

Niko Karjalainen

LIPEÄN PUMPPAUS TERMINAALISTA TEHTAAN PROSESSIIN

LIPEÄN PUMPPAUS TERMINAALISTA TEHTAAN PROSESSIIN

Niko Karjalainen
Opinnäytetyö
Kevät 2020
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-
ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Automaatiotekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Niko Karjalainen
Opinnäytetyön nimi: Lipeän pumppaus terminaalista tehtaan prosessiin
Työn ohjaaja: Timo Heikkinen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020
Sivumäärä: 67 + 4 liitettä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli asiakkaan lipeäterminaalin instrumentti- ja automaatiosuunnittelu. Terminaaliin voidaan syöttää lipeää laivasta tai poikkeustilanteessa autosta. Projektin automaatiosuunnitteluun kuului 6500 m³ lipeäsäiliön ja syöttölinjojen mittaukset, kolme taajuusmuuttajaohjattua pumppua, juuri-venttiili, paineventtiili, massavirtamittaus ja valvomon visuaalinen käyttöliittymä.

Prosessin ohjaukseen käytettiin Simatic S7-1513-1 PN -CPU:ta ja logiikkaohjelmointi tehtiin TIA Portal -ympäristössä. Säiliössä olevasta lipeästä tehtiin laskennallinen tiheysmittauslaskuri pinnankorkeuden ja paineen mittausta apuna käyttäen. Laskuri laskee aineen tiheyttä säiliöstä reaaliajassa. Syöttölinjan massavirtamittauksesta tehtiin Visual Basic Script -ohjelma, jolla pidetään kirjaa prosessiin pumpatusta lipeästä. Laivan purkamisesta haluttiin myös oma kirjanpito toimituksen tarkastusta varten. Lipeän syötön prosessiin haluttiin toimivan automaattisesti. Tämä saatiin toteutettua sekvenssin askeleita käyttäen. Testaus suoritettiin suunnittelu- ja konsultointiyritys Swecon tiloissa ohjelmaa simuloiden ja terminaalilla prosessin toimilaitteita ajamalla. Terminaalilla suoritettussa testauksessa käytettiin vettä.

Lopputuloksena saatiin toimiva ohjelma ja prosessi. Visuaalisen käyttöympäristön ulkoasu saatiin toteutettua hyvin tilaajan ja operaattorin toiveiden mukaan. Testauksessa ilmenneet virheet saatiin korjattua. Toimilaitteet saatiin toimimaan automaattisesti sekvenssin mukaan sekä käsikäytöllä. Varastokirjanpito ja tiheyslaskuri saatiin toteutettua halutulla tavalla.

Asiasanat: Siemens, TIA Portal, Profinet, ohjelmointi, automaatiosuunnittelu, teollisuusautomaatio, lipeäterminaali

ALKULAUSE

Iso kiitos Swecolle ja työn tilaajalle mahdollisuudesta ja todella opettavaisesta ja kiinnostavasta opinnäytetyöaiheesta. Yritykseltä tarjottiin työtilat, välineet ja materiaalit, jotta projekti onnistuisi mahdollisimman hyvin. Iso kiitos Timo Heikkinen, Heino Räsänen, Teemu Karjalainen sekä Jari-Antti Soronen ohjauksesta ja avusta opinnäytetyön aikana.

Oulu, 24.4.2020

Niko Karjalainen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn tarkoitus	8
1.2 Sweco	8
2 KÄYTETYT OHJELMISTOT	9
2.1 TIA Portal v15.1	9
2.2 Visual Basic Script	9
3 PROSESSIN KUVAUS	10
4 JÄRJESTELMÄKOMPONENTIT	11
4.1 CPU Simatic S7-1513-1 PN	11
4.2 Siemens ET200SP etä-I/O	12
4.3 Simatic WinCC Advanced -valvomo	12
5 KENTTÄLAITTEET, OHJAUS JA LIITÄNNÄT	14
5.1 Mittalaitteet	14
5.2 Kenttälaitteet	14
5.3 Sinamics G120 -taajuusmuuttaja	15
5.4 AUMA AC 01.2 venttiilitoimilaite	16
5.5 Endress+Hauser Promass F 300	17
5.6 Profinet	18
5.7 HART	18
6 LOGIIKAN OHJELMOINTI TIA PORTAL -OHJELMALLA	20
6.1 Projektin luominen	20
6.2 Ohjelmointi	21
6.3 Devices and networks	21
6.4 Ohjelmalohkot	23
7 TOTEUTETTU LOGIIKKASOVELLUS	25
7.1 Mittaukset ja rajat	25
7.2 Sekvenssiohjelma	28

7.3 Pumput	34
7.4 Venttiilit	37
7.5 Hälytykset	41
7.6 Massavirtaus	43
7.7 Keskimääräinen virtaus pinnankorkeudesta	45
7.8 Käyttöliittymä	48
7.8.1 Päänäyttö	48
7.8.2 Pintatrendinäyttö	49
7.8.3 Saattolämmitysnäyttö	50
7.8.4 Ponnahdusikkunat	51
7.8.5 Hälytyslista ja -näyttö	53
7.9 Visual Basic Script	55
7.9.1 Datalog-ohjaus	55
7.9.2 Skripti	57
8 OHJELMAN TESTAUS	59
8.1 Yhteyden muodostaminen	59
8.2 PLC-sovelluksen testaus	61
8.3 Käyttöliittymän testaus	63
8.4 Vesiajot ja kentälaitteiden parametrisointi ja konfigurointi	64
9 YHTEENVETO	66
LÄHTEET	67
LIITTEET	
Liite 1 Lipeäterminaali PI-kaavio	
Liite 2 Lipeäterminaalin järjestelmäkaavio	
Liite 3 SINAMICS G120 Function Manual	
Liite 4 AUMA Actuator controls. AC 01.2/ACExC 01.2. Profinet	

SANASTO

Bit	Binäärinen muuttuja
CPU	Central Processing Unit, logiikan prosessointiyksikkö
DP	Decentralized Peripherals, Profibus-tyyppi
GSD	General Station Description, tiedosto, joka on laitteen valmistajan tarjoama kuvaus IO-laitteesta
HMI	Human Machine Interface, prosessinohjauksen käyttöliittymä
IM	Interface Module, etä-I/O:n Profinet yhdysmoduuli
INT ja DINT	Integer ja Double Integer, kokonaislukumuotoisia datatyppejä
IO	Input/Output, tulot ja lähdöt (PLC)
IP	Internet Protocol, internetin protokolla, joka huolehtii IP-tietoliikennepakettien toimittamisesta perille
PA	Process Automation, Profibus-tyyppi
PLC	Programmable logic controller, ohjelmitava logiikka
PN	Profinet, teollisuudessa käytetty tiedonsiirtostandardi
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition, valvonta- ja tiedonkeruujärjestelmä

1 JOHDANTO

1.1 Työn tarkoitus

Terminaalia on tarkoitus käyttää varastointipaikkana prosessissa käytettävälle lipeälle. Toimeksiantona oli asiakkaan lipeäterminaalin instrumentti- ja automaatio suunnittelu. Terminaaliin voidaan syöttää lipeä joko laivasta tai poikkeustilanteessa autosta. Terminaaliin kuuluu 6500 kuutiometrin lipeäsäiliö, kolme pumpua, massavirtamittaus sekä lämpötila-, pinta- ja painemittari.

Säiliössä olevasta lipeästä oli tarkoitus tehdä laskennallinen tiheys- ja pintamittaus, mutta laskennallista pintamittausta ei pystytty toteuttamaan puutteellisten mittausten vuoksi. Kommunikointi prosessin ja järjestelmän välillä tehdään I/O:ta käyttäen ja syöttöpumppuja ohjataan tehtaan käskyjen mukaan. Asiakas halusi myös seurannan, joka pitää pumppauksista lokia varastokirjanpitoa ja laskutusta varten.

Asiakas tilasi työn Swecolta ja projekti suoritettiin Swecon tiloissa.

1.2 Sweco

Sweco on suunnittelun ja konsultoinnin asiantuntijayritys, joka toimii rakennetun ympäristön ja teollisuuden sektorilla. Sweco on perustettu vuonna 1889. Sweco toimii 70 eri maassa ja työllistää 16000 työntekijää, joista 2400 toimii Swecon suomalaisessa tytäryhtiössä Sweco Finland Oy:ssä. Vuosittain Sweco toteuttaa kymmeniä tuhansia eri kokoisia projekteja ympäri maailmaa. Swecon liikevaihto vuonna 2018 oli 8,9 miljoonaa euroa. Sweco on listattu Tukholman pörssiin. Asiakastyytyväisyyttä mitataan säännöllisesti, jotta toimintamalleja voidaan kehittää tarvittaessa. (1.)

2 KÄYTETYT OHJELMISTOT

2.1 TIA Portal v15.1

TIA Portal eli Totally Integrated Automation Portal on Siemensin teollisuusautomaatiotuotteiden ohjelmointiympäristö. Ohjelmaan on integroitu automaatio-ohjelmointi ja visuaalinen konfigurointi. Tämä helpottaa visuaalisen käyttöympäristön luomista ja hallintaa objektien prosessimuuttujia tehtäessä. Omien toimilohkojen tekeminen on myös mahdollista, mikä parantaa projektin selkeyttä ja toiminnallisuutta.

Ohjelman hyviä puolia ovat sen helppokäyttöisyys, Siemensin tarjoamat kirjastot, ohjeet, foorumit ja GSD-tiedostot eri kenttälaitteille. TIA Portal mahdollistaa myös kenttälaitteiden ja tietoliikenneverkostojen parametrien määrittämisen. Ohjelma tukee useita ohjelmointikieliä, mikä mahdollistaa paremman työtehokkuuden ryhmissä, kun jokainen voi ohjelmoida haluamallaan kielellä.

2.2 Visual Basic Script

Visual Basic on Microsoftin kehittämä ohjelmointikieli, johon Visual Basic Script perustuu. Script-ohjelma pystytään luomaan TIA Portal -ohjelman sisällä. Dataa voidaan kerätä ohjelmaan eri tuloista ja se voidaan järjestää halutulla tavalla. Tiedoston suoritusta voidaan ohjata tietyn muuttujan aktivoituessa.

3 PROSESSIN KUVAUS

Toimeksiantona oli asiakkaan lipeäterminaalin instrumentti- ja automaatio suunnittelu (Liite 1). Terminaalin säiliöihin voidaan syöttää lipeä laivasta tai poikkeus tilanteessa autosta. Projektin automaatio suunnittelu käsitti 6500 m³ lipeäsäiliön ja syöttölinjojen mittaukset, kolme taajuusmuuttajaohjattua pumppua, kaksi venttiiliä ja valvomokoneen. Terminaalin putkissa on saattolämmitys, jotta lipeä ei jähmettyisi putkiin. Lipeän jähmettymislämpötila on 12 °C ollessaan 50-prosenttisenä vesiliuoksena (2). Jähmettyessään lipeä voi aiheuttaa tukoksen.

Säiliöstä mitataan pinnankorkeus, paine ja lämpötila ja näistä asiakas halusi reaaliaikaisen laskurin tiheydelle ja pinnankorkeudelle. Tiheyslaskuri saatiin tehtyä, mutta pinnankorkeuden laskuria ei pystytty toteuttamaan säiliössä käytetyillä mittauksilla. Pumppujen jälkeisestä linjasta mitataan myös paine, lämpötila sekä massavirta. Pumpatusta lipeämäärästä pidetään lokia massavirtamittarin avulla ja massavirtausmittaus talletetaan seurantaan ja laskutusta varten valvomo-PC:lle.

Kommunikointi tehtaan prosessin ja terminaalin välillä tapahtuu fyysisiä I/O-liityntöjä käyttäen. Pumppuja ajetaan vakionopeudella tehtaan käyntipyynnön (binäärinen tulo) mukaisesti ja niiden kiihdytys- ja jarrutusrampit määritetään etukäteen taajuusmuuttajalle. Kun lipeä on purettu laivasta, syöttölinja voidaan tyhjentää säiliöön käyttämällä käsikäyttöistä pumppua (KUVA 32). Pumppua ohjataan käsikäyttöisellä taajuusmuuttajalla pumpun vierestä.

4 JÄRJESTELMÄKOMPONENTIT

4.1 CPU Simatic S7-1513-1 PN

Prosessien automatisoinneissa käytetään hyväksi ohjelmoitavia logiikoita, joiden keskeisin osa on CPU. Se suorittaa tehdyn automaatiosovelluksen ja ohjaa siihen liitettyjen komponenttien toimintaa. Simatic S7-1513-1 PN (KUVA 1) on kompakti ja tehokas yksikkö, joka on standardien IP20 (suojaus kappaleita vastaan, joiden halkaisija 12,5 mm tai suurempi; ei suojattu vedeltä) tai IP65/67 (pölytiivis; suojaus joka suunnasta tulevalta vesisuihkulta tai kestää hetkellisen upotuksen veteen) mukainen. Tämä mahdollistaa asennuksen vaativammissa ympäristöissä. Yksikköä voidaan käyttää pienissä tai keskikokoisissa prosesseissa ja se soveltuu hyvin muun muassa elintarviketeollisuuden pakkaus- ja kokoonpanolinjaston ohjauksiin. (3.)



KUVA 1. Simatic S7-1513-1 PN ja IM-moduuli

Projektissa käytetty logiikka on hieman ylimitoitettu tarpeisiin nähden, mikä mahdollistaa prosessin laajentamisen ilman komponenttien päivittämistä. Ohjausyksikköön on mahdollista liittää erilaisia moduuleja, joihin voidaan liittää antureita ja toimilaitteita. Näin ei kuitenkaan tehty, vaan moduulit liitettiin projektissa käytettyyn etä-I/O-yksikköön.

4.2 Siemens ET200SP etä-I/O

Automaatioprojekteissa käytetään etä-I/O -yksiköitä (KUVA 2), jotta I/O:t saadaan hajautettua laajemmalle alueelle yhden väyläkaapelin avulla. Näin mahdollistetaan tiedonsiirto yhdellä kaapelilla ilman, että kaikille kenttälaitteille ja antureille vedettäisiin kullekin erikseen omat johdot. Projektissa logiikka ja etä-I/O keskustelevat Profinet-väylän välityksellä.

Etä-I/O -yksikköön liitettiin Profinet-liitântäkortti ja digitaalisille tuloille kolme korttia, analogisille tuloille kaksi korttia ja digitaalisille ja analogisille lähdöille yksi kortti kummallekin. Näillä saadaan projektiin 48 digitaalista tuloa, 16 digitaalista lähtöä, 16 analogista tuloa ja 4 analogista lähtöä. Profinet-liitântäkortti mahdollistaa tarvittaessa yhteensä 32 I/O-kortin liittämisen etä-I/O -yksikköön.



KUVA 2. Siemens ET200SP etä-I/O

4.3 Simatic WinCC Advanced -valvomo

Simatic WinCC on Siemensin 1996 julkaisema valvonta- ja tiedonkeruujärjestelmä (Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA). Sitä käytetään ihmisen ja koneen välisenä käyttöliittymänä (HMI), jolla voidaan ohjata ja monitoroida fyysistä prosessia ja näyttää tietoa prosessin kulusta. WinCC:tä voidaan käyttää yhdessä Siemensin logiikan kanssa ja isojakin prosesseja voidaan ohjata etänä.

Käyttöliittymään on mahdollista luoda kuvia objekteilla. Objekteja voidaan muokata esimerkiksi painonapeiksi, näyttämään mittadataa tai hälytyksiä tekstinä tai symboleina sekä indikoimaan toimilaitteiden käyntitietoja. Projektiin lisättiin valvomokone, johon ohjelmoitiin WinCC-käyttöliittymä. Tiedonsiirto logiikan ja valvomokoneen välillä toimii Profinet-väylää käyttäen.

5 KENTTÄLAITTEET, OHJAUS JA LIITÄNNÄT

5.1 Mittalaitteet

Prosessiin toiminnan toteuttamiseen tarvittiin useita eri mittalaitteita. Mittalaitteita käytetään, kun prosessista halutaan saada selville jokin fyysinen suure. Tällaisia suureita voivat olla esimerkiksi pinnankorkeus, paino, lämpötila ja paine. Digitaalisia antureita voidaan käyttää rajoina tai havaitsemaan kappaleita. Mittalaitteita valittaessa on otettava huomioon ympäristön ja prosessin vaatimukset. Esimerkiksi on otettava huomioon prosessissa mitattava materiaali ja ympäristön kulutus sekä on tiedettävä oikea mitta-alue.

Prosessissa käytetään kahdenlaisia antureita: Digitaalisia ja analogisia. Digitaalisia antureita käytetään rajoina havaitsemassa nestepintaa. Analogisilla antureilla mitataan säiliöstä ja syöttöputkista haluttuja suureita. Säiliöstä mitataan lipeän lämpötila, paine ja pinnankorkeus. Paine ja pinnankorkeus ovat tärkeitä, jotta saadaan laskettua lipeän tiheys. Säiliössä olisi hyvä olla toinen painemittaus, jotta saataisiin vertailupaine. Syöttölinjasta mitataan pumppujen jälkeinen paine. Syöttölinjassa on myös massavirran mittaus pumppauksen seurantaan ja laskutusta varten.

5.2 Kenttälaitteet

Kenttälaitteiden täytyy olla hallittavissa, jotta niitä pystyy automatisoimaan. Hallittavuus voidaan toteuttaa sähköisten ja joissain tilanteissa pneumaattisten kytkentöjen avulla. Sähköisiä kytkentöjä käytettäessä voidaan käyttää digitaalisia väyläkytkentöjä tai binäärisiä ja analogisia standardiviestikykentöjä. (4, s. 101.)

Yleisimpiä väyläkytkentöjä ovat Profibus DP/PA ja yleistyvä Profinet. Prosessin kenttälaitteiden ja logiikan väliseen kommunikointiin käytetään Profinet-väylää. Kommunikointi tapahtuu väylään molempiin suuntiin siirrettäviä sanoja käyttäen, missä jokainen sana sisältää 16 bittiä. Jokaisella bitillä on oma määrätty merkitys riippuen käytetystä kommunikointistandardista. Liitteessä 4 on kerrottu tarkemmin juuriventtiilin Profinet-ohjauksista.

5.3 Sinamics G120 -taajuusmuuttaja

Prosessissa käytettyjen pumppujen ohjaus toteutettiin Siemensin valmistamalla G120-taajuusmuuttajalla (KUVA 3). Taajuusmuuttaja ohjaa pumpun moottorin pyörimisnopeutta syöttötaajuutta muuttamalla. Näin mahdollistetaan pumppausnopeuden portaaton säätö ja parempi energiatehokkuus. Taajuusmuuttajaa voitaisiin käyttää myös esimerkiksi nostureissa, hinnakuljettimissa ja tuulettimissa.

SINAMICS G120 -tuoteperheen taajuusmuuttajat tarjoavat korkeatasoisen integroidun turvallisuusominaisuudet, energiansäästön ja verkkoyhteydet. EN 60204 -turvallisuusominaisuuksiin kuuluu muun muassa turvallinen pysäytys, rajoitettu nopeus ja turvallinen jarrujen hallinta. Seurauksena prosesseissa saavutetaan parempi turvallisuus. Taajuusmuuttajille on myös mahdollista hankkia kiinnityssarja, millä taajuusmuuttajan asennus seinään on helppoa. (5.)



KUVA 3. G120-taajuusmuuttajat

Prosessissa moottoreita ohjataan vakionopeudella, mutta nopeutta on myös mahdollista muuttaa asetusarvoa vaihtamalla. Tulevaisuutta ajatellen taajuusmuuttaja on kustannustehokkain ja helpoin ja nopein optimoida vastaamaan prosessin tarpeita, mutta sellaisen investointi on kallista. Taajuusmuuttaja vaihtaa prosessidataa logiikan kanssa Profinetin telegram-viestiä käyttäen. Liitteessä 3 on lisää tietoa taajuusmuuttajan telegram-viestistä.

5.4 AUMA AC 01.2 venttiilitoimilaite

Prosessin venttiilien ohjaus toteutettiin AUMA AC 01.2 -toimilaitteella (KUVA 4). Toimilaite ohjaa palloventtiilin asentoa prosessin tarpeiden mukaan. Venttiilin asentoa voidaan ohjata käyttäen toimilaitteen I/O -tietoja tai painonappeja. Prosessissa venttiiliä ohjataan toimilaitteella joko auki- ja kiinnirajalle tai määritettyyn asetusarvoon valvomosta Profinetin välityksellä.

Toimilaitteen hyviä puolia ovat sen adaptiivisuus ja tiedonkeruu esimerkiksi kunossapitojärjestelmään. Ohjausyksikön liitännät ovat konfiguroitavissa ja se voidaan yhdistää Profinetin välityksellä prosessin valvomoon. Toimilaitteessa on myös tapahtumaloki ja vääntömomenttikäyrän tallennus. Lämpötilan ja värinän seuranta on myös mahdollista. Toimilaitteen käyttäjäystävällisyyden takaa helppo integroitavuus automaatiojärjestelmään. Yksikkö voidaan mukauttaa käyttäjän tarpeisiin joko käyttöruudun valikoista tai AUVA CDT -ohjelmistolla bluetooth-yhteyden välityksellä. (6.)



KUVA 4. AUMA AC 01.2 -paineensäätöventtiin XV-016 toimilaite

5.5 Endress+Hauser Promass F 300

Terminaalista prosessiin pumpatusta lipeästä pidetään lokia, jota varten tarvitaan virtausmittaus. Mittaus toteutettiin pumppujen jälkeisestä syöttölinjasta Endress+Hauser Promass F 300 -virtamittarilla (KUVA 5). Mittausperiaatteena toimii putkessa tapahtuva coriolis-ilmiö. Mittaputken oskillointi vahvistuu virtauksen kasvaessa, jonka mittarin sisäiset sensorit havaitsevat. Massavirtauksen virhe on 0,05 %. Mittalaitteella saadaan myös mitattua aineen tiheys ja lämpötila. Aineen tiheyden kasvaessa oskillointi heikentyy. Mittalaitteen kommunikointiin käytetään Profinettiä. (7.)



KUVA 5. Promass F 300 -massavirtamittari

5.6 Profinet

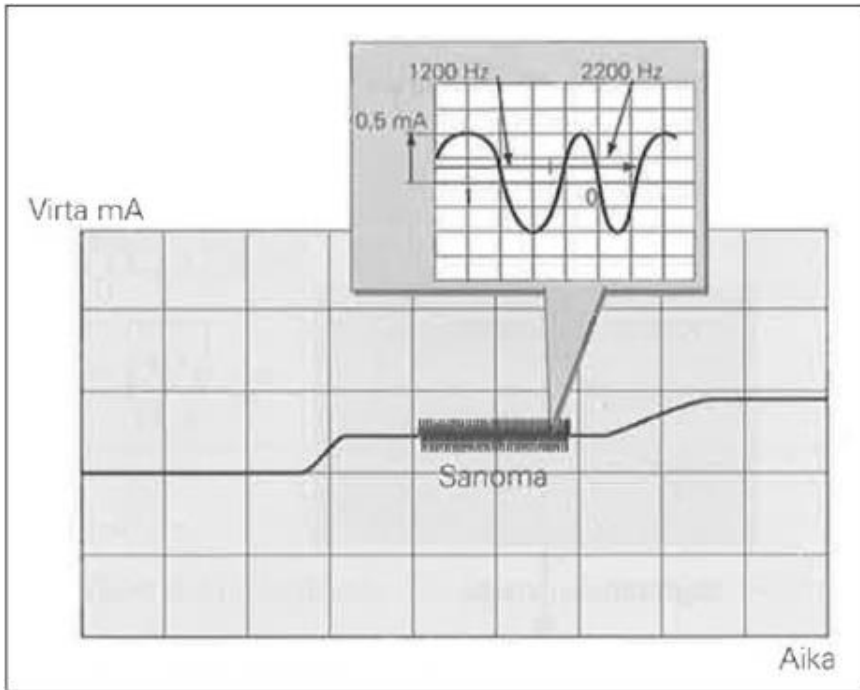
Profinet on teollisuudessa käytettävä tiedonsiirto-standardi, joka perustuu täysin Ethernet-standardiin. Näin ollen Profinet tulee hyötymään tulevaisuudessakin Ethernetin uusista hyödyistä ja innovaatioista. Normaalista Ethernet-käytöstä poiketen automaatioprosessissa tiedonvälitysaika on todella pieni ja informaatio liikkuu lähes reaaliajassa ennustettavasti. Profinet on myös helppo integroida prosessiin ja hallita. Tiedonsiirto langattomasti käyttäen IWLAN -tekniikkaa on myös mahdollista. (8, s. 4)

Markkinat vaativat jatkuvasti yksilöllisempää tuotantoa pienissä ja suurissa tuotantoerissä. Tuotanto pitää saada käyntiin mahdollisimman pian ja tämä saavutetaan vain, jos tuotannon nopeutta, hyötysuhdetta ja joustavuutta saadaan parannettua. Tämä onnistuu esimerkiksi tiedonsiirtoa nopeuttamalla, joten kenttälaitteiden ja ohjainyksiköiden täytyy pystyä kommunikoimaan reaaliaikaisesti. Profinet on standardi, joka pystyy saavuttamaan tämän. (8, s. 4)

5.7 HART

Mikroprosessorien yleistyessä digitaalisia lähettämiä alettiin käyttämään analogisten mittalaitteiden sijaan, mikä mahdollistaa lähettimessä tapahtuvan digitaalisen tiedonkäsittelyn hyödyntämisen. Amerikkalainen automaatiovalmistaja Rosemount oli kehittämässä digitaalista HART-tiedonsiirtoprotokollaa (Highway Addressable Remote Transducer). (4, s. 72.)

Tiedonsiirto perustuu taajuusmoduloitujen sinisignaalien käyttöön, missä taajuutta käytetään binääristen arvojen esittämiseen. Sinisignaalin amplitudi on noin 0,5 mA. Taajuutta 1200 Hz käytetään kuvaamaan binääristä arvoa 1 ja taajuutta 2200 Hz binääristä arvoa 0. Sinisignaali sekoitetaan analogisen virtaviestin sekaan (KUVA 6), mutta koska sinisignaalin keskiarvo on 0 mA, se ei häiritse analogisignaalia. Tämä mahdollistaa sekä analogisen että digitaalisen signaalin käytön samanaikaisesti. (4, s. 72.)



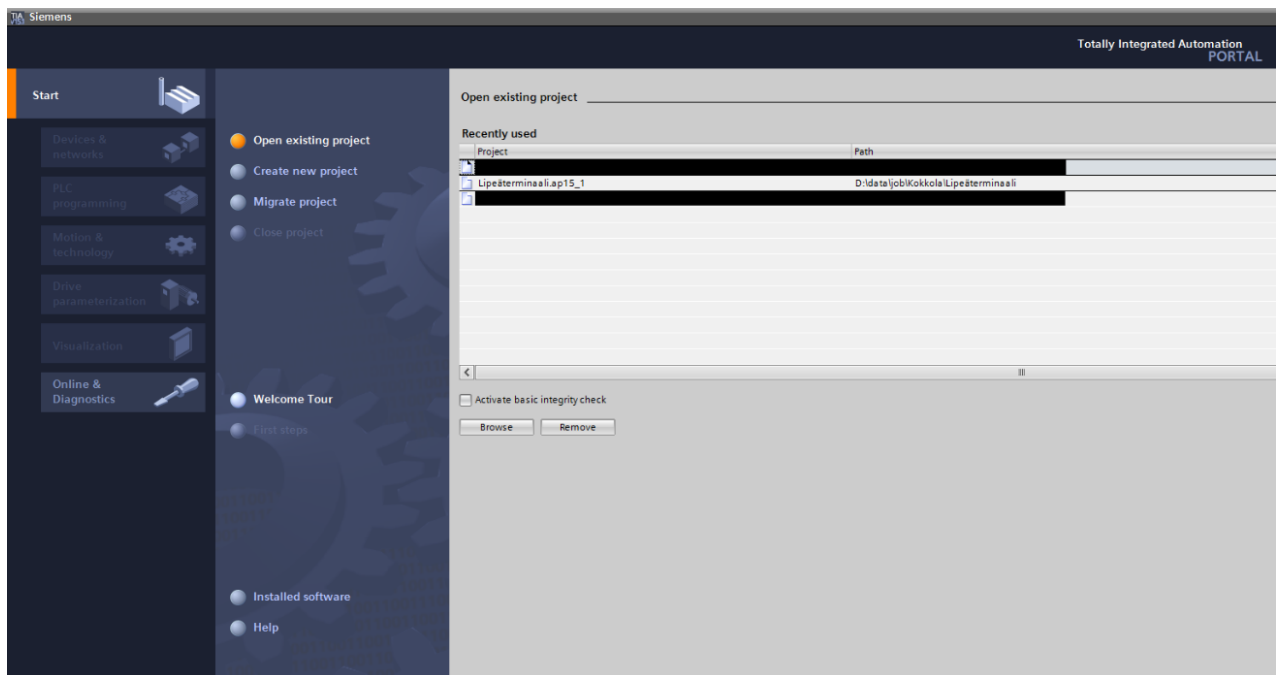
KUVA 6. HART-signaali (4, s. 7)

6 LOGIIKAN OHJELMOINTI TIA PORTAL -OHJELMALLA

Tässä luvussa käsitellään projektin luomiseen liittyviä asioita TIA Portal -ohjelmalla. Projektin luomisen jälkeen on hyvä tehdä projektissa käytettävistä tuloista ja lähdöistä I/O-luettelo. Kun on tiedossa tarvittavat tulot, lähdöt ja prosessin tehtävä, ohjelmoinnin voi aloittaa. Ohjelmaa testataan ensin simuloiden, jotta mahdolliset virheet on mahdollista korjata ennen prosessin testausta.

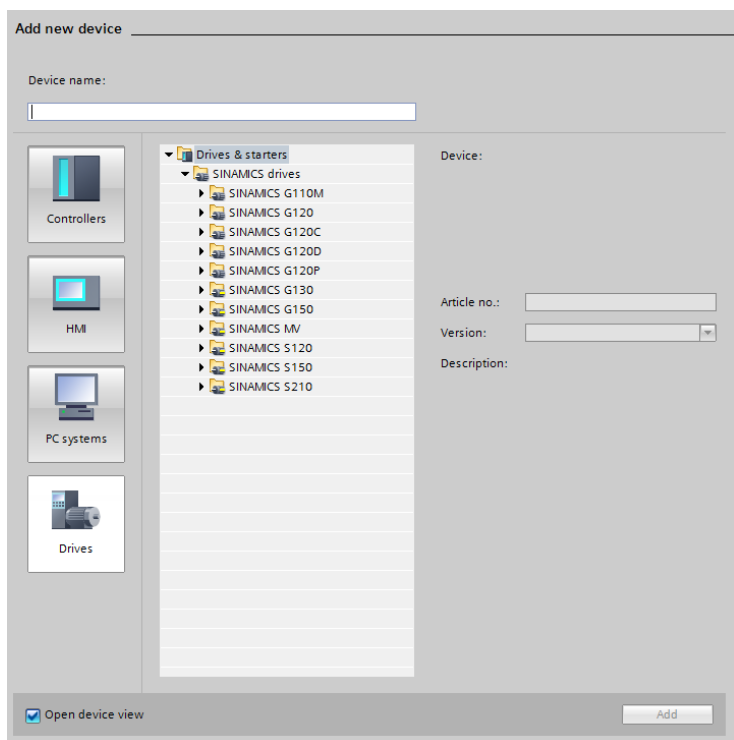
6.1 Projektin luominen

Projekti luodaan TIA Portal -ohjelman käynnistyttyä ohjelman portaalinäkyvässä (KUVA 7), missä voidaan myös avata aiemmin luotu projekti. Portaalinäkyvän vasemmasta reunasta voi myös avata projektin lohkoja, näyttöjä, laitteita ja parametri-ikkuna laitteille. Näkymästä pystyy myös avaamaan ohjelman ohjeet, esittelyn ja asennetut ohjelmistot.



KUVA 7. TIA Portal -ohjelman portaalinäkyvä

Projektin luomisen jälkeen lisätään prosessissa käytettävä CPU:n ohjelman laitelisäys-ikkunassa (KUVA 8). CPU:n voi myös jättää määrittämättä tarkemmin ja vaihtaa myöhemmin tarvittaessa. Laitelisäys-ikkunassa voi myös lisätä Siemensin valvomo-PC:n, HMI-näytöt ja taajuusmuuttajat.



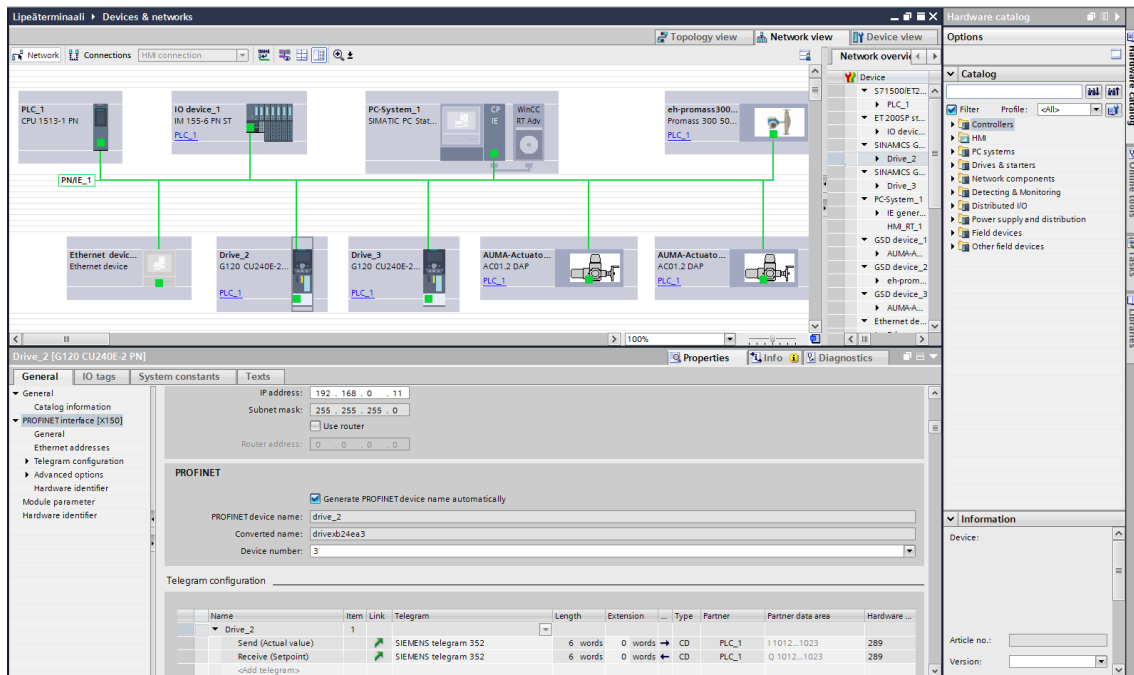
KUVA 8. Laitteen lisäysikkuna

6.2 Ohjelmointi

6.3 Devices and networks

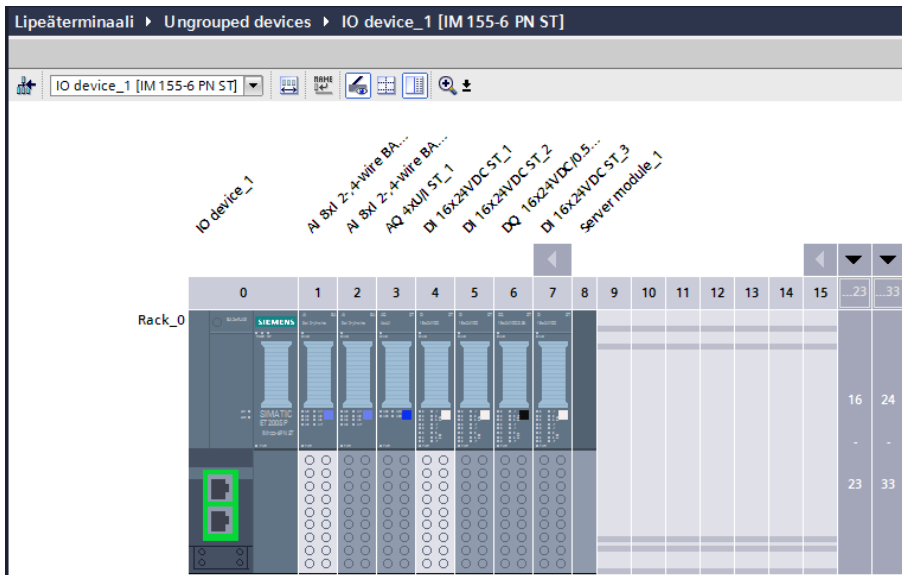
Devices and networks -sivulla (Kuva 9) voi tarkastella projektissa käytettyjä konfiguroituja laitteita ja niiden välisiä yhteyksiä. Niitä voi myös siirrellä sivulla. Laitteiden lisäys tapahtuu raahaamalla ne laiteluettelosta (Catalog) kuva-alueelle. Laiteluettelosta voi lisätä tarvittavat kommunikointi- ja mittakortit, sekä tarvittavan määrän kortteja tuloille ja lähdöille. Verkoston muodostaminen tapahtuu hiirellä vetämällä logiikan portista toimilaitteen porttiin, jolloin logiikka määritetään automaattisesti toimilaitteen master-laitteeksi.

Devices and Networks -näkyvän Properties-välilehdessä voi määrittää laitteille omat IP-osoitteet, joiden avulla laitteiden verkkosovittimet yksilöidään. Välilehdessä voi myös määrittää tulot ja lähdöt haluamalleen alueelle, jotta samalla alueella ei käytettäisi toisen laitteen tai ohjelman muuttujia. Näin estetään päällekkäisiä ohjauksia tapahtumasta ohjelman sisällä. Taajuusmuuttajan Properties-välilehdessä voi myös muuttaa telegram-viestin asetuksia.



KUVA 9. Devices and Networks -sivu

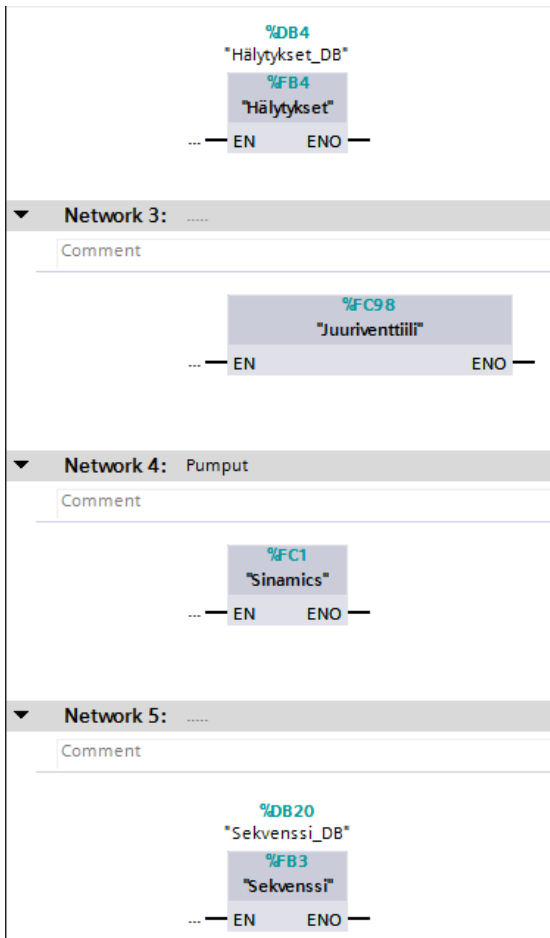
Devices and Networks -sivulta voi avata yksittäisiä laitteita lähempään tarkasteluun. Kun etä-I/O:n (KUVA 10) avaa, voi nähdä sen analogiset ja digitaaliset tulo- ja lähtökortit sekä palvelinmoduulin. Kuvasta huomaa, että vain kahden kortin kannat ovat harmaana ja muiden kannat ovat sinisenä. Se johtuu siitä, että sinisenä olevat kortit ovat vasemmalla puolella olevan harmaan kortin kanssa samassa potentiaaliryhmässä. Harmaana olevan kortin kantoihin tuotua jännitetyöttä käytetään myös oikealla olevien sinisten korttien kantojen jännitetyöttä.



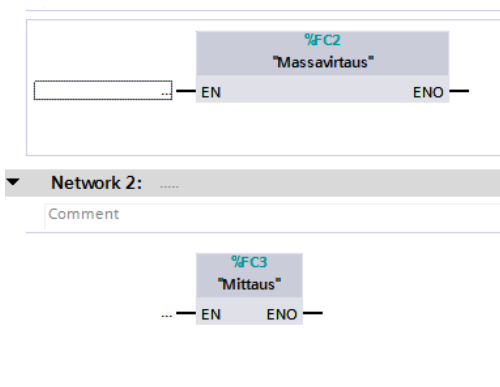
KUVA 10. Etä-I/O ja mittakortit Devices and Network -sivulla

6.4 Ohjelmalohkot

Kun uusi projekti luodaan TIA Portal -ohjelmassa, luo ohjelma valmiiksi OB1-lohkon. OB1-lohkoa suoritetaan ohjelmassa koko ajan. OB1-lohkoon (KUVA 11) tehtiin viittaukset kaikkiin aliohjelmalohkoihin, joiden halutaan toimivan reaaliajassa. Tällaisia ovat moottorien, juuriventtiilin, hälytyksien, sekvenssin, hätä-seis-kuitauksen ja tehtaan ja terminaalien välisen tiedonvaihdon FC- ja FB-lohkot. Ohjelmaan voi myös tehdä omia ohjelmalohkoja ja niille voi määrittää itse suoritusvälin. Projektin tehtiin 100 ms välein suoritettava lohko OB30 (KUVA 12) mittauksia ja massavirtamittausta varten.



KUVA 11. OB1-ohjelmaloikon network 2-5

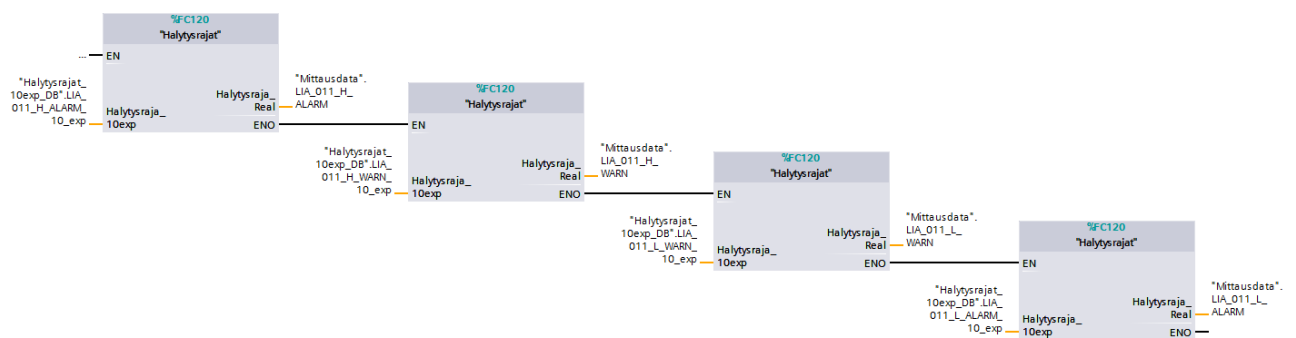


KUVA 12. 100 ms OB30-ohjelmaloiko

7 TOTEUTETTU LOGIIKKASOVELLUS

7.1 Mittaukset ja rajat

Mittauksien ylä- ja alarajahälytykset ja varoitukset toteutettiin alla kuvatulla tavalla (KUVA 13). ”Halytysrajat_10exp_DB” -tietokannan tuloihin syötetään hälytysrajat käyttöliittymästä ja niitä käytetään kuvatulla tavalla. Arvot syötetään käyttöliittymällä desimaalimuodossa, mutta ne siirretään logiikalle kymmenkertaisina kokonaislukuina. Arvot muutetaan Halytysrajat-lohkon sisällä kokonaisluvusta (Dint) desimaaliluvuksi (Real) ja jaetaan kymmenellä. Muutettu arvo syötetään sitten Halytysrajat-lohkon ”Halytysraja_Real” -lähdön kautta muuttujaan, jota käytetään ohjauslohkossa.

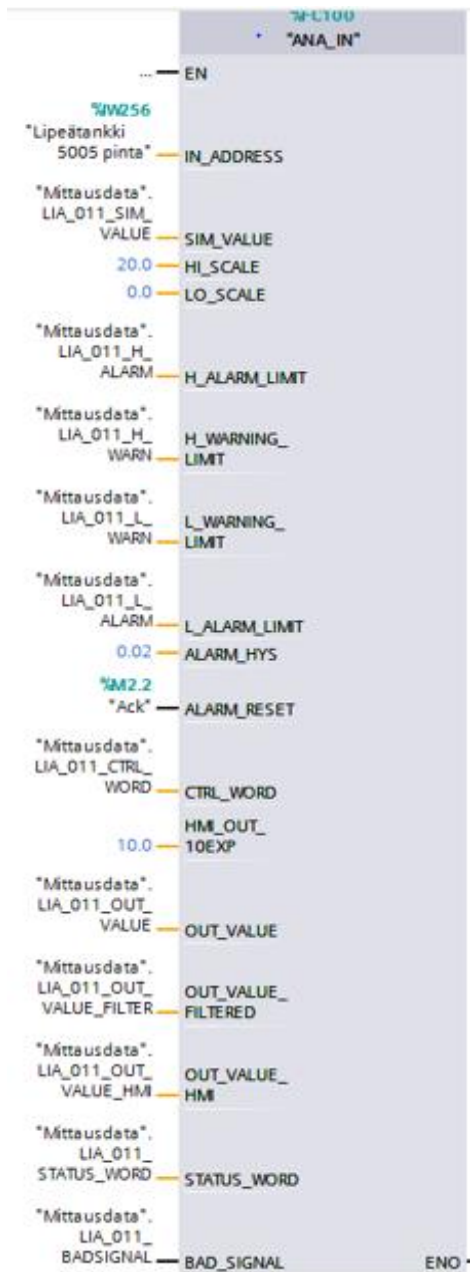


KUVA 13. LIA-011 pinnankorkeuden mittauksen hälytysrajat

Jokaiselle mittaukselle tarvitaan oma mittauslohko (KUVA 14). Jos mittaukselta saadaan useampi mittasuure, tarvitsee jokainen niistä oman ohjauslohkon ja rajat. Lohkon ”IN_ADDRESS” tuloon kytketään mittauksen analogiatulo, jonka alue on 0 - 27648. Tämä kokonaislukualue skaalataan ANA_IN -lohkolla LO_SCALE- ja HI_SCALE -parametreillä määrättyyn skaalaan.

Ylä- ja alarajahälytykset ja varoitukset kytketään lohkon muuttujien avulla. Rajoihin lisätään ANA_IN -lohkon sisällä hystereesi, jotta rajahälytykset ja varoitukset eivät reagoisi mittauksen pieniin suunnanmuutoksiin. Rajat voi kytkeä päälle tai pois käyttöliittymältä. Hälytykset näytetään käyttöliittymän hälytysnäytöllä, josta ne voidaan myös kuitata.

Käyttöliittymässä näytettävä arvo saadaan ANA_IN -lohkon liittynästä OUT_VALUE. Sen arvo on kymmenkertainen todelliseen mittausravoon nähden, koska mittausravo halutaan näyttää yhden desimaalin tarkkuudella käyttöliittymässä. Desimaalipiste lisätään käyttöliittymän objektin ominaisuuksissa. Lohkon "OUT_VALUE" lähtöä voi myös simuloida "SIM_VALUE" tuloa käyttäen, mutta ohjaussanan vähiten merkitsevän bitin pitää olla ykkösenä.



KUVA 14. LIA-011 ohjauslohko

Asiakas halusi saada tietoonsa säiliössä olevan aineen tiheyden käyttäen säiliössä olevia mittauksia. Laskennallinen tiheysmittaus toteutettiin matemaattisilla lohkoilla (KUVA 15). Hydrostaattisen paineen kaavasta (KAAVA 1) saadaan aineen tiheyden kaava (KAAVA 2) (9, s.99), jota sovelluksessa käytetään. Pinnan korkeudesta vähennetään paineanturin ja säiliön pohjassa olevan mittalevyn etäisyys (Network 1). Paineanturi antaa paineen baareina, joten se täytyy muuttaa tiheyden laskemista varten pascalleiksi (Network 2). Network 3 ensimmäisessä lohkoissa pinnankorkeus ja putoamiskiihtyvyys kerrotaan keskenään ja tulos siirretään "TEMP1" muuttujaan. DIV-lohkossa paineen arvo jaetaan "TEMP1" muuttujan arvolla, jolloin saadaan aineen tiheys.

$$p = \rho gh$$

KAAVA 1

$$\rho = \frac{p}{gh}$$

KAAVA 2

p = hydrostaattinen paine (Pa)

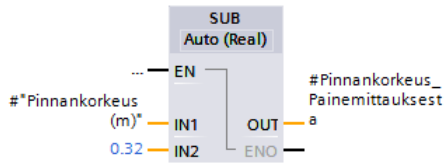
ρ = nesteen tiheys (kg/m³)

g = putoamiskiihtyvyys (m/s²)

h = syvyys paineanturiin vapaasta nestepinnasta (m)

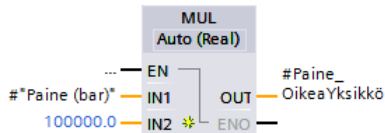
Network 1: Pinnankorkeus painemittarista

Comment



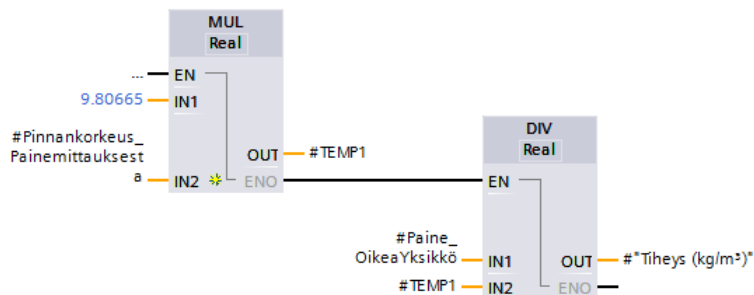
Network 2:

Comment



Network 3: Laskennallinen tiheysmittaus (kg/m³) käyttäen painetta, korkeutta ja putoamiskiintoa

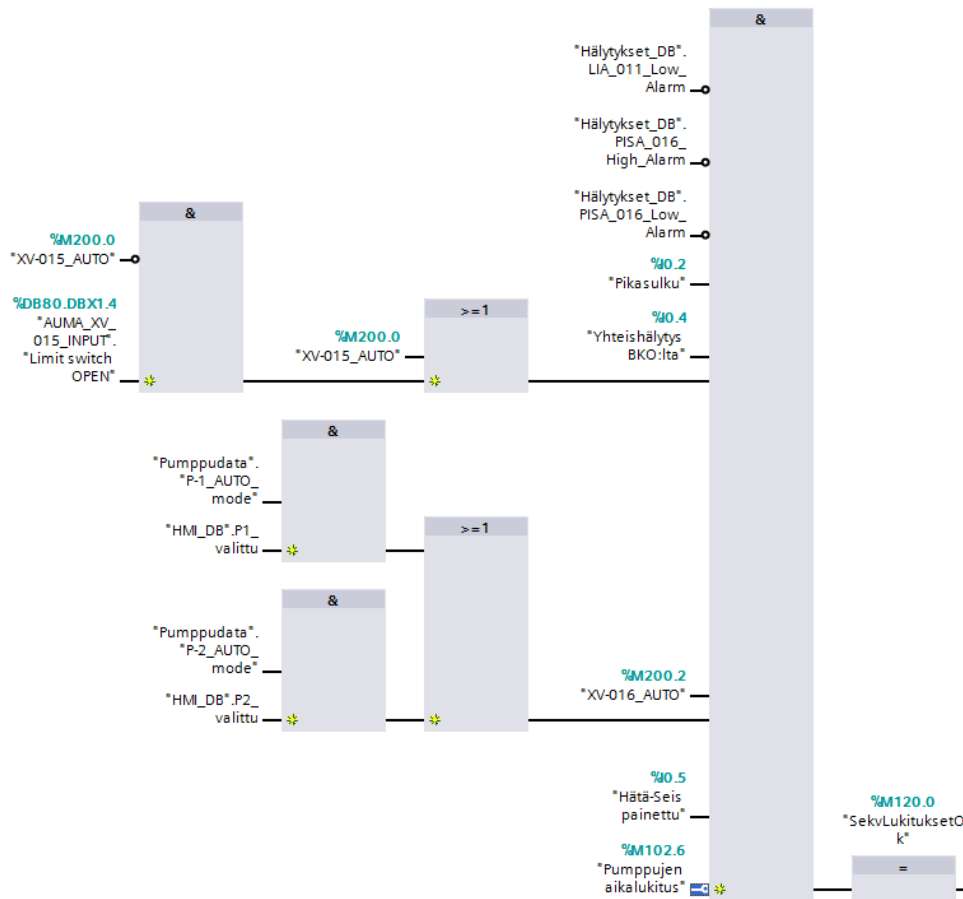
Comment



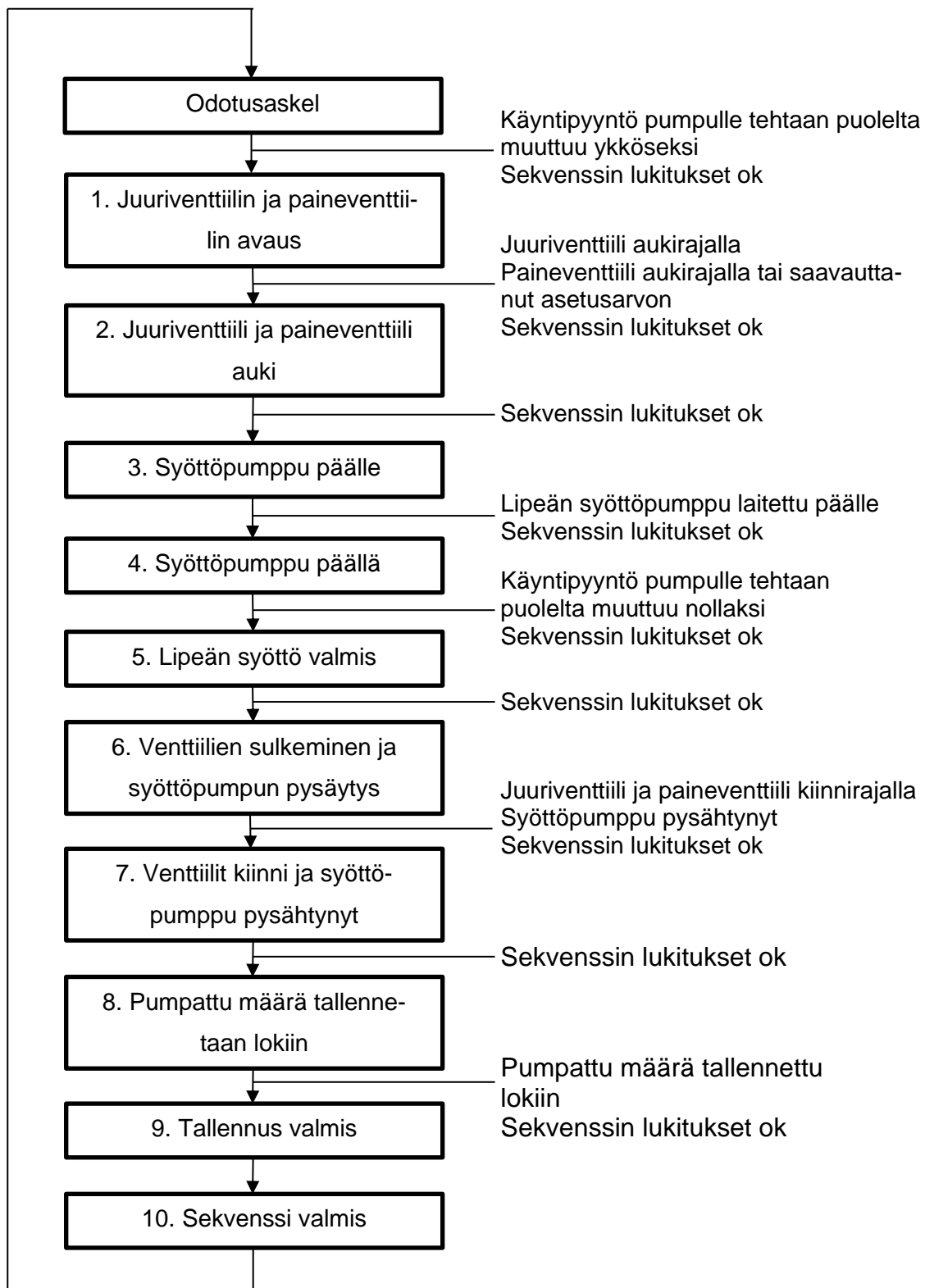
KUVA 15. Säiliön sisältämän aineen tiheys laskettuna pinnankorkeudesta ja paineesta

7.2 Sekvenssiohjelma

Sekvenssi on sarja käskyjä, jotka aktivoituvat tiettyjen ehtojen toteutuessa. Tämän sekvenssiohjelman tarkoituksena on automatisoida lipeän pumppaus terminaalista tehtaan prosessiin. Sekvenssi käynnistetään vain, kun tehdas tarvitsee lipeää terminaalista ja se pysäytetään tehtaan tarpeen loppuessa. Sekvenssille kerättiin tarvittavat hälytykset ja tilatiedot toimi- ja mittalaitteilta, jotka ohjaavat ”SekvLukituksetOk” -muuttujaa. Lukitukseen tuotiin myös ”Hätä-Seis painettu”, ”Pikaskulku” ja ”Yhteishälytys BKO:lta” -muuttujat tehtaan puolelta. Sekvenssin lukitukset (KUVA 16) varmistavat, että sekvenssi toimii turvallisesti. Jos ”SekvLukituksetOk” -muuttuja muuttuu nolllaksi, sekvenssi keskeytyy ja palaa odotusaskeleeseen. Alla on esitetty sekvenssin toiminta sekvenssikaaviona (KUVA 17).



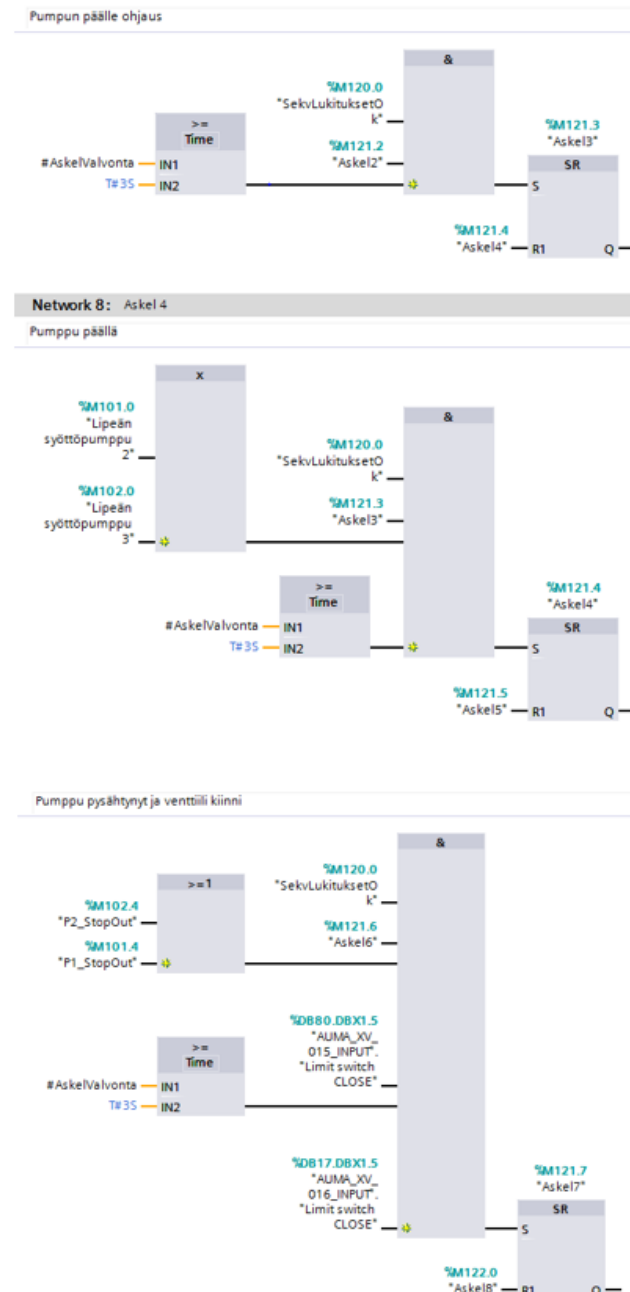
KUVA 16. Sekvenssin lukitukset



KUVA 17. Sekvenssikaavio

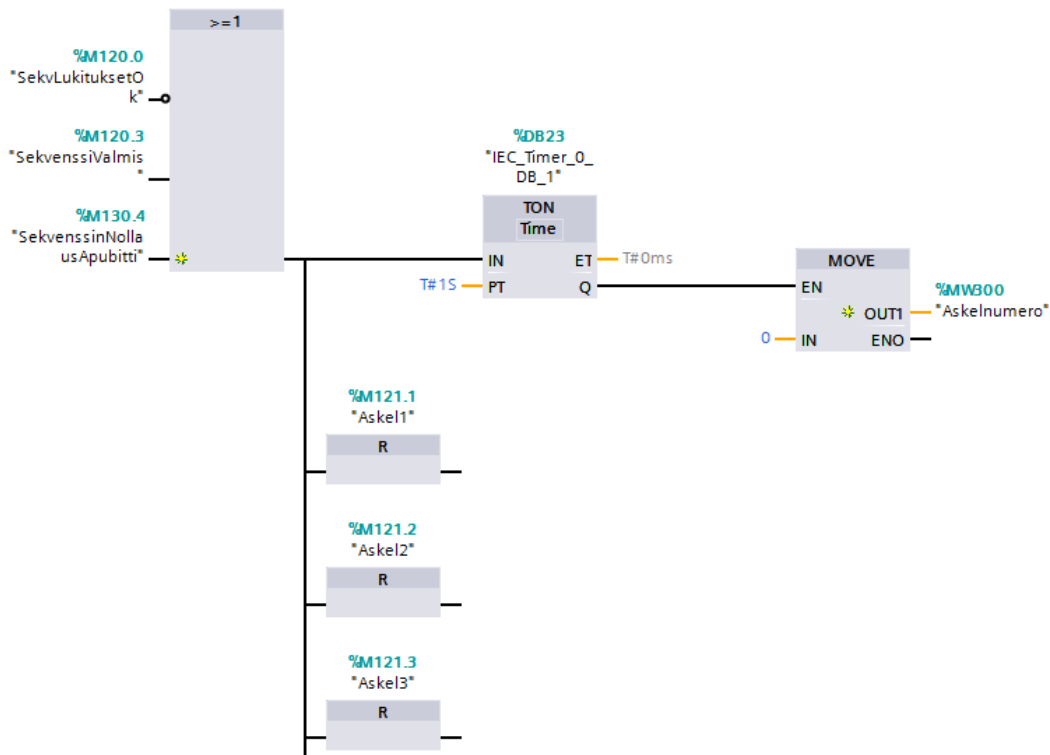
Sekvenssi saa käynnistyä vasta, kun "SekvLukituksetOk" -muuttuja on ykkösenä ja kaikki kenttälaitteet ovat automaattitilassa. Sekvenssi käynnistyy, kun tehtaan puolelta tulee käyntipyyntö sekvenssiohjelmalle. Sekvenssi ohjaa ensiksi "XV-015" -juuriventtiin auki-rajalle. Tämän jälkeen käyttöliittymältä valittu lipeän syöttöpumppu käynnistetään askeleessa 3. Sekvenssi siirtyy askeleeseen 4, kun pumppu on päällä (KUVA 18). Pumppausta jatketaan, kunnes lipeän syöttö on valmis ja käyntipyyntö pumpulle muuttuu nolaksi.

Syöttöpumppu pysäytetään ja venttiili ajetaan kiinni. Sekvenssille pitää tulla tilatiedot venttiin kiinniasennosta ja pumppujen pysähtymisestä, jotta sekvenssi voi edetä. Tämä tarkistetaan ennen askeleeseen 7 siirtymistä. Tämän jälkeen sekvenssi ilmoittaa käyttöliittymässä tallennuksen lokiin. Päänäytön tekstikenttä kertoo aktiivisen askeleen perusteella, missä vaiheessa sekvenssi on.



KUVA 18. Sekvenssin askeleiden kolme, neljä ja seitsemän etenemisehdot

Sekvenssin loputtua viimeinen askel muuttaa ykköseksi "SekvenssiValmis" -muuttujan, joka resetoi kaikki sekvenssin askeleet ja siirtää "Askelnumero" -muuttujan nolla-arvon. Askeleet nollataan myös, jos "SekvLukituksetOk" -muuttuja muuttuu nolaksi tai Askelnollaus painiketta painetaan päänäytöltä. (KUVA 19.)

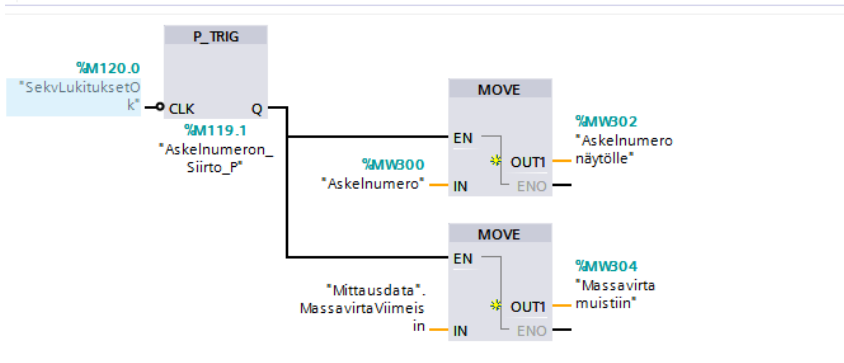


KUVA 19. Sekvenssin askeleiden nollaus

Jos "SekvLukituksetOk" -muuttuja muuttuu nolaksi pumpkauksen aikana ja sekvenssi keskeytyy, askelnumero ja pumpattu massan määrä otetaan näytölle näkyviin (KUVA 20) ja tallennus suoritetaan automaattisesti lokiin. Käyntiin pyyntö pumpulle tai kuittauspainikkeen painaminen päänäytöllä nolaa näytön askelnumeron ja pumpatun lipeän määrän ja poistaa ne näkyvistä näytöltä.

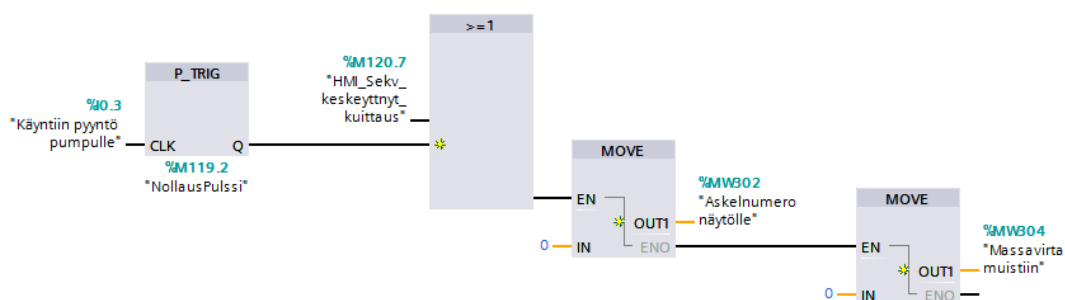
Network 28: Askelnumero näytölle sekvenssin keskeytyessä

Comment



Network 29: näytön askelnumeron nollaus

Comment



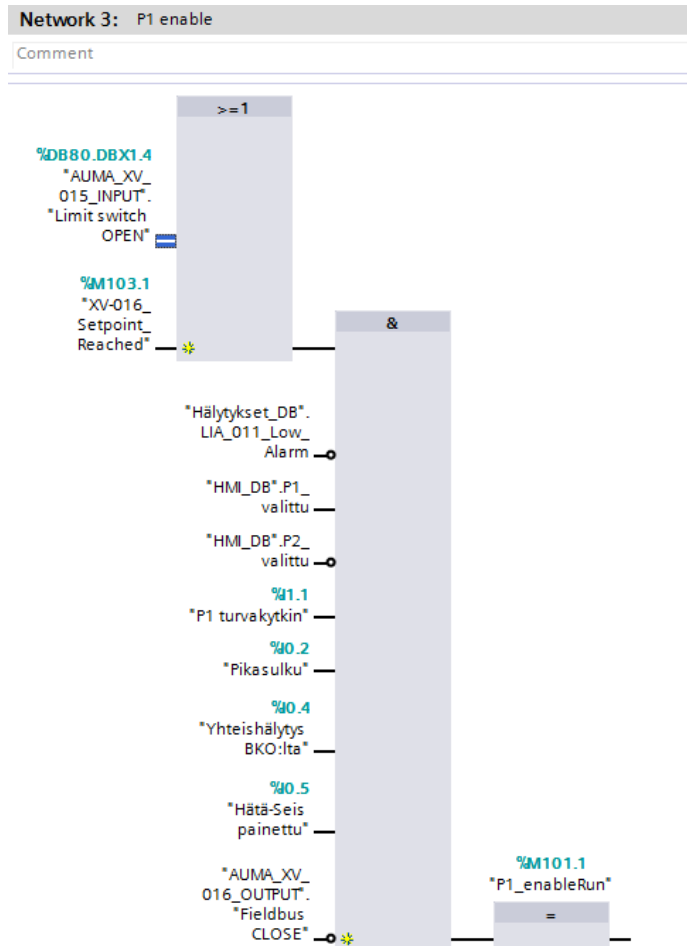
KUVA 20. Sekvenssin keskeytyessä askelnumeron ja syötetyn lipeän määrän siirto näytölle ja niiden nollaus

7.3 Pumput

Terminaalissa on kolme taajuusmuuttajalla ohjattua pumppua, joista kahta ohjataan ohjelmallisesti. Yhtä pumpuista käytetään tyhjentämään säiliön täyttölinja laivan purun jälkeen ja kahta muuta syöttämään lipeää prosessiin. Vain yksi syöttöpumpuista saa olla kerrallaan valittuna. Valinta tehdään käyttöliittymän päänäytöltä. Päänäytöltä voi myös vaihtaa moottorin tilaa käsikäytölle tai automaatile sekä muuttaa moottorin nopeuden asetusarvoa. Täyttölinjan tyhjennyspumppua (KUVA 32) ohjataan ainoastaan käsikäyttöisellä taajuusmuuttajalla, joten sitä ei ohjata ohjelmallisesti. Tyhjennyspumppulta ei myöskään saada hälytyksiä.

Syöttöpumppujen 1 ja 2 käyntiluvat (KUVA 21) ovat lähes identtiset. Ainoa ero on, että Pumpun 2 käyntilupalohkossa "P2_valittu" -bitti ei ole invertoitu ja "P1_valittu" -bitti on invertoitu. Molemmat pumput ovat juuriventtiilin jälkeen ja ennen paineventtiiliä, joten käyntilupa on lisätty ko. venttiilien rajatiedot. Muuten pumppu saattaisi pyöriä tyhjänä ja vasten suljettua venttiiliä. Pumppu ei saa

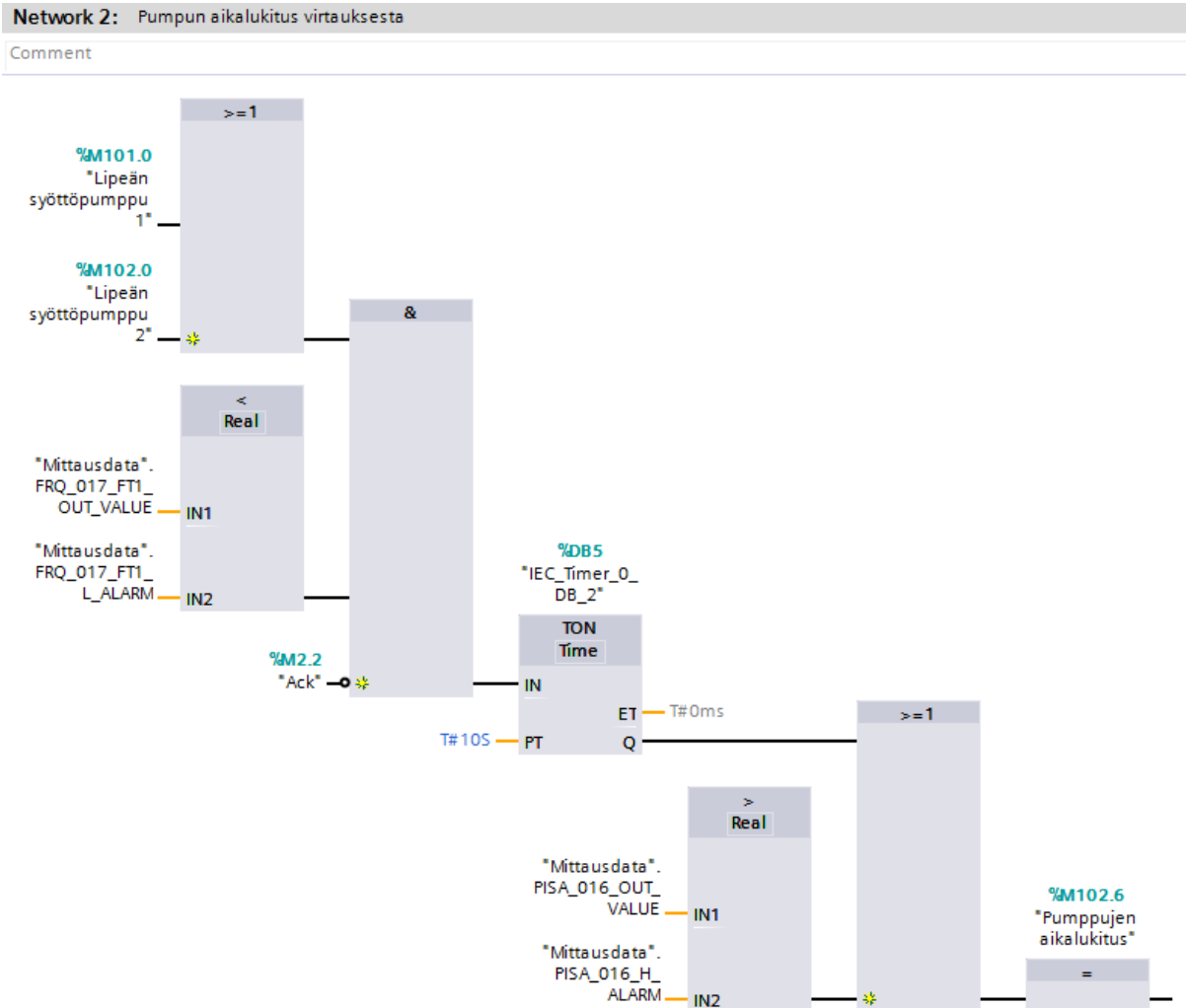
myöskään pyöriä, jos säiliön alarajahälytys on aktiivisena. Käyntilupa katoaa, jos hätä-seis painetaan, tehtaan yhteishälytys tai pikasulku on aktiivisena tai turvakytin avataan.



KUVA 21. Pumpun P1 käyntilupa

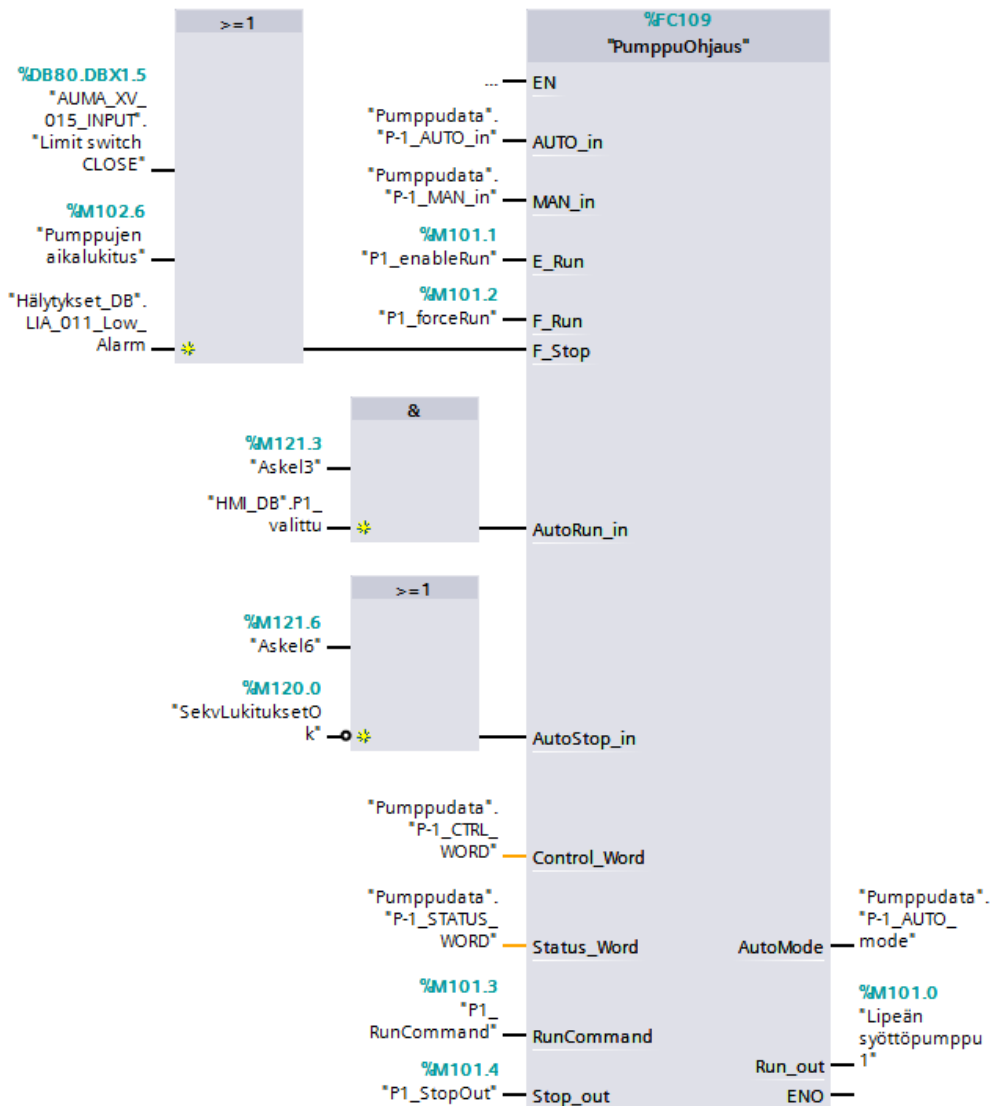
Pumppujen ohjauslohkot ovat identtiset ja niitä ohjataan pääsääntöisesti automaattilla ja sekvenssin askeleilla. Pumpun 1 ohjauslohkossa (KUVA 23) käyntilupa annetaan lohkon "E_Run" -tuloon (Enable Run). Lohkolle voi tuoda "F_Run" -tuloon (Forced Run) muuttujan, joka pakottaa pumpun käyntiin. Lukitukset tuodaan "F_Stop" -tuloon (Forced Stop), joka pakottaa pumpun pysähtymään. Pumppu pakotetaan kiinni venttiilien kiinni-tiedolla tai pumppujen aikalukituksella. "Pumppujen aikalukitus" -bittiä ohjataan 10 sekunnin ajastimella, joka käynnistää pumpun käynnistyksestä ja massavirtauksen ollessa alle hälytysrajan (KUVA 22). Aikalukitus ohjataan päälle myös, jos linjapaine menee alle hälytysrajan.

Pumpun ohjauslohkoon syötetään ohjaussana "Control_Word" -tuloon, jonka avulla moottori asetetaan automaatti- tai manuaali-tilaan sekä käynnistetään tai pysäytetään päänäytöltä käsin.



KUVA 22. Pumppujen aikalukitus

Lohkosta saadaan myös tiedot pumpun käynnistämisestä ja pysähtymisestä "Stop_out" ja "Run_out" -lähtöjen kautta. Lohkon "AutoMode" -lähdestä saadaan tieto, onko pumppu automaattilla vai manuaalilla. Pumppu 1 ohjataan päälle "AutoRun_in" -tulolla sekvenssin askeleessa 3, jolloin pumpun 1 täytyy olla valittuna. Pumpulle 1 ja 2 ei tehty omaa lukitusohjelmaa, koska lohkoissa käytetään sekvenssin lukituksia. Pumpun 1 ja 2 pysäytetään sekvenssin askeleella 6 tai jos "SekvLukituksetOk" -muuttuja muuttuu nolllaksi. Pysäytys tapahtuu lohkon "AutoStop_in" -tulolla.



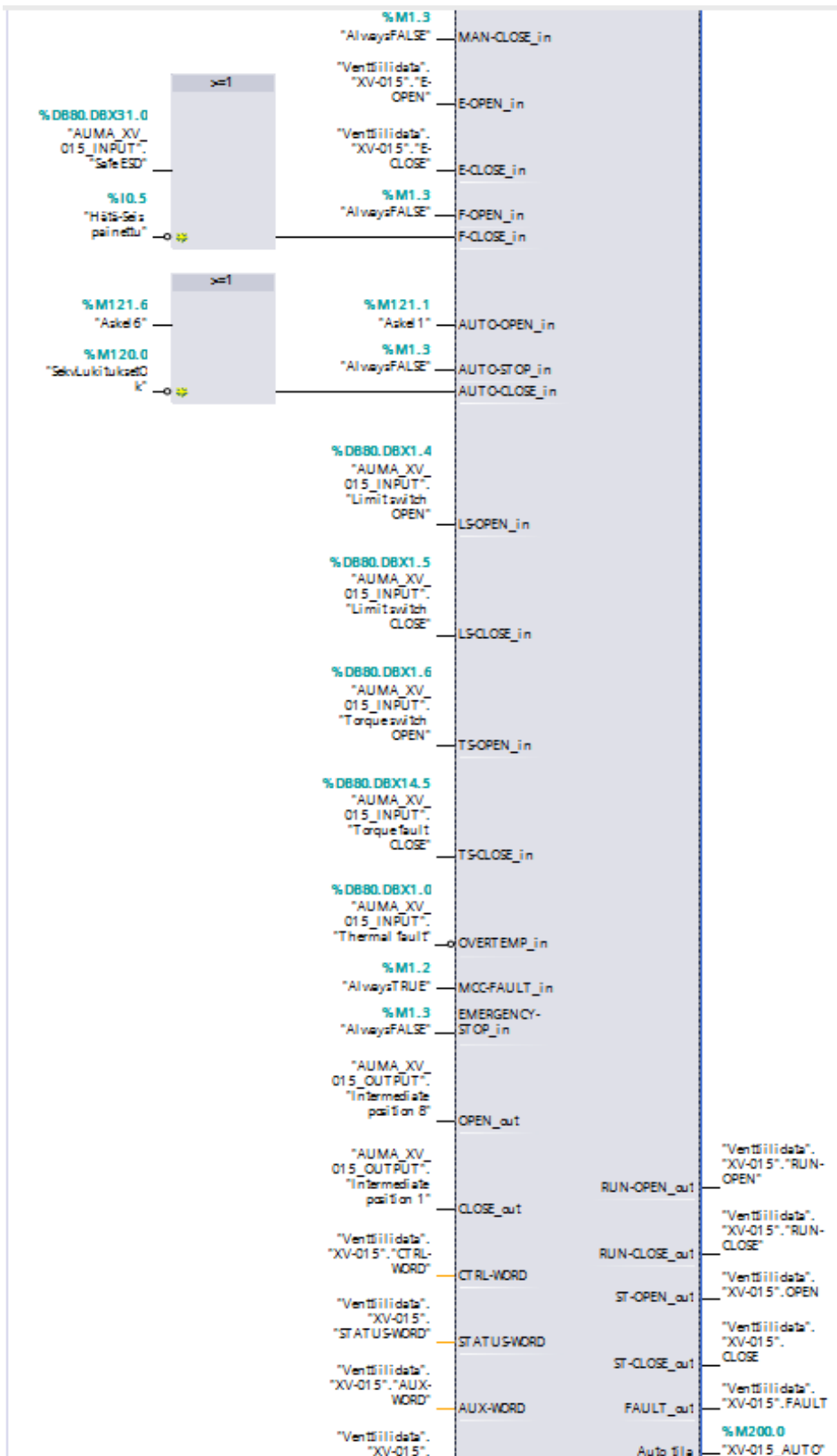
KUVA 23. Pumpun P1 ohjaus

7.4 Venttiilit

Prosessin syöttöpuolelle asennettiin juuriventtiili, joka estää lipeän virtauksen putkistoon pumppujen ollessa pysähtyneenä. Venttiiliä voi ohjata joko käsiajolla näytöltä tai automaattitilassa sekvenssillä. Kun venttiiliä ajetaan auki, se ajetaan ääriasentoon asti. Venttiilin ohjauslohkoon (KUVA 24) tuotiin Profinet -väylän kautta venttiilin tulot ja lähdöt (LIITE 3) ohjauksia varten. Lohkon tulopuolelle lisättiin venttiilin auki- ja kiinni-rajat, jotka ilmaisevat venttiilin asennon. Lohkoon tuotiin myös tiedot venttiilin vääntömomenteista ajettaessa auki- ja kiinni-asettoon sekä yllämpö.

Venttiilin voi vaihtaa automaatile tai käsiajolle päänäytön painikkeista (KUVA 32). Päänäytön painikkeet ohjaavat venttiiliin ohjauksenaan bittejä. Ohjauksella voi myös venttiilin ollessa käsiajolla ohjata venttiili auki- tai kiinni-asentoon. Venttiilin tilasana ilmaisee venttiilin tilan ja asennon päänäytön venttiili objekteissa. Objekti vilkkuu sitä ajettaessa kiinni tai auki. Kiinni- ja auki-rajalla se on vaak- tai pysty-asennossa.

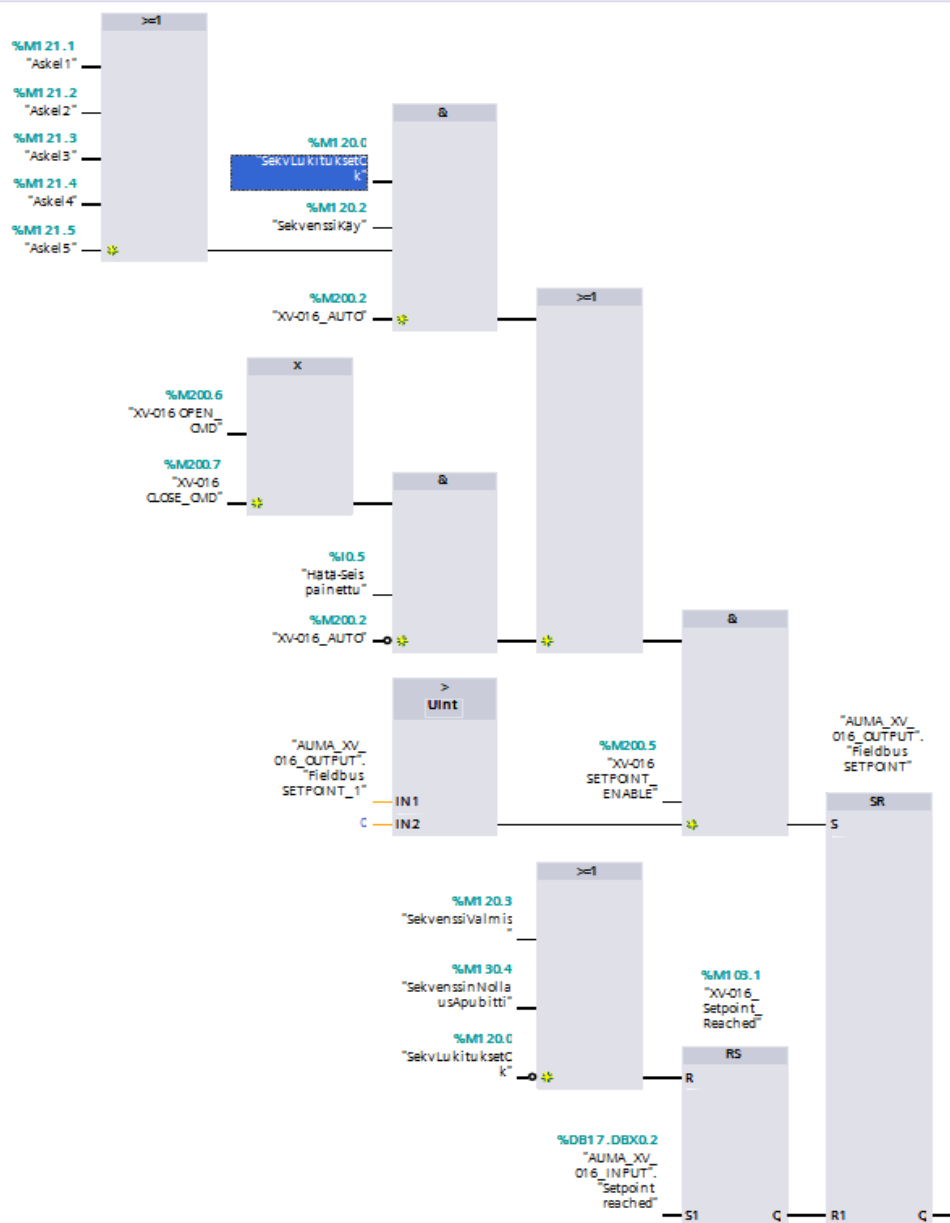
Lohkon oikealta puolelta saadaan venttiilin tiedot muuttujiin. Kun venttiiliä ajetaan auki-asentoon, on "RUN-OPEN_OUT" -lähtö aktiivisena. Kun venttiiliä ajetaan kiinni-asentoon, on "RUN-CLOSE_OUT" -lähtö aktiivisena. Venttiilin saavuttaessa auki- tai kiinnirajan, aktivoituu "ST-OPEN_OUT" tai "ST-CLOSE_OUT" -lähtö. Jos venttiili ei ohjauksen käynnistyttyä saavuta auki- tai kiinnirajaa tietyssä ajassa, aktivoituu "FAULT_OUT" -lähtö.



KUVA 24. Juuriventtiilin XV-O15 ohjauslohko

Paineensäätöventtiin XV-O16 asentoa haluttiin ohjata laitteen oman asetusarvotulon "Fieldbus SETPOINT_1" avulla. Asetusarvotuloon siirretään päänäytöltä arvo 0 – 1000, joka vastaa venttiin asentoa (kiinni = 0). Asetusarvotulon käyttöä ohjaa venttiin "Fieldbus SETPOINT" -tulo (KUVA 25) Kun tulo saa arvon yksi, ajetaan venttiili asetusarvoon. Asetusarvoa pitää pystyä käyttämään automaattija manuaaltilassa. Asetusarvon käytön valinta tapahtuu päänäytön valintapainikkeella.

Kun venttiili on automaattitilassa, ohjataan sitä sekvenssin askeleilla. "SekvLukituksetOk" -bitin täytyy olla aktiivisena, sekvenssin pitää olla käynnissä ja sekvenssin tulee olla askeleessa 1–5, jotta asetusarvoa voi käyttää. Kun venttiili on manuaaltilassa, sitä ohjataan asetusarvoon näytön auki- ja kiinnipainikkeilla, jotka ohjaavat venttiin "XV-016. CTRL - WORD" ohjaussanaa. Ohjaussanan auki- ja kiinni-käskyn aktivoitumista seurataan yksinomaisella TAI -lohkolla, jonka avulla asetusarvotulo aktivoidaan. "Fieldbus SETPOINT" -tulo nollataan, kun venttiili on saavuttanut asetusarvon, jotta venttiili voidaan ajaa takaisin kiinni-asentoon sekvenssin loputtua automaattitilassa tai kiinnipainikkeella manuaaltilassa.

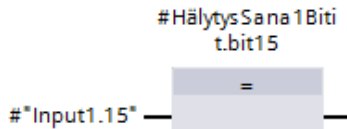


KUVA 25. Paineensäätöventtiilin XV-016 asetusarvo enable

7.5 Hälytykset

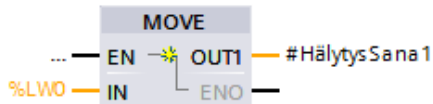
Hälytyksille tehtiin oma lohko, jossa hälytyksien tulot kytketään hälytyssanojen bitteihin (KUVA 26). Hälytyssanassa on 2 tavua, joissa molemmissa on 8 bittiä (0–7 ja 8–15). Eniten merkitsevän tavun bitit eli bitit 8 -15 ovat sanassa ensimmäisenä. "Input1.15" -tulo ohjataan "HälytysSana1Bitit.bit15" -bittiin ja sama tehdään muulle tulolle. "HälytysSana1Bitit" -struct siirretään "HälytysSana1" -lähtöön networkissä 17.

[-]	▼ HälytysSana1Bitit	Struct	0.0
[-]	bit08	Bool	0.0
[-]	bit09	Bool	0.1
[-]	bit10	Bool	0.2
[-]	BIT11	Bool	0.3
[-]	bit12	Bool	0.4
[-]	bit13	Bool	0.5



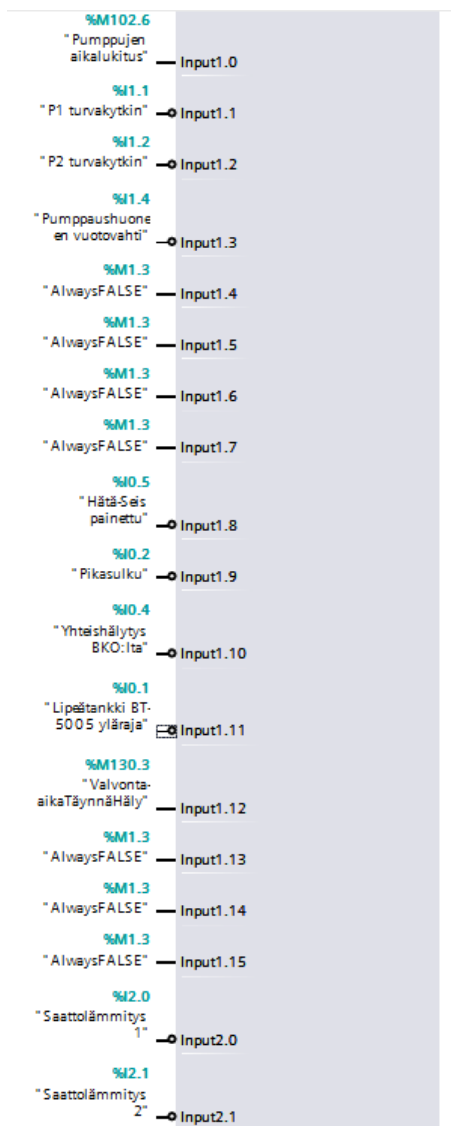
Network 17: Hälytyssana1 Struct muutetaan wordiksi

Comment



KUVA 26. Hälytysbitit ja niiden muunnos hälytyssanaksi

Bitteihin kytkettävät tulot voidaan syöttää ohjauslohkon (KUVA 27) input-tuloihin. Hälytyssanaan 1 on kytketty tieto pumppujen turvakytkimistä, hätä-seis, lipeätan-kin yläraja, pikasulku ja yhteishälytys prosessista sekä sekvenssin valvonta-ajan täyttyminen. Hälytyssanaan 1 jäi myös vapaita bittejä laajennuksia varten. Häly-tyssanaan 2 kytkettiin tieto saattolämmityksistä. Hälytyssanojen bittejä voidaan käyttää hälytyslistassa HMI-tägin kautta.

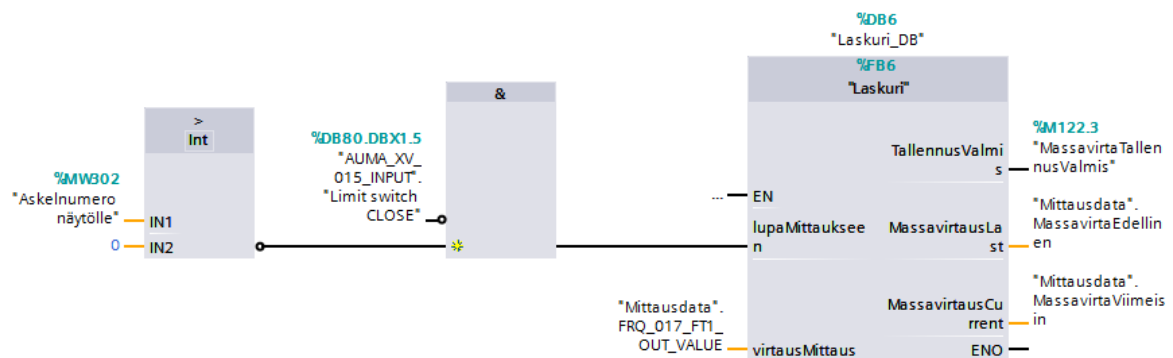


KUVA 27. Hälytyksien ohjauslohko

7.6 Massavirtaus

Projektiin tehtiin massavirtaukselle laskuri, jotta voidaan pitää lokia prosessiin pumpatusta lipeästä varastokirjanpitoa ja laskutusta varten. Projektiin tehtiin myös toinen laskuri, jotta voidaan pitää lokia myös laivan purusta. Laivan purun massavirtausta voidaan mitata vain, jos lipeää pumpataan myös prosessiin, sen sijaan, että sitä pumpattaisiin vain laivasta säiliöön, koska mittaus tapahtuu samalla massavirtausanturilla kuin säiliöstä ulos pumpattaessa. Molempien massavirtauksien laskurit ja lohkot ovat identtiset.

Laskurilohko (FB6) (KUVA 28) saa luvan mittaukseen, kun sekvenssi on käynnissä ja juuriventtiili on poistunut kiinnirajalta. Virtamittauksen sen hetkinen arvo tuodaan massavirtausanturin mittauslohkosta "FRQ_017_FT1_OUT_VALUE" -muuttujalla laskurilohkon "virtausmittaus" -tuloon. "MassavirtausCurrent" -lähtö ilmaisee pumpatun lipeän määrän pumppauksen aloituksesta, joka näytetään myös päänäytöllä. Kun pumppaus on valmis, "MassavirtausLast" -lähtö ilmoittaa pumpatun lipeän kokonaissumman, joka tallennetaan varastokirjanpitoon. "TallennusValmis" -lähtö ilmaisee sekvenssille tallennuksen toteutumisen.

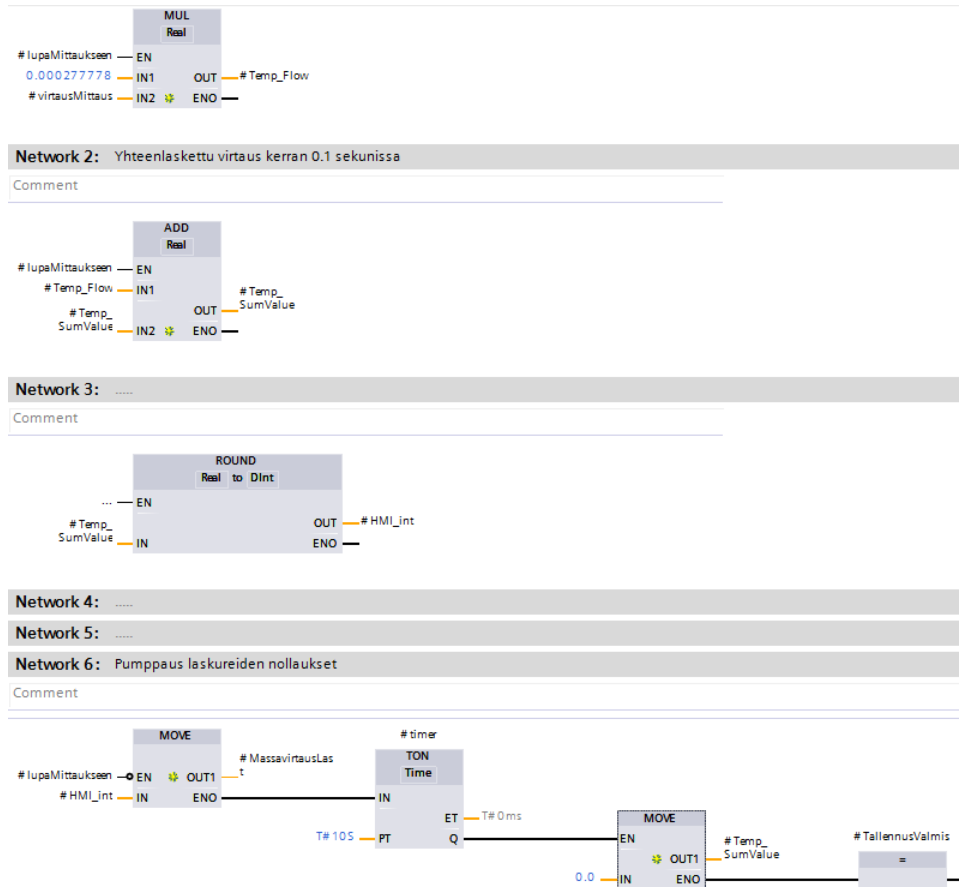


KUVA 28. Massavirtauslaskurin -lohko

Massavirtausanturin mittausyksikkö on kg/h. Koska laskentasovellus (KUVA 29) suoritetaan kymmenen kertaa sekunnissa, on mittausarvo muutettava kg/s. Tämä saadaan kertomalla mittausarvo luvulla 1/3600. Uusi virtauksen arvo kerätään summaimeen kymmenen kertaa eli yhden sekunnin ajan. Virtauksen arvo pyöristetään desimaaliluvusta (Real) kokonaisluvuksi (Dint) networkissä 3. Kokonaisluku jaetaan vielä kymmenellä, koska summa on kymmenkertainen todelliseen verrattuna. Tämä johtuu siitä, että lohko suoritetaan kymmenen kertaa sekunnissa, joten saadaan enemmän mittapisteitä samalla aikavälillä kuin jos lohko suoritettaisiin vain kerran sekunnissa. Näin saadaan tarkempi arvo.

Jaettu summa siirretään "MassavirtausCurrent" -lähtöön (KUVA 29). Kun "lupaMittaukseen" -bitti muuttuu nolaksi, voidaan laskuri pysäyttää. Laskuri siirtää pumpatun määrän "MassavirtausLast" -lähtöön, joka käynnistää tallennuksen ja kymmenen sekunnin ajastimen. Ajastimen aikana tallennusskripti ehtii käydä läpi

tallennuksen. Ajastimen jälkeen laskuri sekä "MassavirtausCurrent" ja "MassavirtausLast" -lähdöt nolldataan ja sekvenssille annetaan tieto tallennuksen toteutumisesta.



KUVA 29. Massavirtauslaskuri

Asiakas halusi myös näytölle kumulatiivisen laskurin prosessiin pumpatusta lipeästä. Kun pumpkaus on valmis ja laskuri siirtää pumpatun määrän "MassavirtausLast" -lähtöön, lisätään pumpattu määrä laskurin arvoon. Laskurin nollaus tapahtuu päänäytöltä (KUVA 32) nollauspainikkeella, joka on suojattu salasanalla.

7.7 Keskimääräinen virtaus pinnankorkeudesta

Koska terminaalien tulopuolella ei ole mitään virtausmittausta, asiakas halusi laivasta säiliöön pumpatusta lipeästä virtausmittauksen, joka lasketaan säiliön pinnankorkeuden muutoksesta. Säiliön suuren pohjapinta-alan takia pinnankorkeus

ei muutu kovin nopeasti, joten hetkellisen virtauksen laskeminen ei onnistu. Säiliöön täytyy antaa virrata lipeää jonkin aikaa, jotta nestepinnan korkeus ehtii muuttua. Laskenta käynnistetään, kun pumppaus aloitetaan laivasta ja alkuperäinen pinnankorkeus otetaan ylös. Tunnin päästä pumppauksen aloituksesta otetaan uusi pinnankorkeus (KUVA 30). Nestepinnan muutoksesta pystytään laskemaan nestepatsaan tilavuus (KUVA 31), kun tiedetään ympyrälieriön muotoisen säiliön pohjan halkaisija. Kun tilavuus tiedetään, voidaan laskea nestepatsaan paino (KAAVA 3) kertomalla nesteen tilavuus tiheydellä (9, s. 21).

$$V = \pi r^2 * (h_2 - h_1) * \rho$$

KAAVA 3

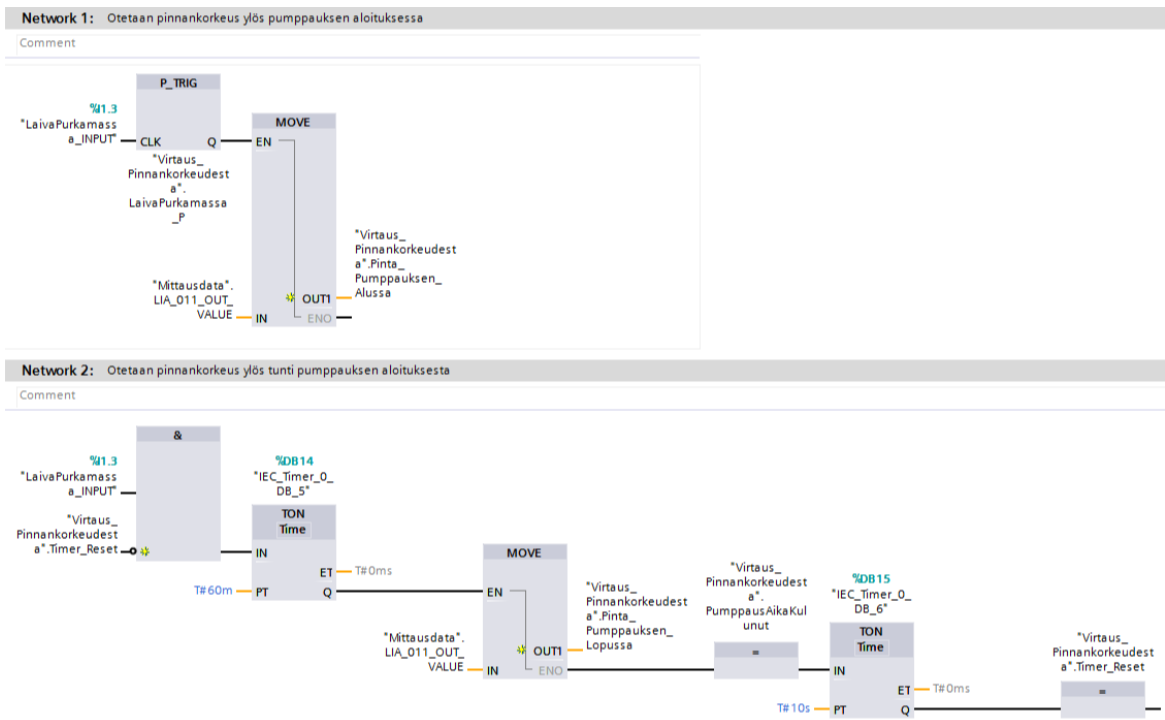
V = nestepatsaan tilavuus (m³)

r = säiliön säde (m)

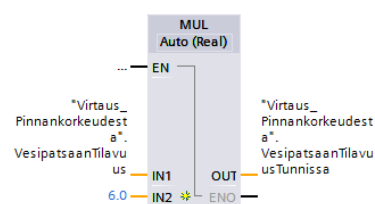
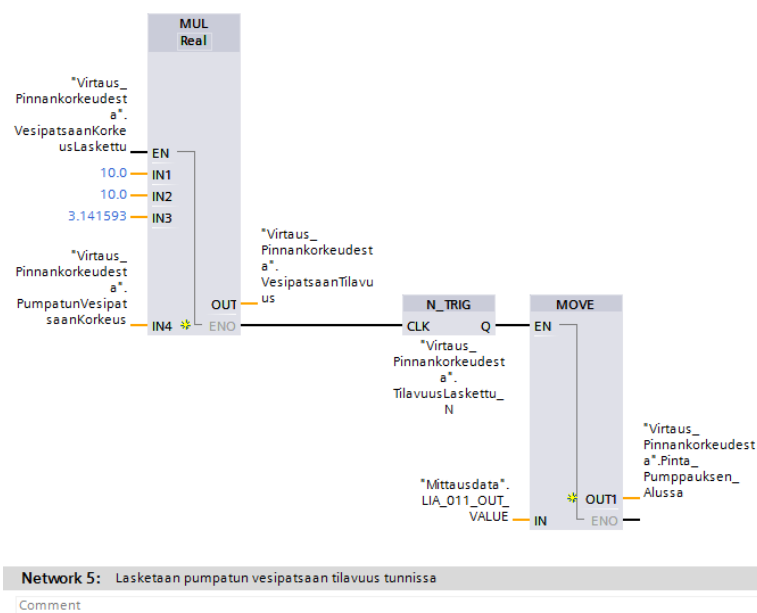
h_1 = nestepatsaan korkeus pumppauksen alussa (m)

h_2 = nestepatsaan korkeus vertailuajan ajan jälkeen (m)

ρ = nesteen tiheys (kg/m³)



KUVA 30. Säiliön pinnankorkeuden talteen otto pumppauksen alussa ja pumpausajan jälkeen



KUVA 31. Lasketaan vesipatsaan tilavuus ja paino

7.8 Käyttöliittymä

7.8.1 Päänäyttö

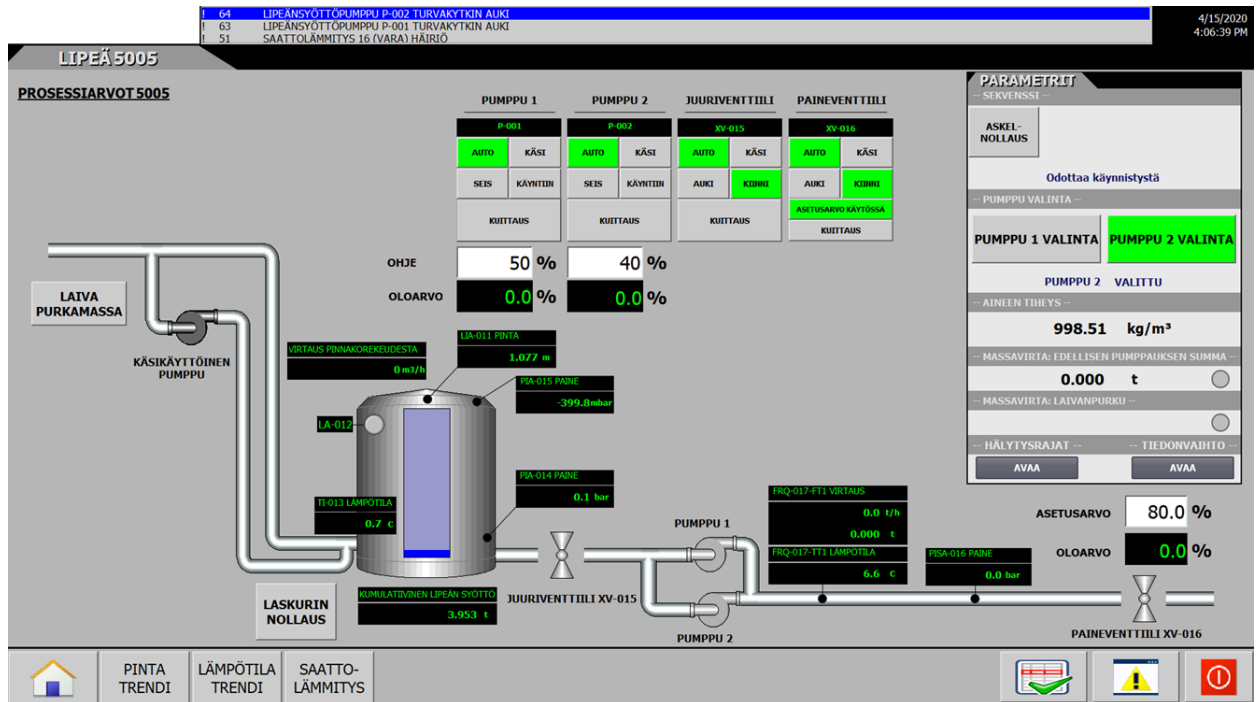
Päänäytöllä (KUVA 32) näytetään prosessin käyntiin liittyvät tiedot ja ohjaukset. Näytölle on koottu objekteista kuva prosessista, johon on sijoitettu todellisuutta vastaaviin paikkoihin kenttä- ja mittalaitteet, säiliö ja putket. Päänäytön yläreunassa näytetään myös tiivistetty lista hälytyksistä sekä päivämäärä ja kellonaika.

Mittauksille on tehty kuvaan alueet, joissa näytetään laitteen positio, mittasuure, yksikkö, arvo sekä ylä- ja alarajahälytykset. Massavirtauksen kentässä näytetään lisäksi virtauslaskurin arvo. Kumulatiivinen laskuri laskee prosessiin pumpatun lipeän määrän ja laskurin voi nollata painikkeella. Pinnankorkeus näytetään lisäksi säiliön sinisellä palkilla. Palkki muuttuu pinnankorkeuden muuttuessa.

Pumpulle ja venttiileille on tehty ohjauspainikkeet käsi- ja automaattikäyttöä varten. Painikekentät on eroteltu ylhäällä olevilla nimillä, jotka vastaavat samannimistä laitetta. Painikkeet vaihtavat väriä laitteen tilan mukaan. Kun laite on käsi-käytöllä, käyntiin-, seis-, auki- ja kiinni -painikkeita voi käyttää. Jos laite on autotilassa, sekvenssi ohjaa laitteen toimintaa. Laitteilla on myös omat kuittauspainikkeet laitekohtaisten hälytysten kuittauksia varten. Pumppujen lähellä näytetään myös, jos pumppuhuoneen vuotovahti antaa vuotohälytyksen.

Parametrit-kenttään on tehty sekvenssin askelnollaukselle painike, jolla saadaan sekvenssi odotusaskeleeseen tarvittaessa. Kentässä näytetään myös tekstinä, mikä vaihe sekvenssissä on menossa. Sekvenssin keskeytyessä näytetään numerona, missä askeleessa sekvenssi keskeytyi ja kuinka paljon lipeää ehdittiin pumpata. Samalla näytetään kuittauspainike, jolla keskeytyksen tiedot saadaan näytöltä pois.

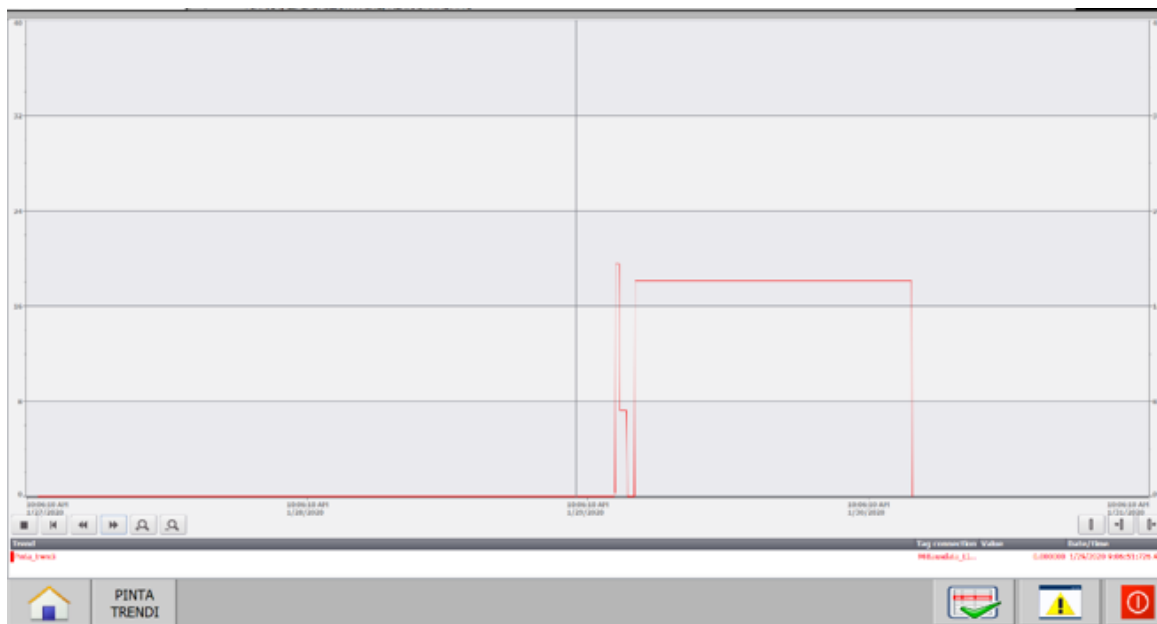
Parametrit -kentästä voi valita lipeän syöttöpumpun, koska pumppaukseen käytetään vain yhtä pumppua. Kentässä näytetään säiliössä olevan lipeän tiheys ja säiliöstä pumpattu lipeä. Laivanpurun yhteydessä massavirta näytetään vain, jos laiva purkamassa -painike on painettu tai laivanpurun venttiili on auki-rajalla. Vie-ressä on myös indikaatiovalo näyttämään massavirran tallennuksen toteutumisen. Kentän alapainikkeista voi avata hälytysraja- ja tiedonvaihto-pop-up-näytöt.



KUVA 32. Päänäyttö

7.8.2 Pintatrendinäyttö

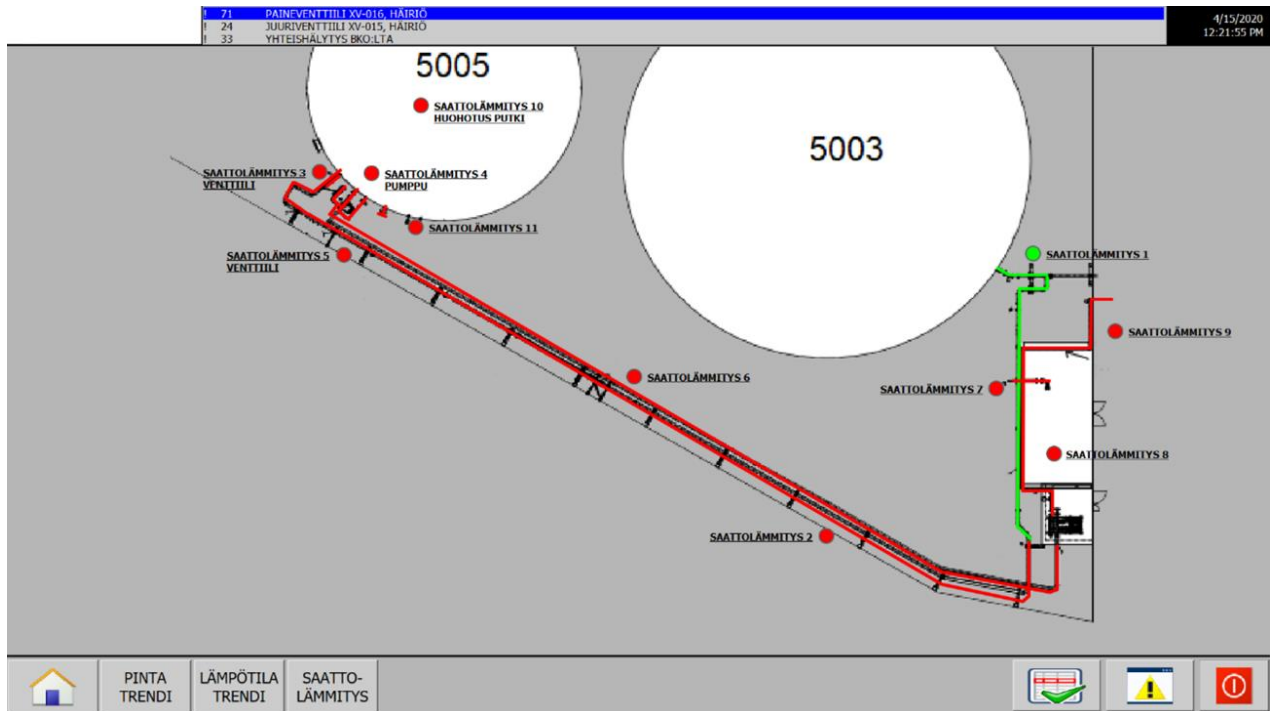
Pintatrendinäytöltä (KUVA 33) indikoidaan punaisella viivalla säiliössä olevan lipeän nestepinta. Näytön pystyakseli on skaalattu välille 0 - 40 metriä näytön aseuksista. Vaaka-akselia voi tarvittaessa suurentaa ja siirtää näytön painikkeiden avulla, jos halutaan tarkastella eri ajankohtia. Kuvan päivitystiheyttä voi muuttaa aseuksista tarpeen mukaan hyvinkin nopeaksi. Säiliöstä mitattavasta lämpötilasta tehtiin vastaava trendinäyttö.



KUVA 33. Säiliön pinnan trendinäyttö

7.8.3 Saattolämmitysnäyttö

Saattolämmitysnäytölle (KUVA 34) on tuotu ylhäältä päin piirretty kuva prosessin säiliöstä ja putkilinjoista. Putkilinjoissa on saattolämmitykset, joita ohjataan termostaateilla. Termostaateilta saadaan hälytysbitti logiikalle, jonka avulla saadaan tietoon mikä saattolämmitys on vikatilassa. Saattolämmitysnäytölle on piirretty lämmitysalueet putkien päälle viivoilla ja termostaatin paikalle merkkipalloilla. Viiva ja pallo muuttaa väriä vikabitin arvon mukaan. Vikabitti antaa arvon 1 normaalitilassa, joka näytetään vihreällä värillä putken päällä ja termostaatin paikalla. Vikatilassa vikabitti antaa arvon 0, jolloin merkkiviiva ja -pallo näytetään punaisella värillä.



KUVA 34. Saattolämmitysnäyttö

7.8.4 Ponnahdusikkunat

Päänäytöltä voi avata ponnahdusikkunan (KUVA 35) mittalaitteiden rajojen säätöä varten. Jokaiselle mittaukselle voi syöttää erikseen raja-arvon ylä- ja alarajahälytykselle ja varoitukselle. Arvot syötetään valkoisiin kenttiin yhden desimaalin tarkkuudella desimaalipistettä erottimena käyttäen. Arvojen syöttö vaatii salasanan. Rajoja voi myös poistaa käytöstä yksitellen klikkaamalla kentän vasemmalla puolella olevaa ikonia. Kaikki rajat voi myös poistaa käytöstä klikkaamalla mittalaitteen vihreää positiopainiketta punaiseksi.

MITTALAITTEIDEN HÄLYTYSRAJAT - BT5005											
LJA-011			TI-013			PIA-014			PIA-015		
↑	000.0	m	↑	000.0	C	↑	000.0	bar	↑	000.0	bar
↑	000.0	m	↑	000.0	C	↑	000.0	bar	↑	000.0	bar
↓	000.0	m	↓	000.0	C	↓	000.0	bar	↓	000.0	bar
↓	000.0	m	↓	000.0	C	↓	000.0	bar	↓	000.0	bar
PISA-016			FRQ-017-TT1			FRQ-017-FT1					
↑	000.0	bar	↑	00000.0	C	↑	00000.0	t/h			
↑	000.0	bar	↑	00000.0	C	↑	00000.0	t/h			
↓	000.0	bar	↓	00000.0	C	↓	00000.0	t/h			
↓	000.0	bar	↓	00000.0	C	↓	00000.0	t/h			

KUVA 35. Mittalaitteiden hälytysrajojen hallinta ponnahdusikkuna

Päänäytöltä voi myös avata ponnahdusikkunan, josta näkee tiedonvaihdon (KUVA 36). Näytöllä tuodaan informaatiota tehtaan ja terminaalin välisestä kommunikoinnista ja hälytyksistä. Näytöllä ilmoitetaan pumpun käynnistyspyyntö tehtaan puolelta vihreällä värillä. Jos pikasulku tai yhteishälytykset ovat päällä, merkkipallo on punaisena. Näytöllä ilmoitetaan myös lipeän syöttöpumppujen käyntitieto vihreällä värillä.

TIEDONVAIHTO	
<u>KÄYNTIIN PYYNTÖ PUMPULLE</u>	<input type="radio"/>
<u>PIKASULKU</u>	<input checked="" type="radio"/>
<u>YHTEISHÄLYTYS</u>	<input checked="" type="radio"/>
<u>YHTEISHÄLYTYS</u>	<input checked="" type="radio"/>
<u>PUMPUN KÄYNTITIETO</u>	<input type="radio"/>

KUVA 36. Tiedonvaihto ponnahdusikkuna

Päänäytön syöttöpumppusymbolia painamalla voi avata pumpun lukitus -ponnahdusikkunan (KUVA 37). Molemmille pumpuille tehtiin omat lukitusnäytöt. Näytölle on kerätty pumpun turvallisen toiminnan edellyttämät lukitukset. Kun lukitus ei ole aktiivisena, näytetään sen vieressä oleva merkkivalo vihreänä ja lukituksen aktivoituessa näytetään merkkivalo punaisena.



KUVA 37. Pumpun 2 lukitus -ponnahdusikkuna

7.8.5 Hälytyslista ja -näyttö

Prosessin hälytyksille tehtiin hälytyslista (KUVA 38) hälytysnäyttöä (KUVA 39) varten. Hälytykset yksilöidään numerolla ja niitä voidaan lajitella hälytykseksi tai varoitukseksi. Hälytyksiä voidaan lajitella ryhmiin ja niitä voidaan poistaa tarvittaessa käytöstä. Hälytyslistaan annetaan hälytyksille nimi ja näytöllä näytettävä hälytysteksti. Tekstissä annetaan tarvittavat tiedot hälytykseen liittyvästä laitteesta, ohjelmallisesta hälytyksestä tai prosessin turvallisuuteen liittyvästä hälytyksestä.

Hälytyksien aktivoitumista ohjataan ohjelmaan tehdyillä hälytyssanoilla. Koska hälytyslista on käyttöliittymän puolella, on ohjelmalliset PLC -muuttujat yhdistettävä HMI -muuttujiin, joita käytetään hälytyslistassa. Hälytyssana sisältää 16 bittiä, joilla erotetaan eri hälytykset toisistaan. Niinpä hälytyslistaan pitää määrittää jokaiselle hälytykselle oikea aktivoitumisbitti.

Liipeäterminaali ▶ PC-System_1 [SIMATIC PC station] ▶ HMI_RT_1 [WinCC RT Advanced] ▶ HMI alarms

Discrete alarms Analog alarms Controller alarms System events Alarm classes Alarm groups

Discrete alarms

ID	Name	Alarm text	Alarm class	Trigger tag	Trigge..	Trigger address	...	HMI ...
16	5005_TIA-1 BAD SIGNAL	TIA-1, LIPEÄSÄILIÖN LÄMPÖTILA, BAD SIGNAL	Errors	Mittausdata_TIA1_STATUS_WORD	1	Mittausdata.TIA1_STATUS_WORD.x1	...	0
17	5005_TIA-1 LOW ALARM	TIA-1, LIPEÄSÄILIÖN LÄMPÖTILA, LOW ALARM	Errors	Mittausdata_TIA1_STATUS_WORD	2	Mittausdata.TIA1_STATUS_WORD.x2	...	0
18	5005_TIA-1 LOW WARNI...	TIA-1, LIPEÄSÄILIÖN LÄMPÖTILA, LOW WARNING	Warnings	Mittausdata_TIA1_STATUS_WORD	3	Mittausdata.TIA1_STATUS_WORD.x3	...	0
19	5005_TIA-1 HIGH WARNI...	TIA-1, LIPEÄSÄILIÖN LÄMPÖTILA, HIGH WARNING	Warnings	Mittausdata_TIA1_STATUS_WORD	4	Mittausdata.TIA1_STATUS_WORD.x4	...	0
20	5005_TIA-1 HIGH ALARM	TIA-1, LIPEÄSÄILIÖN LÄMPÖTILA, HIGH ALARM	Errors	Mittausdata_TIA1_STATUS_WORD	5	Mittausdata.TIA1_STATUS_WORD.x5	...	0
21	Discrete_alarm_1	LINJANTYHJENNYSPUMPPU P1, HÄIRIÖ	Errors	Pumppudata_P-1_STATUS_WORD	4	Pumppudata.P-1_STATUS_WORD.x4	...	0
22	Discrete_alarm_2	LIPEÄN SYÖTTÖPUMPPU P2, HÄIRIÖ	Errors	Pumppudata_P-2_STATUS_WORD	4	Pumppudata.P-2_STATUS_WORD.x4	...	0
23	Discrete_alarm_3	LIPEÄN SYÖTTÖPUMPPU P3, HÄIRIÖ	Errors	Pumppudata_P-3_STATUS_WORD	4	Pumppudata.P-3_STATUS_WORD.x4	...	0
24	Discrete_alarm_4	5005 JUURIVENTTIILI AC01, HÄIRIÖ	Errors	Venttiilidata_AC01_STATUS_WORD	0	Venttiilidata.AC01_STATUS_WORD.x0	...	0
31	Discrete_alarm_11	HÄTÄ-SEIS PAINETTU	Errors	Alarm_DB_HälytysSana1	0	Alarm_DB.HälytysSana1.x0	...	0
32	Discrete_alarm_12	PIKASULKU	Errors	Alarm_DB_HälytysSana1	1	Alarm_DB.HälytysSana1.x1	...	0
33	Discrete_alarm_13	YHTEISHÄLYTYS BKO:LTA	Errors	Alarm_DB_HälytysSana1	2	Alarm_DB.HälytysSana1.x2	...	0
34	Discrete_alarm_14	5005_LS-2 YLÄRAJA	Errors	Alarm_DB_HälytysSana1	3	Alarm_DB.HälytysSana1.x3	...	0
35	Discrete_alarm_15	SEKVENSSIN VALVONTA-AIKA TÄYNNÄ	Errors	Alarm_DB_HälytysSana1	4	Alarm_DB.HälytysSana1.x4	...	0
25	Discrete_alarm_5	5005 JUURIVENTTIILI AC01, HÄIRIÖ, YLILÄMPÖ	Errors	Venttiilidata_AC01_STATUS_WORD	8	Venttiilidata.AC01_STATUS_WORD.x8	...	0
26	Discrete_alarm_6	5005 JUURIVENTTIILI AC01, HÄIRIÖ, KESKUSVIKA	Errors	Venttiilidata_AC01_STATUS_WORD	9	Venttiilidata.AC01_STATUS_WORD.x9	...	0
27	Discrete_alarm_7	5005 JUURIVENTTIILI AC01, HÄIRIÖ, AUKAISUN AIKAVALVONTA	Errors	Venttiilidata_AC01_STATUS_WORD	10	Venttiilidata.AC01_STATUS_WORD.x10	...	0
28	Discrete_alarm_8	5005 JUURIVENTTIILI AC01, HÄIRIÖ, SULKEMISEN AIKAVALVONTA	Errors	Venttiilidata_AC01_STATUS_WORD	11	Venttiilidata.AC01_STATUS_WORD.x11	...	0
29	Discrete_alarm_9	5005 JUURIVENTTIILI AC01, HÄIRIÖ, AUKAISUMOMENTTI	Errors	Venttiilidata_AC01_STATUS_WORD	12	Venttiilidata.AC01_STATUS_WORD.x12	...	0
30	Discrete_alarm_10	5005 JUURIVENTTIILI AC01, HÄIRIÖ, SULKEMISOMENTTI	Errors	Venttiilidata_AC01_STATUS_WORD	13	Venttiilidata.AC01_STATUS_WORD.x13	...	0
36	Discrete_alarm_16	SAATTOLÄMMITYS 1 HÄIRIÖ	Errors	Alarm_DB_HälytysSana2	8	Alarm_DB.HälytysSana2.x8	...	0
37	Discrete_alarm_17	SAATTOLÄMMITYS 2 HÄIRIÖ	Errors	Alarm_DB_HälytysSana2	9	Alarm_DB.HälytysSana2.x9	...	0
38	Discrete_alarm_18	SAATTOLÄMMITYS 3 HÄIRIÖ	Errors	Alarm_DB_HälytysSana2	10	Alarm_DB.HälytysSana2.x10	...	0

KUVA 38. Hälytyslista

Hälytysnäytön voi avata alapalkin painikkeella. Hälytysnäytössä näytetään aktiivisena olevat hälytykset listana uusin hälytys ylimpänä. Hälytykset näkyvät listalla niin kauan, kunnes ne kuitataan. Hälytyksen rivillä ilmoitetaan hälytyksen numero, päivämäärä ja kellonaika, tila, hälytysteksti sekä ryhmä. Hälytysnäytön alareunassa on kuitauspainike listan hälytyksille.

No.	Time	Date	Status	Text	Acknowledge group
7	PIA-014, LIPEÄSÄILIÖN PAINE, ALARAJAHÄLYTYS				
24	10:03:43 AM	2/4/2020	I	5005 JUURIVENTTIILI XV-015, HÄIRIÖ	0
12	9:45:44 AM	2/4/2020	IO	PISA-016, SYÖTTÖLINJAN PAINE, ALARAJAHÄLYTYS	0
7	9:45:41 AM	2/4/2020	IO	PIA-014, LIPEÄSÄILIÖN PAINE, ALARAJAHÄLYTYS	0
17	9:45:39 AM	2/4/2020	IO	TI-013, LIPEÄSÄILIÖN LÄMPÖTILA, ALARAJAHÄLYTYS	0
5	9:45:35 AM	2/4/2020	IO	LIA-011, LIPEÄSÄILIÖN PINNANKORKEUS, YLÄRAJAHÄLYTYS	0
61	9:42:31 AM	2/4/2020	IO	FRQ-017-TT1, SYÖTTÖLINJAN LÄMPÖTILA, YLÄRAJAHÄLYTYS	0
56	9:41:45 AM	2/4/2020	IO	FRQ-017-FT1, SYÖTTÖLINJAN MASSAVIRTA, YLÄRAJAHÄLYTYS	0
51	9:40:55 AM	2/4/2020	I	SAATTOLÄMMITYS 16 (VARA) HÄIRIÖ	1
50	9:40:55 AM	2/4/2020	I	SAATTOLÄMMITYS 15 HÄIRIÖ	1
49	9:40:55 AM	2/4/2020	I	SAATTOLÄMMITYS 14 HÄIRIÖ	1
48	9:40:55 AM	2/4/2020	I	SAATTOLÄMMITYS 13 HÄIRIÖ	1
47	9:40:55 AM	2/4/2020	I	SAATTOLÄMMITYS 12 HÄIRIÖ	1
46	9:40:55 AM	2/4/2020	I	SAATTOLÄMMITYS 11 HÄIRIÖ	1
45	9:40:55 AM	2/4/2020	I	SAATTOLÄMMITYS 10 HÄIRIÖ	1
44	9:40:55 AM	2/4/2020	I	SAATTOLÄMMITYS 9 HÄIRIÖ	1
43	9:40:55 AM	2/4/2020	I	SAATTOLÄMMITYS 8 HÄIRIÖ	1
42	9:40:55 AM	2/4/2020	I	SAATTOLÄMMITYS 7 HÄIRIÖ	1
41	9:40:55 AM	2/4/2020	I	SAATTOLÄMMITYS 6 HÄIRIÖ	1
40	9:40:55 AM	2/4/2020	I	SAATTOLÄMMITYS 5 HÄIRIÖ	1
39	9:40:55 AM	2/4/2020	I	SAATTOLÄMMITYS 4 HÄIRIÖ	1
38	9:40:55 AM	2/4/2020	I	SAATTOLÄMMITYS 3 HÄIRIÖ	1
37	9:40:55 AM	2/4/2020	I	SAATTOLÄMMITYS 2 HÄIRIÖ	1
36	9:40:55 AM	2/4/2020	I	SAATTOLÄMMITYS 1 HÄIRIÖ	1

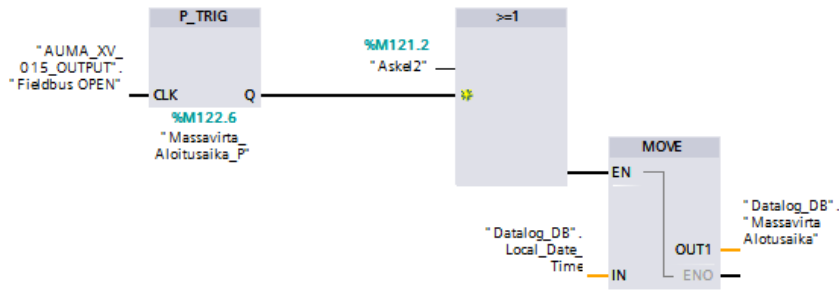
KUVA 39. Hälytysnäyttö

7.9 Visual Basic Script

7.9.1 Datalog-ohjaus

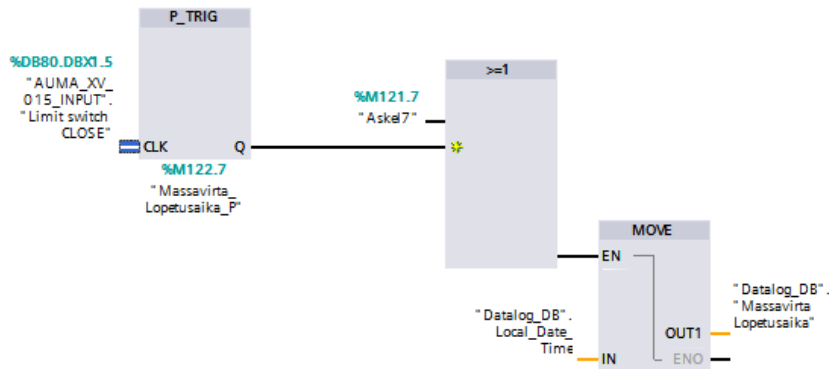
Asiakas halusi prosessiin pumpatusta lipeästä seurannan, jossa näytetään päivämäärä, pumppauksen aloitus- ja lopetusaika sekä pumpatun lipeän määrä. Massavirtaus-lokin ohjaukseen (KUVA 40) tehtiin pumppauksen aloitusajan luku massavirtauksen tallennuskriptiin (KUVA 42), kun juuriventtiili on auki-rajalla tai kun sekvenssin askel 2 on aktiivisena. Pumppauksen lopetusaika otetaan ylös, kun juuriventtiili on kiinnirajalla tai kun sekvenssin askel 7 on aktiivisena.

Pumppauksen loputtua siirretään pumpatun massavirran arvo ("Mittausdata" MassavirtaEdellinen) -tägiin, jota verrataan loholla nolnaan. Jos arvo on suurempi kuin nolla, käynnistää se kolmen sekunnin päästä tallennus-bitin. Kolmen sekunnin viive on laitettu, jotta ohjelma ehtii siirtää aloitus- ja lopetusajat. Tallennusbitille tehtiin HMI-tägi (KUVA 41), jolla skriptiä ohjataan päälle Valvomon puolella.



Network 3: Massavirta: Pumpkauksen lopetusaika

Comment

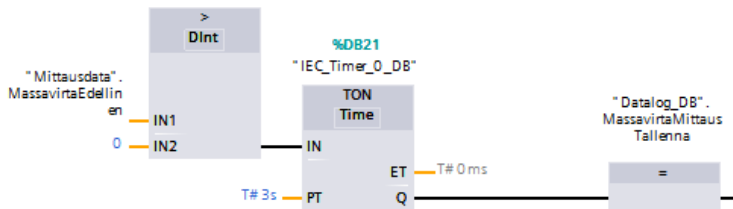


Network 4: Laivalastaus: Pumpkauksen aloitusaika

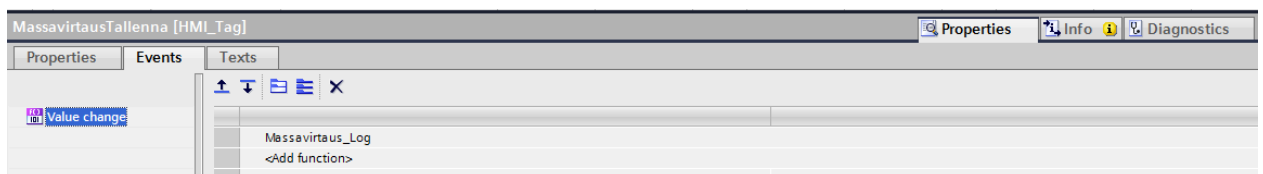
Network 5: Laivalastaus: Pumpkauksen lopetusaika

Network 6:

Comment



KUVA 40. Massavirtaus lokin ohjaus



KUVA 41. Massavirtaus_Lokin HMI tallennusbitti

7.9.2 Skripti

Skriptin tarkoituksena on luoda jokavuotinen Excel-tiedosto pumppauslokiä varten ja päivittää sitä automaattisesti. Skriptissä (KUVA 42) pumppauslokin Excel-tiedostolle annetaan polku ja nimi, johon sisällytetään nykyinen vuosi. Jos tiedostoa ei löydy polusta, se luodaan automaattisesti ja siihen luodaan otsikkorivi. Näin vuoden ensimmäisessä pumppauksessa luodaan aina uusi tiedosto. Luotu tiedosto haetaan polusta ja avataan komennolla "OpenAsTextStream (8, -2)", mikä tarkoittaa, että tiedosto avataan järjestelmän oletusasetuksella ja kirjoitetaan tiedoston loppuun. Skriptissä tehdään kirjoitettava rivi, johon tuodaan pumppauksen aloitus- ja lopetuspäivämäärä ja -aika sekä pumpattu määrä. Ne tuodaan käyttäen HMI-tägejä. Rivi kirjoitetaan sitten tiedoston loppuun.

```

9 Dim fso, f, ts, path, thisYear
10
11 thisYear = Year(Date)
12 ' polun määrittäminen, Tiedoston nimessä mukana vuosi
13 path = "c:\Logs\PumppausLog_" & thisYear & ".csv"
14
15 ' Virhe käyttäytyminen
16 On Error Resume Next
17
18 ' Luo objekti
19 Set fso = CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
20
21 If Err.Number <> 0 Then
22     ShowSystemAlarm "Error #" & CStr(Err.Number) & " " & Err.Description
23     Err.Clear
24     Exit Sub
25 End If
26
27 ' Luodaan tiedosto, jos sitä ei löydy polusta. Tehdään fileen ensimmäinen rivi
28 If Not fso.FileExists (path) Then
29     fso.CreateTextFile path
30     Set f = fso.GetFile(path)
31     Set ts = f.OpenAsTextStream(8, -2)
32
33     Dim text 'muodostetaan kirjoitettava rivi. yhdistetään rivit toisiinsa concatella.
34     text = "Aloitusaika" & ";"
35     text = text & "Lopetus aika" & ";"
36     text = text & "Massavirtaus (kg/m³)" & ";"
37
38     ts.WriteLine (text)
39
40     Set ts = Nothing
41     Set f = Nothing
42 End If
43
44 Set f = fso.GetFile(path)
45
46 If Err.Number <> 0 Then
47     ShowSystemAlarm "Error #" & CStr(Err.Number) & " " & Err.Description
48     Err.Clear
49     Exit Sub
50 End If
51
52 Set ts = f.OpenAsTextStream(8, -2)
53
54 If Err.Number <> 0 Then
55     ShowSystemAlarm "Error #" & CStr(Err.Number) & " " & Err.Description
56     Err.Clear
57     Exit Sub
58 End If
59
60 'Logiikan tagit välimuuttujiin, helpottamaan lukua
61 Dim startTime, endTime, loadAll
62 startTime = SmartTags("PUMPPAUS_ALOITUSAIKA")
63 loadAll = SmartTags("HMI_MassavirtaEdellinen")
64 endTime = SmartTags("PUMPPAUS_LOPETUSAIKA")
65
66 'Kirjoita CSV rivi, concatenate stringit
67 ts.WriteLine (startTime & ";" & endTime & ";" & loadAll & ";")
68
69 'Sulje tiedosto
70 ts.Close
71
72 Set ts = Nothing
73 Set f = Nothing
74 Set fso = Nothing
75
76 ShowSystemAlarm "Lastaustiedot tallennettu onnistuneesti"

```

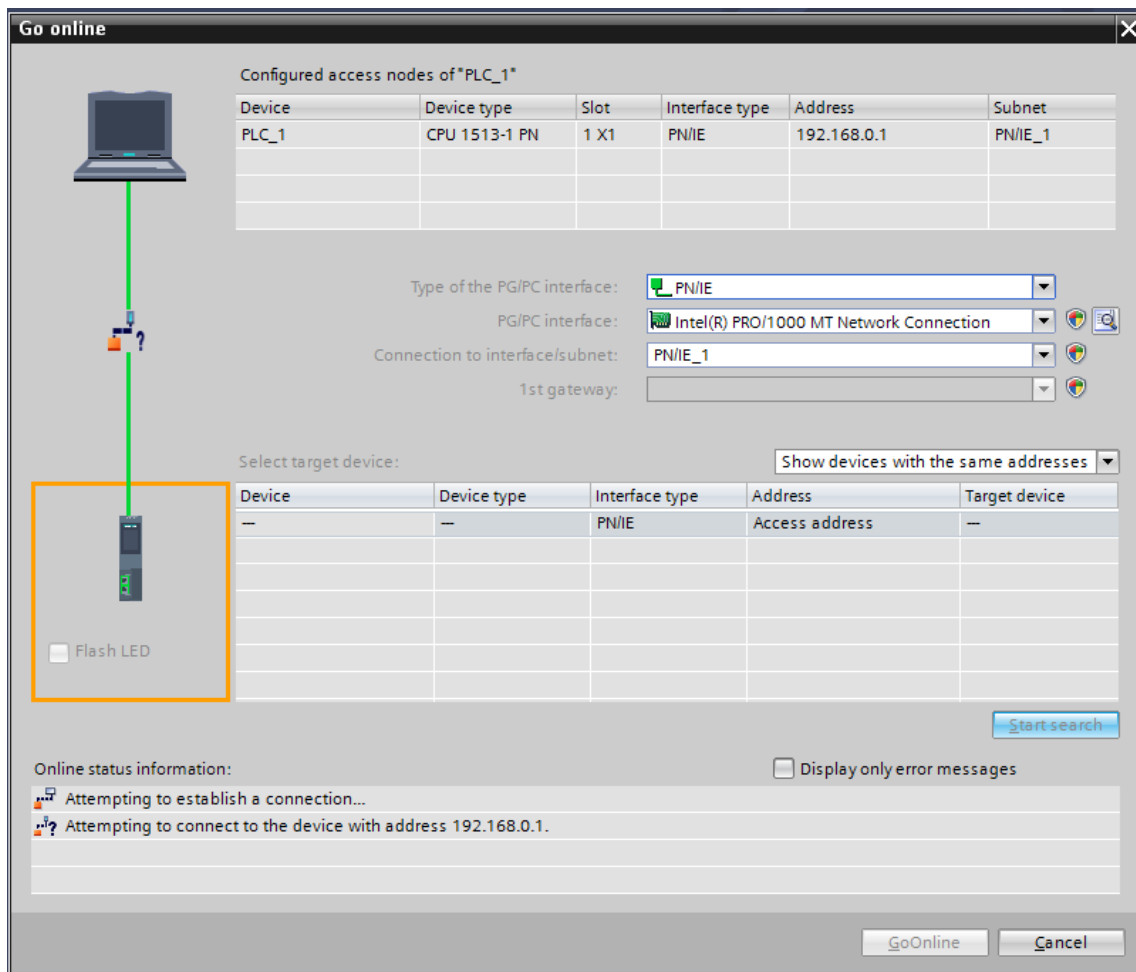
KUVA 42. Massavirtauksen tallennusskripti

8 OHJELMAN TESTAUS

8.1 Yhteyden muodostaminen

Testausvaiheessa CPU ja käyttöliittymä yhdistettiin nettikaapeleilla ohjelmointitietokoneeseen. Jotta valvontatietokone löydetään projektitietokoneella, on valvontatietokoneen käyttämä IP-osoite muutettava vastaamaan ohjelmointitietokoneella määritettyä IP-osoitetta. Valvomotietokoneelta piti poistaa käytöstä palomuuuri, että yhdistäminen onnistui.

Kun laite on valittuna TIA Portal -ohjelman projektipuussa, voidaan painaa Go online -painiketta yläpalkista. Ohjelma avaa Go online -ikkunan (KUVA 43). Ikkunassa voi hakea saatavilla olevia laitteita käytetyn verkon käyttöliittymän ja sen tyyppin sekä aliverkon mukaan. Haun alettua ohjelma hakee ikkunaan näkyviin kaikki yhdistettävät laitteet listana ja niille määritetyt IP-osoitteet. Jos tietokoneeseen on yhdistetty useampi kuin yksi CPU, Go online -ikkunassa voidaan painaa Flash LED -painiketta, jolloin listalta valitun CPU:n LEDit vilkkuvat. Jos yhdistettäviä laitteita ei löydy, ilmoittaa ohjelma ikkunassa siitä virhekoodilla.



KUVA 43. Go online -ikkuna yhdistettäessä CPU:hun

Ennen kuin ohjelma ladataan CPU:lle, ohjelman virheet tarkistetaan ja ohjelma kootaan. Tarkistuksen voi suorittaa myös etukäteen ennen ohjelman latausta. Jos tarkistuksessa löytyy virheitä, ei ohjelmaa voida koota. Tällainen virhe voi olla esimerkiksi lohko, jossa on tulo ilman osoitetta. Tarkistuksen kaikki virheet ja varoitukset näytetään ohjelman info -viestikentässä (KUVA 44).

General		Cross-references	Compile			
Show all messages						
Compiling finished (errors: 0; warnings: 17)						
Path	Description	Go to	?	Errors	Warnings	Time
▼ MOTOR_VALVE (FC99)		➤		0	5	1:30:07 PM
Network 1	The address is not occupied by a tag.	➤				1:30:07 PM
Network 1	The address is not occupied by a tag.	➤				1:30:07 PM
Network 1	The address is not occupied by a tag.	➤				1:30:07 PM
Network 18	The address is not occupied by a tag.	➤				1:30:07 PM
Network 18	The address is not occupied by a tag.	➤				1:30:07 PM
	Block was successfully compiled.					1:30:07 PM
▼ ANA_IN (FC100)		➤		0	3	1:30:07 PM
Network 1	The address is not occupied by a tag.	➤				1:30:07 PM
Network 2	The address is not occupied by a tag.	➤				1:30:07 PM
Network 15	The address is not occupied by a tag.	➤				1:30:07 PM
	Block was successfully compiled.					1:30:07 PM
Venttiilidata (DB100)	Block was successfully compiled.	➤				1:30:07 PM
Mittaus (FC3)	Block was successfully compiled.	➤				1:30:07 PM
Juuriventtiili (FC98)	Block was successfully compiled.	➤				1:30:07 PM
Sinamics (FC1)	Block was successfully compiled.	➤				1:30:07 PM
Sekvenssi_DB (DB20)	Block was successfully compiled.	➤				1:30:07 PM
Tiedonvaihto (FC8)	Block was successfully compiled.	➤				1:30:07 PM
DataLog_Ojaus (FC7)	Block was successfully compiled.	➤				1:30:07 PM
Massavirtaus (FC2)	Block was successfully compiled.	➤				1:30:07 PM
0.1 Sec Cyclic interrupt (...)	Block was successfully compiled.	➤				1:30:07 PM
Massavirta_DataLog_DB..	Block was successfully compiled.	➤				1:30:08 PM
Main (OB1)	Block was successfully compiled.	➤				1:30:08 PM
Software units		➤		0	0	1:30:08 PM
▼ General warnings		➤		0	1	1:30:08 PM
	Inputs or outputs are used that do not exist in the configured h..	➤				1:30:08 PM
	Compiling finished (errors: 0; warnings: 17)					1:30:09 PM

KUVA 44. Tarkistuksen virheet ja varoitukset

8.2 PLC-sovelluksen testaus

Ohjelman testaus suoritettiin yhdistäen fyysinen logiikka projektitietokoneeseen ja lataamalla ohjelma logiikalle. Jos fyysistä logiikkaa ei ole saatavilla, sen voi simuloida.

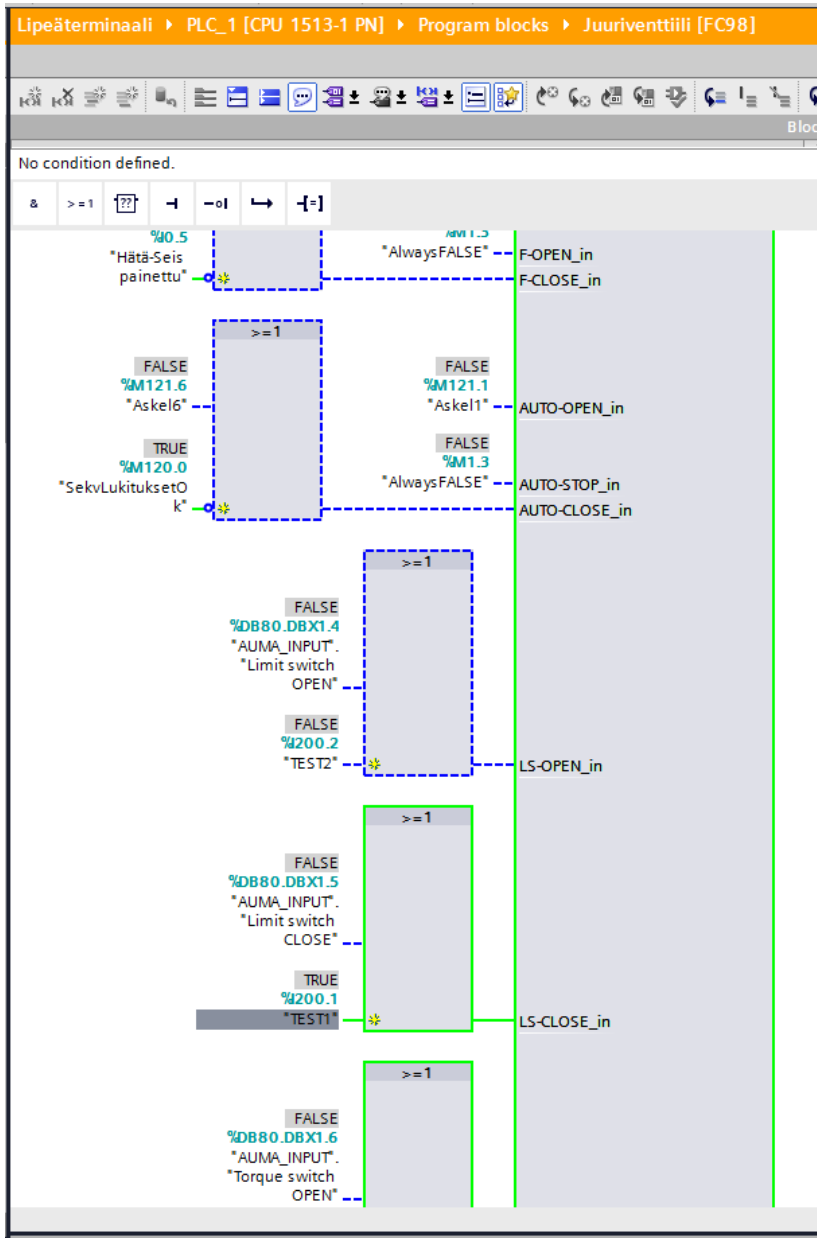
Ohjelmaan luotiin testausta varten testimuuttujia. TIA Portal -ohjelmassa voi tehdä luettelon (KUVA 45), johon voi kerätä testauksessa käytettäviä tuloja ja muuttujia. Testimuuttujat tuotiin luetteloon, jossa niiden arvoja pystytään muokkaamaan helposti yhdestä paikasta.

Lipeäterminaali ▶ PLC_1 [CPU 1513-1 PN] ▶ Watch and force tables ▶ Force table

	i	Name	Address	Display format	Monitor value	Force value	F	Comment
1		*TEST1*:P	%I200.1:P	Bool		TRUE	<input type="checkbox"/>	
2		*TEST2*:P	%I200.2:P	Bool		TRUE	<input type="checkbox"/>	
3		*TEST3*:P	%I200.3:P	Bool		TRUE	<input type="checkbox"/>	
4		*TEST4*:P	%I200.4:P	Bool		TRUE	<input type="checkbox"/>	
5			<Add new>				<input type="checkbox"/>	

KUVA 45. Force table

Testausvaiheessa logiikkaan ei ole kytkettynä vielä kenttälaitteita, joten niiden toimintaa täytyy simuloida testimuuttujilla. Testimuuttujat sijoitetaan ohjelmaan testattavaan lohkokon "OR" -porttia käyttäen, jossa vain toinen tulo täytyy olla aktiivisena. Juuriventtiin ohjauslohkon (KUVA 46) asentoa simuloidaan "TEST1" ja "TEST2" -muuttujilla. Kun ohjelma on ladattu logiikalle ja monitorointi on päällä, aktiiviset lohkot näytetään vihreällä ääriiviivalla ja ei-aktiiviset lohkot näytetään katkonaisella sinisellä ääriiviivalla. Tulojen ja lähtöjen aktivoituminen näytetään samalla tavalla. Tuloja voi muokata myös lohkoissa käyttäen pikanäppäimiä.



KUVA 46. Juuriventtiin ohjauslohkon testaus

8.3 Käyttöliittymän testaus

Käyttöliittymän testauksessa ohjelma ladattiin valvontatietokoneelle ja logiikan tulot simuloitiin samaan aikaan. Valvontatietokoneella testattiin ohjelmallisesti kenttälaitteiden toimintaa ja ohjaus, mittalaitteiden antamat arvot, hälytyksien aktivoituminen, sekvenssi, massavirtauksen tallennus, tiedonvaihto ja rajat. Testauksessa aktiiviset painikkeet näytöllä ilmaistaan vihreällä värillä (KUVA 32). Aineen tiheys näytti vielä todella pientä lukemaa, koska ei tiedetä mitä mittayksik-

köä paineanturi tulee näyttämään. Sekvenssin keskeytyessä parametrikentän oikeaan yläkulmaan tulee tiedot askeleesta, johon sekvenssi keskeytyi ja siihen mennessä pumpatun lipeän määrästä. Häätä-seis -kuittauspainike näytetään päänäytöllä, kun Häätä-seis -painiketta on painettu.

8.4 Vesiajot ja kenttälaitteiden parametrisointi ja konfigurointi

Terminaalilla käytiin ennen vesiajoa kolme päivää parametrisoimassa ja konfiguroimassa kenttälaitteita ja varmistamassa niiden toimivuus. Näin vesiajo sujui helpommin ilman ongelmia. Taajuusmuuttajille piti antaa moottorin parametrit TIA Portal -ohjelman ohjatulla käyttöönotolla (KUVA 47). Parametrit otettiin moottorin tyyppikilvestä. Ikkunassa määritettiin myös termistorin tyyppi ja että moottorin kiihdytykseen käytetään taajuusmuuttajan ramppeja. Venttiilien toiminta testattiin käsiajolla ja korjattiin ohjelmallisia virheitä. Myös taajuusmuuttajille asetusarvon syöttö testattiin päänäytöltä.

Commissioning Wizard

Motor
Specification of motor type and motor data.

Motor configuration
Enter motor data

Select motor type
[1] Induction motor

Select the connection type for your motor and 87 Hz operation:
Delta Motor 87 Hz operation

Please enter the following motor data:

Parameter	Parameter text	Value	Unit
p305[0]	Rated motor current	32.00	Arms
p307[0]	Rated motor power	18.50	kW
p311[0]	Rated motor speed	2949.0	rpm

The following motor data is pre-assigned and can be changed if required:

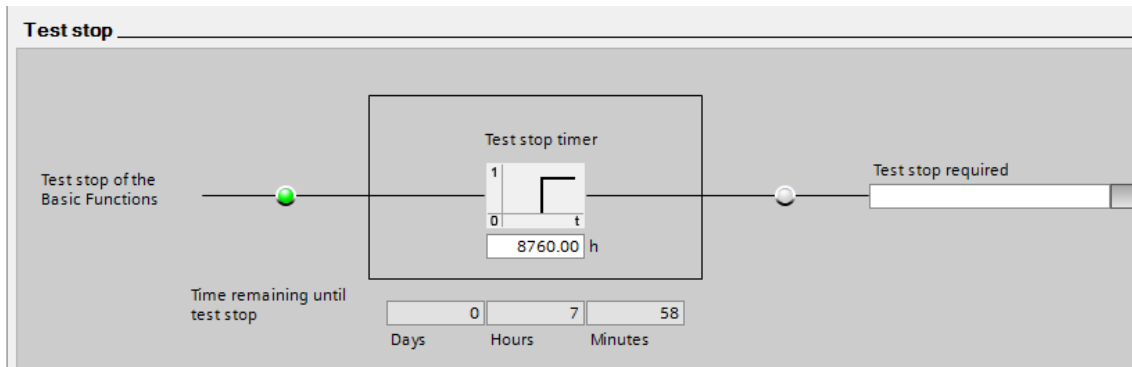
Parameter	Parameter text	Value	Unit
p304[0]	Rated motor voltage	400	Vrms
p310[0]	Rated motor frequency	50.00	Hz
p335[0]	Motor cooling type	[0] Natural ve...	

Temperature sensor:
[0] No sensor

<< Back Next >> Finish Cancel

KUVA 47. Taajuusmuuttajan parametrisointi

Taajuusmuuttajalle määritettiin testipysäytysaika, jonka kuluessa testipysäytys pitää suorittaa. Testipysäytys pitää suorittaa vähintään kerran vuodessa (KUVA 48). Testipysäytys suoritetaan hätä-seis-painikkeesta. Testipysäytys täytyy suorittaa aina, kun tulee virtakatko, taajuusmuuttajalle suoritetaan parametrisointi, turvallisuuden käyttöönotto ja ohjelmallinen lataus tai kun ajastin menee nolnaan.



KUVA 48. Taajuusmuuttajan Test Stop määrittäminen TIA Portal -ohjelmassa

Vesijossa säiliöön pumpattiin noin 340 m³ vettä. Säiliössä olevalla vedellä testattiin pumppaussekvenssin toimivuutta. Vedellä pystyttiin myös testaamaan tiheyslaskuria ja mittalaitteita. Ennen sekvenssin testaamista testattiin pumppujen ohjelmallinen toimivuus ja tehtiin ohjelmalliset korjaukset. Venttiilin XV-016 asetusravon käyttöä muokattiin, jotta se pystytään kytkemään päälle ja pois päänäytön painonapista käsi- ja automaattikäytöllä. Sekvenssiä ajettaessa prosessista tulevia signaaleja simuloitiin jumppaamalla ohjausjännite logiikan jännitekanasta. Sekvenssi todettiin toimivaksi tilaajan kanssa korjauksien jälkeen.

9 YHTEENVETO

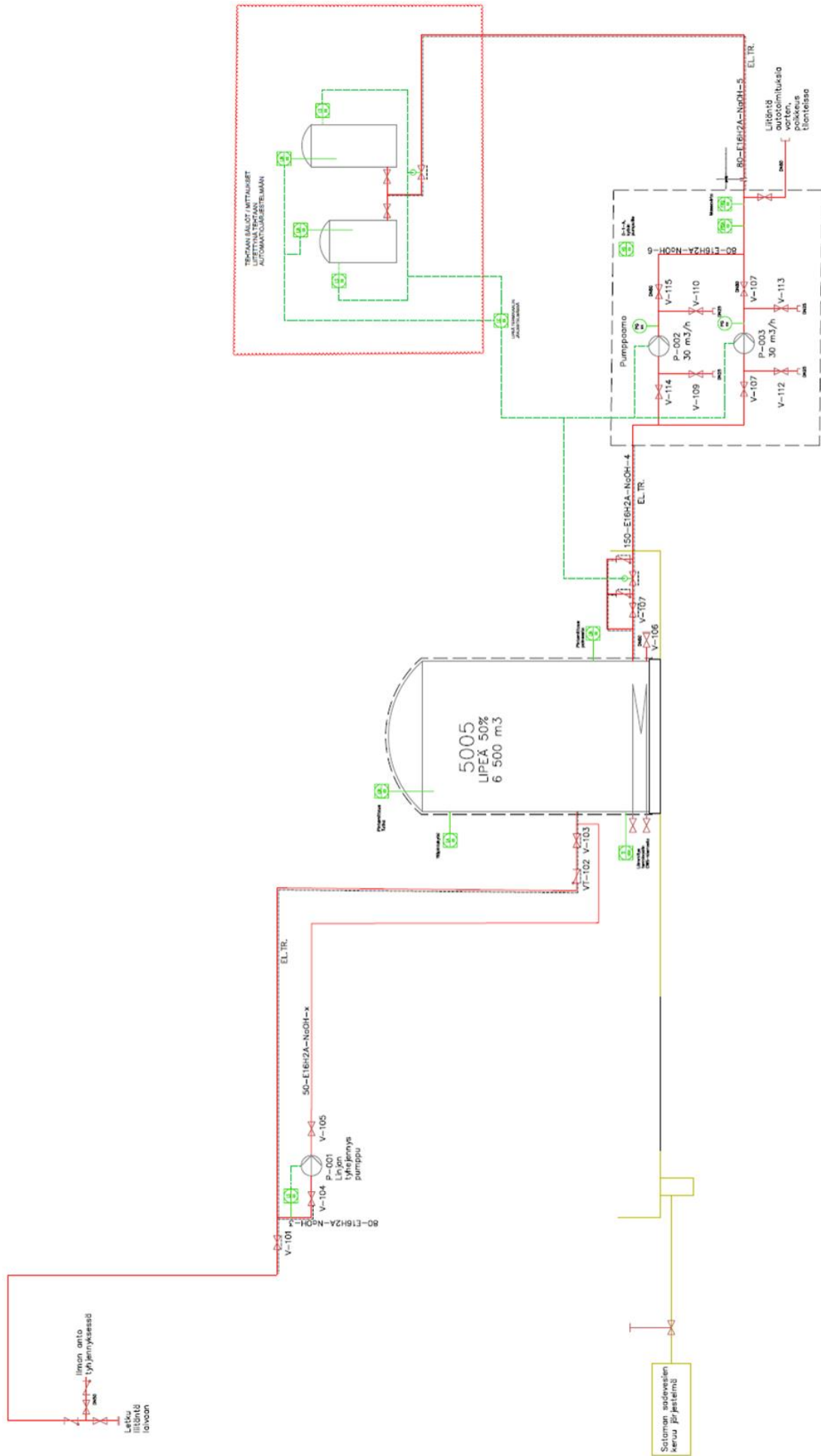
Työn tarkoituksena oli logiikkaohjelmoinnin ja visualisoinnin toteutus lipeänpump-paukselle terminaalista tehtaan prosessiin. Prosessiin pumpatusta lipeästä haluttiin myös varastokirjanpito laskutusta varten. Sweco tarjosi hyviä valmiita ohjelmallisia toteutuksia aikaisemmista projekteista, joiden pohjalta oli helppo lähteä ohjelmoimaan. Lopputuloksena saatiin toimiva prosessi ja ohjelma, jossa on vielä laajennusvaraa tulevaisuutta varten. Valvomokoneen ulkoasu saatiin toteutettua hyvin tilaajan ja operaattorin toiveiden mukaan.

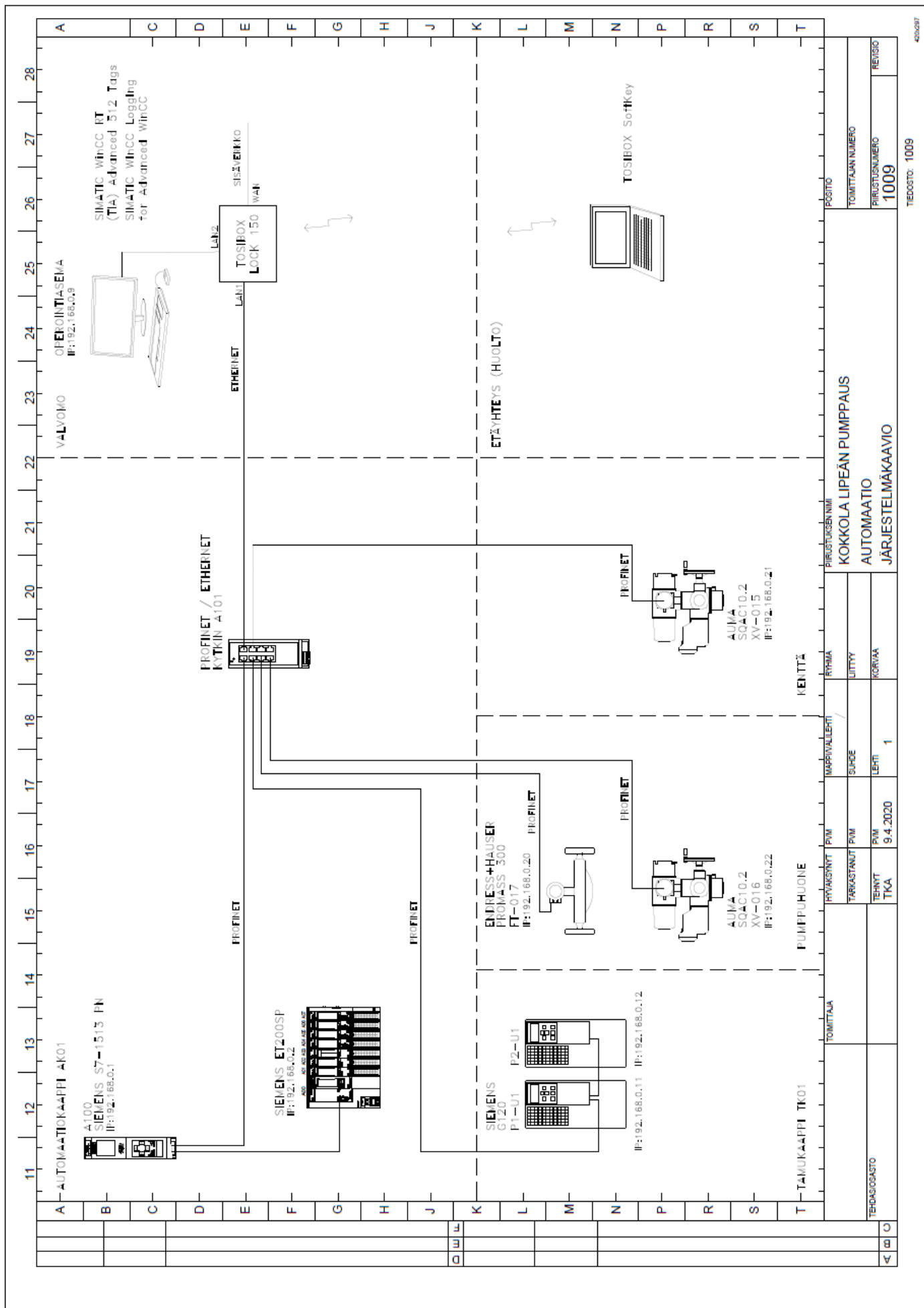
Tilaajalta tuli projektin aikana paljon lisätoiveita alkupalaveriin nähden ja niitä toteutettiin mahdollisuuksien mukaan. Laskennallinen pintamittaus jätettiin tekemättä, koska se oli kannattamaton tehdä. Myös laivan syöttölinjan tyhjennyspumpua ohjaava taajuusmuuttaja vaihdettiin käsikäyttöiseksi taajuusmuuttajaksi. Simatic G120 taajuusmuuttaja olisi ollut liian monipuolinen pumpun ohjaukseen, jota ajetaan pelkästään käsikäytöllä. Säiliön lipeästä tehdyn tiheyslaskurin oikeellisuus voidaan todentaa tällä hetkellä ainoastaan laboratorionäytteen avulla. Säiliöön olisi ollut hyvä investoida toinen paineanturi, jotta vertailua olisi voinut tehdä säiliön eri kohdissa. Valvontakoneen näytölle haluttiin tuoda myös muita prosessikuvia lähellä olevista prosesseista.

Opin työstä monipuolisesti ohjelmointiin liittyviä asioita TIA Portal -ohjelmalla ja pääsin harjoittelemaan ohjelmointia. Tärkeimpiä asioita olivat valvomonäytön tekeminen, sanojen käyttö toimilaitteen ohjauksessa valvomokoneelta ja sekvenssiohjelmointi. Opin myös hyvin paljon Profinet -väylän käyttöä automaatiojärjestelmässä. Olen kehittynyt suuresti ammatillisen osaamiseni näkökulmasta ja näen oppimani asiat erittäin hyödyllisenä tulevaisuutta ajatellen. Lisäksi sain myös hyvää työkokemusta projektipainotteisesta työstä.

LÄHTEET

1. Sweco Finland Oy. Saatavissa: <https://www.sweco.fi/> Hakupäivä 3.1.2020
2. Natriumhydroksidi. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Natriumhydroksidi> Hakupäivä 5.5.2020
3. Siemens Suomi 2020. SIMATIC S7-1500 CPU. Saatavissa: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-1500/cpus.html> Hakupäivä 8.3.2020
4. Kippo, Asko K. – Tikka, Aimo 2008. Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki: Edita Prima Oy.
5. Siemens Suomi 2020. SINAMICS G120. Saatavissa: <https://new.siemens.com/us/en/products/drives/sinamics-electric-drives/low-voltage-drives/standard-performance-drives/sinamics-g120.html> Hakupäivä 8.3.2020
6. AUMA 2020. Sähkötoimilaitteet teollisuusventtiilien automaatioon. Esite. Saatavissa: <https://www.auma.com/index.php?id=257&L=0#documentsTab> Hakupäivä 30.3.2020
7. Endress+Hauser Suomi 2020. Proline Promass F 300 Coriolis flowmeter. Saatavissa: <https://www.fi.endress.com/fi/automaatioprosessin-hallintakentt%C3%A4laitteet/flow-measurement-product-overview/Coriolis-flowmeter-Promass-F300> Hakupäivä 31.3.2020
8. Siemens Suomi 2020. (2019). Profinet. Saatavissa: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:7405f919-4085-4a2a-9aa2-6a15c362ceb0/version:1559823726/difa-b10015-00pn-tech-brenus-72.pdf> Hakupäivä 3.1.2020
9. Mäkelä, Mikko – Soininen, Lauri – Tuomola, Mikko 2012. Tekniikan kaavasto. 10. painos. Hämeenlinna: Tammertekniikka Oy





Communication via PROFIBUS and PROFINET

3

3.1 PROFIdrive profile

3.1.1 Cyclic communication

Depending on the particular Control Unit or inverter, there are different telegrams for communication via PROFIBUS DP or PROFINET IO. The structure of the individual telegrams are listed below.

The telegrams that are possible for your particular inverter are listed for selection in STARTER or on operator panel.

How you set the telegram is described in Section Additional manuals for your inverter (Page 182).

Communication telegrams if "basic positioner" has been configured

The inverter has the following telegrams if you have configured the "Basic positioner" function:

- Standard telegram 7, PZD-2/2
- Standard telegram 9, PZD-10/5
- SIEMENS telegram 110, PZD-12/7
- SIEMENS telegram 111, PZD-12/12
- Telegram 999, free interconnection

These telegrams are described in the "Basic positioner and technology" Function Manual. See also the section Additional manuals for your inverter (Page 182).

Communication via PROFIBUS and PROFINET

3.1 PROFIdrive profile

Communication telegrams for speed control

The send and receive telegrams of the inverter for closed-loop speed control are structured as follows:

PKW	PZD01	PZD02	PZD03	PZD04	PZD05	PZD06	PZD07	PZD08	PZD09	PZD10	PZD11	PZD12	PZD13	PZD14
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Telegram 1, closed-loop speed control

STW1	NSOLL_A
ZSW1	NIST_A

Telegram 2, closed-loop speed control

STW1	NSOLL_B	STW2
ZSW1	NIST_B	ZSW2

Telegram 3, closed-loop speed control, 1 position encoder

STW1	NSOLL_B	STW2	G1_STW		
ZSW1	NIST_B	ZSW2	G1_ZSW	G1_XIST1	G1_XIST2

Telegram 4, closed-loop speed control, 2 position encoders

STW1	NSOLL_B	STW2	G1_STW	G2_STW					
ZSW1	NIST_B	ZSW2	G1_ZSW	G2_ZSW	G1_XIST1	G1_XIST2	G2_XIST1	G2_XIST2	

Telegram 20, closed-loop speed control, VIK/NAMUR

STW1	NSOLL_A				
ZSW1	NIST_A GLATT	IAIST_G LATT	MIST_G LATT	PIST_G LATT	MELD_N AMUR

Telegram 350, closed-loop speed control

STW1	NSOLL_A	M_LIM	STW3
ZSW1	NIST_A GLATT	IAIST_G LATT	ZSW3

Telegram 352, closed-loop speed control for PCS7

STW1	NSOLL_A	Process data for PCS7			
ZSW1	NIST_A GLATT	IAIST_G LATT	MIST_G LATT	WARN_CODE	FAULT_CODE

Telegram 353, closed-loop speed control - with PKW area to read and write parameters

PKW	STW1	NSOLL_A
	ZSW1	NIST_A GLATT

Telegram 354, closed-loop speed control for PCS7 - with PKW area to read and write parameters

PKW	STW1	NSOLL_A	Process data for PCS7			
	ZSW1	NIST_A GLATT	IAIST_G LATT	MIST_G LATT	WARN_CODE	FAULT_CODE

Telegram 999, free interconnection

STW1	Telegram length for receive data can be configured				
ZSW1	Telegram length for transmit data can be configured				

Abbreviation	Explanation	Abbreviation	Explanation
STW	Control word	PIST_GLATT	Actual active power value, smoothed
ZSW	Status word	M_LIM	Torque limit
NSOLL_A	Speed setpoint 16 bit	FAULT_COD E	Fault number
NSOLL_B	Speed setpoint 32 bit	WARN_COD E	Alarm number
NIST_A	Speed actual value 16 bit	MELD_NAMU R	Control word according to the VIK-NAMUR definition
NIST_B	Speed actual value 32 bit	G1_STW / G2_STW	Control word for encoder 1 or encoder 2
IAST	Current actual value	G1_ZSW / G2_ZSW	Status word for encoder 1 or encoder 2
IAST_GLATT	Current actual value, smoothed	G1_XIST1 / G2_XIST1	Position actual value 1 from encoder 1 or encoder 2
MIST_GLATT	Torque actual value, smoothed	G1_XIST2 / G2_XIST2	Position actual value 2 from encoder 1 or encoder 2

Interconnection of the process data

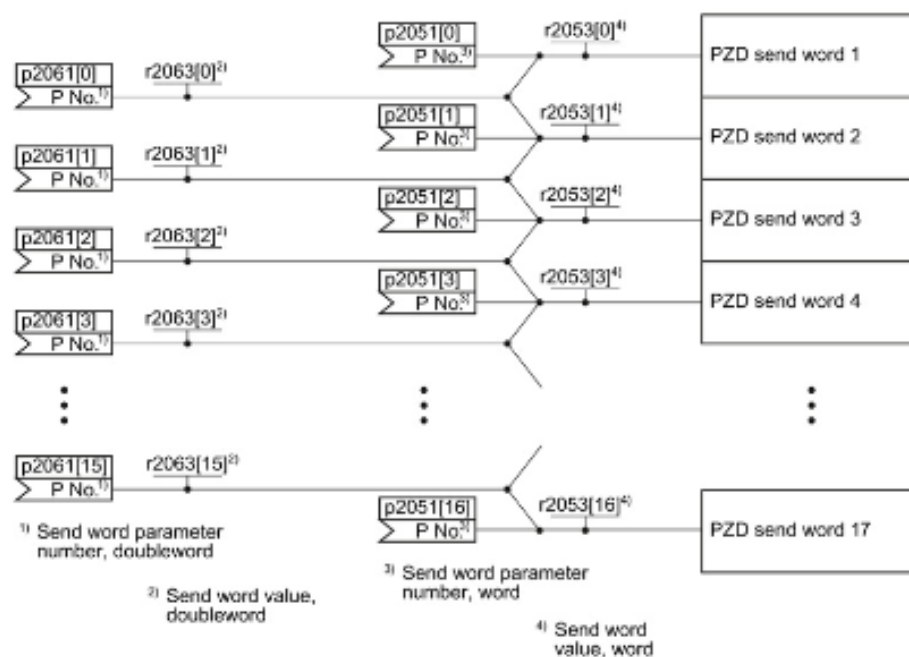


Figure 3-1 Interconnection of the send words

Communication via PROFIBUS and PROFINET

3.1 PROFIdrive profile

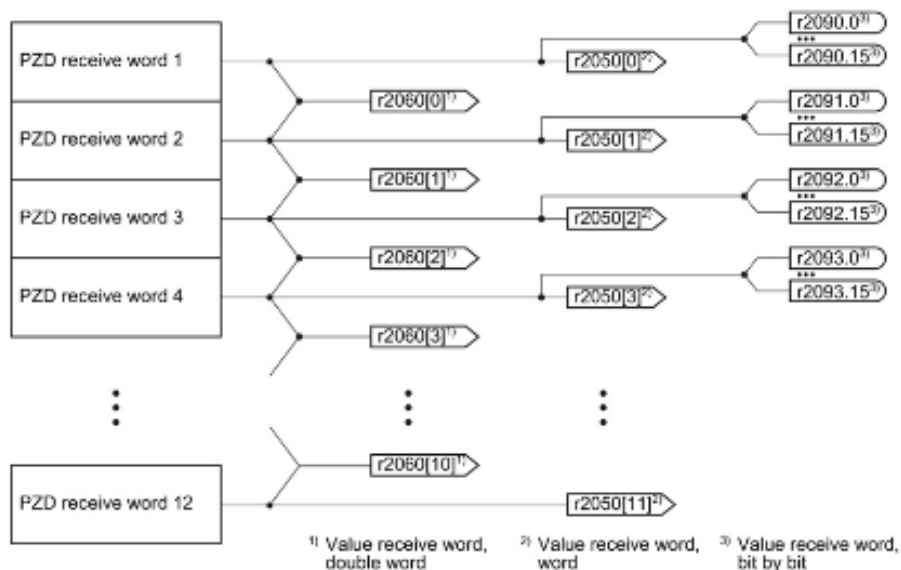


Figure 3-2 Interconnection of the receive words

The telegrams use - with the exception of telegram 999 (free interconnection) - the word-by-word transfer of send and receive data (r2050/p2051).

If you require an individual telegram for your application (e.g. for transferring double words), you can adapt one of the predefined telegrams using parameters p0922 and p2079. For details, please refer to the List Manual, function diagrams 2420 and 2472.

3.1.1.1 Assigning control and status words

Assigning control and status words

Assigning control and status of words is specified in part by the definitions in the PROFIdrive profile, Version 4.1 for the "Closed-loop speed control" operating mode; the other part is assigned depending on the particular manufacturer.

A more detailed description of the individual control and status words is provided in the following sections.

If you require an individual assignment for your application, you can adapt one of the existing control and status words using p0922 and p2079. You can find details about this in Section Extend telegrams and change signal interconnection (Page 26).

Control word 1 (STW1)

The control word 1 is pre-assigned as follows.

- Telegram 20 (VIK/NAMUR):
 - Bit 0 ... 11 corresponds to PROFIdrive profile,
 - Bit 12... 15 manufacturer-specific
- Other telegrams:
 - Bit 0 ... 10 corresponds to PROFIdrive profile,
 - Bit 11... 15 manufacturer-specific

Communication via PROFIBUS and PROFINET

3.1 PROFIdrive profile

Bit	Significance		Explanation	Signal interconnection in the inverter
	Telegram 20	All other telegrams		
0	0 = OFF1		The motor brakes with the ramp-down time p1121 of the ramp-function generator. The inverter switches off the motor at standstill.	p0840[0] = r2090.0
	0 → 1 = ON		The inverter goes into the "ready" state. If, in addition bit 3 = 1, then the inverter switches on the motor.	
1	0 = OFF2		Switch off the motor immediately, the motor then coasts down to a standstill.	p0844[0] = r2090.1
	1 = No OFF2		The motor can be switched on (ON command).	
2	0 = Quick stop (OFF3)		Quick stop: The motor brakes with the OFF3 ramp-down time p1135 down to standstill.	p0848[0] = r2090.2
	1 = No quick stop (OFF3)		The motor can be switched on (ON command).	
3	0 = Inhibit operation		Immediately switch-off motor (cancel pulses).	p0852[0] = r2090.3
	1 = Enable operation		Switch-on motor (pulses can be enabled).	
4	0 = Disable RFG		The inverter immediately sets its ramp-function generator output to 0.	p1140[0] = r2090.4
	1 = Do not disable RFG		The ramp-function generator can be enabled.	
5	0 = Stop RFG		The output of the ramp-function generator stops at the actual value.	p1141[0] = r2090.5
	1 = Enable RFG		The output of the ramp-function generator follows the setpoint.	
6	0 = Inhibit setpoint		The inverter brakes the motor with the ramp-down time p1121 of the ramp-function generator.	p1142[0] = r2090.6
	1 = Enable setpoint		Motor accelerates with the ramp-up time p1120 to the setpoint.	
7	0 → 1 = Acknowledge faults		Acknowledge fault. If the ON command is still active, the inverter switches to "closing lockout" state.	p2103[0] = r2090.7
8, 9	Reserved			
10	0 = No control via PLC		Inverter ignores the process data from the fieldbus.	p0854[0] = r2090.10
	1 = Control via PLC		Control via fieldbus, inverter accepts the process data from the fieldbus.	
11	0 = Direction reversal		Invert setpoint in the inverter.	p1113[0] = r2090.11
12	Not used			
13	---	1 = MOP up	Increase the setpoint saved in the motorized potentiometer.	p1035[0] = r2090.13
14	---	1 = MOP down	Reduce the setpoint saved in the motorized potentiometer.	p1036[0] = r2090.14
15	CDS bit 0	Reserved	Changes over between settings for different operation interfaces (command data sets).	p0810 = r2090.15

¹⁾ If you change over from another telegram to telegram 20, then the assignment of the previous telegram is kept.

Status word 1 (ZSW1)

The status word 1 is pre-assigned as follows.

- Bit 0 ... 10 corresponds to PROFIdrive profile
- Bit 11... 15 manufacturer-specific

Bit	Significance		Comments	Signal interconnection in the inverter
	Telegram 20	All other telegrams		
0	1 = Ready to start		Power supply switched on; electronics initialized; pulses locked.	p2080[0] = r0899.0
1	1 = Ready		Motor is switched on (ON/OFF1 = 1), no fault is active. With the command "Enable operation" (STW1.3), the inverter switches on the motor.	p2080[1] = r0899.1
2	1 = Operation enabled		Motor follows setpoint. See control word 1, bit 3.	p2080[2] = r0899.2
3	1 = Fault active		The inverter has a fault. Acknowledge fault using STW1.7.	p2080[3] = r2139.3
4	1 = OFF2 inactive		Coast down to standstill is not active.	p2080[4] = r0899.4
5	1 = OFF3 inactive		Quick stop is not active.	p2080[5] = r0899.5
6	1 = Closing lockout active		It is only possible to switch on the motor after an OFF1 followed by ON.	p2080[6] = r0899.6
7	1 = Alarm active		Motor remains switched on; no acknowledgement is necessary.	p2080[7] = r2139.7
8	1 = Speed deviation within the tolerance range		Setpoint / actual value deviation within the tolerance range.	p2080[8] = r2197.7
9	1 = Master control requested		The automation system is requested to accept the inverter control.	p2080[9] = r0899.9
10	1 = Comparison speed reached or exceeded		Speed is greater than or equal to the corresponding maximum speed.	p2080[10] = r2199.1
11	1 = current or torque limit reached	1 = torque limit reached	Comparison value for current or torque has been reached or exceeded.	p2080[11] = r0056.13 / r1407.7
12	--- ¹⁾	1 = Holding brake open	Signal to open and close a motor holding brake.	p2080[12] = r0899.12
13	0 = Alarm, motor overtemperature		--	p2080[13] = r2135.14
14	1 = Motor rotates clockwise		Internal inverter actual value > 0	p2080[14] = r2197.3
	0 = Motor rotates counterclockwise		Internal inverter actual value < 0	
15	1 = CDS display	0 = Alarm, inverter thermal overload		p2080[15] = r0836.0 / r2135.15

¹⁾ If you change over from another telegram to telegram 20, then the assignment of the previous telegram is kept.

*Communication via PROFIBUS and PROFINET**3.1 PROFIdrive profile***Control word 2 (STW2)**

The control word 2 is pre-assigned as follows.

- Bit 0... 11 manufacturer-specific
- Bit 12 ... 15 corresponds to the PROFIdrive profile

Bit	Value	Meaning	Explanation	Signal interconnection in the inverter ¹⁾
		Telegrams 2, 3 and 4		
0	1	Fixed setpoint, bit 0	Selects up to 16 different fixed setpoints.	p1020[0] = r2093.0
1	1	Fixed setpoint, bit 1		p1021[0] = r2093.1
2	1	Fixed setpoint, bit 2		p1022[0] = r2093.2
3	1	Fixed setpoint, bit 3		p1023[0] = r2093.3
4	1	DDS selection, bit 0	Changes over between settings for different motors (drive data sets).	p0820 = r2093.4
5	1	DDS selection, bit 1		p0821 = r2093.5
6	–	Not used		
7	–	Not used		
8	1	Technology controller enable	--	p2200[0] = r2093.8
9	1	DC braking enable	--	p1230[0] = r2093.9
10	–	Not used		
11	1	1 = Enable droop	Enable or inhibit speed controller droop.	p1492[0] = r2093.11
12	1	Torque control active	Changes over the control mode for vector control.	p1501[0] = r2093.12
	0	Closed-loop speed control active		
13	1	No external fault	--	p2106[0] = r2093.13
	0	External fault is active (F07860)		
14	–	Not used		
15	1	CDS bit 1	Changes over between settings for different operation interfaces (command data sets).	p0811[0] = r2093.15

¹⁾ If you switch from telegram 350 to a different one, then the inverter sets all interconnections p1020, ... to "0". Exception: p2106 = 1.

Status word 2 (ZSW2)

Status word 2

- Bit 0... 11 manufacturer-specific
- Bit 12 ... 15 corresponds to the PROFIdrive profile

Bit	Value	Meaning	Description	Signal interconnection in the inverter
0	1	DC braking active	--	p2051[3] = r0053
1	1	$ n_{act} > p1226$	Absolute current speed > stationary state detection	
2	1	$ n_{act} > p1080$	Absolute actual speed > minimum speed	
3	1	$i_{act} \geq p2170$	Actual current \geq current threshold value	
4	1	$ n_{act} > p2155$	Absolute actual speed > speed threshold value 2	
5	1	$ n_{act} \leq p2155$	Absolute actual speed < speed threshold value 2	
6	1	$ n_{act} \geq r1119$	Speed setpoint reached	
7	1	DC link voltage $\leq p2172$	Actual DC link voltage \leq threshold value	
8	1	DC link voltage > p2172	Actual DC link voltage > threshold value	
9	1	Ramping completed	Ramp-function generator is not active.	
10	1	Technology controller output at lower limit	Technology controller output $\leq p2292$	
11	1	Technology controller output at upper limit	Technology controller output > p2291	
12		Not used		
13		Not used		
14		Not used		
15		Not used		

Communication via PROFIBUS and PROFINET

3.1 PROFIdrive profile

Control word 3 (STW3)

The control word 3 is pre-assigned as follows.

- Bit 0... 15 manufacturer-specific

Bit	Value	Significance Telegram 350	Explanation	Signal interconnection in the inverter ¹⁾
0	1	Fixed setpoint, bit 0	Selects up to 16 different fixed setpoints.	p1020[0] = r2093.0
1	1	Fixed setpoint, bit 1		p1021[0] = r2093.1
2	1	Fixed setpoint, bit 2		p1022[0] = r2093.2
3	1	Fixed setpoint, bit 3		p1023[0] = r2093.3
4	1	DDS selection, bit 0	Changes over between settings for different motors (drive data sets).	p0820 = r2093.4
5	1	DDS selection, bit 1		p0821 = r2093.5
6	–	Not used		
7	–	Not used		
8	1	Technology controller enable	--	p2200[0] = r2093.8
9	1	DC braking enable	--	p1230[0] = r2093.9
10	–	Not used		
11	1	1 = Enable droop	Enable or inhibit speed controller droop.	p1492[0] = r2093.11
12	1	Torque control active	Changes over the control mode for vector control.	p1501[0] = r2093.12
	0	Closed-loop speed control active		
13	1	No external fault	--	p2106[0] = r2093.13
	0	External fault is active (F07860)		
14	–	Not used		
15	1	CDS bit 1	Changes over between settings for different operation interfaces (command data sets).	p0811[0] = r2093.15

¹⁾ If you switch from telegram 350 to a different one, then the inverter sets all interconnections p1020, ... to "0". Exception: p2106 = 1.

Status word 3 (ZSW3)

The status word 3 is pre-assigned as follows.

- Bit 0... 15 manufacturer-specific

Bit	Value	Significance	Description	Signal interconnection in the inverter
0	1	DC braking active	--	p2051[3] = r0053
1	1	$ n_{act} > p1226$	Absolute current speed > stationary state detection	
2	1	$ n_{act} > p1080$	Absolute actual speed > minimum speed	
3	1	$i_{act} \geq p2170$	Actual current \geq current threshold value	
4	1	$ n_{act} > p2155$	Absolute actual speed > speed threshold value 2	
5	1	$ n_{act} \leq p2155$	Absolute actual speed < speed threshold value 2	
6	1	$ n_{act} \geq r1119$	Speed setpoint reached	
7	1	DC link voltage $\leq p2172$	Actual DC link voltage \leq threshold value	
8	1	DC link voltage > p2172	Actual DC link voltage > threshold value	
9	1	Ramping completed	Ramp-function generator is not active.	
10	1	Technology controller output at lower limit	Technology controller output $\leq p2292$	
11	1	Technology controller output at upper limit	Technology controller output > p2291	
12		Not used		
13		Not used		
14		Not used		
15		Not used		

4. Description of the data interface

Cyclic data

Configuration of cyclic data transfer is done via the Profinet controller only. Selection of the input/channel or the respective input and/or output date is performed via the slot/subslot configuration used to program a Profinet controller.

All I/O data is provided in slot 1, subslot 1. Data is structured in various blocks with different properties. The following section comprises explanations about the different blocks.

Process interface

Data structure is described on the basis of the automation system:

- Input data: Is sent by the field device to the automation system
- Output data: Is sent by the automation system to the field device

4.1. Input data (process representation input) – signals

The consumer (controller) can read the state of the provider (actuator) via the process representation input..

4.1.1. Process representation input (default process representation)

Grey bits are collective signals. They contain the results of a disjunction (OR operation) of other information.

Module definition

- Module ID="ID_MODULE_ADI_IN_0"
- ModuleIdentNumber="0x00008000"
- ModuleInfo CategoryRef=Input
- Name TextId="Inputs"
- InfoText TextId="Prozessabbild Input Daten"

Sub-module definition

- VirtualSubmoduleItem ID="ID_SUBMOD_ADI_PA_IN_0"
- SubmoduleIdentNumber="0x00002200"
- API="0"
- FixedInSubslots="1"
- Name TextId="Inputs"
- InfoText TextId="Prozessabbild Input Daten"

I/O data definition in sub-module

- IOData IOPS_Length="1"
- IOCS_Length="1"
- Input Consistency="All items consistency">

Byte 1: Logic signals

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Fault	Warnings	Running CLOSE	Running OPEN	Not ready REMOTE	Setpoint reached	End p. CLOSED	End p. OPEN

Byte 2: Actuator signals

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Torque sw. CLOSE	Torque sw. OPEN	Limit sw. CLOSED	Limit sw. OPEN	Selector sw. LOCAL	Selector sw. REMOTE	Phase failure	Thermal fault

Byte 3: Actual position (H)

Actual position high byte (positioner)
--

Byte 4: Actual position (L)

Actual position low byte (positioner)

Description of the data interface

Actuator controls
AC 01.2/ACExC 01.2 Profinet

Byte 5: Device status

Bit 7	Device ok
Bit 6	Failure
Bit 5	Function check
Bit 4	Out of spec.
Bit 3	Maintenance requ.
Bit 2	Fault
Bit 1	Warnings
Bit 0	Not ready REMOTE

Byte 6: Operation status

Bit 7	Running LOCAL
Bit 6	Running REMOTE
Bit 5	Handwheel oper.
Bit 4	Actuator running
Bit 3	MPV position reached
Bit 2	Start step mode
Bit 1	In intermed. position
Bit 0	Op. pause active

Byte 7: Intermediate positions

Bit 7	Intermed. pos. 8
Bit 6	Intermed. pos. 7
Bit 5	Intermed. pos. 6
Bit 4	Intermed. pos. 5
Bit 3	Intermed. pos. 4
Bit 2	Intermed. pos. 3
Bit 1	Intermed. pos. 2
Bit 0	Intermed. pos. 1

Byte 8: Discrete inputs

Bit 7	-
Bit 6	-
Bit 5	Input DIN 6
Bit 4	Input DIN 5
Bit 3	Input DIN 4
Bit 2	Input DIN 3
Bit 1	Input DIN 2
Bit 0	Input DIN 1

Byte 9: Input AIN 1 (H)

Input AIN 1

Byte 10: Input AIN 1 (L)

Input AIN 1

Byte 11: Torque (H)

Torque High byte

Byte 12: Torque (L)

Torque Low byte

Byte 13: Not ready REMOTE 1

Bit 7	I/O interface
Bit 6	Fail/State fieldbus
Bit 5	EMCY behav. active
Bit 4	EMCY stop active
Bit 3	Local STOP
Bit 2	Interlock active
Bit 1	Sel. sw. not REMOTE
Bit 0	Wrong oper. cmd

Byte 14: Not ready REMOTE 2

Bit 7	Handwheel active
Bit 6	Service active
Bit 5	PVST active
Bit 4	Interlock by-pass
Bit 3	Disabled
Bit 2	SIL function active
Bit 1	FQM fail safe active
Bit 0	FQM fail safe init

Byte 15: Fault 1

Bit 7	No reaction
Bit 6	Internal fault
Bit 5	Torque fault CLOSE
Bit 4	Torque fault OPEN
Bit 3	Phase failure
Bit 2	Mains quality
Bit 1	Configuration error
Bit 0	

Byte 16: Fault 2

Bit 7	Incorrect phase seq
Bit 6	Config. error REMOTE
Bit 5	Incorrect dir. rotation
Bit 4	-
Bit 3	-
Bit 2	-
Bit 1	-
Bit 0	-

Byte 17: Warnings 1

Bit 7	Wrn no reaction
Bit 6	SIL fault
Bit 5	Torque wrn OPEN
Bit 4	Torque wrn CLOSE
Bit 3	FQM fail safe fault
Bit 2	-
Bit 1	-
Bit 0	-

Byte 18: Warnings 2

Bit 7	Config. warning
Bit 6	Time not set
Bit 5	RTC voltage
Bit 4	-
Bit 3	24 V DC external
Bit 2	-
Bit 1	-
Bit 0	Wrn controls temp.

Byte 19: Warnings 3

Bit 7	Op. time warning
Bit 6	Wrn op. mode run time
Bit 5	Wrn op. mode starts
Bit 4	Internal warning
Bit 3	Wrn input AIN 1
Bit 2	Wrn input AIN 2
Bit 1	Wrn FOC
Bit 0	Wrn FO cable budget

Byte 20: Warnings 4

Bit 7	PVST fault
Bit 6	PVST abort
Bit 5	Failure behav. active
Bit 4	Wrn FOC connection
Bit 3	PVST required
Bit 2	Wrn setpoint position
Bit 1	-
Bit 0	-

Byte 21: Input AIN 2 (H)

Input AIN 2

Byte 22: Input AIN 2 (L)

Input AIN 2

Byte 23: Failure

Bit 7	Fault
Bit 6	-
Bit 5	-
Bit 4	-
Bit 3	-
Bit 2	-
Bit 1	-
Bit 0	-

Byte 24: Maintenance required

Bit 7	-
Bit 6	-
Bit 5	-
Bit 4	Maintenance interval
Bit 3	Maintenance contactors
Bit 2	Maintenance lubricant
Bit 1	Maintenance seals
Bit 0	Maintenance mechanics

Actuator controls
AC 01.2/ACExC 01.2 Profinet

Description of the data interface

Byte 25: Out of specification 1

Wm no reaction	Bit 7
SIL fault	Bit 6
Torque wrn OPEN	Bit 5
Torque wrn CLOSE	Bit 4
FQM fail safe fault	Bit 3
--	Bit 2
--	Bit 1
--	Bit 0

Byte 26: Out of specification 2

Config. warning	Bit 7
Time not set	Bit 6
RTC voltage	Bit 5
--	Bit 4
24 V DC external	Bit 3
Wm motor tmp.	Bit 2
Wm gearbox temp.	Bit 1
Wm controls temp.	Bit 0

Byte 27: Out of specification 3

Op. time warning	Bit 7
Wm op.mode run time	Bit 6
Wm op.mode starts	Bit 5
Internal warning	Bit 4
Wm input AIN 1	Bit 3
Wm input AIN 2	Bit 2
Wm FOC	Bit 1
Wm FO cable budget	Bit 0

Byte 28: Out of specification 4

PVST fault	Bit 7
PVST abort	Bit 6
Failure behav active	Bit 5
Wm FOC connection	Bit 4
PVST required	Bit 3
Wm setpoint position	Bit 2
--	Bit 1
--	Bit 0

Byte 29: Function check 1

--	Bit 7
--	Bit 6
PVST active	Bit 5
EMCY stop active	Bit 4
Handwheel active	Bit 3
Service active	Bit 2
Set. sw. not REMOTE	Bit 1
Local STOP	Bit 0

Byte 30: Function check 2

--	Bit 7
--	Bit 6
--	Bit 5
--	Bit 4
--	Bit 3
--	Bit 2
--	Bit 1
--	Bit 0

Byte 31: Fieldbus status

Channel 2 activity	Bit 7
Channel 1 activity	Bit 6
Channel 2 FailState fieldb.	Bit 5
Channel 1 FailState fieldb.	Bit 4
Channel 2 DataEx	Bit 3
Channel 1 DataEx	Bit 2
Channel 2 active	Bit 1
Channel 1 active	Bit 0

Byte 32: SIL signals

--	Bit 7
FQM fail safe fault	Bit 6
FQM fail safe init	Bit 5
FQM fail safe active	Bit 4
SIL function active	Bit 3
SIL fault	Bit 2
Safe Stop	Bit 1
Safe ESD	Bit 0

Byte 33: Reserve

--

Byte 34: Reserve

--

Byte 35: Reserve

--

Byte 36: Reserve

--

Byte 37: Reserve

--

Byte 38: Reserve

--

Byte 39: Reserve

--

Byte 40: Reserve

--

4.2. Output data (process representation output)

The consumer (controller) can control the provider (actuator) via the process representation output.

4.2.1. Process representation output arrangement

Information To perform remote operations, the selector switch must be in position Remote control (REMOTE).

Module definition

- Module ID="ID_MODULE_ADI_OUT_0"
- ModuleIdentNumber="0x00008100"
- ModuleInfo CategoryRef=Output
- Name TextId="Inputs"
- InfoText TextId="Prozessabbild Output Daten"

Sub-module definition

- VirtualSubmoduleItem ID="ID_SUBMOD_ADI_OUT_0"
- SubmoduleIdentNumber="0x00002200"
- API="0"
- FixedInSubslots="2"
- Name TextId="Outputs"
- InfoText TextId="Prozessabbild Output Daten"

I/O data definition in sub-module

- IOData IOPS_Length="1"
- IOCS_Length="1"
- Output Consistency="All items consistency">

Byte 1: Commands

					Fieldbus RESET	Fieldbus SETPOINT	Fieldbus CLOSE	Fieldbus OPEN
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	

Byte 2: Speed - Setpoint

Fieldbus Speed - Setpoint

Byte 3: Setpoint (H)

Fieldbus Setpoint (process setpoint) High byte

Byte 4: Setpoint (L)

Fieldbus Setpoint (process setpoint) Low byte
--

Byte 5: Additional commands

PVST	Fieldbus EMCY	Fieldbus channel 2	Fieldbus channel 1	-	Fieldb. Enable CLOSE	Fieldb. Enable OPEN	Fieldb. Enable LOCAL
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

Byte 6: Intermediate positions

Fieldb. interm. pos 8	Fieldb. interm. pos 7	Fieldb. interm. pos 6	Fieldb. interm. pos 5	Fieldb. interm. pos 4	Fieldb. interm. pos 3	Fieldb. interm. pos 2	Fieldb. interm. pos 1
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

Byte 7: Digital outputs 1

-	-	-	-	reserved	reserved	reserved	reserved
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

Byte 8: Digital outputs 2

reserved	reserved	Fieldbus DOUT 6	Fieldbus DOUT 5	Fieldbus DOUT 4	Fieldbus DOUT 3	Fieldbus DOUT 2	Fieldbus DOUT 1
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

Byte 9: Actual process value (H)

Option (only for use with process controller)

Byte 10: Actual process value (L)

Option (only for use with process controller)

Byte 11: Output AOUT 1 (H)

Fieldbus Output AOUT 1 High byte
--

Byte 12: Output AOUT 1 (L)

Fieldbus Output AOUT 1 Low byte

Byte 13: Output AOUT 2 (H)

Fieldbus Output AOUT 2 High byte
--

Byte 14: Output AOUT 2 (L)

Fieldbus Output AOUT 2 Low byte

Byte 15: Reserve

Reserved for future extensions

Byte 16: Reserve

Reserved for future extensions

Byte 17: Reserve

Reserved for future extensions (Float 1)

Byte 18: Reserve

Reserved for future extensions (Float 1)

Byte 19: Reserve

Reserved for future extensions (Float 1))
--

Byte 20: Reserve

Reserved for future extensions (Float 1)

Byte 21: Reserve

Reserved for future extensions (Float 1)

Byte 22: Reserve

Reserved for future extensions (Float 2)

Byte 23: Reserve

Reserved for future extensions (Float 2)

Byte 24: Reserve

Reserved for future extensions (Float 2)

Byte 25: Reserve

Reserved for future extensions (Float 2)

Byte 26: Reserve

Reserved for future extensions (Float 2)
