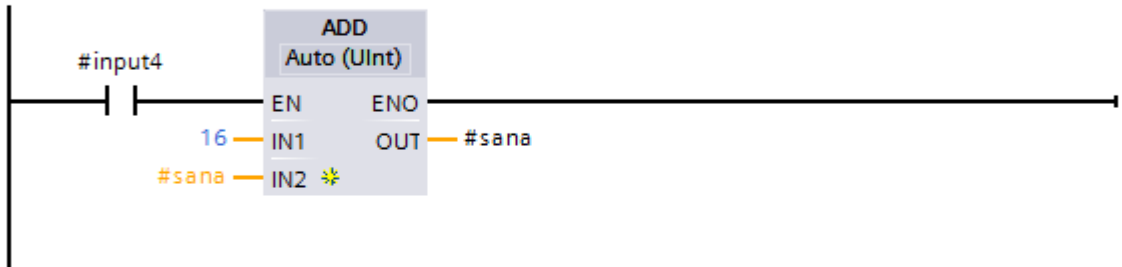
Network 5: .....

Comment



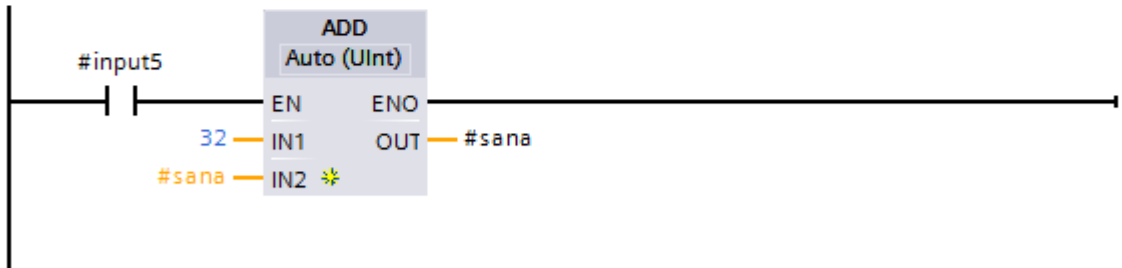
Network 6: .....

Comment



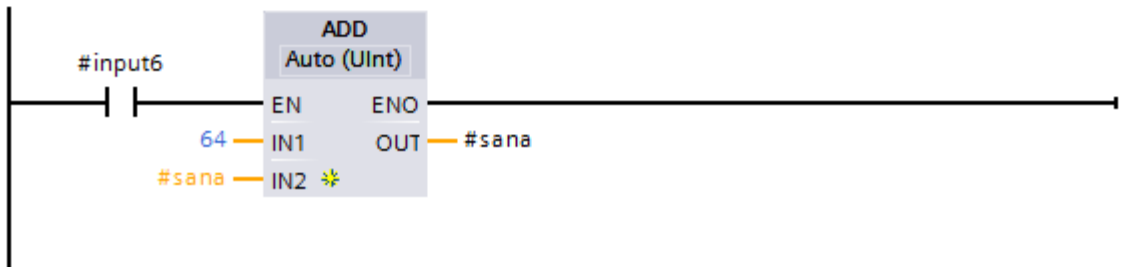
Network 7: .....

Comment



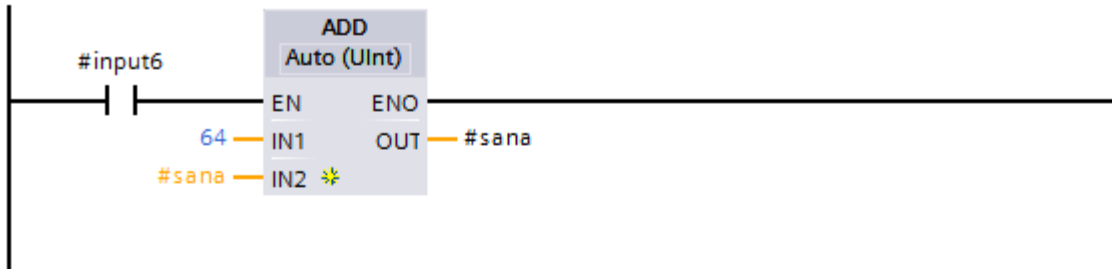
Network 8: .....

Comment



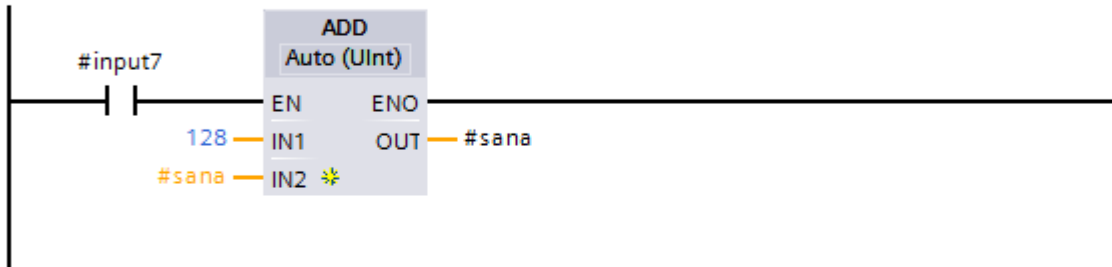
▼ Network 8: .....

Comment



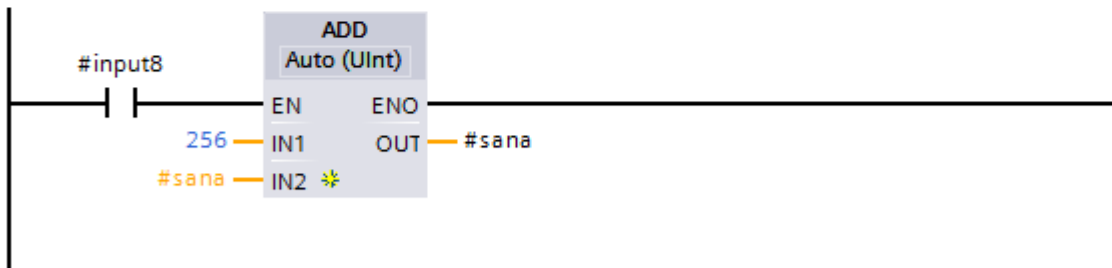
▼ Network 9: .....

Comment



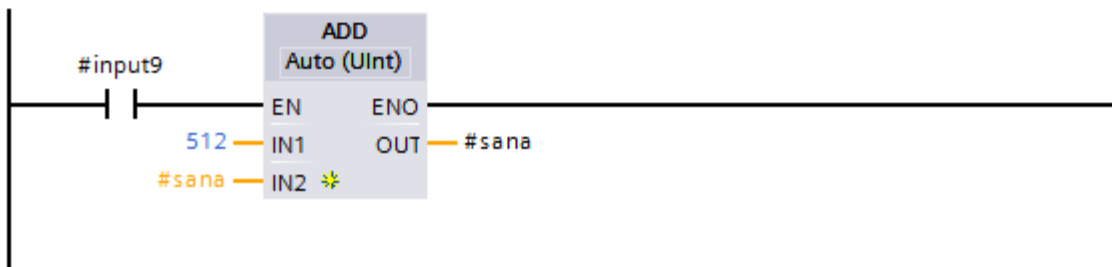
▼ Network 10: .....

Comment



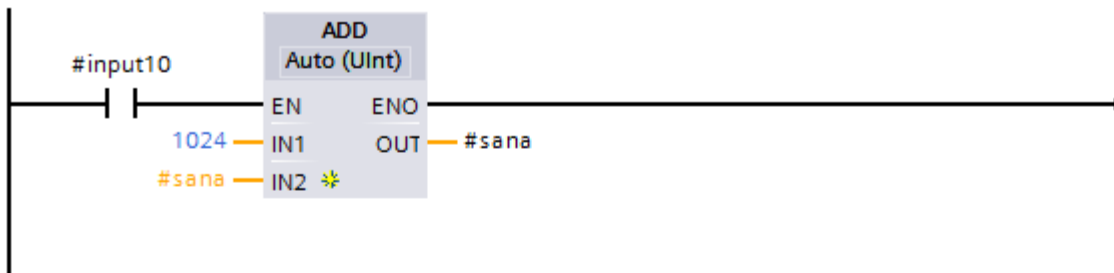
▼ Network 11: .....

Comment



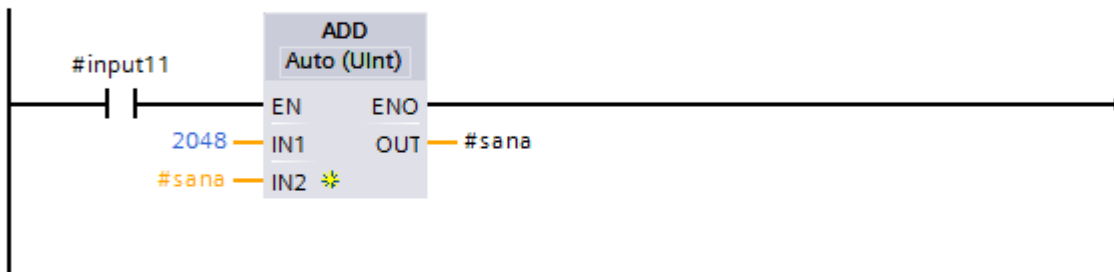
▼ Network 12: .....

Comment



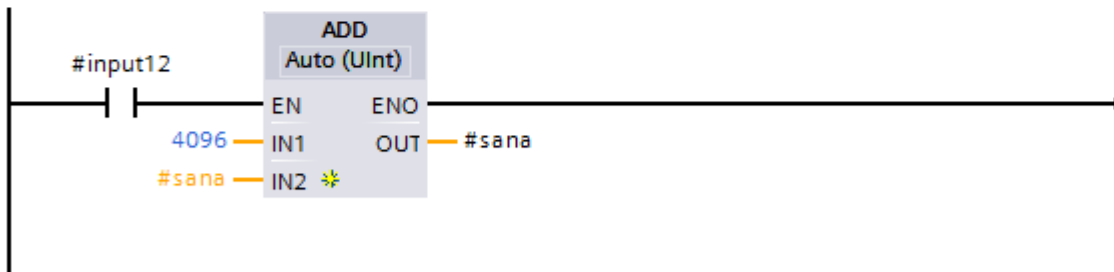
▼ Network 13: .....

Comment



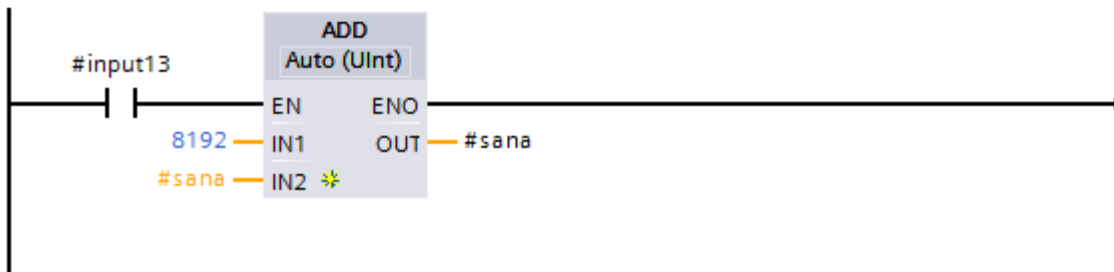
▼ Network 14: .....

Comment



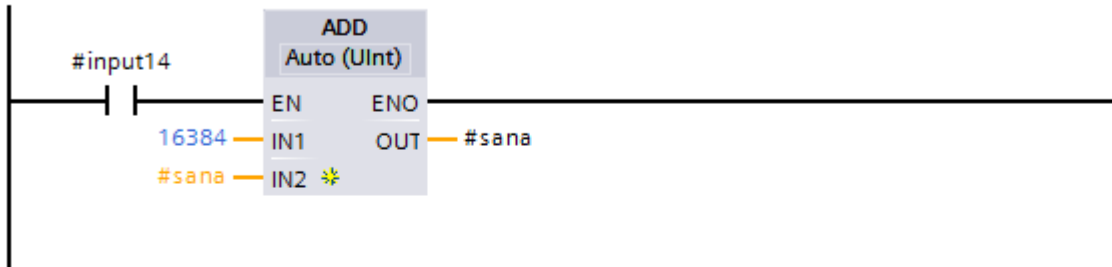
▼ Network 15: .....

Comment



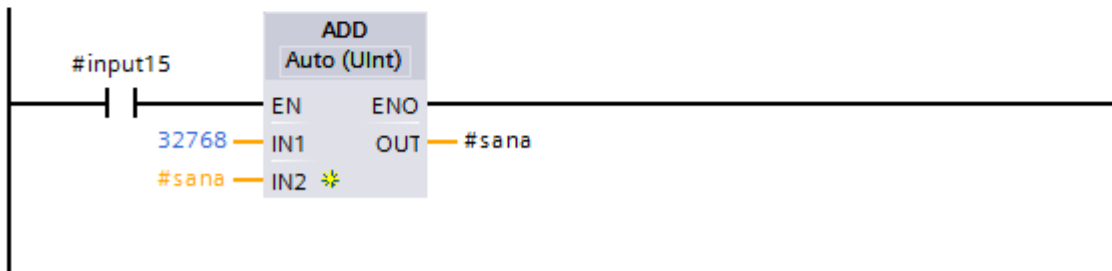
▼ Network 16: .....

Comment



▼ Network 17: .....

Comment

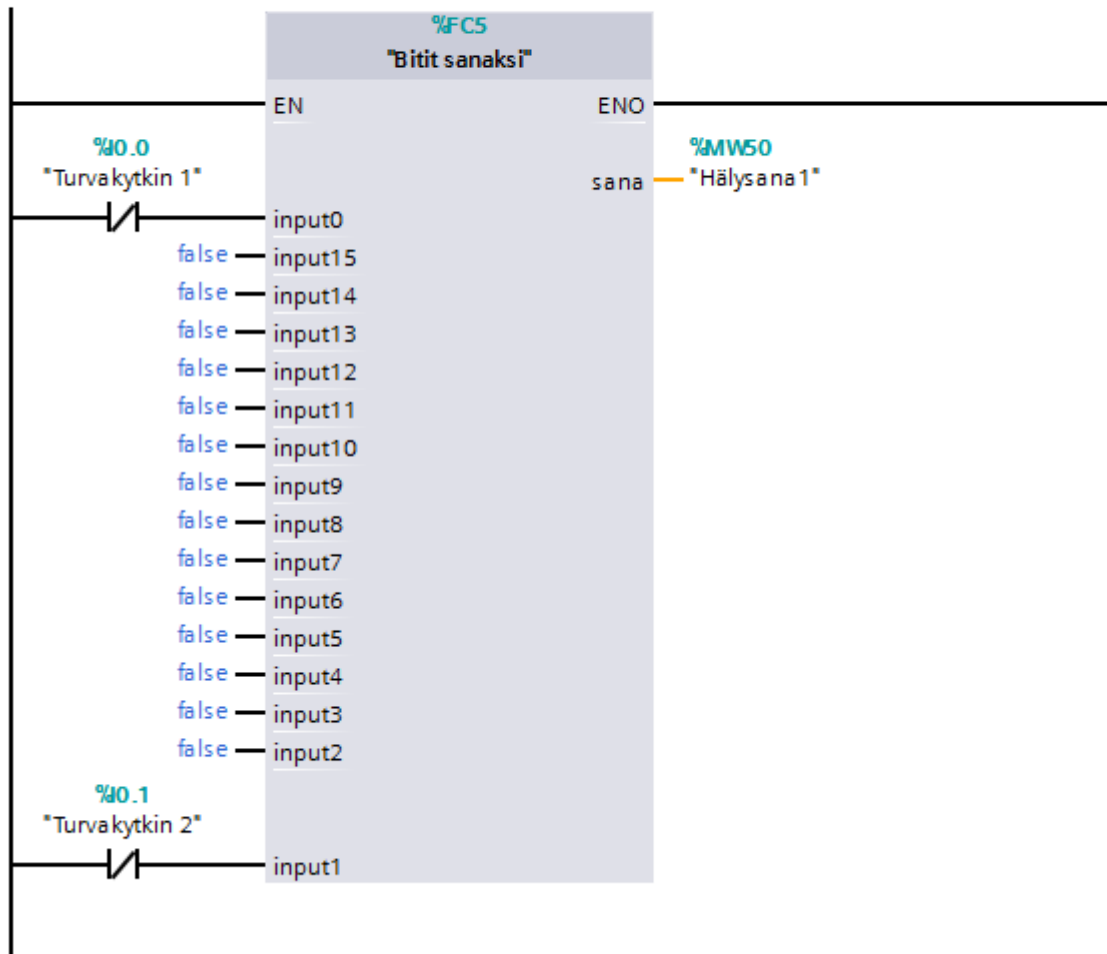


▼ **Block title:** Hälytyksien ohjaus. Kyseinen ohjelma lohko on rakennettu "Bitit sanaksi" lohkoissa.

Comment

▼ **Network 1:** Hälytysana1 MW50

Comment



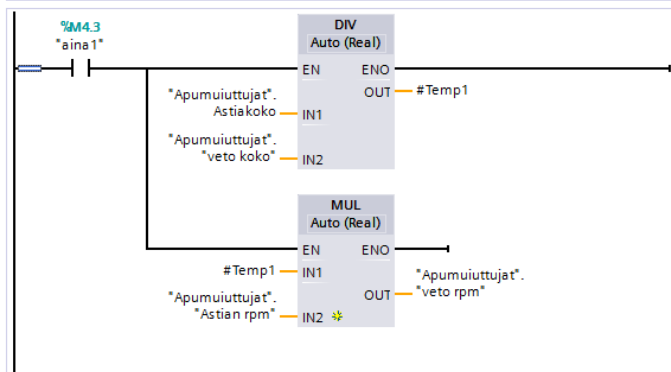
# LIITE 3 9/25

**Block title:** Suoritetaan matemaattiset laskutoimitukset.

Comment

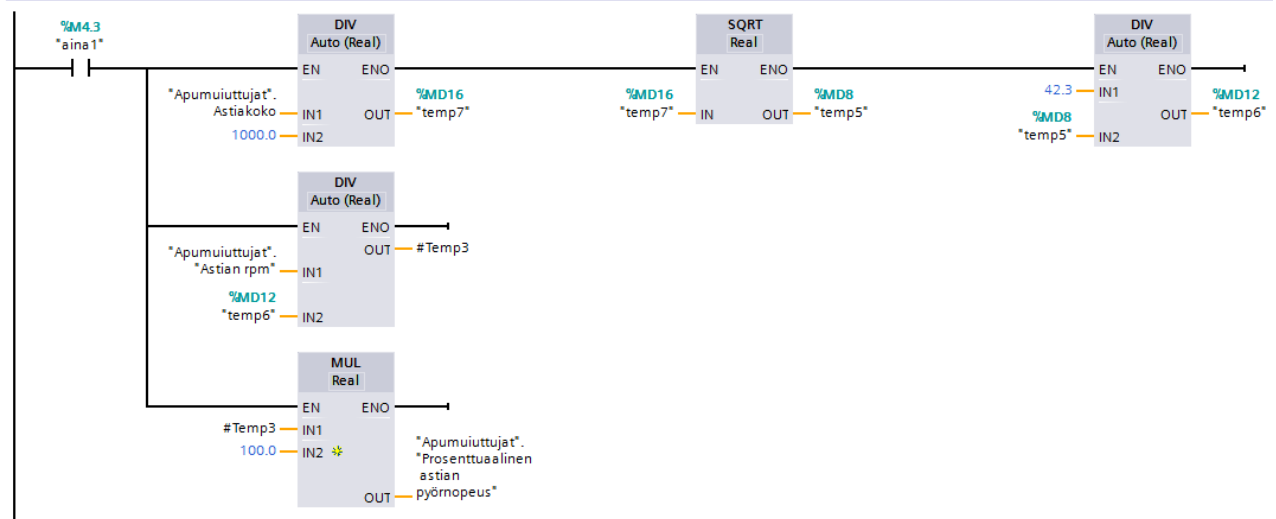
**Network 1:** Lasketaan vetoakselin pyörimisnopeus. Astain (d) / Vetoakselin (d) \* astian rpm = vetoakselin rpm

Comment



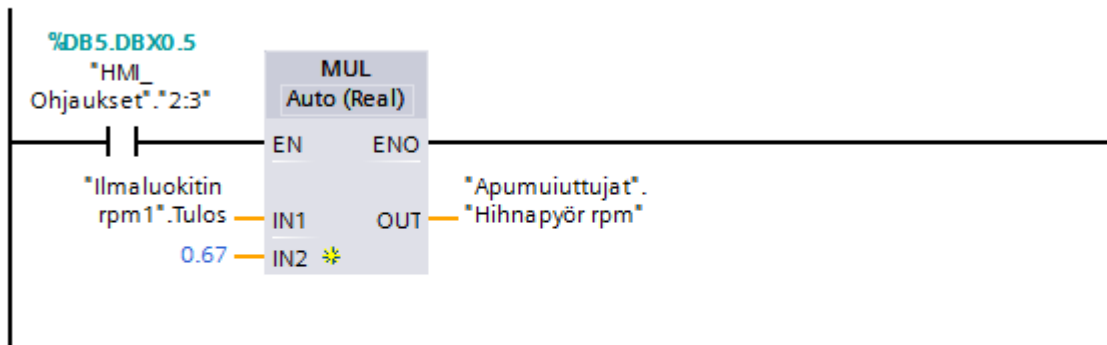
**Network 2:** Astian pyörintänopeuden prosentuaalinen laskenta.

Comment



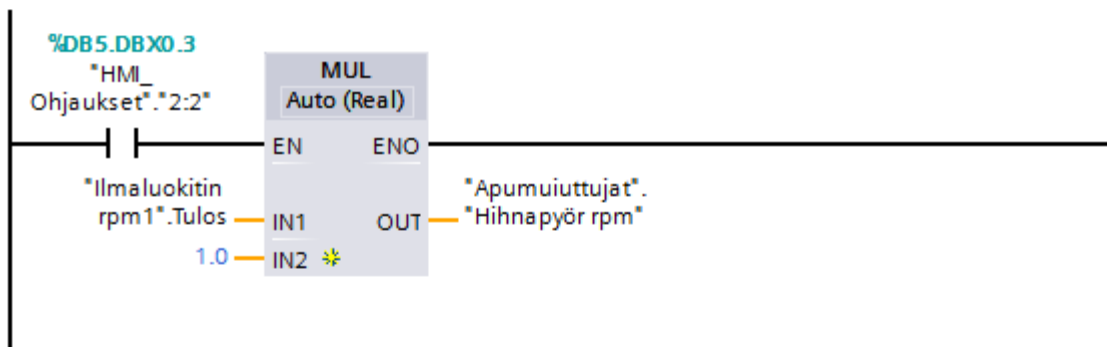
▼ **Network 3:** Ilmaluokittimen pyörimisnopeuden näyttämän laskenta välityssuhteella 2:3

Lasketaan miten välityssuhde vaikuttaa mitattuun pyörimisnopeuteen. Tulos näytetään näytöllä.



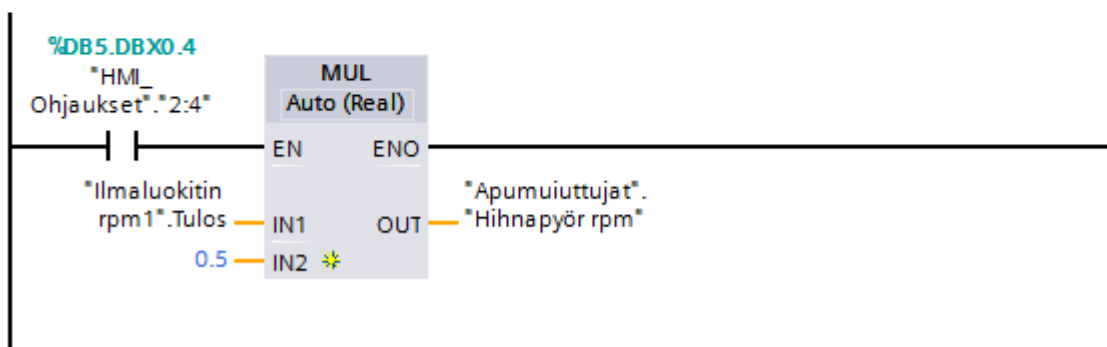
▼ **Network 4:** Ilmaluokittimen pyörimisnopeuden näyttämän laskenta välityssuhteella 2:2.

Comment



▼ **Network 5:** Ilmaluokittimen pyörimisnopeuden näyttämän laskenta välityssuhteella 2:4.

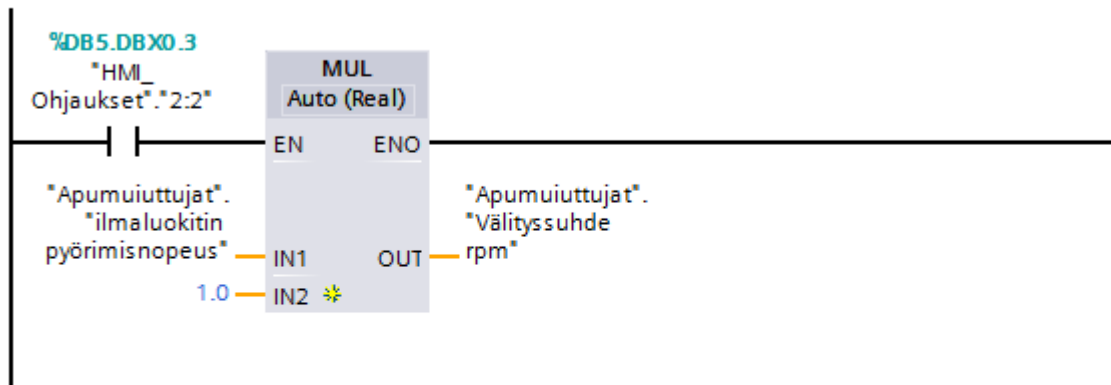
Comment





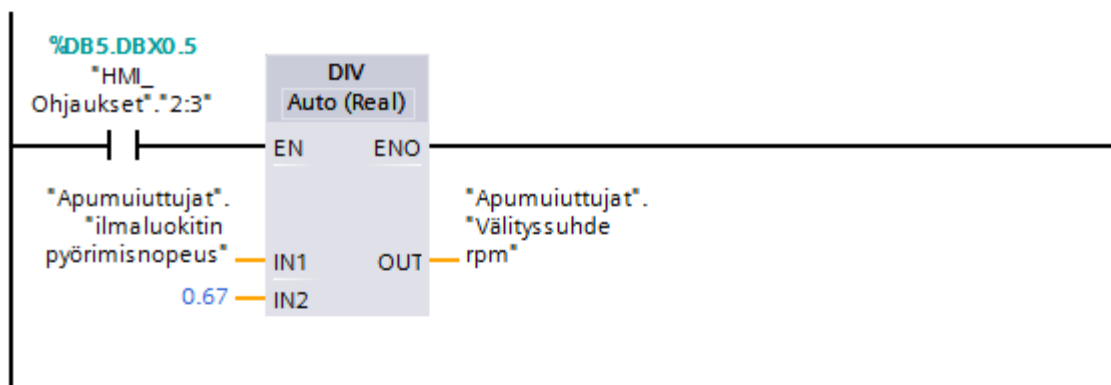
#### Network 6: Moottorin ohjaus välityssuhteella 2:2.

Välitys suhteeksi on valittu 2:2. Moottorin maksimi nopeus tällöin 1390.



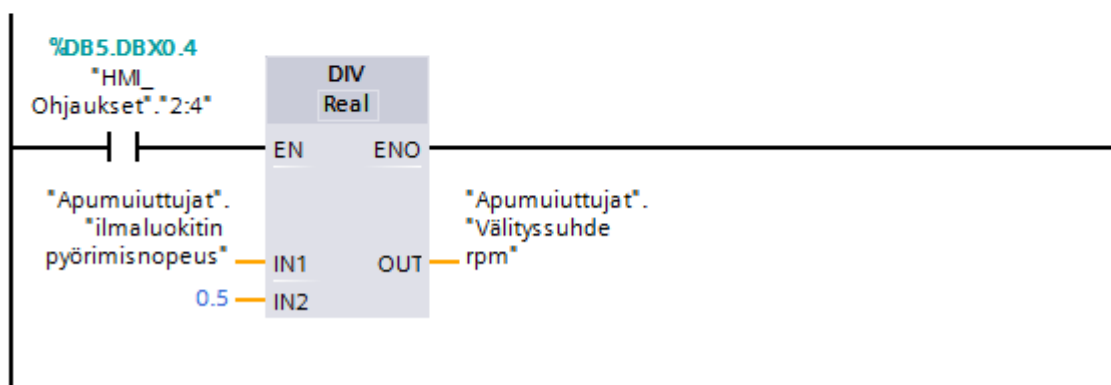
#### Network 7: Moottorin ohjaus välityssuhteella 2:3.

Välitys suhteeksi on valittu 2:3. Moottorin maksimi nopeus tällöin 931rpm.



#### Network 8: Moottorin ohjaus välityssuhteella 2:4.

Välitys suhteeksi on valittu 2:4. Moottorin maksimi nopeus puolittuu (695rpm).



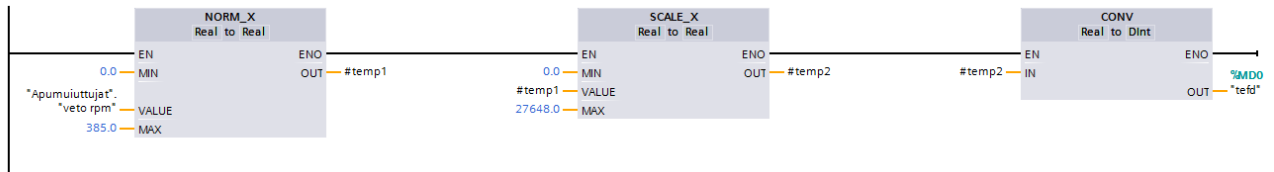
## LIITE 3 12/25

**Block title:** Toimintojen ohjaus

Tällä toteutetaan laitteiden ohjaukset.

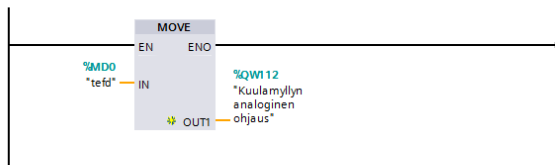
**Network 1:** Kuulamylyn nopeuden skaalaus analogiseen muotoon.

Nopeuden tieto saadaan laskenta blokista.



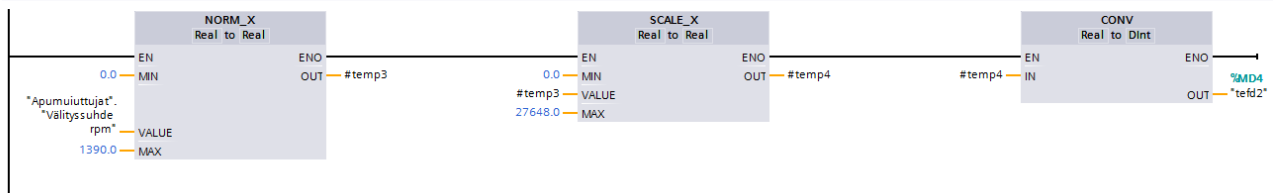
**Network 2:** Taajuusmuuttajalle analoginen nopeus tieto. Asettaa annetun arvon Taajuusmuuttujan analogi tuloon.

Skaalattu nopeudentieto siirretään lähetettäväksi analogikortille.



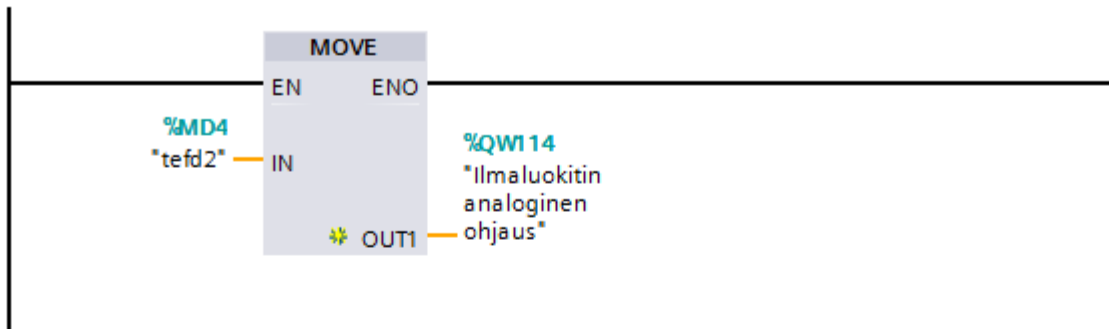
**Network 3:** Ilmaluokittimen nopeuden skaalaus analogiseen muotoon.

Tuotava nopeus saadaan laskettuna "Laskenta" blokista.



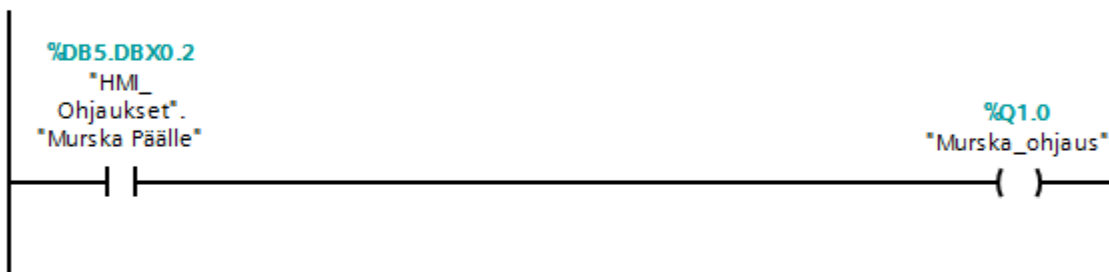
▼ **Network 4:** Taajuusmuuttujalle analoginen nopeus tieto. Asettaa annetun arvon Taajuusmuuttu

Comment



▼ **Network 5:** Murskaimen ohjaus. Digitaalinen murskaimen kontaktorin ohjaus (ON/ OFF).

Comment



▼ **Network 6:** Ilmaluokitin ohjaus. Kuulamyly ohjaus. Digitaalinen ohjaus taajuusmuuttujan 1. digi

Comment



▼ **Network 7:** Kuulamyly ohjaus. Digitaalinen ohjaus taajuusmuuttujan 1. digitaaliseen tuloon kyt

Comment

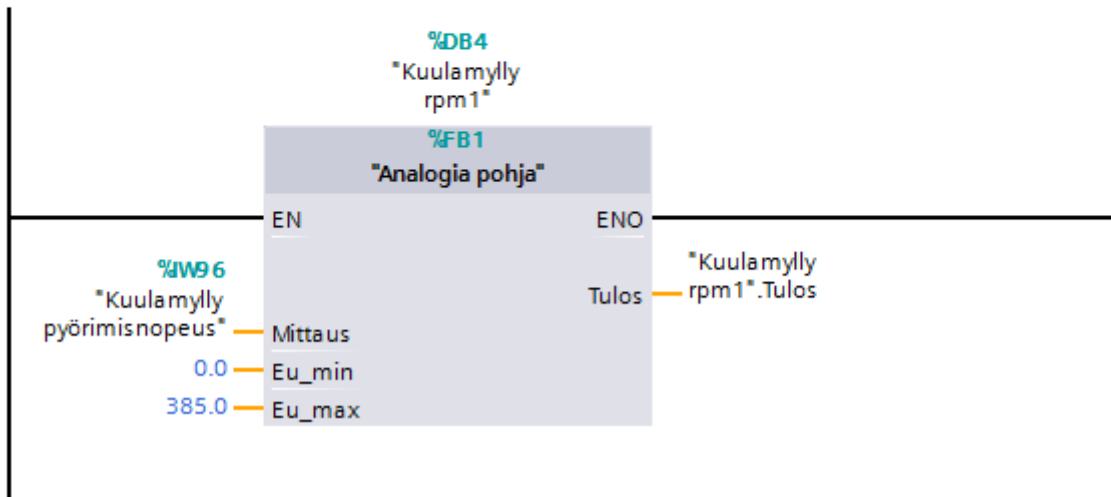


▼ **Block title:** Skaalaukset.

Comment

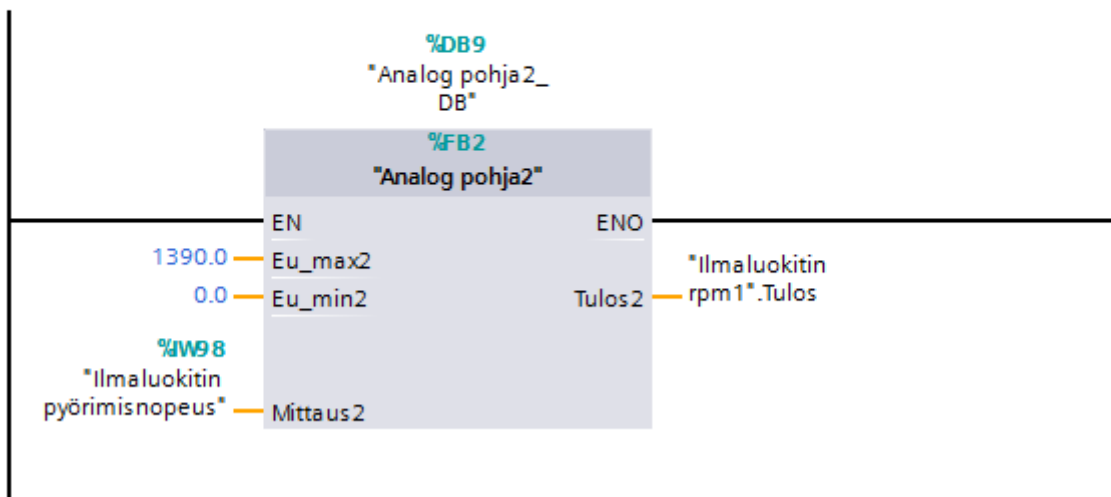
▼ **Network 1:** Kuulamylyn nopeuden skaalaus.

Taajuusmuuttujalta saatu pyörimisnopeus tieto skaalataan näytölle vietäväksi.



▼ **Network 2:** .....

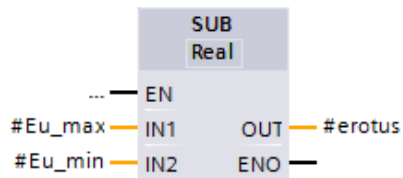
Taajuusmuuttujalta saatu pyörimisnopeus tieto skaalataan näytölle vietäväksi.



► **Block title:** Valmis Analogia pohja.

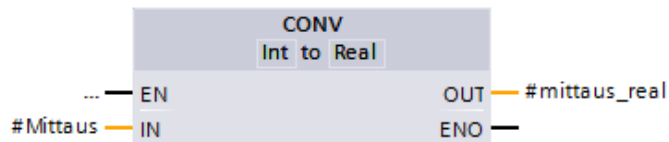
▼ **Network 1:** .....

Comment



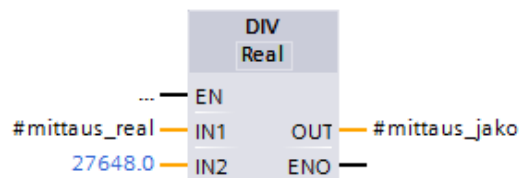
▼ **Network 2:** .....

Comment



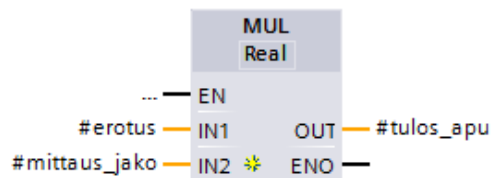
▼ **Network 3:** .....

Comment



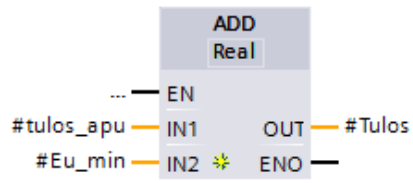
▼ **Network 4:** .....

Comment



▼ Network 5: .....

Comment

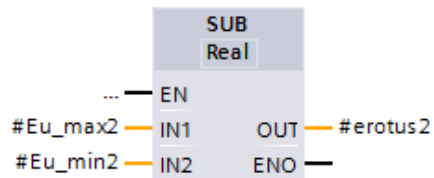


## LIITE 3 17/25

► **Block title:** Toteutetaan ilmauokittimen pyörintänopeuden skaalaus. Kyseistä blokkia käytetään pohjana skaalauksessa.

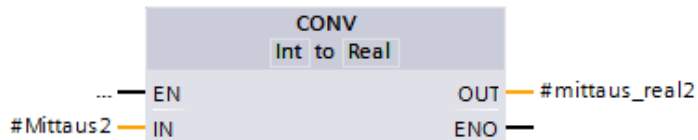
### ▼ Network 1: .....

Comment



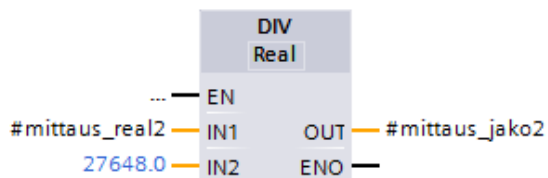
### ▼ Network 2: .....

Comment



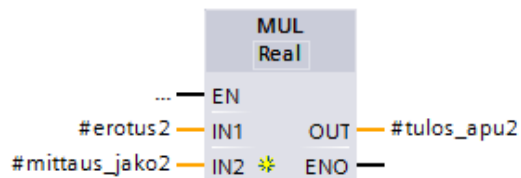
### ▼ Network 3: .....

Comment



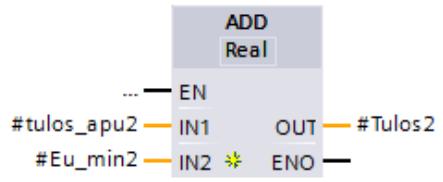
### ▼ Network 4: .....

Comment



▼ Network 5: .....

Comment















### LIITE 3 24/25

Ilmaluokiti							
	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Visible in ...	Setpoint
1	Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	SP	Real	0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Min	Real	4.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	MAX	Real	8.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



