



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

Uudet ohjelmoitavat logiikat

Samuli Skarp

Prosessitekniikka

Kandidaatintyö

Maaliskuu 2022

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Koulutusohjelma (kandidaatintyö) Prosessitekniikan koulutusohjelma		Pääaineopinnojen ala (lisensiaatintyö)	
Tekijä Skarp, Samuli		Työn ohjaaja yliopistolla Hiltunen J, lehtori	
Työn nimi Uudet ohjelmoitavat logiikat			
Opintosuunta Automaatiotekniikka	Työn laji Kandidaatintyö	Aika Maaliskuu 2022	Sivumäärä 15
Tiivistelmä <p>Työ tarkoituksena on ottaa selvää PLC-laitteista ja siihen liittyviä asioita. Aluksi aloin tutkimaan PLC:n kaupallisuudesta. Etsin tietoa yrityksistä, jotka myyvät PLC-tuotteita. Tutkin myös muutaman yrityksen tuotteita. Lopuksi halusin tutkia hieman PLC-tuotteiden markkina osuuksia. Toiseksi aloin tutkimaan virtuaalista PLC:tä ja sen haasteita sekä käyttökohteita. Hyvä lähtökohta oli alkaa ottamaan selvää virtuaalisesta PLC:stä ja verrata miten se eroaa hard PLC:stä. Virtuaalisen PLC:n laitteisto vaatimukset ja haasteet oli luonnollinen seuraava askel työssä. Aloin työssä pohtimaan myös PLC:n tulevaisuutta. Aloin tutkimaan asiaa teollisuus 4.0 ja kehittyvän teknologian kautta. Aloin ottamaan selvää 5G:stä, koska internetyhteydet tulivat työssä vastaan useamman kerran. Halusin selvittää miten 5G-yhteydet toimivat ja ottaa selvää 5G-verkkojen latenssista ja kapasiteetista. Viimeisenä aiheena käsitelin logiikkaohjelmoinnin standardeja. Tarkoituksena oli ottaa selvää, minkälainen standardi on luotu logiikkaohjelmoinnille. Lopuksi otin selvää IEC 61131 käsitellyistä ohjelmointikielistä.</p>			
Muita tietoja			

ABSTRACT

Degree Programme (Bachelor's Thesis, Master's Thesis) Process engineering degree program		Major Subject (Licentiate Thesis)	
Author Skarp Samuli		Thesis Supervisor Hiltunen J, lecturer	
Title of Thesis New Programmable Logic Controllers			
Major Subject Automation engineering	Type of Thesis Bachelor's Thesis	Submission Date March 2022	Number of Pages 15
Abstract <p>The purpose of this work is to find out about PLC devices and related issues. Initially, I started researching the commerciality of PLCs. I am looking for information on companies that sell PLC products. I also research the products of a few companies. Finally, I wanted to explore a bit about the market shares of PLC products. Secondly, I started researching the virtual PLC and its challenges and applications. A good starting point was to start finding out about a virtual PLC and how it differs from a hard PLC. The hardware requirements and challenges of a virtual PLC was the natural next step in the thesis. I also started thinking about the future of PLC. I started researching through the industry 4.0 and evolving technology. I started to find out about 5G because internet connections came across at thesis several times. I wanted to find out how 5G connections work and find out about the latency and capacity of 5G networks. As a final topic, I dealt with logic programming standards. The purpose was to find out what kind of standards has been created for logic programming. Finally, I found out about the programming languages covered in IEC 61131.</p>			
Additional Information			

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ.....	
ABSTRACT	
SISÄLLYSLUETTELO.....	
MÄÄRITELMÄT	
1. Johdanto	1
2. PLC – KAUPALLISET TUOTTEET	2
3. Virtuaalisen PLC:n käyttökohteet ja haasteet.....	4
4. PLC:n tulevaisuus	6
5. 5G.....	7
6. Logiikkaohjelmoinnin standardit	8
7. Yhteenveto	11
Lähdeluettelo	12

MÄÄRITELMÄT

PLC	Programmable Logic Controller eli ohjelmoitava logiikkaohjain on tietokone, johon voidaan ohjelmoida tekemään ohjauksia, jotka tapahtuvat automaatioprosesseissa.
VPLC	Virtual programmable logic controller eli virtuaalinen ohjelmoitava logiikka, joka toimii samoin kuin PLC, mutta toimii internetin välityksellä.
PAC	Programmable automation controller eli ohjelmoitava automaatio-ohjain.
PID-ohjain	Teollisuudessa käytetty ohjain, jolla voidaan säätää haluttua muuttujaa. PID- ohjain toimii takaisinkytkennällä.
Profinet	Teollisen Ethernet-verkossa tapahtuvan tiedonsiirron tekninen väline
5G	Viidennen sukupolven langaton verkkoyhteys. Käyttää NSA-verkkoa
PCS	Prosessin ohjaussysteemi eli Process Control System
Tukiasema	Langattomassa tietoliikenteessä oleva laite, joka yhdistää laitteet verkkoon radioyhteyksien avulla
Latenssi	Viive eli aika, joka kuluu laitteiden kommunikoinnin välillä.
4G	Neljännän sukupolven langaton verkkoyhteys. Käyttää LTE-verkkoa.

1. JOHDANTO

Työn aiheena on uudet ohjelmoitavat logiikat. Tarkastelen tässä työssä PLC-laitteita ja erityisesti virtuaalisia ohjelmoitavia logiikoita. PLC:llä tarkoitetaan ohjelmoitavaa logiikkaa ja VPLC:llä virtuaalista ohjelmoitavaa logiikkaa. Näistä tarkemmin myöhemmin.

Olen jakanut aiheen viiteen osaan: PLC ja sen kaupallisuus, virtuaalisen PLC:n käyttökohteet ja haasteet, PLC:n tulevaisuus, 5G-verkot ja viimeisenä logiikkaohjelmoinnin standardit. Työn tavoitteena on saada selville, mitä virtuaalisella PLC:llä voidaan tehdä verrattuna aiempiin teknologioihin? Mitä etua virtuaalisella PLC:llä saadaan? Miten virtuaaliset PLC toimivat ja mihin niitä voidaan käyttää? Minkälaisia haasteita virtuaalisessa PLC:llä on ja miten 5G-verkoilla voidaan niihin vaikuttaa? Minkälaisia ovat logiikkaohjelmoinnin standardit? Lisäksi halutaan tietää virtuaalisen PLC:n saatavuus.

Tämä työ on tarpeellinen, koska kyseisestä aiheesta ei ole kirjoitettu riittävästi. Paras aloituskohta yllä mainittujen kysymysten avaamiseen on hankkia materiaalia PLC-laitteista sekä opiskella taustatiedoksi 5G-verkoista, käyttöjärjestelmistä ja esineiden internetistä. Helpoin tapa lähestyä aihetta on kysyä henkilöiltä, joilla on kokemusta PLC-laitteista.

2. PLC – KAUPALLISET TUOTTEET

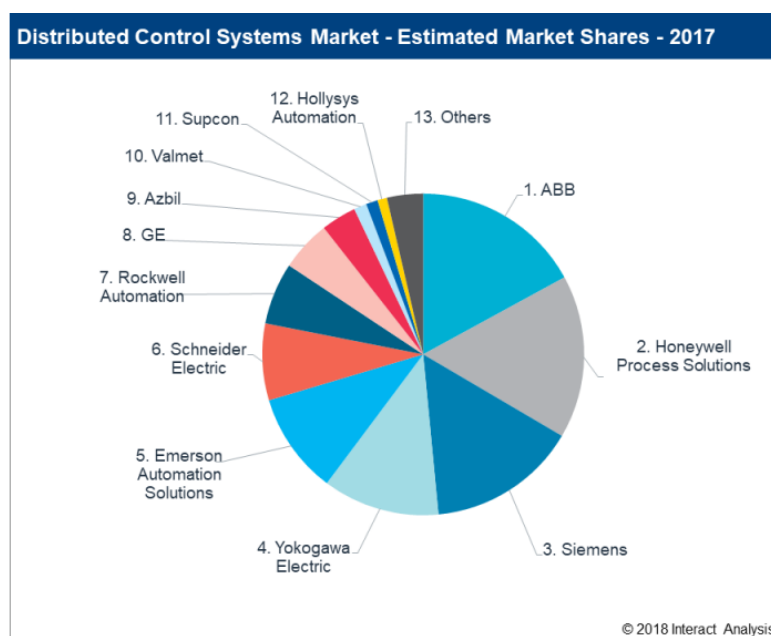
PLC eli ohjelmoitava logiikka on tietokone, johon voidaan ohjelmoida ohjauksia, joita tapahtuu automatisoiduissa prosesseissa. PLC kerää dataa inputeista. Se käsittelee datan siihen ohjelmoidulla tavalla, jonka jälkeen se lähettää käsitellyn datan outputista. PLC-laitteita voidaan esimerkiksi käyttää käynnistämään tai sulkemaan pumppu riippuen sen inputista. Ne voivat myös käsitellä useampi vaiheisia ja monimutkaisia tehtäviä. PLC on helpottanut prosessien ongelmien etsimisessä. On olemassa kolmen tyyppistä PLC-laitetta: monoliittinen, modulaarinen ja puolimodulaarinen. Monoliittisessa PLC-laitteessa on tietty määrä inputteja ja outputteja. Modulaarisessa PLC:ssä voi lisätä ja poistaa erillisiä moduuleja, joihin on asennettu virtalähde, prosessori ja I/O kortti. Nämä moduulit ovat kiinni yhteisellä takapanelilla. Puolimodulaarisessa PLC:ssä on tietty määrä I/O paikkoja mutta niitä voidaan lisätä PLC-laitteen kylkeen. (CSA, 2019)

Suurimmat PLC-tuottajat ovat Siemens, Allen-Bradley ja ABB. Muita merkittäviä PLC-tuottajia ovat Schneider Electric, Hitachi, Beckhoff, Omron, Mitsubishi Motors ja Fuji Electric. (Cope, 2018) Kuvassa 1. on arvioituja markkina-osuuksia hajautetuista ohjausjärjestelmistä vuodelta 2017.

Siemensin tuotteisiin kuuluu Simatic-laitteet. Siemensin Simatic-laitteilla voidaan käsitellä liikkeiden kontrollointia, signaalien sisään ja ulos tuloa, PID-kontrollia ja kommunikointia laitteiden välillä. (Siemens, 2021) Suomessa Siemensin automaatio-tuotteita käyttävät esimerkiksi Orion, Valio, Linden ja Raisio. Raisio Oy käyttää Simatic PCS 7 -automaatiojärjestelmää, jonka tiedonsiirto tapahtuu Profinet-väylän avulla. (Lukka, Siemens.com, ei pvm) Orion käyttää myös Simatic PCS 7 -automaatiojärjestelmää, koska Siemensin Simit-simulointiohjelmalla voidaan testata uusi ohjelmakoodin ilman tuotanto-menetyksiä. (Siemens, ei pvm) Valiolla PCS 7 -automaatiojärjestelmässä on integroitu tietoturva-työkalut. Niissä on myös Siwarex-punnitusratkaisut, jotka integroivat punnitusratkaisut prosessinohjaus- ja PLC-järjestelmiin. (Lukka, Siemens.com, ei pvm)

Allen-Bradleyn tuotteisiin kuuluu ControlLogix, CompactLogix ja MicroLogix laitteet. Laitteita voi saada erikokoisina erilaisiin tarpeisiin. (Rockwell Automation, 2021) Allen-Bradleyn tuotteet ovat tunnetumpia Yhdysvalloissa. (Cope, 2018)

ABB:n tuotteisiin kuuluu AC500 PLC laitteet. AC500 PLC alustat kuvataan yhteensopivina pienistä isoihin PLC laitteisiin. (ABB, 2021) O Linden Gas Ab käyttää ABB:n automaatiojärjestelmää. Automaation asentamisessa johdotus pystyttiin testaamaan ABB:n Advant järjestelmällä, jolloin tehdas pystyi olemaan ajossa. (Partanen, 2020)



Kuva 1. Hajautetut ohjaus järjestelmät – arvioidut markkina osuudet 2017

3. VIRTUAALISEN PLC:N KÄYTTÖKOHTEET JA HAASTEET

Virtuaalinen PLC, eli soft PLC tai vPLC ei ole vakiintunut teollisten loppukäyttäjille, koska halutaan välttää riskejä. Tämän takia käyttöönotto ollut hidasta. Loppukäyttäjät ovat olleet tyytyväisissä olemassa oleviin hard PLC tuotteisiin. (Annaswamy, 2020) Nykyiset systeemit ovat testattuja ja niiden vaihtaminen uusiin ei välttämättä ole tuottavaa, vaikka virtuaalinen PLC toisikin hyviä puoliensa. On myös mahdollista, että tehtailla on käytössä ratkaisuja, johon ei voi sovittaa erilaista ohjausarkkitehtuuria. Vasteaika ei välttämättä ole luotettava verkon vuoksi, jolloin kriittisiä ohjaustoimintoja ei voida ulkoistaa integroiduille palvelinalustoille. Myös yrityksen sisällä oleva osaaminen ei välttämättä ole yhteensopiva integroidun arkkitehtuurin kanssa. (Lou, 2021)

Virtuaalinen PLC on ohjelmisto, joka muuntaa tietokoneen toimivaksi ohjelmoitavaksi logiikkaohjaimeksi. Soft PLC tukee ladattavia toimintoja, joita käyttäjät ja kehittäjät ovat tehneet toimiviksi ainakin kuudella eri ohjelmointi kielellä. Ne pystyvät myös säätämään yli 16 000 I/O:ta. Se toimii sulautettuna 32-bittisenä moniajajoytimenä, joka suorittaa tehtävänsä eri prosessoreilla. Virtuaalinen PLC toimii minimaalisilla laitteisto vaatimuksilla. Näissä on sisään rakennetut tietoliikenneportit erilaisilla protokolilla, joista useimmat ovat toimittaja kohtaisia. Sisäänrakennettu palomuri varmistaa turvalliset Internet yhteydet ja Ethernet-yhteensopivuuden. Soft PLC tarvitsee tehokkaaseen toimimiseen Ethernet portin, USB- tai rinnakkaisportin tai käyttäjän määrittämän portin, 32Mt RAM-muistia, 386 tai parempi yhteen sopiva prosessori, 64 Mt levy, I/O portit tai liittämökortit ja muut tietoliikenne portit. (Underwood, 2017) On olemassa kahdenlaista virtuaalisointia. Tyypin 1 virtuaalisoinnissa hypervisorin sijainnista. Hypervisor on laitteiston, laiteohjelmiston ja ohjelmiston yhdistelmä, joka toimii isäntäkoneessa ja hallitsee vierasta virtuaalikonetta. Tyypin 1 virtuaalisoinnissa hypervisorin toimii suoraan paljaalla metallilaitteistolla ilman taustalla olevaa käyttöjärjestelmää. Hypervisorin jakaa itsensä jokaiseen laitteen käyttöjärjestelmään. Tyypin 2. virtualisoinnissa hypervisorin toimii isäntäkäyttöjärjestelmän päällä ja luo virtuaalisia toiminta-alueita, jossa useat käyttöjärjestelmät voivat toimia yhtäaikaaisesti. Tyypin 1 on parempi suoritus kyvyltään koska tyypin 2 luo viivettä isäntäkäyttöjärjestelmän takia. (Gupta, 2019)

Yleisimmät ongelmat PLC:n käytössä ovat sähköinen meluhäiriö, vioittunut muisti, virta ongelmat, viestintä ongelmat ja input/output- järjestelmän moduulivika. (I/O) - järjestelmän moduulivika voidaan korjata eristämällä hajonnut (I/O) -moduuli ja tarkastaa sen kunto ohjelman valvontalaitteella. Sähköistä meluhäiriötä voidaan ennalta ehkäistä PLC laitetta saamasta vieraita signaaleja suojaamalla PLC laitetta sekä parantamalla maadoitusta ja tehonsäätöä. Paras muisti vioilta suojautuminen on tallentaa laitteen tiedot ylimääräiselle tallennus laitteelle, joka on suojattu häiriöiltä, korkeilta lämpötiloilta ja kosteudelta. Virtakatkoksiin voidaan varautua varavirtalähteellä tai akulla. Parhaiten viestitän ongelmiin voi varautua tekemällä säännöllisiä huolto tarkastuksia, jotta tietoliikenne häiriöitä voidaan ennalta ehkäistä. (PLC Technician Training, 2019) PC-pohjaisten säätimien heikkouksia ovat päivittäminen uusiin käyttöjärjestelmiin, asiantuntijoiden pieni määrä ja pitkä aikainen tuote tuki, joita PC-pohjaisten ohjainten on tuettava. (Daggett, 2013)

4. PLC:N TULEVAISUUS

Tulevaisuudessa PLC:t jatkavat kehitystä. On todennäköistä, että PLC:n ja PAC:n toiminnot yhdistyvät, parantuvat ja kattavat tehokkaamman viestinnän. PLC laitteiden koon pienentyminen voidaan olettaa pienentyvän tulevaisuudessa, koska komponenteista saadaan tehtyä pienempiä ja pienempiä. Puolijohde kustannusten ja koon pienentyminen mahdollistaa paikallisen tiedon tallennuksen, joka vähentää kustannuksia tiedon keruu järjestelmissä ja tehostaa vian määrittystä. PLC laitteet pystyvät hyödyntämään USB teknologiaa. Tämä mahdollistaa paremman tavan päästä nettiin ja ohjelmoimaan sekä tarkkailemaan säätösystemiä. PLC:n, liikkeenohjauksen ja HMI-ohjelmoinnin yhdistämistä samaksi ympäristöksi on kasvavassa nousussa ja sitä on mahdollista nähdä tulevaisuudessa enemmänkin. Ethernet nopeuksien kasvu mahdollisesti poistaa huippuluokan PLC laitteiden useiden tietoliikenneporttien useiden protokolien tukemisen, koska käyttäjät haluavat enemmän Ethernetia ja langatonta vaihtoehtoa. Suurin muutos PLC laitteisiin tulee näkymään toiminnan ohjausjärjestelmien ja muiden laskentajärjestelmien integroinnissa. PLC laitteet eivät pelkästään ohjaa sovellusta mutta myös tarjoavat työkalut prosessidatan käsittelyyn ja esittämiseen käyttäjälle. Tämä tarkoittaisi sitä, että PLC tietoihin pääsisi käsiksi esimerkiksi verkkoselaimen tai mobiilisovelluksen kautta. (Payne, 2014)

PLC nähdään Industry 4.0:ssa valmistuskoneiden pääohjauskeskuksena. Tulevaisuuden ”äly tehtaissa” sensorit raportoivat pilvipalveluihin ja PLC laitteeseen yhtäaikaaisesti. (Unitronics, 2016) PLC:n käyttäjät eivät tarvitse rajoittua enää yhteen kehitys ympäristöön, koska uudet PLC laitteet tukevat useita muita kieliä. Tämä tarkoittaa myös sitä, että on mahdollisuus käyttää open-source Linus pohjaista koodia PLC ohjelmointiin. Jotta tulevaisuuden PLC voisi hyödyntää tätä sen pitää olla kykenevä viestimään useamman eri systeemin esim. pilvipalveluiden kanssa. (Sharp, 2019)

5. 5G

5G tarkoittaa viidennen sukupolven verkkoyhteyksiä. Käytännössä se tarkoittaa lisää nopeutta, suurempaa kapasiteettia ja vähemmän viivettä nykyisiin verkkoihin. (Mikrobitti, 2019)

5G-verkkossa on kolme teknistä osaa: liityntäverkot, siirtoverkot ja ydin verkot. Liityntäverkoilla yhdistetään laitteet verkkoon. Liityntäverkko koostuu tukiasemista, jotka toimivat radiotekniikalla ja siirtoverkkoon yhdistävistä yhteyksistä. Liityntäverkon koko on se minkä 5G tukiasema ylittää. (DNA, 2021) Tukiasemat käyttävät 1-26GHz taajuus aluetta. (Hirvonen, 2020) Tärkein taajuus alue on kuitenkin 3.5GHz. (Mikrobitti, 2019) Siirtoverkoilla liitetään kaupunginosat ja liityntäverkot yhteen. Siirtoverkko koostuu fyysisistä ”johdoista” jotka kulkevat ympäri siirtoverkon aluetta. Ydinverkoilla liitetään siirtoverkot ja muut ydinverkot yhteen. (DNA, 2021)

5G-verkot mahdollistavat lyhyet viiveet eli vasteajat eli latenssi. Helsingissä testattuna 5G-verkon (NSA-verkko) viive on 10–12 millisekuntia vuonna 2019. 4G-verkon (LTE-verkko) nopeus samaan aikaan oli 14–19 millisekuntia. (Elektroniikan tietoliikenne nanotekniikka, 2019) 5G-verkkojen tavoite latenssiksi on asetettu parhaimmillaan yksi millisekunti ja yleisesti käytettynä viisi millisekuntia. 5G-tukiasemat voivat hyödyntää tuhansia laitteita, kun aiemmin 4G-asemat ovat voineet hyödyntää satoja. Tämä tarkoittaa, että verkkoon voidaan liittää enemmän laitteita. Verkon viipalointi tarkoittaa yhteyden jakamista sen käyttötarpeen mukaan. 5G-tekniikka voi mahdollistaa tämän. Lisäksi 5G-verkon toimivuus autoissa, junissa ja lentokoneissa on parempi. Tämä tarkoittaa sitä, että yhteys ei heikenny suurissa nopeuksissa. (Mikrobitti, 2019)

Tällä hetkellä 5G:n saatavuus suomessa keskittyy vain kaupunki alueille. Kun taas 4G verkot ovat käytössä melkein koko maassa. (Elisa, 2021) Suurimmat puhelin valmistajat ovat alkaneet valmistamaan 5G tuellisia puhelimia poissulkien Apple. (Bedford & Mesiä, 2021) Lisäksi on tullut myyntiin 5G modeemeja. (Verkkokauppa.com, 2021)

6. LOGIikkaOHJELMOINNIN STANDARDIT

Ohjelmoinnin standardit ovat tärkeitä, jotta koodi on helposti ymmärrettävää ja huollettavaa. Nämä standardien luomat johdonmukaisuudet saavat koodin näyttämään siltä, että se olisi kirjoittanut yksi henkilö, vaikka koodia olisi kirjoittanut useampi eri henkilö. (Multidots, 2020) PLC- laitteiden ohjelmointia varten on luotu IEC 61131-3 standardi. Tämä osa IEC 61131 määrittelee yhtenäisen ohjelmointikielisarjan syntaksin ja semantiikan. IEC 61131-3 käsittelee kahta tekstikieltä ja kahta graafistakieltä. Tekstikielinä ovat Introduction List ja Structured List. Graafiset kielet ovat Ladder Diagram ja Function Block Diagram. Lisäksi siinä käsitellään myös Sequential Function Chart kieli, jossa on molempien tekstikielten ja graafistenkielten ominaisuuksia. (PLCopen)

IEC on lyhenne International Electrotechnical Commission:ista. Se on maailmanlaajuinen standardointi järjestö. IEC:hen kuuluu kaikki kansalliset sähkötekniikan komiteat. IEC:n tavoitteena on edistää kansainvälistä yhteistyötä kaikissa sähkö- ja elektroniikka alan kysymyksissä. (International Electrotechnical Commission, 2003)

IEC 61131-3 malli koostuu korkean tason elementeistä, ohjelman organisaatioyksiköistä (POU), muuttujista ja tietotyypeistä. Korkean tason elementit ovat konfiguraatioita, resursseja ja tehtäviä. Näillä kuvataan PLC:n ohjelman yleistä arkkitehtuuria. POU:ta on kolme eri tyyppiä funktioita, toimintolohkot ja ohjelmat. Funktiot ovat organisaatioyksikkö, joka antaa yhden tietoelementin ja ei sisällä sisäistä muistia. Toimintalohkolla on sisäisiä tilatietoja. Toiminta lohkot voivat käsitellä ulostuloja. Ohjelma on funktio tai toimintalohko, jolla on pääsy sisään- ja ulostulojen muuttujiin. (Molina;Barbancho;Leon;Molina;& Gomez, 2007)

Ladder diagram on eniten käytetty PLC ohjelmointi kieli. Se on helposti tulkittava kieli, koska se visuaalisesti muistuttaa virtapiiriä. Ladder diagram ei tarvitse erityisempiä valmisteluja, koska yksin kertaisilla sisään ja ulostulo signaaleilla on helppo aloittaa kirjoittamaan koodia. Useimmat Ladder diagram toteutukset voidaan organisoida kansioihin ja alaohjelmiin, jotka voidaan ladata PLC laitteisiin. Haasteina Ladder

diagrammille on PLC laitteiden kehittyminen ja monimutkistuminen. Suuret määrät ladder diagrammia on haastava tulkita ilman kunnollista dokumentointia ja kommentointia. Tämä näkyy etenkin, jos pyritään toteuttamaan kokonaista prosessia. (Bosch Rexroth Corporation, 2009)

Block diagrammissa laatikot ovat yhdistetty toisiinsa siten että sitä on helppo seurata. Se toimii lähes samalla tavalla kuin Ladder logic mutta sitä on helpompi seurata. Block diagrammi on eriomainen työkalu yksinkertaisille ohjelmille, joissa on digitaalisia sisääntuloja. Tosin suuret ohjelmat, jotka käyttävät erityisiä sisään ja ulostuloja. Lisäksi funktion kirjoittaminen vaatii valmisteluja, koska yhteyksien tekeminen jälkikäteen on haastavaa. (Bosch Rexroth Corporation, 2009)

Sequential Function Chart toimii siten, että toiminta laatikko, jossa on koodia halutulla kielellä, on aktiivinen siihen saakka, kunnes vaihto askel sen alapuolella aktivoituu. Vaihto askeleeseen on myös laitettu koodia, jotta se ymmärtää milloin sen ehdot ovat toteutuneet. Sequential Function Chart toimii parhaiten tilanteisiin, joissa prosessin toimintoja toistetaan useasti. Helposti visuaalisesti tulkittavan koodin ja koodin segmentoinnin takia, tätä on helppo tutkia, jos jokin on mennyt pieleen. Tosin SCF voi aiheuttaa ei haluttua monimutkaisuutta. Ilman kunnollisia ja pitkiä valmisteluja funktio kaavioista voi tulla kömpelöitä ja vaikeasti seurattavia. Tämän takia SCF:tä on hidasta tuottaa. SCF:llä tuotettua tekstiä on vaikea kääntää muille kielille. (Bosch Rexroth Corporation, 2009)

Introduction List koostuu useasta rivistä koodia, joista jokainen kuvastaa yhtä operaatiota. Tämän takia matemaattiset funktiot ovat helppo toteuttaa sillä. Kun käytetään pelkästään IEC:n määräämiä ohjeita ohjelman kirjoittamiseen, ohjelma voidaan helposti siirtää raudasta toiseen. Introduction list on matalan tason kieli, joten se suoritetaan nopeammin PLC:ssä kuin graafinen kieli. Se myös vie vähemmän muistia. Tosin se ei ole yhtä visuaalinen kuin esim. Ladder logic, jolloin sitä on vaikeampi tulkita. PLC ohjelmien monimutkistuminen on haaste Introduction listille, koska kompleksisimmat funktiot on haastava tuottaa tällä kielellä. (Bosch Rexroth Corporation, 2009)

Structured List muistuttaa paljon perus ohjelmointi kieliä kuten C:tä. Structured List haasta parhaiten PLC ohjelmien monimutkaistumisen. Trigonometria, laskenta ja data-analyysi on helpoin suorittaa tällä kielellä verrattuna muihin. Koodi saadaan myös paljon tiiviimmäksi, koska voidaan käyttää silmukoita. Structured Listissä on myös koodin kommentointi tehty helpoksi. Se on myös helpointa siirtää raudasta toiseen. Haasteen Structured Listille on vanhat kokeneet ohjelmoijat, joille teksti ympäristö on tuntematon ja epämieluisa ongelman korjaukseen. Lisäksi jotta koodi saadaan huolto ystävälliseksi, se vie hieman sen tiiveyttä. (Bosch Rexroth Corporation, 2009)

7. YHTEENVETO

PLC on oleellinen osa automaatiota. Markkinoilla on useita eri PLC-valmistajia, joilla on paljon erilaisia PLC-tuotteita. Virtuaalinen PLC on selkeästi osa tulevaisuutta, mutta se ei ole vakiintunut hard PLC:n hyvän aseman vuoksi. Jotta VPLC voisi toimia kunnolla ja olla Industry 4.0 merkitsevässä osassa tarvitaan hyviä verkkoyhteyksiä, jotta saadaan latenssi mahdollisimman pieniksi. 5G-yhteydet voivat mahdollistaa tämän. Tulevaisuuden insinöörit eivät välttämättä käytä PLC-ohjelmointiin tikapuulogiikkaa, vaan työskentelevät erilaisilla kielillä kuten C ja python. Logiikkaohjelmoinnin standardit varmistavat laadukkaan PLC-ohjelmoinnin. Näitä standardeja käsitellään IEC 61131 standardissa.

Työn haastavuudeksi tuli virtuaalisen PLC:n eri nimitykset, jotka hidastivat tiedon löytämistä. Välillä saatettiin puhua PLC virtualisoinnista ja toisinaan PC-pohjaisesta PLC:stä. Yleisesti eri termien merkitysten samankaltaisuudet antoivat työhön haastetta. Työ alkoi avautua kunnolla, kun alkoi löytämään näitä eri nimityksiä ja asiaan liittyvää sanastoa. VPLC voisi olla mielenkiintoinen aihe tietotekniikan tai tietojenkäsittelijän näkökulmasta.

LÄHDELUETTELO

- ABB. (2021). *ABB.com*. Noudettu osoitteesta <https://new.abb.com/plc/programmable-logic-controllers-plcs>
- Annaswamy, S. (9. Joulukuu 2020). *iot-analytics.com*. Noudettu osoitteesta <https://iot-analytics.com/soft-plc-industrial-innovators-dilemma/>
- Bedford, T.;& Mesiä, M. (8. Huhtikuu 2021). *Techradar*. Noudettu osoitteesta <https://global.techradar.com/fi-fi/best/paras-5g-puhelin>
- Bosch Rexroth Corporation. (2009). Understanding the IEC61131-3 Programming Languages. Illinois, USA.
- Cope, K. (15. 10 2018). *Realpars*. Noudettu osoitteesta <https://realpars.com/plc-manufacturers/>
- CSA. (23. Heinäkuu 2019). *Control Systems & Automation*. Noudettu osoitteesta <https://www.controlsysteamsandautomation.com/learn/plc/plc-programming-basics-i/>
- Daggett, R. (24. Huhtikuu 2013). *Bastian solutions*. Noudettu osoitteesta <https://www.bastiansolutions.com/blog/pc-based-controls-vs-plc-based-controls-for-machine-automation/>
- DNA. (5. Maailskuu 2021). *dna.fi*. Noudettu osoitteesta <https://www.dna.fi/blogi/-/blogs/5g-verkko-koostuu-kolmesta-osasta-tiedatko-mika-on-tietoturvan-kannalta-kriittisin->
- Elektroniikan tietoliikenne nanotekniikka. (2019). *etn.fi*. Noudettu osoitteesta <https://etn.fi/index.php/about/13-news/9855-operaattorien-5g-lupaus-toteutuu-vasta-ensi-vuonna>

Elisa. (2021). *elisa.fi*. Noudettu osoitteesta <https://elisa.fi/5g/5g-verkko>

Gupta, V. (4. Joulukuu 2019). *Control Engineering*. Noudettu osoitteesta <https://www.controleng.com/articles/industrial-virtualization-heads-to-the-plant-floor/>

Hirvonen, T. (3. Toukokuu 2020). *yle.fi*. Noudettu osoitteesta <https://yle.fi/uutiset/3-11316936>

International Electrotechnical Commission. (Tammikuu 2003). International Standard.

Lou, D. (7. Lokakuu 2021). *Control Engineering*. Noudettu osoitteesta <https://www.controleng.com/articles/virtualized-programmable-logic-controllers/>

Lukka, P. (ei pvm). *Siemens.com*. Noudettu osoitteesta <https://new.siemens.com/fi/fi/tuotteet/teollisuus/referenssit/makaronit-matkaan-entista-jouhevammin.html>

Lukka, P. (ei pvm). *Siemens.com*. Noudettu osoitteesta <https://new.siemens.com/fi/fi/tuotteet/teollisuus/referenssit/insta-automation-toimitti-valiolle-huippumodernin-valipalatehtaan.html>

Mikrobitti. (22. Elokuu 2019). *Mikrobitti.fi*. Noudettu osoitteesta <https://www.mikrobitti.fi/neuvot/mika-on-5g-faktat-5g-verkosta-puhelimet-liittymat-ja-laitteet/911b1025-6e47-47fe-8541-0fda7568ca76>

Molina, F.;Barbancho, J.;Leon, C.;Molina, A.;& Gomez, A. (2007). Using Industrial Standards on PLC Programming Learning. *Mediterranean Conference on Control & Automation* (ss. 1 -2). Ateena: IEEE.

- Multidots. (21. Tammikuu 2020). *Multidots*. Noudettu osoitteesta <https://www.multidots.com/importance-of-code-quality-and-coding-standard-in-software-development/>
- Partanen, P. (27. Marraskuu 2020). *ABB*. Noudettu osoitteesta <https://new.abb.com/news/fi/detail/70521/linden-automatio-sai-uuden-elamantayden-kympin-projektissa>
- Payne, J. (26. Elokuu 2014). *Control Engineering*. Noudettu osoitteesta <https://www.controleng.com/articles/future-of-the-plc/>
- PLC Technician Training. (25. Maaliskuu 2019). *plctechnician*. Noudettu osoitteesta <https://www.plctechnician.com/news-blog/five-common-issues-plcs-how-solve-them>
- PLCopen. (ei pvm). *PLCopen*. Noudettu osoitteesta <https://plcopen.org/iec-61131-3>
- Rockwell Automation. (2021). *Rockwellautomation.com*. Noudettu osoitteesta <https://www.rockwellautomation.com/en-fi/products/hardware/allen-bradley/programmable-controllers/all-products.html>
- Sharp, I. (1. Maaliskuu 2019). *Automation world*. Noudettu osoitteesta <https://www.automationworld.com/products/control/article/21109779/a-new-generation-of-plcs-for-a-new-generation-of-engineers>
- Siemens. (2021). *siemens.com*. Noudettu osoitteesta <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/simatic-technology.html>
- Siemens. (ei pvm). *Siemens.com*. Noudettu osoitteesta <https://new.siemens.com/fi/fi/tuotteet/teollisuus/referenssit/orion-tehosti-uusien-laeaekkeiden-simulointia-simitin-avulla.html>

Underwood, D. (8. Elokuu 2017). *www.automate.org*. Noudettu osoitteesta <https://www.automate.org/tech-papers/understanding-soft-plc-features-and-requirements>

Unitronics. (7. Huhtikuu 2016). *IEN*. Noudettu osoitteesta <https://www.ien.eu/article/how-will-industry-40-influence-the-future-of-plcs/>

Verkkokauppa.com. (23. Huhtikuu 2021). *Verkkokauppa.com*. Noudettu osoitteesta <https://www.verkkokauppa.com/fi/catalog/63b/Modeemit>