

Opinnäytetyö (AMK)
Kone- ja tuotantotekniikan koulutus
2019

Tommi Lehtimäki

TESTAUKSEN AUTOMATISOINTI PLC- OHJELMALLA



OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutus

2019 | 39 sivua, 5 liitesivua

Tommi Lehtimäki

TESTAUKSEN AUTOMATISOINTI PLC-OHJELMALLA

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Arnon Oy:n Turun toimipiste. Työn tarkoituksena on yrityksen tuotteiden testauksen ja tarkastamisen työvaiheen kehittäminen automaation avulla. Työ valmistettiin yrityksen toimitiloissa vuoden 2018 aikana. Työtä varten haettiin tietoa laitevalmistajien manuaaleista, kirjallisuudesta, ohjekirjoista sekä käytettiin hyödyksi aikaisempaa työkokemusta yrityksessä.

Automatisoinnissa käytettiin laitteistona ABB:n AC500 -tuoteperhettä. Ohjelmoinnissa hyödynnettiin ABB:n automation builder -ohjelmistoa sekä CoDeSys-suunnitteluohjelmistoa. ABB:n manuaaleissa oli hyvin tietoa käytetyistä tuotteista.

Työ aloitettiin tutustumalla tarvittaviin komponentteihin ja ohjelmistoihin. Lisäksi perehdyttiin logiikan toimintaan ja sen ohjelmointiin. Tämän jälkeen aloitettiin suunnittelemaan testauksen tarpeisiin sopivaa PLC-ohjelmaa ja siihen tarvittavien lisälaitteiden hankintaa.

Valmistetun PLC-ohjelman toimivuus todettiin ensin simuloimalla ohjelmaa, jonka jälkeen testattiin ohjelman toimintaa testaustoimenpiteissä.

Työn tavoitteena oli valmistaa yritykselle toimiva laitteisto testauksen tarpeisiin ja suunnitella yhteen valmistettavaan tuotteeseen PLC-ohjelma, jonka avulla voidaan testata tuotteen sähköinen toimivuus. Valmistettuun laitteistoon voidaan jatkossa suunnitella lisää PLC-ohjelmia muiden tuotteiden testaukseen.

ASIASANAT:

Automaatio, PLC, Ohjelmointi, Testaus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical engineering

2019 | 39 pages, 5 appendix pages

Tommi Lehtimäki

AUTOMATIZING TESTING WITH THE PLC PROGRAM

This thesis was commissioned by the Turku office of Arnon Oy. The aim of the thesis was to test and check the company's products and to improve the working phases with the help of automation. The thesis was made at the company's facilities during 2018. Information was sought from the component manufacturers' manuals, literature and instruction manuals. Also, the previous work experience in the company was exploited in this project.

The ABB's AC500 range was the device used for automatization. The automation builder program provided by ABB and the CoDeSys engineering tool was used in the programming. Manuals were easily found on ABB's official webpage, which provided information of the products used.

The thesis work itself was started by studying the necessary software and components. Furthermore, the Programmable Logic Controller's function and its programming were acquainted with. The next step was to begin the planning of the PLC program, which would fit the needs of testing, and to get the additional devices needed for the program.

The functionality of the created PLC program was verified first by simulating a program and later by testing the program's function in testing procedures.

The goal was to make a functional hardware for the company's testing needs, and to design a PLC program for a manufactured product, which can be used to test the product's electrical functionality. In the future, it is possible to design more PLC programs for manufactured hardware in order to test other products as well

KEYWORDS: Automation, PLC, Programming, Testing

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 AUTOMAATIO	10
2.1 Automaatio on automatisoituja ratkaisuja	10
2.2 Koneautomaatio	11
2.3 Prosessi- ja kappaletavara-automaatio	12
3 TESTAUKSEN VAIHEET	13
3.1 Materiaalien tarkastaminen	13
3.2 Mekaanisten ja sähköisten toimintojen tarkastaminen	13
3.3 Raportointi	14
4 PLC-OHJELMOINTI	15
4.1 Ohjelmointi	15
4.1.1 Relekaavio-ohjelmointi	15
4.1.2 Logiikkakaavio-ohjelmointi	15
4.1.3 Käskylistaohjelmointi	16
4.2 ABB automation builder 1.2 -projektin valmistus	16
4.3 CoDeSys	20
4.3.1 Esimerkkiohjelman kuvaus	20
4.3.2 Codesys-esimerkki ohjelman valmistaminen	20
5 OHJELMOITAVA LOGIIKKA	25
5.1 Logiikat yleisesti	25
5.2 Logiikan laitteisto	26
5.2.1 Keskusyksikkö, CPU	26
5.2.2 Logiikan tulot	26
5.2.3 Logiikan lähdöt	27
5.2.4 Ohjelmamuisti	27
5.2.5 Ohjelmointilaite	27
6 TESTAUSAUTOMAATION SUUNNITTELU JA VALMISTUS	28
6.1 Karkeasuunnittelu	28

6.2 Asennuslevyn suunnittelu	28
6.2.1 ABB AC-500	29
6.2.2 ABB PM554-RP	29
6.3 Tarvittavat mittaukset	30
6.3.1 ABB DO 524	30
6.3.2 ABB Ax522	31
6.4 Jännitteen mittaus	31
6.4.1 ABB DI524	31
6.4.2 ABB CM.ESS.1S	32
6.5 Käyttöönottomittaukset	32
6.5.1 Eristysvastusmittaus	32
6.5.2 Jännitekoestus	33
6.6 Automaatio-ohjelman valmistus	33
6.6.1 Jännitteenmittaus ja ohjelman käynnistys	33
6.6.2 Releiden testaus	34
6.6.3 Virtaviestitestaukset	35
7 TESTAUSMENETELMÄN TYÖVAIHEET	36
7.1 Asennettujen komponenttien tarkastus	36
7.2 Valmistetun tuotteen sähköinen testaus	36
8 YHTEENVETO JA POHDINTAA	38
LÄHTEET	39

LIITTEET

Liite 1. Osaluettelo

Liite 2. Ohjelmankäynnistys ja jännitteenmittaus osio

Liite 3. Releiden ohjaus osio

Liite 4. Virtaviestin lähetys osio

Liite 5. Virtaviestin mittaus osio

Liite 6. Tuotteiden valokuvaus

KUVAT

Kuva 1. ABB automation builder aloitusnäky	17
Kuva 2. New Project aloitus	17
Kuva 3. Alustan valinta, projektin nimeäminen ja tallennus	18
Kuva 4. PLC:n Valinta	18
Kuva 5. Digitaalisen I/O-kortin valinta	19
Kuva 6. Tulojen määrittäminen	19
Kuva 7. Lähtöjen määrittäminen	19
Kuva 8. Ohjelmoinnin aloittaminen	20
Kuva 9. Ohjelmointi kielen valinta ja projektin nimeäminen	21
Kuva 10. Toimilohkon lisääminen	21
Kuva 11. OR-ehdon valinta	21
Kuva 12. Tarvittavat toimilohkot	22
Kuva 13. Tulojen ja lähtöjen lisäys	22
Kuva 14. Input-portin valinta	23
Kuva 15. Ohjelman lisääminen pääohjelmaan	23
Kuva 16. Rebuild all Kuva 17. Simulation mode ja login	24
Kuva 18. DO_00 aktiivinen	24
Kuva 19 Logiikan järjestelmäarkkitehtuuri	26
Kuva 20 Asennuslevy	29
Kuva 21 Testauksen vaiheet	37

TAULUKOT

Taulukko 1 Testijännitteen valinta	32
Taulukko 2 Jännitteenmittaus sisääntulot	34
Taulukko 3 Releiden testaus	35

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

Lyhenne Lyhenteen selitys

CPU Keskusyksikkö (Central processing unit)

FBD logiikkakaavio (Function block diagram)

FTC Tehdaskoe sertifikaatti (Factory test certificate)

FTD Tehdaskoe dokumentti (Factory test document)

HMI Käyttöliittymä (Human Machine Interface)

IL Käskylista (Instruction diagram)

IO Sisään ja ulostulo (Input/output)

LD Relekaavio (Ladder diagram)

PLC Ohjelmoitava logiikka (Programmable logic)

STL Käskytyslista (Statement list)

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä on aloitettu Arnon Oy:n tuotannon testausta automaation tarjoamien mahdollisuuksien avulla. Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda pohja testauksen kehitykseen automaation avulla. Automaation avulla luodun ohjelman avulla voidaan kehittää testauksen tarkkaavaisuutta jatkossa. Yrityksen tuotannon testausta on yritetty kehittää mahdollisimman perusteelliseksi niin, ettei virheitä pääse testaustyövaiheen läpi. Automaation avulla saadaan lisättyä tarkkuutta, ja kaikki testaukset tuleekin suorittaa jokaiselle tuotantoerälle. Tuotannon testaus on pakollinen työvaihe, joten se vaatii tarkkaavaisuutta ja kehitystä. Asiakkaalle on hyvin tärkeää, että tuotteet on valmistettu heidän vaatimusten mukaan, joten testauksessa on oltava tarkkana ja virheiden määrä on minivoitava.

Arnon Oy:n asiakkaista valittiin yksi kasvava tuotannon osa, jonka tilausten määrä on kasvava ja tuotteet ovat toistuvia useissa projekteissa. Tuotanto, jossa automaatiota tullaan hyödyntämään, ovat tuotteet, joiden testauksessa on paljon toistuvia ja yksinkertaisia testauksia. Tuotteet ovat pääsääntöisesti sähkökeskuksia. Tuotannon valmistusta on kehitetty vuosien aikana reilusti, mutta nyt on aika kehittää myös tuotannon testauksen työvaihetta. Tuotannossa tuotetaan paljon keskuksia määrällisesti, joiden tuotantoaika on lyhyt, joten testaamista on määrällisesti paljon ja keskuksien sisältö on hyvin tyyppillisesti samanlaista. Asiakkaat ovat yritykselle tärkeitä, jonka puolesta on tärkeää panostaa tuotannon kaikkiin vaiheisiin eikä pelkästään tuotteiden valmistamiseen, sillä testaus on yksi osa tuotantoa.

Testauksen kehittäminen on tärkeää, sillä se on pakollinen työvaihe. Sen avulla voidaan sijoittaa resursseja muihin tehtäviin ja yksinkertaiset testaukset saadaan pidettyä tasalaatuisena.

Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda yritykselle automaatiojärjestelmä, jonka avulla voidaan suorittaa tuotteiden tehdastestaukset. Opinnäytetyössä valmistetaan automaatiojärjestelmäkeskus, joka sisältää tarvittavat komponentit PLC-ohjelmointiin ja testauksen tarpeisiin. Opinnäytetyön tarkoituksena on rakentaa ABB:n tuotteilla ohjausjärjestelmä tuotannon testauksen tarpeisiin.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada PLC-ohjelmien avulla älykkäämpiä ja kustannustehokkaampia ratkaisuja. Tavoitteena on saada testauksesta luonteva ja yksinkertainen työvaihe niin, että testausvirheiden määrä saadaan minimoitua. Tavoitteena on myös poistaa PLC-ohjelmien avulla testauksesta kaikki käsin tehtävät mittaukset, jotka voidaan toteuttaa automaation avulla. Automaation avulla tavoitellaan testauksen laadun pitämistä tasalaatuisena ja sillä pyritään minimoimaan inhimillisten virheiden määrää.

2 AUTOMAATIO

Automaatio on yleisesti täysin näkymätön, ja se on yleinen osa nykyaikaa. Ihmiskunnassa on paljon automaation avulla ohjattavia erilaisia prosesseja ja järjestelmiä, kuten vesi-, sähkö- ja energijärjestelmiä. Automaation avulla voidaan tuottaa massatuotantoa, joka mahdollistaa suurien tuotantoerien valmistamista halvalla ja energiaa sekä raaka-aineita säästäten. Massatuotannossa tuotteiden laatu pysyy tasaisena ja luotettavana automaation avulla. Pelkästään ihmisen tekemällä työllä ei päästä massatuotannossa samaan laatuun ja työn nopeuteen. Automaation avulla voidaan poistaa ihmiseltä sellaisia työvaiheita, jotka eivät ole hyväksi työntekijälle. Automaatio jaksaa työskennellä ympärivuorokautisesti pitäen laadun ja nopeuden samana. (Heinonkoski ym. 2008,18–19.)

2.1 Automaatio on automatisoituja ratkaisuja

Automaation on automaattisesti ennalta määritetty toiminta. Automaation avulla voidaan valvoa ja suorittaa toimintoja. Automaation on prosessin hoitajan keskeinen työkalu, jonka avulla säädellään prosessia. (Suomäki & Vepsäläinen 2016,11.)

Useimmissa ohjauksissa tarvitaan ihmisen ohjausta esimerkiksi autoissa, laivoissa ja lentokoneissa. Useimpia helppoja ohjauksia on aloitettu jo suorittamaan automaation avulla. Automaation tavoitteena on mahdollistaa helppojen ja yksitoikkoisten tehtävien suorittaminen. Normaalissa arjessa tulee vastaan manuaalisia ohjauksia. Lattialämmityksen säätäminen termostaatin avulla on manuaalinen ohjaus samoin kuin lämpötilanturi, joka säätelee huoneiston lämpöä. Automaatiossa tarvitaan käsi- ja automaatiohjauksia, joiden käytöstä suunnittelijalla on suuri vastuu. Monia teollisuuden laitteita voidaan ohjata automaattisesti tai ihminen voi asettaa halutessaan käsiohjauksen päälle. (Asp ym. 2008,38.)

Automaation käsitys ihmiskunnassa on muuttunut paljon vuosien aikana. Automaation suorittaminen on muuttunut enemmän ihmisten kannalta valvottavaksi toimenpiteeksi. Ihmisen tehtävä nykyajan prosesseissa ei ole enää säädellä prosessia aktiivisesti. Nykyajan prosesseissa ihmisen tehtävä on vahtia prosessia ja puuttua säätöihin, kun jotain yllättävää tapahtuu. Automaatio haastaa ihmiskuntaa jatkuvalla kehityksellä ja prosessien erilaisuudella. Ohjaustehtävät monimutkaistuvat heti, kun pitää hallita useampaa

systemiä yhtäaikaaisesti. Yhteen kytketyt tuotantojärjestelmät ovat monimutkaisia järjestelmiä. Niistä yksi esimerkki on lentäminen. Siinä yhdistyy kaksi eri ohjausjärjestelmää, jossa lentokoneen miehistö valvoo lentämänsä lentokoneen toimintaa ja lennonjohto valvoo useaa lentokonetta samanaikaisesti. Miehistö valvoo lentämänsä koneen korkeutta, nopeutta ja polttoainemääriä, kun taas lennonjohto valvoo nousuja ja laskuja ja ettei ole mahdollista, että lentokoneet törmäävät (Asp ym. 2008,39.)

2.2 Koneautomaatio

Koneautomaatio on laajakäsite osana automaatiota. Koneautomaation sijasta puhutaan useasti kappaleenkäsittelyautomaatiosta, joka sisältää teollisuudessa valmistusta, laadunvalvontaa, varastointiin ja kuljetukseen sisältävää automaatiota. Suunnittelussa koneautomaatiosta voidaan erottaa kaksi erilaista automaatiota, joita ovat koneautomaatio ja kappaleenkäsittelyautomaatio. Tuotanto-automaatio, automaattiset työstökoneet, automaattisesti toimivat koneet ja miehittämätön tehdas on osa-alueita koneautomaatiossa. (Fonselius ym.1996,8.)

2.3 Prosessi- ja kappaletavara-automaatio

Paperi- ja selluteollisuus on hyvä esimerkki pitkälle automatisoidusta prosessiautomaatiosta. Ihmisen puuttumista prosessiautomaatioon tarvitaan vain häiriö- ja vikatilanteissa. (Fonselius ym.1996,8.) Yleisesti prosessissa hallitaan reaktioita ja ilmiöitä. Prosessiautomaation osa automaatiota on se jossa, käsitellään virtaavia aineita. Virtaavien aineiden automaatioissa pyritään käsittelemään yleisesti suureita, joita ovat virtausnopeus, lämpötila ja pinnankorkeus. Prosessiautomaatio perustuu mittauksiin, joiden avulla automaatio säätelee prosessia. Mittauksissa kerätään mittaustietoa, jota verrataan takaisin tulevaan signaaliin tätä, kutsutaan takaisinkytketyksi säädöksi. Mittalaitteet syöttävät jatkuvasti tietoa järjestelmään. Järjestelmä ohjaa prosessia mittalaitteiden lähettämän signaalin avulla. Antureiden avulla mitataan järjestelmässä esimerkiksi lämpötilaa, jonka mittauslähetin muuttaa viestin paremmin tunnistettavaan muotoon, joka on yleisesti milliampeeriviesti tai jänniteviesti. Valvomolaitteiden avulla prosessinohitaja säätelee prosessia kentältä tulevien mittaustietojen avulla. (Kippo & Tikka. 2008,12-13)

Teollisuuden yhtenä osa-alueena pidetään kappaletavara-automaatiota. Kappaletavara-automaatioissa käsitellään selvästi erotettavia kappaleita. Automaation avulla kappaletavara-automaatioissa voidaan resursseja käyttää kappaleen määrätyn ominaisuuden tunnistamiseen. Ominaisuuksien tunnistamisella ohjataan erilaisia automaattisia toimintoja. Kappaletavara-automaatioissa voidaan puhua automatisoidusta tuotannosta vasta siinä vaiheessa, kun laitteet toimivat itsenäisesti ilman ihmisen jatkuvaa ohjausta. Automaation käyttö on yleistynyt kaikessa tuotannossa kappaletavara-automaatioissa. Kappaletavara-automaation käyttö on yleistynyt erityisesti metalli- ja sähköteollisuudessa. Esimerkiksi konepajoissa on käytössä CNC-työstökoneiden ja robottien käyttö on yleistynyt. (Kippo & Tikka. 2008,11-12,17-18)

3 TESTAUKSEN VAIHEET

Tässä kappaleessa käydään läpi testauksen työvaiheet. Testaus koostuu erillisistä vaiheista, joiden avulla tarkastetaan tuote toimivaksi ja oikein valmistetuksi.

Tuotannon tarkastamisessa on neljä erityövaihetta. Työvaiheita ovat materiaalien oikeellisuuden tarkastaminen, tuotteen mekaanisten toimintojen tarkastaminen, tuotteen sähköinen tarkastaminen, raportointi ja muita pienempiä tehtäviä.

3.1 Materiaalien tarkastaminen

Valmistetun tuotannon projektin tarkastaminen aloitetaan tuotteeseen asennettujen komponenttien tarkastamisella. Tuotteeseen asennetut komponenttien oikeellisuus tarkistetaan asiakkaan toimittaman osaluettelon perusteella. Komponenttien tarkastamisessa vaaditaan erityistä tarkkaavaisuutta, jotta voidaan todeta komponenttien oikeellisuus ja niiden toimivuus valmistetussa tuotannossa. Tarkistetaan komponentin oikeellisuus tuotantoon niin, että se toimii keskukseseen asetettujen speksien mukaan.

3.2 Mekaanisten ja sähköisten toimintojen tarkastaminen

Tuotteen tarkastamisen tärkein vaihe on mekaanisten -ja sähköisten toimintojen tarkistus. Yleisempiä tuotteissa olevia mekaanisia tarkastuksia ovat pääkytkimien, valinta kytkimien, painonappien ja ohjauslaitteiden tarkastus. Tuotteiden mekaanisten toimintojen tarkastaminen tulee yleisesti suoritettua samalla, kun tuotetta tarkastetaan sähköisesti. Komponenttien mekaanisten toimintojen tarkastaminen on tärkeää, jotta voidaan todeta komponenttien toimivuus jo ennen tuotteen virallista käyttöä. Samalla todetaan, että komponentit ovat toimitettu yritykselle toimivina ja ehjinä.

Sähköisten toimintojen testaus aloitetaan asettamalla tuotteeseen syöttökaapeli, jonka avulla voidaan simuloida tulevaa lopullista jännitelähteen syöttöä. Tuotteen testaus suoritetaan sähköisesti mahdollisimman todenmukaisesti niin kuin se tulee asiakkaan käytössä toimimaan. Komponentit testataan sähköisesti vastaavalla jännitteellä, millä komponentit tulevat käytössäkin toimimaan. Komponentteihin syötetyllä jännitteellä tarkistetaan esimerkiksi kontaktorin toiminnasta se, että kontaktorin kelat vetävät, kun jännite

tulee ja kontaktorien avautuvien- ja sulkeutuvien kärkien toiminta. Laitteiden, joiden toimintaa ei voida sähköisesti tarkistaa tarkistetaan yleismittarin ohmi puolella toteamalla, että komponenttien väliset johdotukset on tehty oikein. Logiikkojen analogiset kortit ovat yleisesti sellaisia, joita ei voida sähköisesti testata ilman laitteeseen asennettua logiikkaohjelmaa.

3.3 Raportointi

Testauksen vaiheista viimeinen on raportointi, kun tuotanto erä on testattu ja se on valmiina toimitettavaksi asiakkaalle, on vuorossa raportointi. Raportointiin kuuluu erilaisten dokumenttien tekeminen asiakkaalle ja tuotannon suoritusten seurantaan olevia seuranta-aulukkoja, joihin kirjataan tarpeelliset tiedot tuotannon valmistamisesta. Tuotteista tehtävien pöytäkirjoilla voidaan todistaa asiakkaalle määrättyjen testausten suorittaminen hyväksytysti ja laadukkaasti. Raportoinnin avulla saadaan talteen tuotannosta tärkeää dataa ja sen avulla voidaan kehittää yrityksen ja yksittäisen työntekijän työn laatua. Tuotannon raportoinnilla voidaan poistaa tuotannossa olevia virheitä yrityksessä tai vastaavasti voidaan kirjata asiakkaan virheet talteen ja voidaan viestittää asiakkaita asioista raportoinnin avulla. Raportoinnin avulla poistetaan tuotteissa mahdollisesti olevia suunnittelu virheitä, jonka avulla jatkossa tuotannon valmistaminen on sujuvampaa ja virheet on korjattu.

4 PLC-OHJELMOINTI

Luvussa käsitellään PLC-ohjelmointia ja sen periaatteita. Käsiteltäviä asioita ovat erilaiset ohjelmointiperiaatteet, ABB:n automation builder ja Codesys.

4.1 Ohjelmointi

Ohjelmointi aloitetaan suunnittelemalla ohjelmalle toimintatarkoitus, laaditaan toiminta-kaavio tai sanallinen kuvaus ohjelman toiminnasta. Suunnittelija valmistaa suunniteluohjelmalla ohjelman, jonka toiminta vastaa aikaisemmin asetettuja vaatimuksia. Ennen varsinaisen suunnittelun alkua suunnittelija valmistaa logiikkakaavion, jonka avulla suunnitellaan varsinainen ohjelma. Yleisimmin käytetyt ohjelmointitavat suunnittelussa on logiikkakaavio eli FBD, relekaavio- LD ja käskylista IL. (Fonselius ym.1999,117.)

4.1.1 Relekaavio-ohjelmointi

Relekaavio-ohjelmointi on yleisesti käytetty ohjelmointi kieli. Relekaavion käyttö perustuu ohjelmoinnin alkujoiille. Ohjelmointi kehitettiin aikanaan korvaamaan releohjausten käyttö. Relekaaviosta käytetään yleisesti nimitystä tikapuukaavio ja kosketinkaavio. Relekaavio ohjelmoinnissa käytetään virtapiirejä, JA- tai TAI-koskettimia, lisäksi ohjelmassa voidaan käyttää lisäksi toimilohkoja. Tyypillisiä ohjelmoinnissa käytettäviä toimilohkoja ovat ajastimet, RS-piirit ja laskurit. (Fonselius ym. 1999,119-120.)

4.1.2 Logiikkakaavio-ohjelmointi

Ohjelmointi perustuu standardissa IEC 617 määritettyjen symbolien käyttöön. Jos IEC 617- ja IEC 1131-3 -standardeissa tulee vastaan ristiriitoja, tulee jatkossa soveltaa standardia IEC 1131-3. Logiikkakaavion yhtenä etuna on loogisten toimintojen mahdollinen esitys tiiviisti ja havainnollisesti. (Fonselius ym. 1999,121.)

4.1.3 Käskylistaohjelmointi

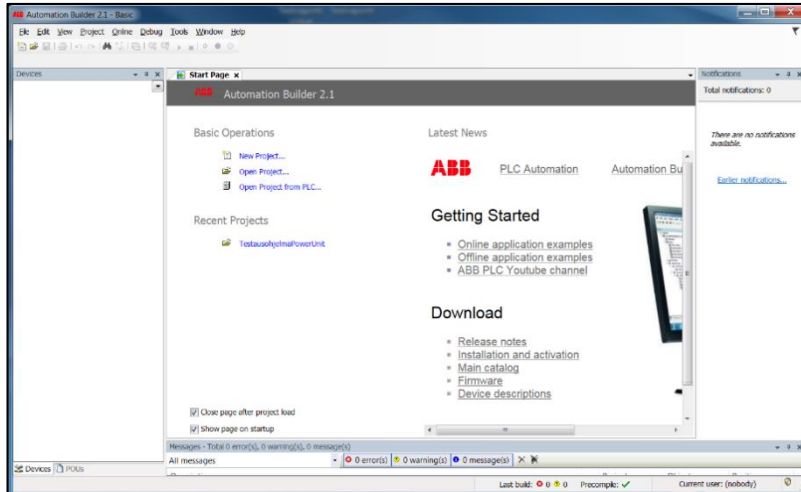
Käskylistaohjelmoinnin käyttö muistuttaa Assembly-kieltä. Käskyjen suorittaminen perustuu käskylistaan ja siihen liitettyihin operandeihin ja kommentteihin. Käskylista ohjelmointi perustuu pitkälti logiikkakaavion ja relekaavion rakenteisiin. Ohjelmointi aloitetaan suorittamalla latauskäsky ja päättyy yleisesti lähdön tai muistipaikan ohjaukseen. (Fonselius ym. 1999,122.)

4.2 ABB automation builder 1.2 -projektin valmistus

ABB automation builder on automaatio-ohjelmisto, jonka avulla valmistajat voivat yhdistää automaatioprojektin suunnittelun, käyttöönoton ja ylläpidon yhden ohjelman avulla. Ohjelmiston perustoimintoihin kuuluu PLC ohjausohjelmat, suunnitteluohjelmat, ohjauspaneelien suunnittelu, taajuusmuuttajaohjelmointi ja robottien ohjaus. Automation builder on saatavilla kolmena versiona basic, standard ja premium. Basic versio on ilmainen, kun taas standard ja premium versiot ovat maksullisia. (ABB 2018.)

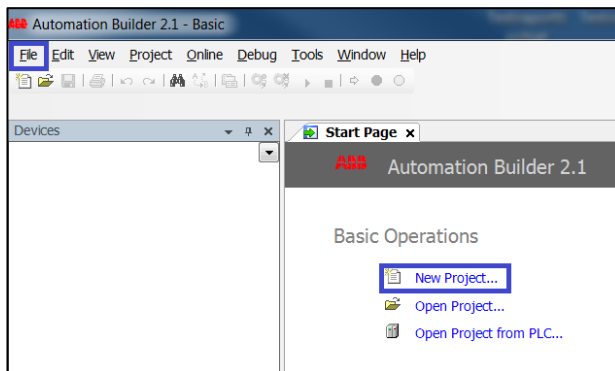
Seuraavassa vaiheessa valmistetaan Codesys-ohjelmalle ohjelmointi pohja. Määritetään tulevassa ohjelmassa tarvittavat parametrit ja komponentit.

ABB automation builder -ohjelman valmistus aloitetaan avaamalla ohjelma ABB automation builder pikakuvakkeesta tai avaamalla ohjelma käynnistä -valikosta etsimällä. Ohjelma avautuu aloitusnäkyymään (Kuva 1).



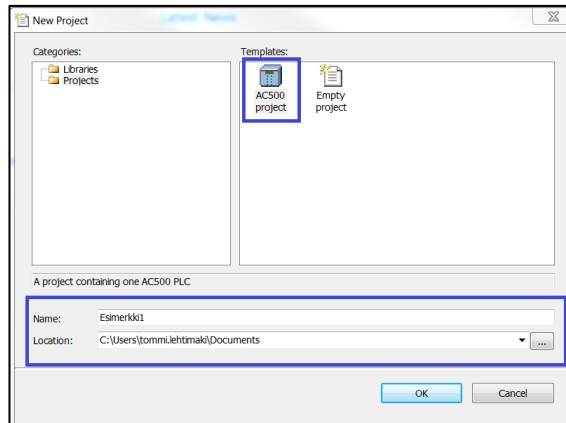
Kuva 1. ABB automation builder aloitusnäky

Projektin valmistaminen aloitetaan valitsemalla aloitusnäkyästä *new project* tai *file* valikosta valitsemalla *new project* (Kuva 2). Valikosta valitaan kahdesta vaihtoehdosta joko *AC500 project* tai *empty project*. Valittaessa *AC500 project*, ohjelma määrittää automaattisesti valitun ABB AC500 laitteiston komponentit suunnitteluun. Valinnan jälkeen nimitetään aloitettava projekti ja valitaan tiedostolle tallennuspaikka.



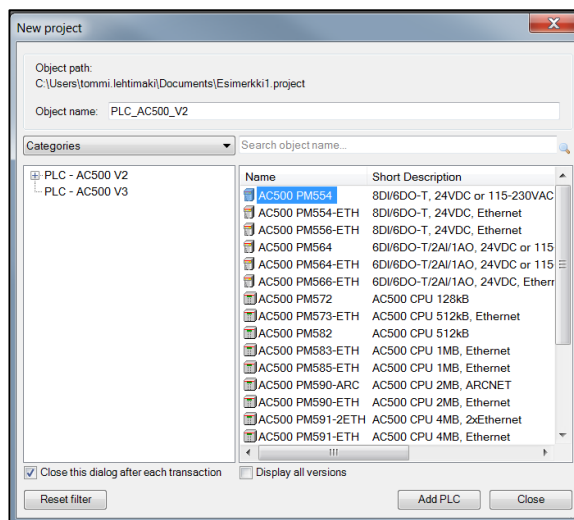
Kuva 2. New Project aloitus

Valitaan *AC500 Project*, valitaan kansio, minne projekti tallennetaan ja nimetään projekti (Kuva 3).



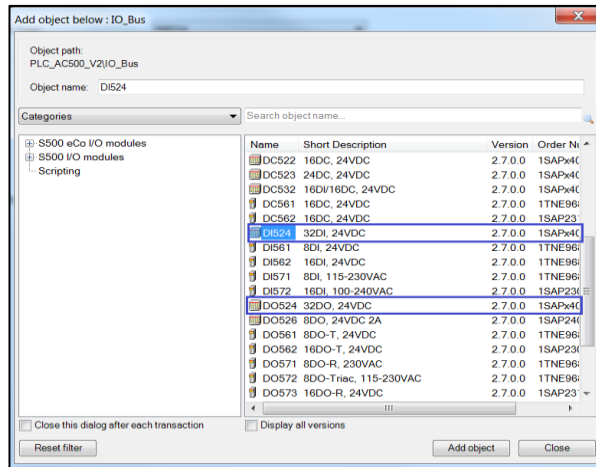
Kuva 3. Alustan valinta, projektin nimeäminen ja tallennus

Seuraavaksi valitaan projektille PLC, joka tulee olemaan tässä tapauksessa ABB AC500 PM554 (Kuva 4).



Kuva 4. PLC:n Valinta

Projektiin liitetään lisää I/O-kortteja painamalla hiiren oikealla näppäimellä näytön vasemmassa reunassa olevaa *IO_bus* valintaa ja sieltä valitaan *add object*. Ikkunan avaututtua voidaan valita tarpeen mukaan sopivat I/O-kortit (Kuva 5). Valitaan *DI524* kortti ja painetaan *add object*. Tämä vaihe pitää tehdä erikseen jokaiselle liitettävälle I/O-kortille. Avataan ikkuna uudelleen ja valitaan *DO524* I/O-kortti.



Kuva 5. Digitaalisen I/O-kortin valinta

Ennen ohjelmoinnin aloittamista pitää määrittää tarvittavat tulot ja lähdöt I/O-korttien asetuksiin. Korttien asetuksiin pääsee kaksoisklikkaamalla vasemmalla olevasta valikosta haluttua korttia, jonka jälkeen se aukeaa ja voidaan määrittää tarvittavat parametrit. Digitaalisissa korteissa riittää, että aktivoidaan tarvittavat lähdöt ja tulot. Kuvassa 6 on määritetty tarvittavat sisääntulot: voidaan määrittää tulo 1 asettamalla *variable* sarakkeeseen DI_00 ja halutessaan voi lisätä *description* sarakkeeseen kuvauksen portille selventämään sen toimintaa. Vastaavasti kuvassa 7 on tehty asetukset kortin lähdöille.

Object Name	Variable	Channel	Address	Type	Description	Terminal
DI524		Digital inputs I0 - I31	%IX0	DWORD		
DI524		Digital inputs I16 - I31	%IX0	WORD		
DI524		Digital inputs I0 - I7	%IX0	BYTE		
DI524	DI_00	Digital input I0	%IX0.0	BOOL	SISAANTULO 1	1.0
DI524	DI_01	Digital input I1	%IX0.1	BOOL	SISAANTULO 2	1.1
DI524	DI_02	Digital input I2	%IX0.2	BOOL	SISAANTULO 3	1.2
DI524	DI_03	Digital input I3	%IX0.3	BOOL	SISAANTULO 4	1.3
DI524	DI_04	Digital input I4	%IX0.4	BOOL	SISAANTULO 5	1.4
DI524		Digital input I5	%IX0.5	BOOL		1.5
DI524		Digital input I6	%IX0.6	BOOL		1.6
DI524		Digital input I7	%IX0.7	BOOL		1.7

Kuva 6. Tulojen määrittäminen

Object Name	Variable	Channel	Address	Type	Description	Terminal
DO524		Digital outputs O0 - O7	%QX0	BYTE		
DO524	DO_00	Digital output O0	%QX0.0	BOOL	LÄHTÖ 1	1.0
DO524	DO_01	Digital output O1	%QX0.1	BOOL	LÄHTÖ 2	1.1
DO524	DO_02	Digital output O2	%QX0.2	BOOL	LÄHTÖ 3	1.2
DO524	DO_03	Digital output O3	%QX0.3	BOOL	LÄHTÖ 4	1.3
DO524	DO_04	Digital output O4	%QX0.4	BOOL	LÄHTÖ 5	1.4
DO524		Digital output O5	%QX0.5	BOOL		1.5
DO524		Digital output O6	%QX0.6	BOOL		1.6
DO524		Digital output O7	%QX0.7	BOOL		1.7

Kuva 7. Lähtöjen määrittäminen

4.3 CoDeSys

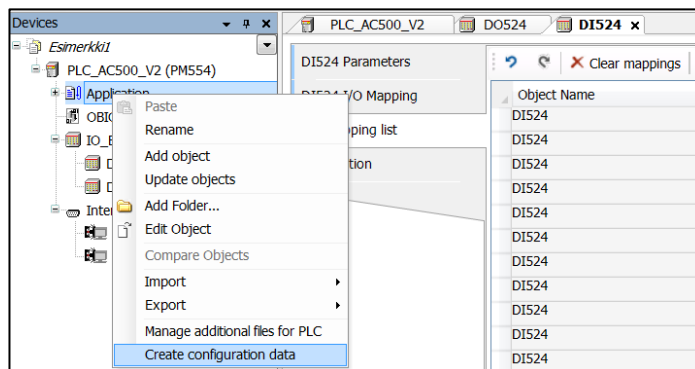
Codesys ohjelman on perustanut vuonna 1994 3S-Smart software solutions. Codesys on luotu automaatioprojektien suunnitteluun noudattamalla IEC-61131-3 standardia. Codesys on monipuolinen ohjelmisto, joka sopii moniin eri laitteistoihin. Asiakkuuksia on tällä hetkellä yli 400 eri teollisuusyrityksessä maailmanlaajuisesti. Asiakkaat ovat pääsääntöisesti ohjelmoitavien tuotteiden valmistajat. Tällä hetkellä 3S-smart software solutions yrityksessä työskentelee yli 150 henkilöä, jotka kehittävät ohjelmaa ja markkinoivat sitä. Codesys on suunnitteluohjelma eikä sillä ei ole omia fyysisiä komponentteja vaan se hyödyntää muiden valmistajien komponentteihin.

4.3.1 Esimerkkiohjelman kuvaus

Esimerkkiohjelman tarkoituksena on tutustua erilaisiin ehtopiireihin ja niiden toimivuuteen. Esimerkkiohjelman asetetaan kolme digitaalista tuloa ja 1 digitaalinen lähtö. Digitaalinen lähtö aktivoituu, kun tulo 1 tai tulo 2 on aktiivinen ja lisäksi tulo 3 on aktivoituneena 3 sekunnin viiveellä. Kun ehdot ovat täyttyneet niin lähtö 1 aktivoituu.

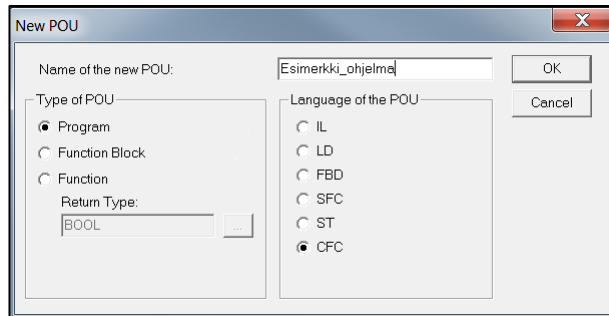
4.3.2 Codesys-esimerkki ohjelman valmistaminen

Valmistetaan Codesys-ohjelmistolla yksinkertainen ohjelma. Codesys toimii yhdessä ABB automation builder -ohjelman kanssa. Aikaisemmassa vaiheessa projektille valittiin komponentit ja asetettiin parametrit. Valitaan hiiren oikealla *application* ja valitaan *create configuration data*. Tämän jälkeen codesys aukeaa automaattisesti (Kuva 8).



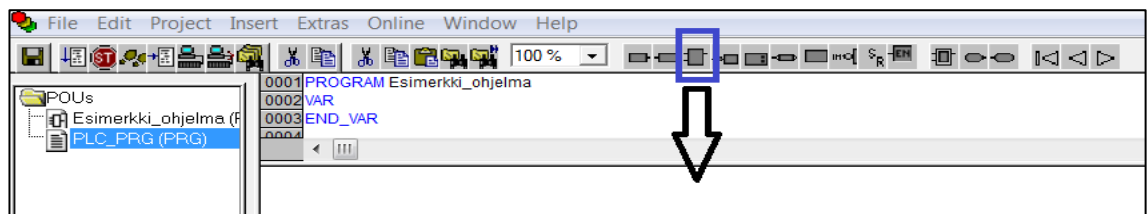
Kuva 8. Ohjelmoinnin aloittaminen

Uuden ohjelman luominen aloitetaan valitsemalla vasemmassa reunassa olevasta listasta PLC_PRG ja sieltä *add object*, jonka jälkeen aukeaa ikkuna, mistä voidaan valita ohjelmointikieli ja nimetä ohjelma. Valitaan ohjelmointikieleksi *CFC* ja annetaan ohjelman nimeksi *Esimerkki_ohjelma*.

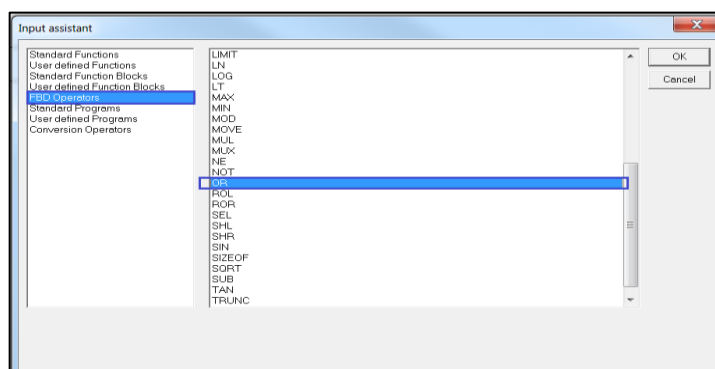


Kuva 9. Ohjelmointi kielen valinta ja projektin nimeäminen

Seuraavaksi voidaan aloittaa ohjelman luominen ehtopiirien asettamisella. Ensin lisätään toimilohko valitsemalla ylävalikosta kuvake (Kuva 10) ja valitaan se painamalla hiiren vasenta näppäintä ja vedetään ohjelmointi alueelle. Toimilohko määräytyy automaattisesti AND toimilohkoksi, joka voidaan muuttaa valitsemalla AND teksti ja painamalla F2 (Kuva 11) tai kirjoittamalla AND tekstin tilalle haluttu toimilohkon nimi.

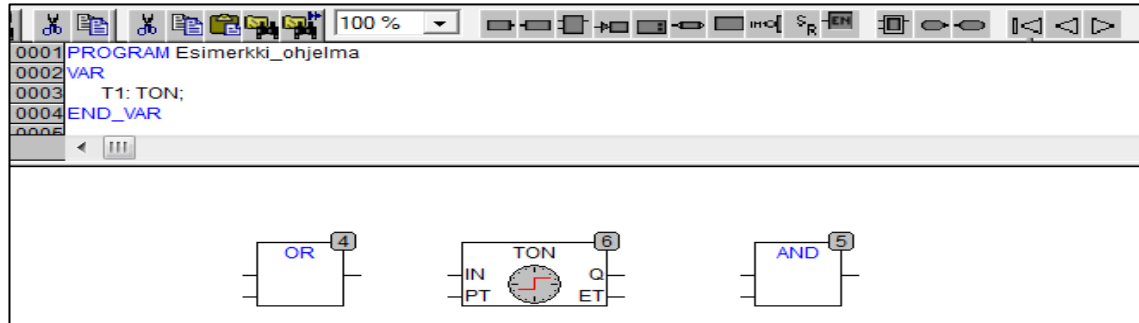


Kuva 10. Toimilohkon lisääminen



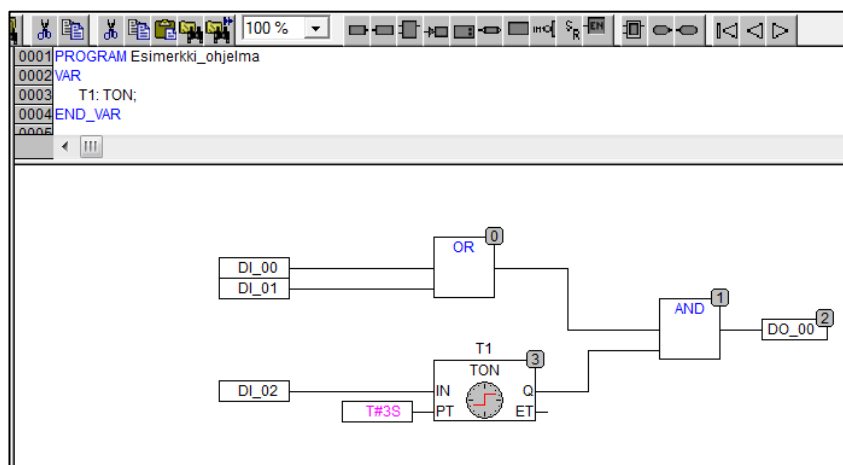
Kuva 11. OR-ehdon valinta

Tämän jälkeen voidaan lisätä samalla periaatteella tarvittavat toimilohkot. Tässä esimerkki ohjelmassa tarvitaan vielä yksi TON-lohko eli ajastin ja yksi AND-lohko (Kuva 12).

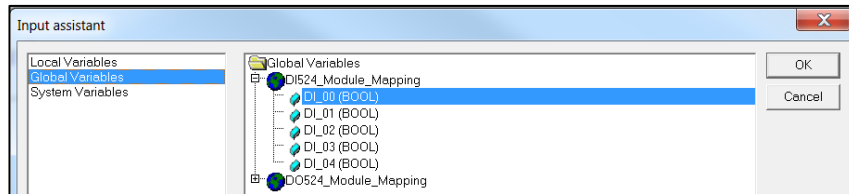


Kuva 12. Tarvittavat toimilohkot

Lisätään ehto lohkoille tulot ja lähdöt painamalla hiiren oikeaa näppäintä ja valitsemalla sieltä Input/output. Tässä voi käyttää myös pikanäppäimiä, jotka ovat inputille ctrl+I ja outputille ctrl+U. Määritetään tuloille ja lähdöille portit, jotka määritettiin kuvissa 6 ja 7. Määritys tapahtuu joko kirjoittamalla laatikkoon haluamansa portin tai valitsemalla laatikon painamalla F2 näppäintä ja valitsemalla avautuvan ikkunan kautta *global variables* -> ja haluttu portti (Kuva 14). Asetetaan ajastimelle aika valitsemalla PT-porttiin asetettu input laatikko ja kirjoittamalla siihen T#3S, joka tarkoittaa, että kun IN-portti aktivoituu, niin kolmen sekunnin kuluttua Q output portti aktivoituu. Yhdistetään ehtolohkot toisiinsa niin että OR-portin lähtö menee AND-lohkon sisääntuloon ja TON-lohkon lähtö menee AND-lohkon sisääntuloon.

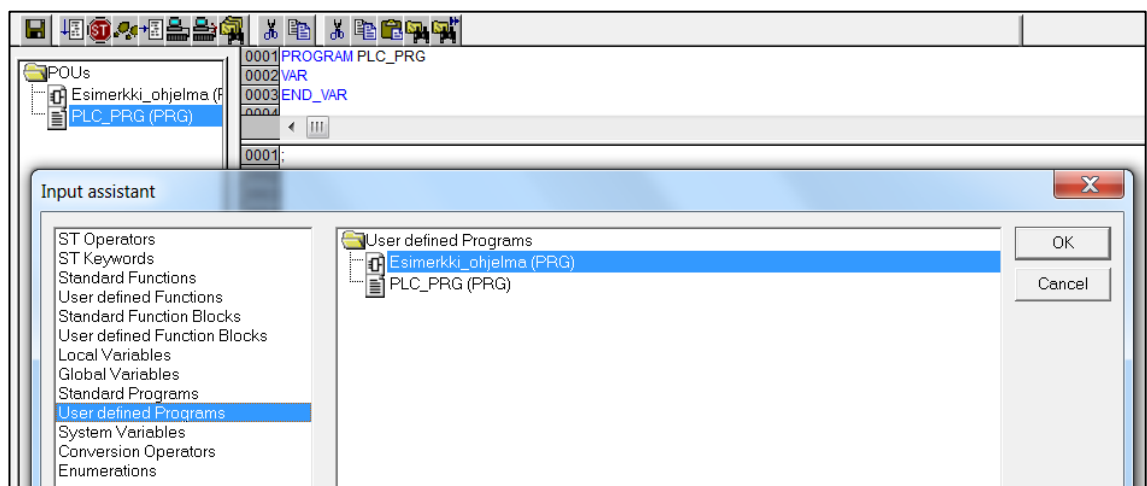


Kuva 13. Tulojen ja lähtöjen lisäys



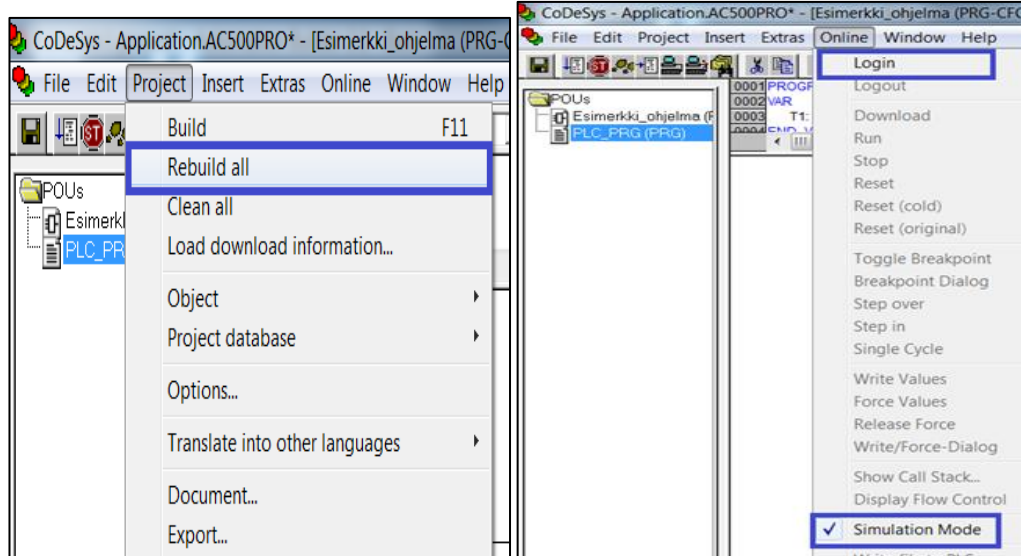
Kuva 14. Input-portin valinta

Ennen kuin ohjelma on valmis simulointia varten niin ohjelma pitää lisätä vielä pääohjelmaan. Tupla klikataan ikkunan vasemmassa reunassa olevaa PLC_PRG, joka avaa pääohjelman esiin. Valitaan rivi 1 ja painetaan F2. Ikkuna avautuu ja valitaan *user defined programs* ja valitaan sieltä ohjelma, joka liitetään pääohjelmaan (Kuva 15). Tämän vaiheen jälkeen ohjelma on valmis ladattavaksi logiikkaan. Ennen kuin ohjelmaa ladataan logiikkaan niin ohjelma kannattaa testata simuloinnin avulla.



Kuva 15. Ohjelman lisääminen pääohjelmaan

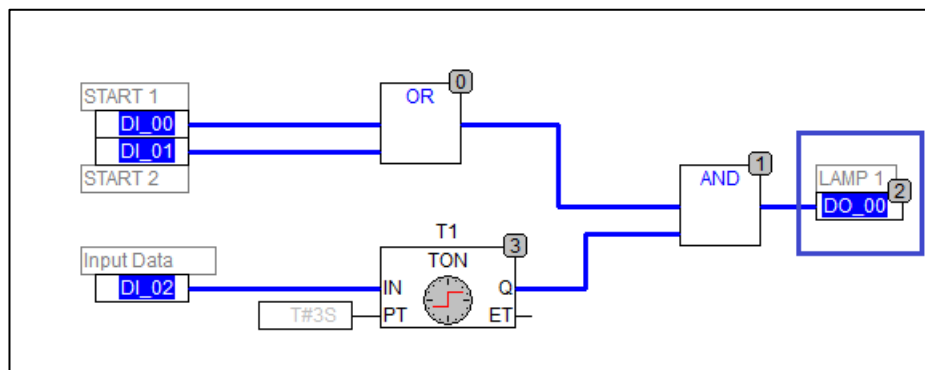
Valitaan ylävalikosta ensin *project* ja alas vetovalikosta valitaan *rebuilt all*. Tämän avulla rakennetaan ohjelma yhteensopivaksi (Kuva 16). Valitaan ylävalikosta *Online* ja varmistetaan, että *simulation mode* on valittuna ja valitaan login. Tämän jälkeen ohjelma on valmis testattavaksi.



Kuva 16. Rebuild all

Kuva 17. Simulation mode ja login

Simulointi aloitetaan painamalla F5 tai valitsemalla *Online* ylävalikosta *run* -painike. Ohjelmaan asetettuja tuloportteja voidaan ohjata simuloinnissa tuplaklikkaamalla porttia, jonka jälkeen portti muuttuu true -tilaan, joka pitää vielä vahvistaa painamalla ctrl+F7 tai valitsemalla *Online* ylävalikosta *write values* painikkeeseen. Aktivoimalla kaikki kolme tuloporttia, odottamalla että ajastimen aika on kulunut ja kaikki ehdot ovat täyttyneet niin lähtöportti DO_00 aktivoituu ja muuttuu siniseksi (Kuva 18). Nyt on todettu ohjelman toimivuus ja se on valmiina ladattavaksi logiikkaan.



Kuva 18. DO_00 aktiivinen

5 OHJELMOITAVA LOGIIKKA

Tässä luvussa käsitellään logiikkojen toimintaperiaatteita ja käyttökohteita. Tarkastellaan logiikan ominaisuuksia ja mahdollisuuksia.

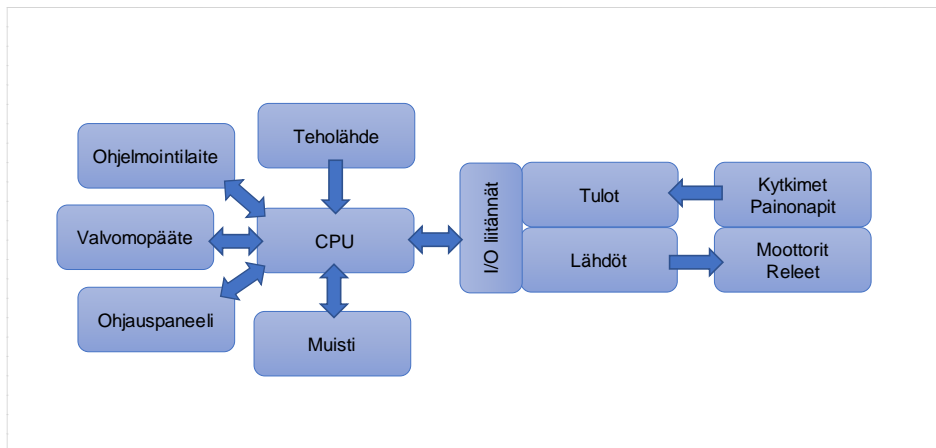
5.1 Logiikat yleisesti

Ohjelmoitava logiikka on itsenäinen yksittäinen osa ohjelmoitua automaatiojärjestelmää. Logiikan tehtävänä on ohjata määrättyä osaa automaatioprosessia. Ohjelmoitava logiikan tehtävänä on ohjata prosessia logiikkaan ladatun ohjelman mukaisesti. Logiikka on suunniteltu korvaamaan aikaisempia releohjauksia. PLC-järjestelmä perustuu erilaisiin laskentaoperaatioihin, joita ovat AND, NAND, OR ja NOR-operaatiot. Analogiset signaalit ovat nykyaikana osa logiikan perusominaisuuksia. Logiikan toimintaa voidaan nykyään seurata ohjauspaneelleista, joista voidaan myös vaikuttaa logiikan toimintaan. (Kippo & Tikka. 2008,54-55.)

Logiikat toimivat tärkeänä osana ohjausjärjestelmää. Toimintoja logiikassa ohjaa prosessori ja käyttöjärjestelmä. Logiikat käyttävät ohjelmointikieltä, joka perustuu logiikkaportteihin ja käskysanoista. Logiikat tarvitsevat toimintaan tuloja, joihin kytketään kytkimet ja anturit. Logiikan lähtöihin kytketään ohjattavat laitteet, joita ovat esimerkiksi lamput, releet ja moottorit. Logiikkatyyppinä on kahta erilaista, toinen on tikapuuperiaate toimiva, sitä kutsutaan askeltavaksi logiikaksi ja vapaasti ohjelmoitava logiikka. Vapaasti ohjelmoitava logiikka lukee jatkuvalla tahdilla tulojen ja lähtöjen tilaa. Vapaasti ohjelmoitava logiikan on mahdollista muuttaa lähtöjen tilaa vapaasti valittavassa järjestyksessä. Vapaasti ohjelmoitavan logiikan yksi ohjelmakierros kestää suuruudesta riippuen 0,0005...0,1 ms/ohjelmariivi. Logiikat on jaettu kahteen erilaiseen malliin fyysisesti. Logiikat voivat olla kiinteällä I/O määrällä varustettuja tai logiikka kootaan erillisistä moduuleista. Kiinteillä I/O määrällä varustetut soveltuvat käytettäväksi pieniin sovelluksiin. Moduuleista valmistettu logiikka on laajennettavissa tarvittaessa ja siitä saadaan valmistettua laaja kokonaisuus. Logiikat eroavat kytkennältään toisistaan, kytkennät ovat PNP- tai NPN tyyppisiä. Euroopassa käytetään positiivisesti kytkeytyviä logiikoita ja USA:ssa ja Japanissa käytetään negatiivisesti kytkeytyviä. (Keinänen ym. 2007,222-223.)

5.2 Logiikan laitteisto

Logiikan ympärille rakennetaan erilaisista komponenteista ja laitteista ympäristö, jonka avulla logiikka saadaan suorittamaan tarvittavaa ohjelmaa. Kuvassa 19 on esitetty logiikan toimintaan vaikuttavat laitteet.



Kuva 19 Logiikan järjestelmäarkkitehtuuri

5.2.1 Keskusyksikkö, CPU

CPU eli keskusyksikkö toteuttaa ohjelmoituja käskyjä yksi suoritus vuorollaan. Nykyaikana logiikat ovat toteutettu toimimaan prosessorin avulla. Prosessori mahdollistaa aritmeettiset suoritukset. Keskusyksiköissä on valmiina muistia, joka riittää suorittamaan kirjoitus- ja lukumuistia työmuistina. (Keinänen ym. 2007,225.)

5.2.2 Logiikan tulot

Tulopiirien tehtävänä on ottaa vastaan kentältä tulevat signaalit ohjelmoitavaan logiikkaan. Signaalit tulevat tuloihin yleisesti kentällä olevista laitteista, joita ovat yleisesti releiden kärkitiedot, kytkimet ja anturit. Kentältä tulevat tiedot ovat yleisesti binäärisiä eli kaksitilaisia. Nykyaikana logiikkojen tulot voivat olla myös analogisia, joiden avulla voidaan ottaa vastaan mittaustietoja sekä pulssituloja. Tuloviestit eivät siirry suoraan logiikkaan vaan välitys tapahtuu valodiodin ja fototransistorin suorittamalla optoerotuksella.

Optoerotuksesta käytetään myös nimeä galvaaninen erotus. Tulotietojen varten jokaiselle portille on led-valo, jolla ilmaistaan tulon tila. Tulojen tilaa voidaan seurata ohjauspaneelista tai online-tilassa olevasta tietokoneesta. (Keinänen ym. 2007,225.)

5.2.3 Logiikan lähdöt

Lähtöpiirien tehtävänä on ohjata kentälle asennettuja toimilaitteita esimerkiksi valaisimia, moottoreita, kontaktoreja ja venttiilejä. Lähdöt ovat tyypiltään transistori- tai relelähtöjä. Relelähdöillä voidaan ohjata tasasähköä ja vaihtosähköä. Transistorilähdöillä ohjataan koneautomaatioissa 24 VDC toimivia laitteita. Transistorilähtöjen toimintaviive on 2ms ja relelähtöjen toimintaviive on 10ms. (Keinänen ym. 2007,225.)

5.2.4 Ohjelmamuisti

Ohjelmamuistiin tallennetaan suunniteltu ohjelma ja siellä on kaikki tieto, millä automatisoitu sovellus toimii. Logiikan muistin suuruus ilmoitetaan yleisesti ohjelmarivien määrän mukaan, perusyksikkönä käytetään 1 K= 1024 käskyä. muistin koko vaihtelee pienistä 0,25 kilosta aina isoihin 256 kilon muistikapasiteetteihin. Käytettyjä muistityyppejä on CMOS-RAM, EPROM ja EEPROM. (Keinänen, ym. 2007, 225-226.)

5.2.5 Ohjelmointilaite

Ohjelmointilaite on olennainen osa logiikkaa, jonka avulla suunnitellaan ja ladataan ohjelmat logiikkaan. Ohjelmointilaitteen avulla voidaan simuloida ohjelman toimivuutta ja käyttää vian etsinnässä. Ohjelmointilaitteen rinnalla käytetään nykyaikana tietokonetta, jolla luodaan valmis PLC-ohjelma, joka voidaan asentaa suoraan logiikkaan. (Keinänen, ym. 2007,226.)

6 TESTAUSAUTOMAATION SUUNNITTELU JA VALMISTUS

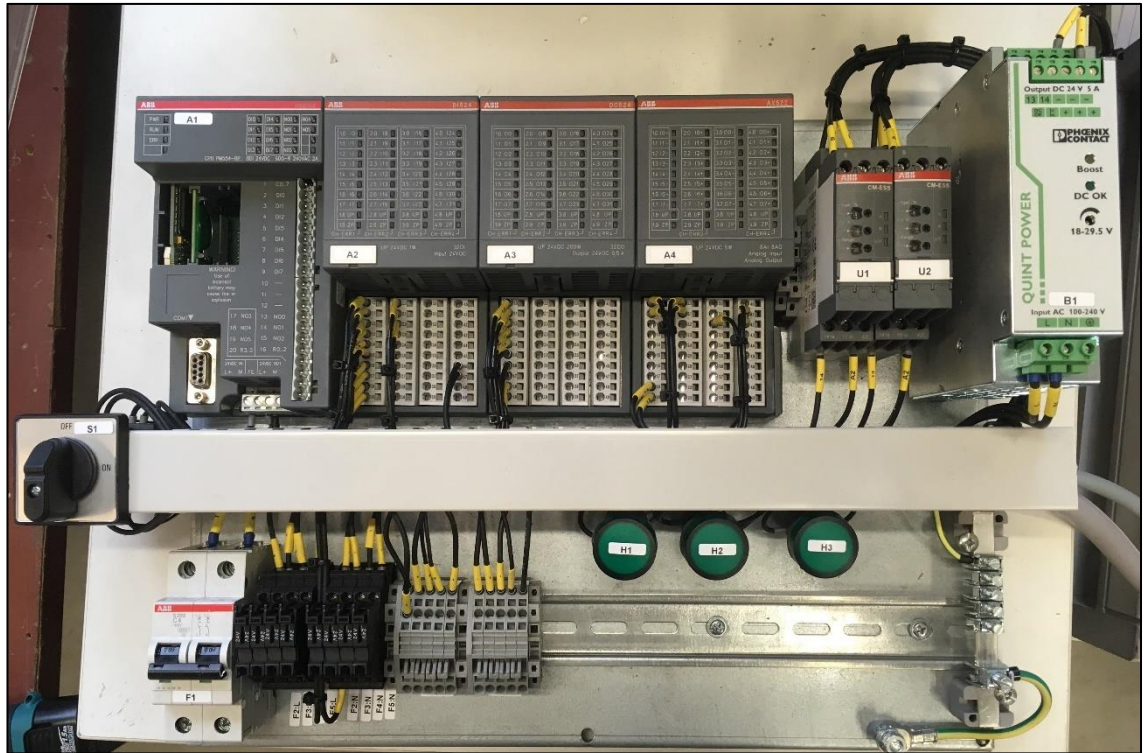
Luvussa käsitellään opinnäytetyön aiheena olevan testausautomaation suorittamista. Automaatio-ohjelman suunnittelu ja vaatimukset. Automaation asettamat vaatimukset komponenttien valintaan. Tarvittavien mittausten ja tarkistusten suunnittelu.

6.1 Karkeasuunnittelu

Testausautomaation suunnittelu aloitettiin miettimällä karkealla suunnittelulla, mitä vaatimuksia tuotanto asettaa automaatiolle. Keskuksien testaustarpeet suunniteltiin aikaisempien testauskokemuksien perusteella. Tämän jälkeen päätettiin, mihin tuotantoon automaatiota aiotaan hyödyntää ja mitä vaatimuksia keskus asettaa automaatiolle. Projektin alkuvaiheessa valittiin ohjelmisto, millä aloitettiin testausohjelman suunnittelu ja testauskeskukseen valittiin tarvittavat komponentit. Valittiin käytettäväksi ABB AC500 sarjan komponentteja sekä Automation builder suunnittelu ohjelmaa, lisäksi ohjelmoinnissa käytetään Codesys ohjelmistoa. Suunnittelu vaiheessa todettiin, että logiikassa pitää olla mahdollisuus laajennuksiin. Päätettiin valita komponentit sen mukaan, että saadaan laajennukset helposti lisättyä. Valittiin prosessoriksi ABB:n PM554-RP. Prosessori on helposti laajennettava, joten se oli sopiva asetettuihin vaatimuksiin. Suunnitteluvaiheessa todettiin, että muistikortin avulla on helppo ladata ohjelma logiikkaan, eikä nähty tarvetta Ethernet portilliselle prosessorille.

6.2 Asennuslevyn suunnittelu

Ohjauskeskuksen suunnittelu aloitettiin valitsemalla varastossa olevista pohjalevyistä sopivan kokoinen metallinen asennuslevy. Asennuslevyn koko määritettiin siihen asennettavien komponenttien mukaan. Asennuslevyyn asennettiin kaksi DIN kiskoa, joihin asennettiin tarvittavat komponentit ja kiskojen väliin asennettiin asennuskouru. Ylempään kiskoon asennettiin ABB:n logiikka, ABB:n jännitteenvälvontarele ja Phoenix contactin jännitelähde. Alempaan kiskoon asennettiin sulakkeet ja tarvittavat riviliittimet kytkentöjä varten (kuva 20). Tarvittavista komponenteista tehtiin osaluettelo, jonka pohjalta asennuslevy valmistettiin. (Liite 1)



Kuva 20 Asennuslevy

6.2.1 ABB AC-500

ABB AC500 on luotettava ja laadukas alusta. Sen avulla voidaan suunnitella skaalautuvia, joustavia ja kustannustehokkaita automaattioratkaisuja. Toimintaa ohjataan vain yhdellä integroidulla ohjelmistolla. AC500 sarjaan kuuluu erilaisia suorittimia, I/O moduuleja, väylä- ja liitäntämoduuleja. Sarjan kaikki moduulit käyvät kaikille suorittimille ja tämän avulla asiakkaiden on helppo reagoida uusiin vaatimuksiin. Sarjan avulla ABB:n on helppo tarjota helppous, turvallisuus ja luotettavuus, joiden avulla automaatiojärjestelmien jatkokehitys on turvattu. Laitteiden muistikapasiteetti, suorituskyky ja verkko-ominaisuudet tarjoavat toimintoja ja parantavat havainnollisuutta ja käyttömukavuutta. (ABB 2018e.)

6.2.2 ABB PM554-RP

ABB PM554-RP on tuotesarjan prosessori, jonka avulla ohjataan digitaalisia ja analogisia kortteja. Prosessorissa on kahdeksan digitaalista sisääntuloa ja kuusi digitaalista lähtöä. Jokaiselle sisääntulolle ja lähdölle on oma led -valo kertomaan portin tietoa, lisäksi

on power, run ja error -valot, jotka kertovat prosessorin tilan. Prosessorin syöttöjännitteenä käytetään 24V tasajännitettä. Laitteessa on 128 kB muisti. Prosessoria voidaan ohjelmoida SD-kortilla tai Com väylällä. Prosessori tukee ohjelmointikielenä Instruction List (IL), Function Block Diagram (FBD), Ladder Diagram (LD), Sequential Function Chart (SFC), Structured Text (ST) ja Continuous Function Chart (CFC) tiedostomuotoja. (ABB 2018d.)

6.3 Tarvittavat mittaukset

Tuotannon yleisimmät testaukset ovat jännitteenmittauksia jännitealueilla 24 VDC ja 110...690 VAC, virtamittauksia 0...20 mA ja Resistanssi mittauksia 0...10 000 Ohmia. Tuotteille tehdään testauksia, joiden tarkoituksena on tarkistaa johdotuksien oikeat kytkennät. Tarvittavia testauksia ovat myös komponenttien sähköinen toiminta. Tuotantoa tarkistavan asentajan tulee suorittaa testaus pakottamalla komponenttiin tarvittava jännite. Automaation avulla voidaan ohjelmoida digitaalinen lähtökortti ohjaamaan tarvittavia komponentteja ja suorittaa testaus. Logiikan lähdöt ohjelmoidaan suorittamaan määrätyissä vaiheissa antamaan komponenteille jännitettä, jonka ansiosta asentajan ei tarvitse kuin todeta silmällä, että komponenttiin tulee jännite. Logiikan lähtöjä suorittamaan valittiin ABB:n DO 524 kortti, koska kortti on ainoastaan digitaalisia lähtöjä, jonka avulla saatiin tilaa myös mahdollisia laajennuksia varten.

6.3.1 ABB DO 524

ABB DO524 on tuotesarjan digitaalinen ulostulomoduli. Se sisältää 32 digitaalista lähtöä ja jokaiselle 32 portille on oma led -valo, joka kuvaa portin tilatietoa. Lähdöt toimivat on/off periaatteella. Lähdöt syöttävät 24VDC ohjausjännitettä, kun ovat aktiivisena. Lähdöt on jaettu neljään kanavaan, joissa on jokaisessa kahdeksan lähtöä. Lähdöt on numeroitu O0-O7, O8-O15, O16-O23 ja O24-O31. (ABB 2018b.)

6.3.2 ABB Ax522

ABB Ax522 on tuotesarjan analoginen moduuli, jossa on 8 analogista sisääntuloa ja 8 analogista ulostuloa. Jokaiselle 16 portille on oma led valo, joka kuvaa portin tila tietoa. Tulot toimivat 0...10 VDC ja -10...10 VDC jännitteellä tai 0...20 mA ja 4...20 mA virtaviestillä. (ABB 2018a.)

6.4 Jännitteen mittaus

Jännitteen mittaukset suoritetaan yleismittarilla työntekijän toimesta, jännitealueita on 24VDC ja 110...690VAC. Valmistetun automaatio-ohjelman ja siihen lisättyjen komponenttien avulla saadaan tarkistettua jännitteen oikeellisuus. Jännitteen mittaus voidaan suorittaa jännitteenvalvonta releen avulla, joka mittaa releelle syötettävää jännitettä määrättyissä testaus vaiheissa. Valitsimme komponentiksi ABB CM-ESS.1S valvontareleen. Mitattavan jännitteen ollessa releeseen skaalatun arvon alueella valvontareleen koskettimet yhdistyvät ja logiikka saa jänniteviestin. Tiedon logiikalla vastaanottaa ABB:n DI524 digitaalinen logiikkakortti. Digitaalinen sisääntulo kortti ottaa releeltä tulevan jänniteviestin vastaan, jota logiikkaan asennettu ohjelma käyttää testauksen suorittamisessa. Digitaalisen kortin tehtävä on vastaanottaa logiikkaan tuleva tieto ja käyttää sitä ohjelman suorittamisessa.

6.4.1 ABB DI524

ABB DI524 on tuotesarjan digitaalinen sisääntulomoduuli ja se sisältää 32 digitaalista lähtöä. Jokaiselle 32 portille on oma led -valo, joka kuvaa portin tilatietoa. Sisääntulot ottavat tiedon vastaan, jota laitteet kuten esimerkiksi anturit tuottavat logiikalle. Sisääntulojen avulla saadaan tieto, jonka avulla ohjataan logiikan ulostuloja. Tulot on jaettu neljään kanavaan, joissa jokaisessa on kahdeksan tuloporttia. Tulot on numeroitu I0-I7, I8-I15, I16-I23 ja I24-I31. (ABB 2018c.)

6.4.2 ABB CM.ESS.1S

ABB CM.ESS.1S on valvontarele, jonka avulla voidaan mitata yli/alijännitettä. Jännitteenvalvonta voidaan suorittaa erilaisilla mittausalueilla 3...30 V, 6...60 V, 30-300 V, 60-600 V, mittaustarkkuus voidaan asettaa 3...30% tarkkuudella. Laitteen toiminta jännitteenä käytetään yleisesti 24...240 V. (ABB 2018.)

6.5 Käyttöönottomittaukset

Käyttöönottomittauksia tehdessä on huomioitava testauksen laatu ja sen luotettavuus. Käytettäväksi mittauslaitteeksi on valittu Quanti-tuoteperhe. Quanti-tuoteperheen laitteilla voidaan suorittaa tarvittaessa sähköturva – ja funktionaalisetmittaukset samalla laitteella. Quanti- tuoteperheen laitteilla voidaan suorittaa tarvittavat mittaukset, joita ovat eristysvastus ja jännitekoestus. (Finero 2018.)

6.5.1 Eristysvastusmittaus

Eristysvastusmittaus perustuu Ohmin lakiin ja sillä varmistetaan jännitteisten osien riittävä eristys maasta. Eristysvastuksen suuruus on erittäin korkea. Vastusarvon suuruus ilmoitetaan yleisesti k Ω , M Ω , G Ω tai T Ω . Vastus toimii kahden vaiheen välissä sekä vuotovirran ilmaisimena. Eristysvastusmittaus suoritetaan vaiheiden ja suojajohtimen välistä. Testijännite määräytyy kaapelin tai laitteiston nimellisjännitteen mukaan (Taulukko 1). Eristysvastusmittauksen suoritus aika on 30...60 sekuntiin ja mittauksen aikana mitattava laite on oltava eristettynä verkosta. Saatuun mittaus tulokseen voi vaikuttaa ulkoiset tekijät lämpötila ja kosteus. (Chauvin arnoux 2018.)

Kaapeli/laitteiston nimellisjännite	DC Testijännite
24...50 V	50...100 VDC
50...100 V	100...250 VDC
100...240 V	250...500 VDC
440...550 V	500...1000 VDC
2400 V	1000...2500 VDC
4100 V	2500...5000 VDC
5000...12000 V	25000...50000 VDC
> 12000 V	5000...15000 VDC

Taulukko 1 Testijännitteen valinta

6.5.2 Jännitekoestus

Jännitekoestuksella tarkastetaan eristyksen laatua tuotteessa, jota kutsutaan myös nimellä hipot test tai dielectric withstand test. Suurjännite kytketään eristysvastusmittauksen tapaan jänniteliittimien ja laitteen maadoituksen väliin. Koestusjännitteen tulee olla kaksinkertainen nimellisjännitteeseen nähden tai vähintään 1000 V ja koestus taajuuden tulee olla 50 tai 60 Hz. Komponentit, jotka eivät kestä jännitettä pitää erottaa testauspiiristä ennen testauksen aloittamista. (Finero 2018.)

6.6 Automaatio-ohjelman valmistus

Ohjelman valmistaminen aloitettiin valitsemalla tuotannosta useasti valmistettava sähkökeskus, jossa on useasti toistuvia mittauksia. Testaukseen valmistetun automaatio-ohjelman tavoitteena on suorittaa kaikki tarvittavat keskuksen sähköiset mittaukset.

6.6.1 Jännitteenmittaus ja ohjelman käynnistys

Ohjelman käynnistys tapahtuu mekaanisella ON/OFF kytkimellä, joka lähettää logiikan digitaaliseen sisääntulo porttiin DI_30 ja DI_31 jänniteviestin. Mekaanisen kytkimen avulla voidaan pysäyttää testaus tarvittaessa tai kun testaus on suoritettu loppuun asti.

Jännitteenmittauksessa käytetään AND, OR ja XOR portteja. Tuotannosta valitun sähkökeskuksen jännitteenmittaus suoritetaan logiikan digitaalisten sisääntulo porttien avulla. Logiikan digitaalisten sisääntulo porttien avulla voidaan todeta vain, että tulee porttiin jännite, mutta portti ei pysty tunnistamaan jännitteen suuruutta. Jännitteen suuruuden mittaamiseen logiikka tarvitsee avuksi jännitteenvolventareleen. Jännitteenvolventareleen avulla todetaan, että jännite on oikean suuruinen. Jännitteenvolventarele pitää säätää mitattavan jännitteen mukaan. Jännitteen ollessa oikea, niin releen koskettimet sulkeutuvat ja rele lähettää tiedon logiikan digitaaliseen sisääntulo porttiin. Sähkökeskuksessa mihin aloitettiin ohjelmaa suunnittelemaan, on kaksi sulaketta, joihin syötettävä jännite on mitattava jännitteenvolventareleellä ja riviliittimiä, joihin tulee 24 VDC jännite, joka voidaan todeta suoraan digitaalisella sisääntulo portilla. Jännitteen mittaus tapahtuu taulukon 2 mukaisesti. Jännitteenmittaus osion valmistus ohjelmaan aloitettiin suunnittelemalla ohjelmistoon ehdot, joiden avulla todetaan, että jännite tulee oikeasta

lähteestä eikä ole kytketty jännitelähteitä ristiin. Ohjelmaan suunniteltiin molemmille jännitelähteille erilliset testaus osiot (Liite 2). Ensimmäisen jännitelähteen jännitettä mitattaessa on mekaanisen kytkimen S1 oltava ON-asennossa, kun taas mitataan jälkimmäisen jännitelähdettä, on testauksen ensimmäinen kierros suoritettava onnistuneesti.

Mitattava tieto	Portti
K1 Jännite	DI_00
K2 Jännite	DI_01
K3 Jännite	DI_02
K4 Jännite	DI_03
K5 Jännite	DI_04
F3 Jännite	DI_05
F4 Jännite	DI_06
Riviliitin X1:3 +24VDC	DI_09
Riviliitin X1:8 0VDC	DI_10
Start 1	DI_30
Start 2	DI_31

Taulukko 2 Jännitteenmittaus sisääntulot

6.6.2 Releiden testaus

Sähkökeskukseen asennettujen releiden toiminta tarkastetaan ohjelmaan valmistetun ehtopiirien avulla. Releiden ohjaukselle on suunniteltu ehdot, joiden perusteella releet saavat jänniteviestin logiikan digitaalisesta ulostulo kortista. Ohjaukseen on valmistettu AND-ehto, jonka täyttymiseksi vaaditaan TON-ehdon ajan täytyminen sekä asiakkaan suunnitellulle riviliittimellä jännitteen tuleminen. Releiden porttien ohjaukset on valmistettu taulukon 3 mukaisesti. Releet aktivoituvat järjestyksessä, K1 on ensimmäinen ja sen jälkeen suoritetaan numero järjestyksessä pienimmästä alkaen. Releet aktivoituvat kahden sekunnin välein, jonka avulla tarkastaja pystyy seuraamaan oikean järjestyksen. Releiden koskettimet testaan samassa vaiheessa, kun releen kelan testaus tapahtuu. Releen koskettimet lähettää digitaalisen jänniteviestin suoraan logiikan sisääntulo porttiin.

Mitattava tieto	Portti
K1 Jännite	DI_00
K2 Jännite	DI_01
K3 Jännite	DI_02
K4 Jännite	DI_03
K5 Jännite	DI_04
K5 Kosketin	DI_06
K1 Ohjaus	DO_00
K2 Ohjaus	DO_01
K3 Ohjaus	DO_02
K4 Ohjaus	DO_03
K5 Ohjaus	DO_04

Taulukko 3 Releiden testaus

6.6.3 Virtaviestitestaukset

Testattavassa sähkökeskuksessa on laitteita, joiden tarkastuksessa ei voida käyttää jänniteviestiä testauksessa, joten laitteiden testaus suoritetaan milliampeeriviestillä. Milliampeeri testauksissa tarvitaan `bool_to_real`, `real_to_int`, `lin_trafo` ja `limitalarm` ehtoja. Komponentille lähetettävää signaalia varten valmistetaan ohjelma, jonka avulla lähetään jokaiselle komponentille oma milliampeeriviesti logiikan analogisesta ulostulo portista. Komponentin läpi kulkeva viesti palautuu takaisin logiikan analogiseen sisääntulo porttiin.

Analogiselle lähdöille valmistetussa ohjelmassa käytetään `bool_to_real` toimilohkoa, jonka avulla muutetaan `bool` viesti `real` muotoon. `lin_trafo` toimilohkon avulla skaalataan tuleva viesti sopivaan skaalaan, jonka avulla voidaan erotella viestin suuruus jokaiselle testattavalle komponentille erikokoiseksi. `lin_trafo` toimilohko lähettää viestin `real_to_int` toimilohkelle, joka muuttaa viestin `int` muotoon. (Liite 4)

Analogisille tuloille valmistetussa ohjelmassa käytetään `lin_trafo` toimilohkoa skaalamaan tuleva analogisen signaalin digitaalinen arvo milliampeeriviestin muotoon. Skaalattu arvo on `real` tieto, joka muutetaan `real_to_int` toimilohkolla `int` tiedoksi. `limitalarm` toimilohkoon on asetettu ylä- ja ala-arvo, jonka skaalaan mitattavan viestin pitää asettua, että testaus on suoritettu oikein. `limitalarmin` jälkeen on vielä `AND` ehto, joka vaatii kaikkien viestin oikeellisuuden ennen kuin ehto täyttyy. `AND` ehdon täytyttyä syttyy lamppu 3, joka on merkki ehtojen toimivuudesta. (Liite 5)

7 TESTAUSMENETELMÄN TYÖVAIHEET

Tässä luvussa käsitellään uusia testausmenetelmiä automaation tuomien mahdollisuuksien avulla. Käydään läpi testauksen vaiheet, kun automaatio on käytössä.

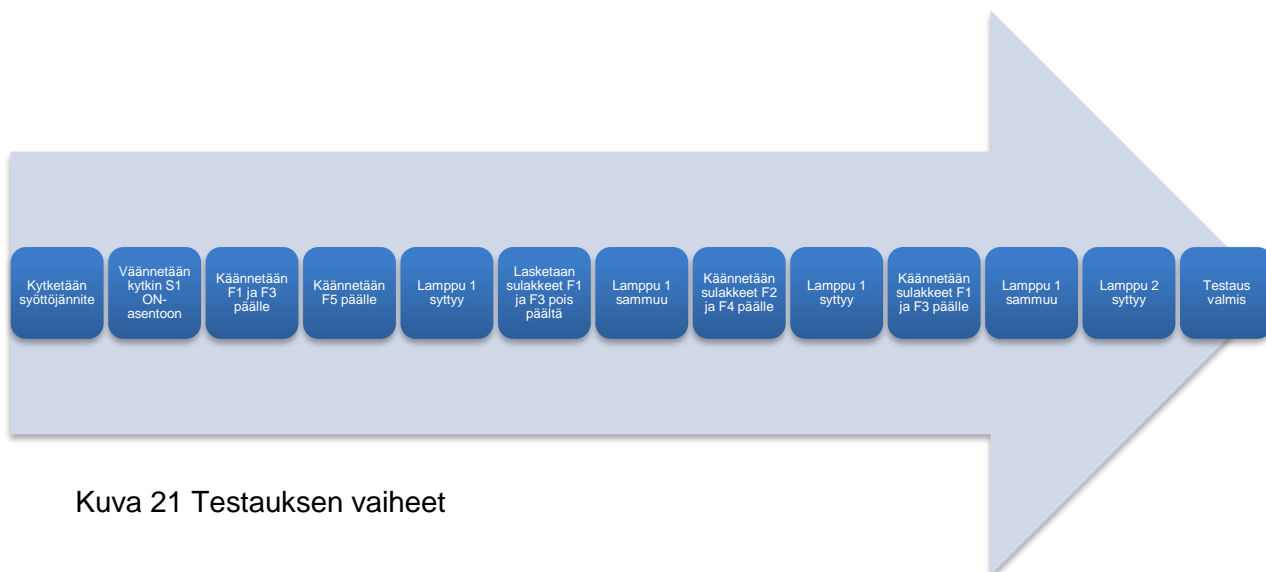
7.1 Asennettujen komponenttien tarkastus

Tuotanto erän tarkastaminen aloitetaan tarkastamalla asennettujen komponenttien oikeellisuus. Tarkastuksessa verrataan asennettuja komponentteja, asiakkaan toimittamaa osaluetteloja ja Arnon Oy:n valmistamaa rakennetta, kun asennettujen komponenttien oikeellisuus on tarkastettu ja osaluettelo sekä rakenne vastaavat toisiaan. Mahdolliset osaluettelo, tuoterakenne tai asennusvirheet korjataan ja merkitään työmääräimeen. Komponentit tarkastetaan yksitellen, jotta voidaan todeta tarkasti, että asennukset on tehty oikein. Aloitetaan tarkastaminen osaluettelon alusta jokainen komponentti yksitellen ja edetään järjestyksessä.

Tarkistetaan keskukseseen tehdyt mekaaniset asennukset. Tarkastetaan pohjalevyn, ruuveilla kiinnitettyjen komponenttien, kiinnityskorvien ja maadoituspultin asennus.

7.2 Valmistetun tuotteen sähköinen testaus

Sähköinen testaus aloitetaan eristysvastusmittauksella ja jännitekoestuksella. Mittausten jälkeen kytketään keskukseseen piirikaavion mukainen toiminta jännite ja testaus automaation vaatimat ohjauskaapelit, joiden avulla logiikka ohjaa testattavia toimenpiteitä. Kun syöttöjännite ja ohjauskaapelit on kytketty oikeisiin liittimiin, voidaan aloittaa sähköinen testaus automaation avulla. Testauksen vaiheet ovat kuvassa 20, josta ilmenee testauksen päävaiheet.



Kuva 21 Testauksen vaiheet

Vaiheessa yksi kytketään testauskeskuksesta syöttöjännite päälle, jonka avulla tarkastettava keskus toimii. Syötettävän jännitteen suuruus katsotaan testattavan keskuksen piirikaaviosta, kun jännite on kytketty niin keskus on valmiina testattavaksi. Seuraavaksi vaiheessa kaksi väännetään testauskeskuksen kytkin ON asentoon ja testaus alkaa automaattisesti. Vaiheessa kolme nostetaan sulakkeet F1 ja F3 päälle, jonka jälkeen jännitteen valvontarele mittaa jännitelähde B1 syöttämän jännitteen sulakkeesta F3. Vaiheessa neljä nostetaan sulake F5 päälle, jonka jälkeen testataan releiden K1...K5 toiminta, releet vetävät numero järjestyksessä kahden sekunnin välein. Komponenttien U1 ja U2 tarkastaminen tapahtuu logiikan lähettämän mA viestin avulla. Kun ohjauspiirin testaus on suoritettu hyväksytysti niin lamppu 1 syttyy. Lampun 1 syttyttyä lasketaan F1 ja F3 pois päältä ja lamppu 1 sammuu. Seuraavaksi testataan keskuksen toiminta jännitelähteen B2 avulla. Toistettavat vaiheet ovat samat kuin jännitelähteellä B1. Kunnes vaiheet on suoritettu uudelleen ja lamppu 1 on syttynyt uudelleen, niin voidaan nostaa sulakkeet F1 ja F3 uudelleen päälle ja lamppu 2 syttyy. Tämän jälkeen sähköinen testaus on valmis.

Tuotteen sähköisen testauksen jälkeen keskuksen liimataan sisälle tyyppikilpi, johon liimataan Arnon Oy:n tarkastustarra. Tyyppikilvestä löytyy keskuksen valmistustiedot, joita ovat projektin nimi, piirustusnumero, keskuksen tyyppi, Jännite, virta, IP-luokitus sekä CE merkintä. Valmiiseen keskuksen lisätään oveen tarra mistä ilmenee projektin tiedot, joiden avulla asiakas löytää tarvittavan tuotteen. Viimeisenä vaiheena ennen kuin projekti on valmiina lähetettäväksi, projektin kaikki tuotteet valokuvataan tarkasti. Valokuvat otetaan kotelon ulko- ja sisäpuolelta. (Liite 6)

8 YHTEENVETO JA POHDINTAA

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa testaukseen PLC-ohjelma, jonka avulla automatisoidaan tuotannon testausvaihetta. Automaation tavoitteena on vähentää käsin tehtäviä mittauksia sekä testauksen pitäminen tasalaatuisena. Tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa asennuslevy ja PLC-ohjelma testauksen suorittamiseen.

Opinnäytetyön toteutus onnistui hyvin, lukuun ottamatta ABB automation builder ja Codesys ohjelmien haasteita aloittaessa, sillä ohjelmistoista ei ollut aikaisempaa kokemusta. Opinnäytetyön aikataulus aiheutti välillä myös ongelmia töiden ja muiden opintojen ohella.

Aikaisemmista opinnoista oli myös hyötyä logiikkaohjelmaa valmistettaessa. Vaikka opinnäytetyössä käytetty ohjelmisto oli uusi, oli periaate kuitenkin lähes sama eri ohjelmistojen välillä, joista taas oli aikaisempaa kokemusta. Myös työkokemus testauksesta auttoi suunnitteluvaiheessa, sillä testauksen suorittaminen oli jo aiemmin tuttua ja lisäksi vaatimukset olivat selvillä. Codesys ohjelmistolla ohjelman valmistaminen vaati paljon itseopiskelua ja opettelua ohjelmiston käyttöön. ABB:n logiikka komponenttien toiminnot ei ollut suunnittelun alussa tuttuja, mutta valmistajan manuaalien avulla sai paljon tietoa komponentteja valittaessa.

Onnistuneesti suunniteltu ja valmistettu laitteisto ja PLC-ohjelma antaa testauksen automatisointiin hyvän lähtökohdan ja se tulee helpottamaan kyseistä työvaihetta. Jatkossa valmistettuun laitteistoon on helppoa lähteä kehittämään ohjelmia yrityksen muihinkin valmistettaviin sähkökeskuksiin opinnäytetyön pohjalta. Opinnäytetyötä voidaan siis hyvin hyödyntää myös jatkokehityksessä.

LÄHTEET

Abb 2018a. Data sheet AX522 Analog Input/Output Module. Viitattu 18.11.2018 <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3ADR010037&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>.

Abb 2018b. Data sheet DO524 Digital Output Module. Viitattu 19.11.2018 <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3ADR010052&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>.

Abb 2018c. Data sheet DI524 Digital input module. Viitattu 19.11.2018 <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3ADR010052&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>.

Abb 2018d. Data sheet PM554, PM556, PM564, PM566 Processor Module. Viitattu 19.11.2018 <https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3ADR010065&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>.

ABB 2018e. AC500. Viitattu 19.11.2018 <https://new.abb.com/plc/fi/ohjelmoitavat-logiikat/ac500>.

Chauvin arnoux. 50...150000 VDC Eristysvastustesteri. Viitattu 27.2.2019 <https://chauvin-arnoux.fi/wp-content/uploads/2014/07/Eristysvastuksen-mittausopas.pdf>

Finero 2018. Qaunti tuoteperhe. Viitattu 27.2.2019 http://finero.fi/?page_id=1080

Asp R.; Heinsonkoski R & Hyppönen H.2008 Automaatio – helppo elämää? Vammala: Vammalan kirjapaino


Keinänen, T.; Kärkkäinen, P.; Lähetkangas, M & Sumujärvi M.2007 Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikka. Helsinki: WSOY.

Kippo, A.; Tikka, A.2008 Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki: Edita.

Fonselius, J.; Pekkola, K.; Selosmaa, S.; Ström, M & Välimaa T.1999 Automaatiolaitteet. Helsinki: EDITA

Suomäki J & Vepsäläinen S. 2016. Talotekniikan automaatio – käyttäjän opas. Hansaprint O

Liite 1. Osaluettelo

		Work Number: Opinnäytetyö Customer Reference: - Electrical part list, for: W-testi Revision: A, 1.6.2018 / TL			
POS.	SYMBOL	PCS	TITLE	TYPE	MAKER
1	A1	1	PM554-RP	1SAP120700R0001	ABB
2	A2	1	DI524	1SAP240000R0001	ABB
3	A3	1	DO524	1SAP240700R0001	ABB
4	A4	1	AX522	1SAP250000R0001	ABB
5	A2-A4	3	TU516	1SAP212000R0001	ABB
6					
7					
8	F1	1	S202 C4	Fuse	ABB
9	F2:L-F5:L, F2:N-F5:N	8	ST 4-HESILED 24 (5X20)	Terminal Fuse	Phoenix
10	U1,U2	2	CM-ESS.1S	1SVR730830R0300	ABB
11	B1	1	QUINT-PS/1AC/24DC/5	2866750	Phoenix
12	S1	1	ONAO4PB	Cam switch ON-OFF	ABB
13	X1	10	280-641	Terminal block	Wago
14	X1	2	280-312	End plate	Wago
15	H1-H3	3	CL-502G	Lamp	ABB
16	PE	2	AB/SS	Support bracket	Phoenix
17	PE	1	AK 16	Connection terminal block	Phoenix
18	PE	5	AK 4	Connection terminal block	Phoenix
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					

Liite 2. Ohjelman käynnistys ja jännitteenmittaus osio

Liite 3. Releiden testaus osio

Liite 4. Virtaviestin lähetys

Liite 5. Virtaviestin mittaus

Liite 6. Tuotteiden valokuvaus