

Roope Ollila

MOOTTORILÄHDÖN LIITYNTÄ AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄÄN

Katsaus Siemens- ja ABB- moottorilähtöjen automaatioväylään liittämiseen

Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus

Toukokuu 2021



TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Toukokuu 2021	Tekijä/tekijät Roope Ollila
Koulutus Sähkö- ja automaatiotekniikka		<input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK
Työn nimi MOOTTORILÄHDÖN LIITYNTÄ AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄÄN. Katsaus Siemens- ja ABB-moottorilähtöjen automaatiöväylään liittämiseen		
Työn ohjaaja Jari Halme		Sivumäärä 34
Työelämäohjaaja		
<p>Tämä opinnäytetyö on tehty Centria-ammattikorkeakoulun sähkö- ja automaatiotekniikan koulutuksen opinnäytetyöksi. Työssä on tutkittu moottorilähtöjen liityntää automaatiojärjestelmään, keskittyen Siemensin ja ABB:n moottorilähtöjen liitintään yritysten omilla tuotteilla.</p> <p>Tavoitteena oli verrata Siemensin ja ABB:n moottorilähtöjen ominaisuuksia, painottaen oikosulkumoottoreiden ohjausta. Työssä sivutaan myös servo- ja DC-moottoreiden ohjaimia vastaavasta liitintämetodista johtuen. Työn lähteenä käytettiin kohdeyritysten verkkosivuja, alan verkkosivuja ja kirjallisuutta.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin selvitettyä Siemensin ja ABB:n eroavat lähestymistavat väyläliityntään: ABB lähestyy väyläliityntää erillisillä kommunikaatiomoduuleilla, ja Siemens sisällyttää väyläliityntään suoraan moottorinohjausyksikköön.</p>		
Asiasanat Automaatiojärjestelmä, Automaatiöväylä, Kenttäväylä, Moottori, Moottorilähtö, Moottoriohjain, Älykäs moottoriohjain.		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date May 2021	Author Roope Ollila
Degree programme Electrical engineering and automation		
Name of thesis CONNECTION OF A MOTOR DRIVE INTO AN AUTOMATIO SYSTEM. An overview of connecting Siemens and ABB motor drive into an automation system		
Centria supervisor Jari Halme	Pages 34	
Instructor representing commissioning institution or company		
<p>This document was written as a Centria University of Applied Sciences thesis in electrical engineering and automation. The goal of the thesis was to research the connection of different electrical motor drives into an automation system, focusing on Siemens and ABB motor drives using the companies' own products.</p> <p>The goal of the thesis was to compare the properties of Siemens and ABB motor drives, focusing on control of induction motors. This thesis also discusses servo controllers and DC-motor controllers due to similar connection methods. The sources of thesis are companies' websites, other websites and literature in the automation field.</p> <p>As the results of the thesis, different approaches to bus connection are presented. ABB approaches fieldbus connection via separate communication modules, and Siemens usually includes certain fieldbus connections directly into the motor controller.</p>		

<p>Key words Automation system, Automation bus, Fieldbus, Intelligent Motor Controller, Motor, Motor Controller, Motor Drive.</p>
--

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

DOL

Direct On Line, suora verkkoliityntä.

ERP

Enterprise Resource Planning, yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä.

HVAC

Heat, Ventilation and Air Conditioning, lämpö, tuuletus ja ilmastointi.

I/O

Input/Output, tulo/lähtö

Kenttäväylä

Automaatiossa käytetty, laitteiston ohjaukseen tarkoitettu tietoverkko.

MES

Manufacturing Executing Systems, tuotannonohjausjärjestelmä.

NC-ohjaus

Numerical Control, numeerinen ohjaus.

Ohjausjärjestelmä

Järjestelmä, joka hallinnoi, ohjaa tai säätää laitteiden toimintaa.

PLC

Programmable logic controller, ohjelmoitava logiikka.

Tyristori

Ohjattava tehopuolijohdekomponentti.

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO	1
2 TARKASTELTAVAT YRITYKSET	2
2.1ABB	2
2.2Siemens	2
3 TIEDONSIIRTO AUTOMAATIOSSA.....	3
3.1Kenttäväylät	3
3.1.1 PROFIBUS DP	6
3.1.2 EtherCAT	7
3.1.3 LonWorks	7
3.2Ohjausjärjestelmä	9
4 MOOTTORINOHJAUS	11
4.1Taajuusmuuttaja	13
4.2DC-Moottorihjain	15
4.3Älykäs moottorinohjaus	16
5 ABB-MOOTTORINOHJAIMET	18
5.1UMC100.3.....	18
5.2AC-ohjaimet	19
5.3DC-ohjaimet	20
5.4Pehmökäynnistimet	20
5.5MNS	20
6 SIEMENS-MOOTTORINOHJAIMET	22
6.1SIMOCODE Pro	22
6.2SINAMICS	23
6.3SIRIUS	24
6.4Tiastar.....	24
7 POHDINTA.....	26
LÄHTEET	27
KUVIOT	
KUVIO 1. Uusien kenttäväylä asennusten osuus	5
KUVIO 2. PROFIBUS DP-periaatekuva	6
KUVIO 3. Esimerkki vapaasta verkkotopologiasta.....	8
KUVIO 4. Ohjaushierarkia.....	9
KUVIO 5. Suora- ja tähtikolmiokäynnistimen periaatekuva.....	11
KUVIO 6. Pehmökäynnistimen ja taajuusmuuttajan periaatekuva	12
KUVIO 7. Taajuusmuuttajan periaatekuva.....	13
KUVIO 8. Pulssinleveysmodulaatio	14
KUVIO 9. DC-moottorihjaimen periaatekuva	15

KUVIO 10. Älykkään ja perinteisen moottoriohjauksen vertailu	17
--	----

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Kenttäväylävertailu	4
TAULUKKO 2. ABB:n moottoriohjainten kenttäväyläliitännät.....	21
TAULUKKO 3. Siemensin moottoriohjainten kenttäväyläliitännät.....	25

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tarkoitettu Centria-ammattikorkeakoulun Ylivieskan yksikön sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelman opinnäytetyöksi. Työn alustavan aiheen on antanut Yliopettaja Jari Halme.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä katsaus erilaisten moottorilähtöjen liittämiseen automaatiojärjestelmään ja tarkastella ABB- ja Siemens-konsernien moottorilähtöjen kenttäväylään liittymän eroavaisuuksia. Työssä ei keskitytä kolmannen osapuolen tarjoamiin yhdykäytäväratkaisuihin.

Työ alkaa katsauksella ABB- ja Siemens-konserneihin, jonka jälkeen tarkastellaan ensin kenttäväyliä, yleisesti ohjausjärjestelmää ja moottorinohjaustekniikoita. Seuraavaksi teen katsauksen ABB:n ja Siemensin tarjoamiin moottorinohjausratkaisuihin, ja työ päättyy ohjainten liitännätaratkaisujen analyysiin.

2 TARKASTELTAVAT YRITYKSET

Siemens ja ABB ovat kaksi suurinta eurooppalaista automaatiovalmistajaa, ja molemmilla on kattava valikoima moottorinohjausratkaisuja. Muita vartenotettavia automaatiovalmistajia ovat muun muassa yhdysvaltalaiset Emerson ja Rockwell sekä ranskalainen Schneider Electric. (O'Brien & Avery 2020)

2.1 ABB

ABB muodostui vuonna 1988 Ruotsalaisen ASEA:n (Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget) ja Sveitsiläisen BBC:n (Brown, Boveri & Cie) yhdistyessä. Alun perin nimellä Elektriska Aktiebolaget vuonna 1883 perustettu ASEA toimi uranuurtajana etenkin jakeluverkkojen kehityksessä sekä tyristöiden ja teollisuusrobottien kehityksessä. Vuonna 1891 perustettu BBC oli turbiini-, muuntaja- ja voimalaitostekniikan edelläkävijä. Nykyisin ABB toimii muun muassa sähkövoimatekniikan ja automaatiotekniikan parissa. ABB toimii yli sadassa maassa ja työllistää yli 120 000 ihmistä. (History of ABB 2021.)

ABB tarjoaa muun muassa sähköajoneuvojen latausinfrastruktuurin, aurinkopaneeli-inverttereiden, instrumenttien, moottoreiden ja generaattorien, PLC-automaation ja robotiikan tuotteita ja palveluita (ABB tuotteet ja palvelut 2021). ABB on tällä hetkellä maailman johtava sähkömoottoreiden ja taajuusmuuttajien valmistaja (ABB Electrical Machines Ltd 2021).

2.2 Siemens

Siemens AG on saksalainen suuryritys, joka perustettiin vuonna 1847 alunperin nimellä Siemens & Halske AG. Se keskittyi lennätinteknologiaan. Vuosien saatossa yhtiö on valmistanut muun muassa lentokoneita, lamppuja, kodinkoneita ja puhelimia. Nykyisin yritys keskittyy lähinnä sähkötekniikkaan, teolliseen automaatioon ja rakennusautomaatioon, lääketieteelliseen teknologiaan, rautatieteknologiaan ja vedenkäsittelyyn. Siemens toimii noin 190 maassa ja työllistää yli 350 000 ihmistä. (Siemens History 2021.)

3 TIEDONSIIRTO AUTOMAATIOSSA

Tiedonsiirto voi olla joko analogista tai digitaalista. Analoginen data on jatkuvasti vaihtuvaa asetetulla vaihteluvälillä, ja digitaalitiedonsiirrossa data koostuu aina binäärisistä 0 ja 1 arvoista. Digitaalitiedonsiirto voi olla joko synkronoitua tai synkronoimatonta. Synkronoimattomassa tiedonsiirrossa jokainen datapaketti alkaa aloituskoodilla ja päättyy lopetuskoodiin, ja tietoa voidaan lähettää itsenäisesti epäsäännölliseen tahtiin. Synkronoitu tiedonsiirto perustuu paketteina lähetettyyn dataan jonka tarkat lähetys- ja saapumisajat ovat tarkkaan ennakoitavissa synkronoitujen lähetys- ja vastaanottokellojen ansiosta. (Djiev 2021)

1940-luvulla käytössä oli pneumatiikkaan perustuva 3-15 psi -standardisignaali, ja 1960-luvulta alkaen siirryttiin yhä käytössä oleviin 4...20 mA ja 0...10 V -standardisignaaleihin. 1990-luvulla digitaaliset väylät alkoivat ilmestyä automaatioon. (Sundquist 2008, 28.)

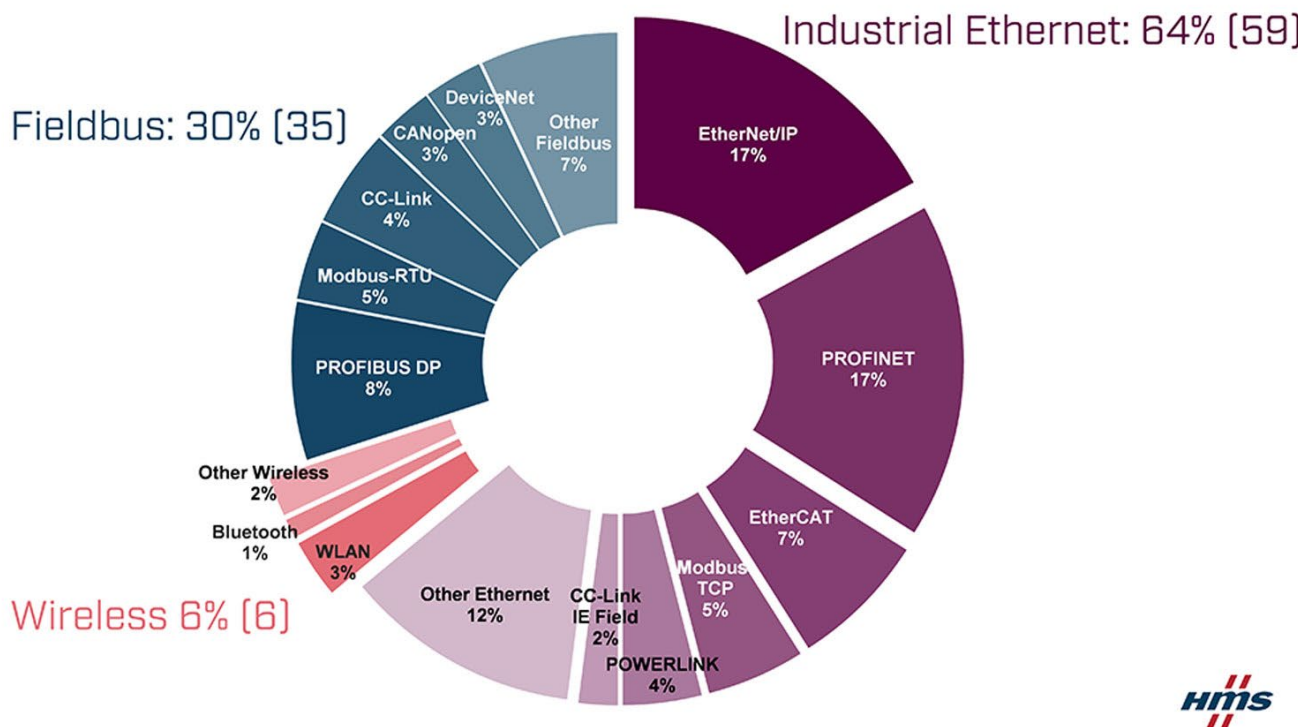
3.1 Kenttäväylät

Kenttäväylä on tehtaan lattiatason tiedonsiirtoon tarkoitettu väylä. Kenttäväyliä vaatimukset sovelluksesta toiseen ovat hyvin erilaisia, joten useita osittain kilpailevia kenttäväyliä on kehitetty. (Harmo, 2014.) Kenttäväylällä tarkoitetaan tietoverkkoa jossa logiikan tulo- ja lähtöportit ovat sijoitettu erillisiin kenttäväylämoduleihin. Kenttäväylämoduli voi olla esimerkiksi tulo/lähtömoduli, paikoitusjärjestelmä, mottorin ohjain, venttiiliterminaali tai anturi. Samassa väylän haarassa olevat logiikka ja kenttäväylämodulit kytketään toisiinsa yhdellä tiedonsiirto-kaapelilla. Näin säästetään kaapeloinnissa etenkin silloin, kun järjestelmässä on paljon tuloja ja lähtöjä tai ne ovat hajallaan. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2007.)

Kenttäväyläprotokollat voivat tukea väylä-, rengas-, tähti ja puuverkkotopologiaa. Yhä yleistyvät Ethernet-pohjaiset verkot hämärtävät eroa eri automaation tasojen välillä. Eri kenttäväyliä ominaisuuksissa ja suorituskyvyssä on suuria eroavaisuuksia, ja yleisen vertailun tekeminen on haastavaa eroavista tiedonsiirtometodeista johtuen. Alla oleva taulukko vertailee tiettyjen kenttäväyliä avainominaisuuksia. (Winsonic 2017.)

TAULUKKO 1. Kenttäväylävertailu (mukaillen Winsonic 2017)

Kenttäväylä	BACnet MS/TP2	BACnet/IP	CANopen	ControlNet	DeviceNet	EtherCat	Ethernet PowerLink	Ethernet/IP	LonWorks	Modbus RTU	PROFIBUS DP
Virta väylää pitkin	-	-	-	-	X	-	-	-	X*	-	-
Kaapeleiden redundanssi	-	X	-	X	-	X	X	X	X	-	X
Suurin laitemäärä	127	4194302	127	99	64	65536	240	Lähes rajaton	127	246	126
Synkronisointi	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-
Tiedonsiirtonopeus	9.6-76.0kbit/s	Jopa 1Gbit/s	1 Mbit/s	5 Mbit/s	500kbit/s	100 Mbit/s	1 Gbit/s	100 Mbit/s	jopa 1.25 Mbit/s	14 kbit/s	12Mbit/s
Kaapelin pituus	1200m	100m	1000m	1000m RG6 7000m optinen	500m	100m laitteiden välissä	100m laitteiden välissä	100m laitteiden välissä	2700m	1200m	1200m
Liityntä	RS-485	RJ45	DIN 41652	RG6 tai valokuitu	4 johtiminen kuparikaapeli	RJ45	RJ45	RJ45	parikaapeli, ethernet, valokuitu, RF ja sähköverkkoon moduloitu	RS-485 tai RS-232	RS-485
Alle 1ms sykli	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-



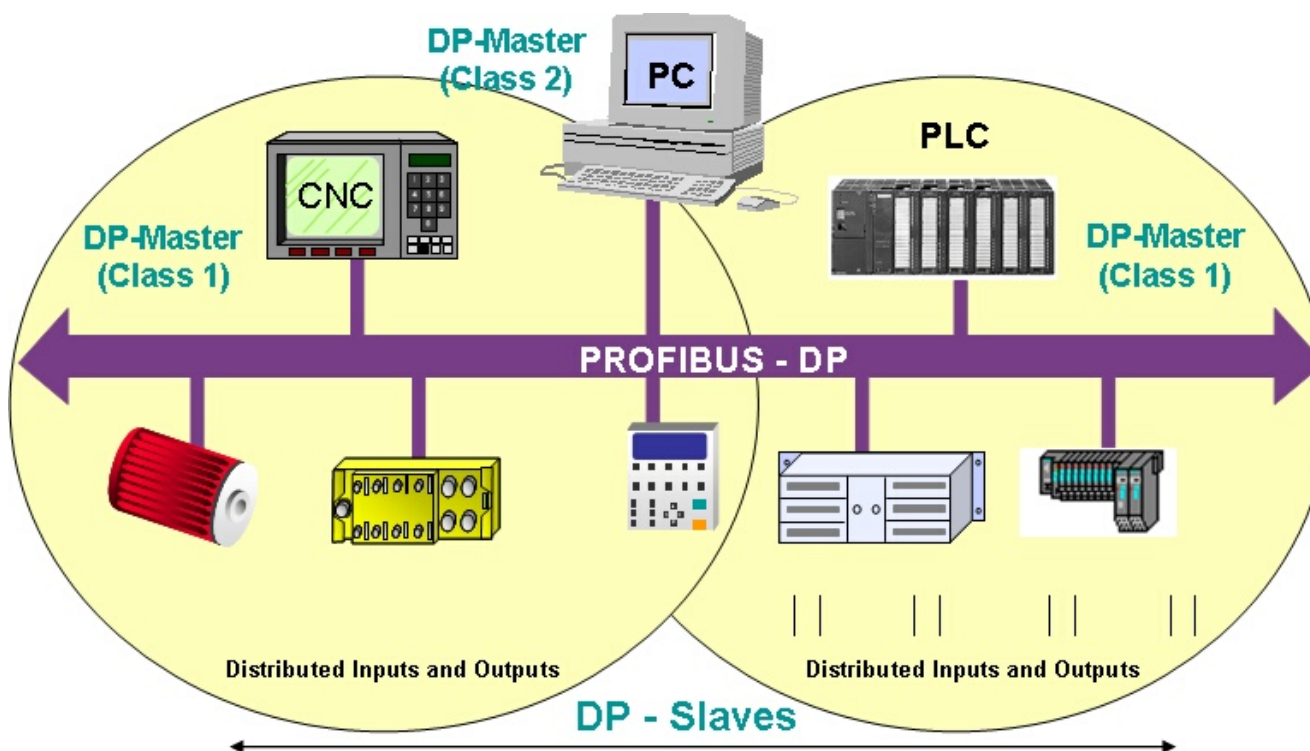
KUVIO 1. Uusien kenttäväyläasennusten osuus (Carlsson 2020.)

Uusista kenttäväyläasennuksista suurin osa on teollisen ethernetin eri muotoja, etenkin EtherNet/IP- ja PROFINET-väyliä. Perinteisistä kenttäväyläratkaisuista yhä eniten asennettuja ovat PROFIBUS DP ja Modbus-RTU. Langattomat järjestelmät yleistyvät tekniikan kehittyessä, ja todennäköisesti tulevat olemaan yhä merkittävämpi tekijä mahdollistaen uudenlaisia joustavia automaattoratkaisuja. Tulevaisuuden älykkäässä teollisuudessa on mahdollista käyttää hyväksi yhä kehittyviä langattomia tiedonsiirtoratkaisuja kuten 5G teknologiaa. (Carlsson 2020.)

3.1.1 PROFIBUS DP

PROFIBUS (Process field bus) on Saksan liittovaltion opetus- ja tutkimusministeriön BMBF:n (Bundesministerium für Bildung und Forschung) vuonna 1989 julkaisema kenttäväylästandardi. PROFIBUS DP (Decentralised Peripherals) valmistui vuonna 1993. PROFIBUS on usean isännän järjestelmä, joka mahdollistaa usean erillisen automaatiojärjestelmän käyttämisen yhtä väylää pitkin.

PROFIBUS määrittelee seuraavat asema- tai laitetyytit. Isäntä määrittelee tietoliikenteen väylällä ja kykenee lähettämään viestejä ilman ulkoista pyyntöä. Renki on laite, kuten I/O laite, venttiili, moottori tai lähetin. Rengit voivat vain vastaanottaa viestejä ja lähettää Isäntälaitteen pyynnöstä. Isäntälaitteet voidaan luokitella luokan 1 (Class 1) ja luokan 2 (Class 2) isänniksi. Luokan 1 isäntä ohjaa sille määriteltyjä renkejä, ja ne ovat tyypillisesti PLC-ohjaimia tai PC-pohjaisia järjestelmiä. Luokan 2 isännät lataavat ohjelmia ohjaimiin ja määrittävät parametreja ja diagnosoivat renkilaitteita. Tyypillisesti luokan 2 isännät ovat PC-pohjautuvia järjestelmiä. (Felser 2017a.)



KUVIO 2: PROFIBUS DP-periaatekuva (Felser 2017b)

3.1.2 EtherCAT

EtherCAT on alun perin Beckhoff Automationin vuonna 2003 julkaisema teollinen Ethernet-teknologia (EtherCAT Technology Group 2021). EtherCATin kehityksen päätavoitteina olivat lyhyet syklit ($\leq 100 \mu\text{s}$), matala signaalin poikkeama tarkan synkronisoinnin saavuttamiseksi ($\leq 1 \mu\text{s}$ jitter) ja matalat laitteistokustannukset. (Pc-control 2003.)

EtherCAT-väylässä isäntä lähettää viestin, joka kulkee jokaisen solmukohtaan lävitse. Jokainen renkilaite lukee tälle osoitetun tiedon ja syöttää oman datansa polkua pitkin kulkevaan kehykseen. Lopuksi väylän viimeinen laite lähettää viestin takaisin isäntälaitteelle. Ainoastaan EtherCAT-isäntä kykenee lähettämään kehyksiä eteenpäin, muut laitteet ainoastaan siirtävät kehyksiä eteenpäin väylässä. (Features of EtherCAT 2021.)

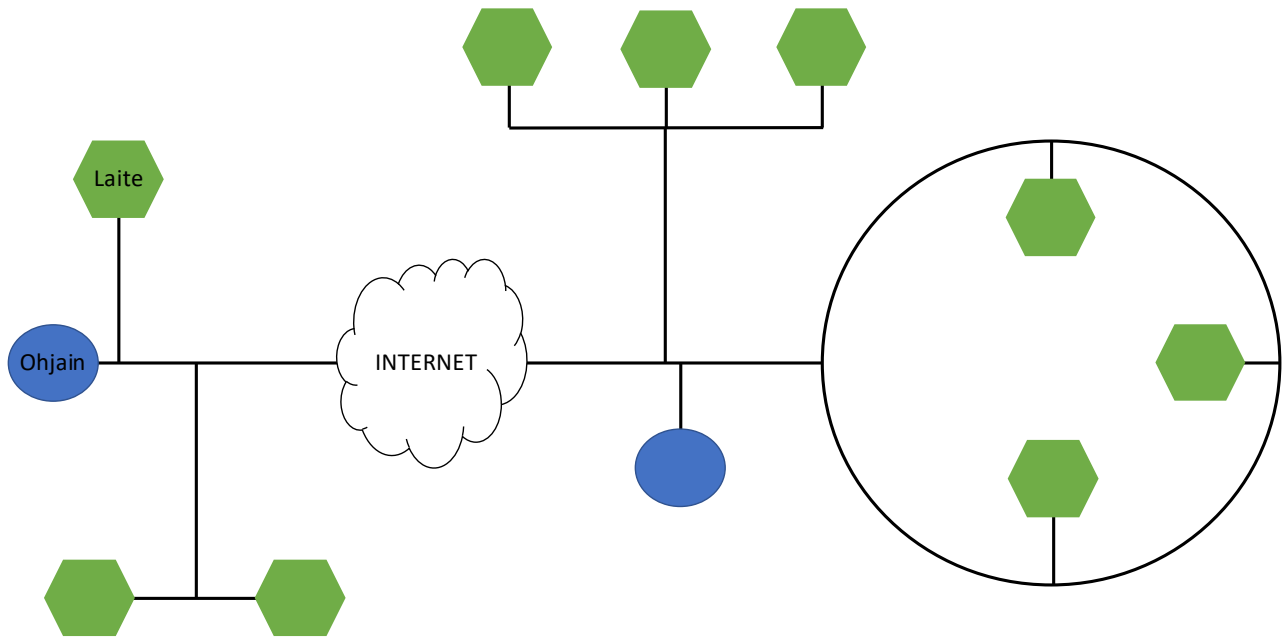
EtherCAT-kehys sisältää yhden tai useamman tietosähkeen (datagram). Jokainen tietosähke käsittelee tiettyä osaa EtherCAT-verkossa. Jokaiselle renkilaiteelle määrittyy yksi tai useampi osoite, ja jos useammalle laitteelle on määritelty osoite samassa ryhmässä, näitä laitteita voidaan käsitellä samalla tietosähkeellä. Koska tietosähkeet sisältävät kaiken tarvittavan tiedon, isäntälaitte voi päättää, milloin ja mitä tietoa käsitellään. Esimerkiksi isäntälaitte voi käyttää lyhyttä sykliä moottorikäytön tiedon päivitykseen ja pidempää sykliä I/O-lähdöille. (The EtherCAT protocol 2021.)

3.1.3 LonWorks

LonWorks on Echelon Corporation alun perin vuonna 1990 julkaisema viestintäalusta, joka painottuu hajautettuun ohjaukseen modulaarisella ja joustavalla järjestelmällä. Lonworksia käytetään sekä rakennusautomaatiossa (esimerkiksi valaistus ja LVI-automaatio) että prosessiautomaatiossa. (LON Technology 2021.)

Lonworksin etuna on useat tuetut viestintämediat, joita voi olla useampi samassa väylässä. Tuettuja viestintämedioita ovat punottu parikaapeli, sähkölinjaan moduloitu, radiotaajuus, valokuitu, infrapuna ja TCP/IP. Yksi laite tai väylän haara voi käyttää yhtä tai useampaa eri tiedonsiirtomediaa, ja reitittimet ohjaavat tiedon sinne, missä sitä tarvitaan. Hajautettu ohjaus-

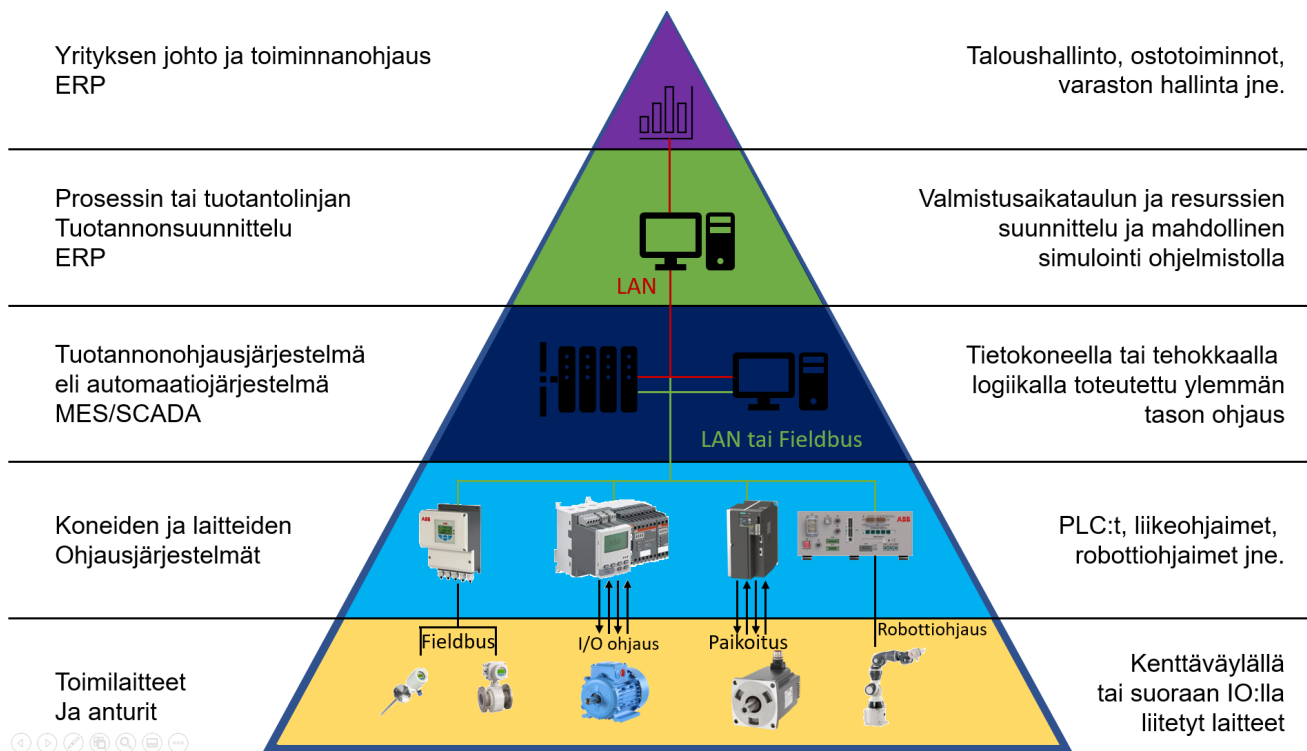
järjestelmä mahdollistaa tiedonsiirron järjestelmässä alemman tason laitteiden välillä. Lonworks tukee vapaata verkkotopologiaa hajautetulla ohjauksella. (LonMark Application-Layer Interoperability Guidelines 2021.)



KUVIO 3. Esimerkki vapaasta verkkotopologiasta

3.2 Ohjausjärjestelmä

Ohjausjärjestelmä on yleisnimi automatisoitujen koneiden ja laitteiden ohjausmenetelmille. Nykyisin ohjausjärjestelmät ovat lähes poikkeuksetta tietokoneohjattuja, Ohjausjärjestelmä ohjaa koneiden ja tuotantolinjojen toimintoja laitteiden tilatietojen ja käyttäjän komentojen perusteella. (Keinänen 2007, 209.)



KUVIO 4. Ohjaushierarkia (mukaillen Keinänen 2007, 209)

Ohjausjärjestelmän ylimmällä tasolla on yrityksen ERP-järjestelmä, jonka avulla yritysjohto seuraa ja suunnittelee eri toimintojen toteutusta. Tyypillisesti ERP-järjestelmä koostuu ohjelmamoduuleista kuten palkanlaskennasta, kirjanpidosta, varastohallinnasta ja tuotannonohjauksesta sekä materiaalin, projektion, huollon ja resurssien suunnittelusta. (Keinänen 2007, 209.)

Yleisesti termiä automaatiojärjestelmä käytetään, kun tarkoitetaan ylemmän tason ohjausjärjestelmää. Teollisuudessa automaatiojärjestelmä on usein joko yksittäinen tietokone tai useamman tietokoneen muodostama verkko jonka tehtävänä on ohjata ja valvoa tehtaan tai tuotantolinjan toimintaa. Automaatiojärjestelmän tehtävänä on usein myös kerätä tuotantoon ja laitteisiin liittyvää dataa kuten käyntiaikoja, valmistusmääriä ja tuotannon häiriöitä. Näitä tietoja voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi huollon ja tuotannon suunnittelussa, varastotietojen

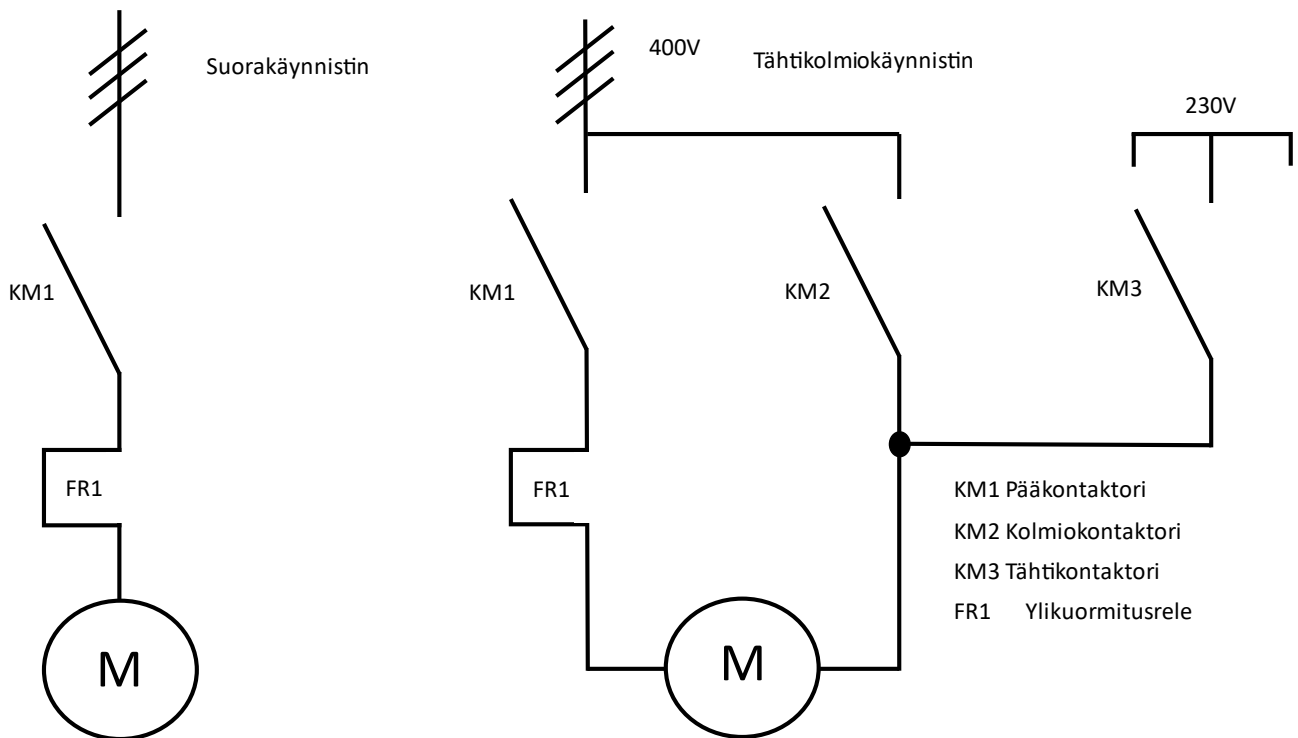
päivityksessä ja raaka-aineiden tilaamisessa. Yleensä automaatiojärjestelmä ei itse ohjaa suoraan yksittäistä konetta, vaan antaa käskyn konetta ohjaavalle alemman tason ohjausjärjestelmälle. (Keinänen 2007, 210.)

Ohjausjärjestelmällä tarkoitetaan useimmiten yksittäisen koneen tai toiminnon ohjaukseen käytettyä järjestelmää. Esimerkki ohjausjärjestelmiä ovat ohjelmoitavat logiikat, robotin ohjaus, PID-säädin ja NC-ohjaus. Ohjausjärjestelmissä on myös konekohtainen käyttöliittymä, jonka avulla käyttäjä voi suoraan vaikuttaa laitteen toimintaan. Ohjausjärjestelmät voivat toimia itsenäisesti, mutta ne ovat tyypillisesti kytketty ylemmän tason järjestelmään. (Keinänen 2007, 210.)

Automaatiojärjestelmän alimmalla tasolla ovat anturit ja toimilaitteet, joista voidaan käyttää yleisnimitystä kenttälaitteet. Anturit keräävät tietoa ohjattavasta prosessista ohjausjärjestelmän käyttöön. Toimilaitteet tai aktuaattorit ovat kaikki ne laitteet, joilla saadaan aikaan koneen toiminnot toimielimen avulla. (Keinänen 2007, 210.)

4 MOOTTORINOHJAUS

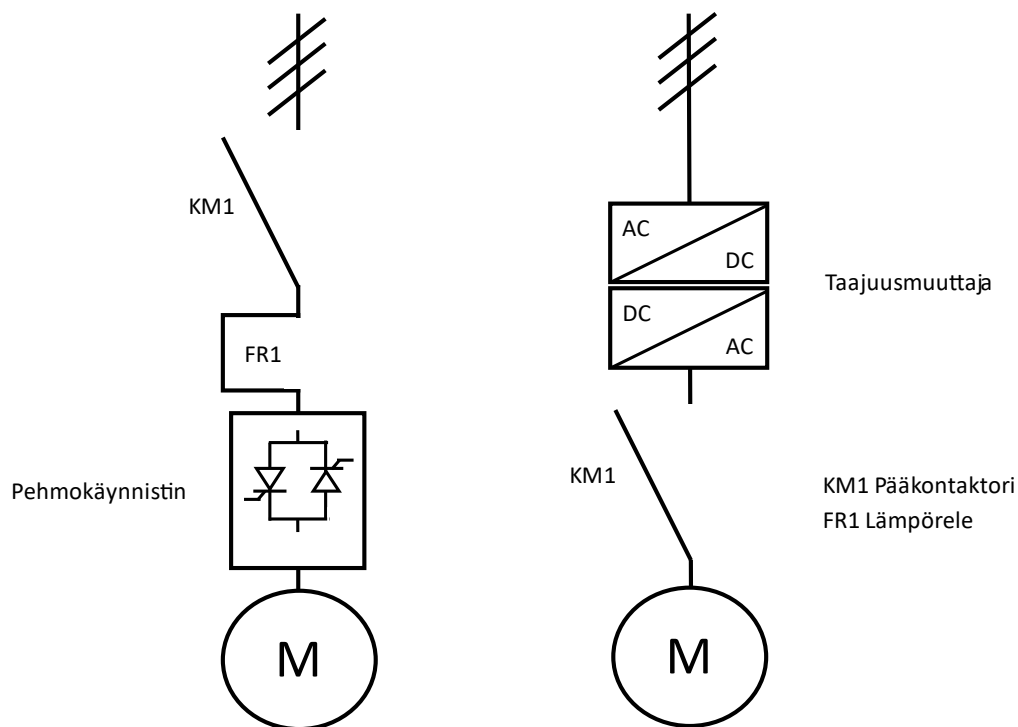
Moottoriohjain on laite, jonka tehtävänä on koordinoida sähkömoottorin toimintaa ennalta määrättyllä tavalla. Moottoriohjaimen tehtäviin voi kuulua moottorin käynnistäminen ja pysäytys, pyörimissuunnan vaihto, pyörimisnopeuden asettelu ja säätäminen sekä suojaaminen ylikuormitukselta ja sähkövioilta. Moottoriohjaimen tyyppi määrittyy käytetyn sähkömoottorin tyyppin mukaan. (Motor control design 2021.)



KUVIO 5. Suoran käynnistin ja tähtikolmiökäynnistin.

Yksinkertaisin oikosulkumoottorin ohjausmenetelmä on suora käynnistys (DOL, direct on line). Tällöin laitteisto koostuu pääkontaktorista ja suojalaitteesta kuten lämpöreleestä tai elektronisesta ylikuormitusreleestä. Tämän käynnistystavan etuja ovat pienikokoisuus ja yksinkertaisuus, mutta hetkellinen käynnistysvirta on huomattavasti suurempi, tyypillisesti 6-8 kertainen moottorin nimellisvirtaan verrattuna. Suoralla käynnistyksellä moottorin ainoa pysäytystapa on suora pysäytys kontaktorien auetessa. (ACS800 Catalog 2011.)

Tähtikolmiokäynnistys koostuu kolmesta kontaktorista, ylikuormitusreleestä ja ajastimesta. Tällä käynnistystavalla moottorin on oltava jatkuvan käytön aikana kolmiokytkennässä. Tähtikolmiokäynnistyksen toimintaperiaate on se, että moottorin kiihdytyksen alussa moottorin käämitys on tähtikytkennässä ja ottaa pienemmän virran. Ennalta määritetyn ajan jälkeen kytkentä vaihtuu kolmiokytkennäksi, jolloin moottori saa täyden virran ja tuottaa täyden momentin. Tähtikolmiokäynnistyksessä tähtikytkennän virta on 33...25 % kolmiokytkennän virrasta, ja sopii täten hyvin kuormittamattomaan tai kevyesti kuormitettuun käynnistykseen. Myös tähtikolmiokäynnistimen ainoa pysäytystapa on suora pysäytys. (1F112_01 pehmokäynnistinopas 2011, 21.)



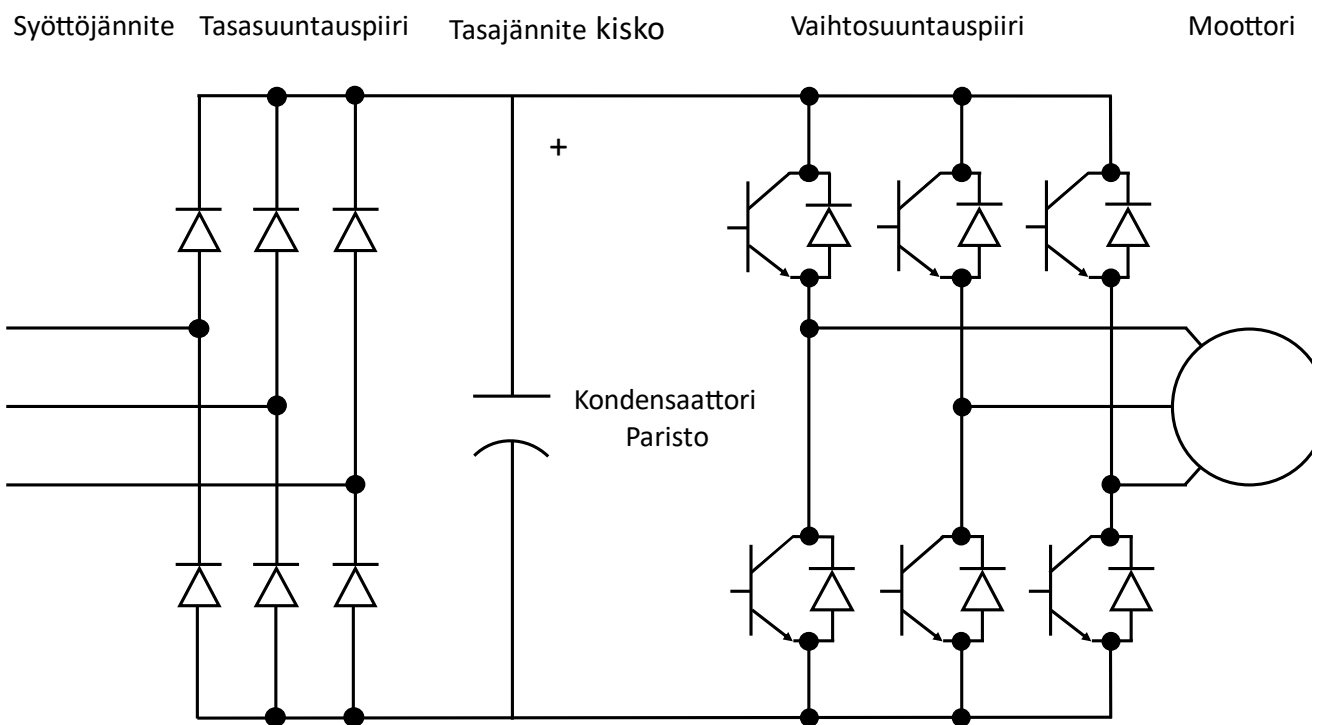
KUVIO 6. Pehmokäynnistin ja taajuusmuuttajakäyttö.

Pehmokäynnistimen toiminta perustuu moottorille syötetyn jännitteen kasvatukseen ramppi-maisesti lähtöjännitteestä täydeksi jännitteeksi. Pehmokäynnistin välttää tarpeettomat nytkähdykset nostamalla syöttöjännitettä vähitellen, se myös vähentää verkon jännitteenalenemaa pienemmän aloitusvirran ansiosta. Pehmokäynnistimellä voidaan myös säätää momenttia riippumatta moottorin kuormasta. Useissa pehmokäynnistimissä on sisäänrakennettu ylikuormitussuojaus, jolloin erillistä ylikuormitusrelettä ei tarvita. Pääkontaktori ei ole välttämätön pehmokäynnistimen kanssa. (1F112_01 pehmokäynnistinopas 2011, 18.)

4.1 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuntajat ovat laitteita, jotka muuttavat kiinteän taajuuden ja jännitteen säädettäväksi taajuudeksi ja jännitteeksi. Tämä mahdollistaa sähkömoottoreiden pyörimisnopeuden ja momentin ohjauksen suoraan syöttöjännitteen taajuuden ja jännitteen avulla. Taajuusmuuttajia käytetään käytännössä kaikkialla, missä vaihtosähkömoottoreiden pyörimisnopeutta tulee voida säätää. (Variable frequency drives 2021.)

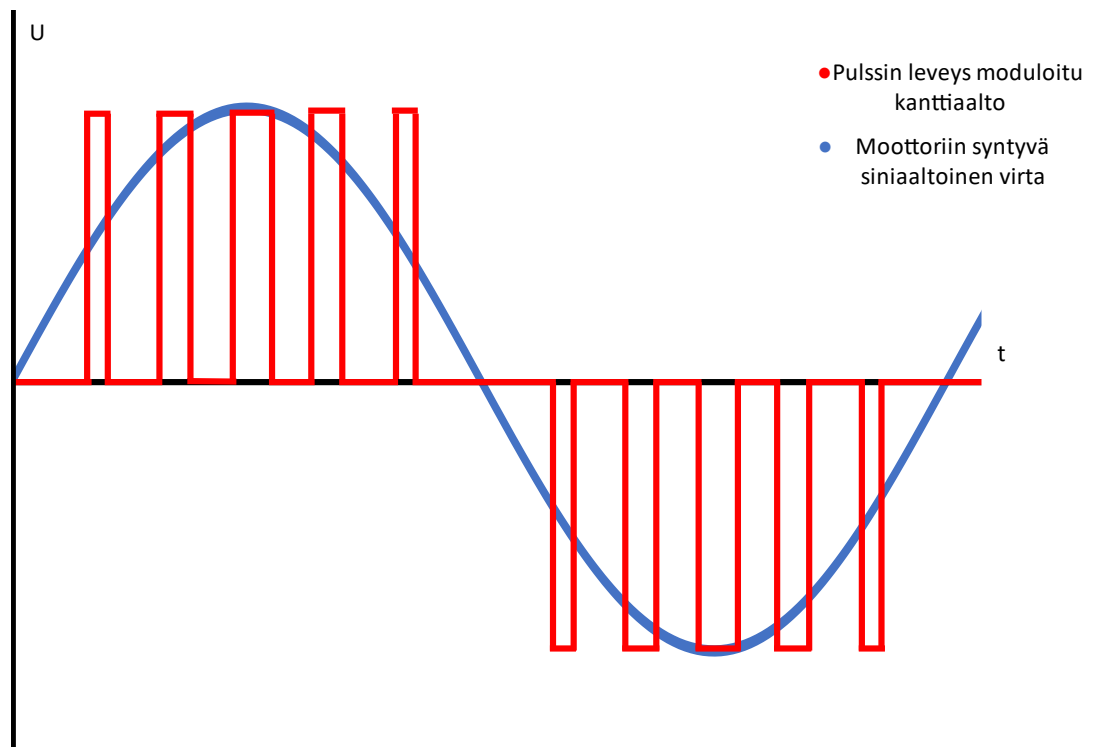
Perinteisesti sähkömoottorin nopeutta on muutettu vaihtamalla moottorin napalukua. Esimerkiksi 50 Hz taajuudella 2-napaisen moottorin nopeus on noin 3000 kierrosta minuutissa. Muuttamalla moottori 4-napaiseksi moottorin nopeus on noin 1500 kierrosta minuutissa. Tällainen järjestelmä mahdollistaa kuitenkin vain tietyt ennalta määrätyt pyörimisnopeudet. (Orr 2021.)



KUVIO 7. Taajuusmuuttajan periaatekuva

Yleisin taajuusmuuttajatyyppe on kolmivaiheinen, se koostuu tasasuuntaajasta, kondensaattoriparistosta, vaihtosuuntaajasta ja ohjauselektronikasta. Taajuusmuuttajassa tasasuuntaaja muuttaa syötetyn kolmivaiheisen vaihtojännitteen tasajännitteeksi. Tasajännite vakautetaan ja välivarastoidaan kondensaattoriparistolla ja tämän jälkeen vaihtosuuntaaja muuntaa välipiirin tasajännitteen takaisin vaihtojännitteeksi vaihtosähkömoottoria varten. (ACS355, 27.)

Vaihtosuuntaus toteutetaan puolijohdekytkimillä, jotka muodostuvat tyristoripareista tai IGBT-transistoripareista. Puolijohdekytkimen tilaa vaihdetaan nopeassa tahdissa käyttäen esimerkiksi pulssinleveysmodulaatiota (pulse width modulation, PWM). Näin syntyvä vaihtojännite on pulssijono, joka kuitenkin saa aikaan lähes sinimuotisen virran.

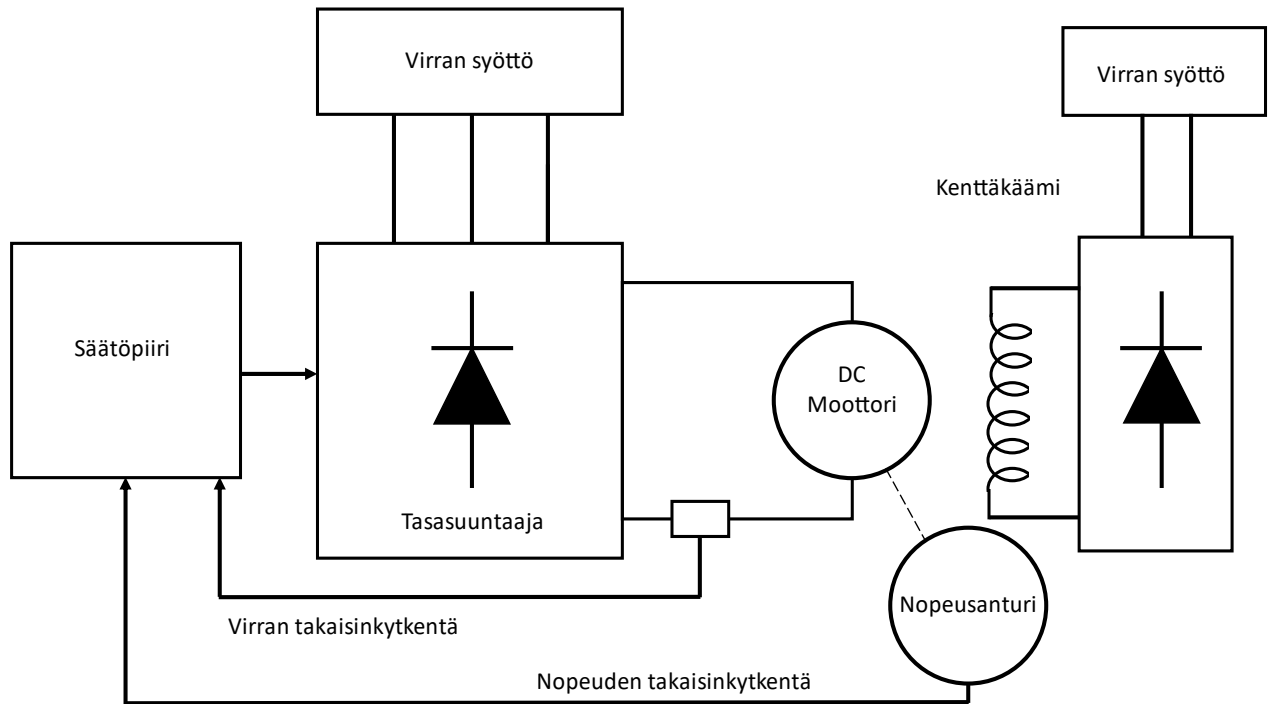


KUVIO 8. Pulssinleveysmodulaatio

Taajuusmuuntajan etuja ovat mahdollisuus ohjata moottorin ja täten prosessin toimintaa tarkasti, huoltokulujen aleneminen pienempien käyttönopeuksien ansiosta, yksinkertaisempi prosessin ohjaus ilman mekaanisia jarruja ja kyky rajoittaa vääntömomenttia prosessille sopivaksi (Power Systems International 2021.) Taajuusmuuttajat mahdollistavat merkittävän energiansäästön. Jos kaikissa mahdollisissa kohteissa käytettäisiin taajuusmuuttajia, maailman sähköenergian kulutusta voitaisiin vähentää jopa 10 % (Danfoss 2021).

4.2 DC-Moottoriohjain

DC-moottoriohjain (DC drive) on tasavirtamoottorin ohjausjärjestelmä, joka säätelee tasavirtamoottoria muuntamalla syötetyn vaihtovirran tasavirraksi käyttäen tasasuuntaajaa. Tasasuuntaaja koostuu joko diodeista tai tyristoreista. Moottorin jännitettä voidaan säätää vaihtamalla tyristoreiden ohjauskulmaa. (Electrical technology 2015.)



KUVIO 9. DC-moottoriohjaimen periaatekuva

Pienet tyristoripohjaiset tasavirtamoottorin ohjausjärjestelmät voivat toimia yksivaiheisella syötöllä ja käyttää neljää tyristoria kokoaaltotasasuuntaajassa. Isommat moottorit käyttävät kolmivaiheista syöttöä kuudella tyristorilla tasaisemman aaltomuodon vuoksi. Harjallinen DC-moottori vaatii toimiakseen ankkurikäämin, johon indusoitua virtaa, ja jännitettä säättämällä on mahdollista vaikuttaa moottorin nopeuden ja voiman suhteeseen. Pyörimisnopeus on suoraan verrannollinen ankkurikelan jännitteeseen ja vääntö on suoraan verrannollinen virtaan. (Electrical technology 2015.)

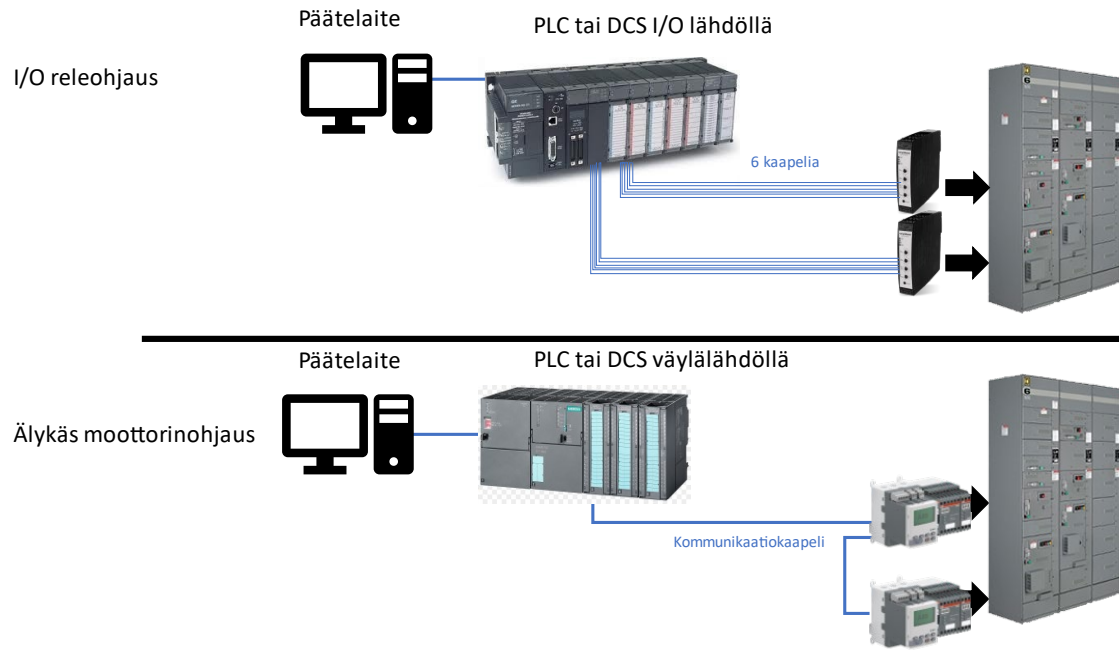
Säätöpiiri vertaa käyttäjän antamia ohjeita antureiden syöttämiin takaisinkytkentäsignaaleihin ja säätelee tyristoreiden ohjauskulmaa vaadittuun suuntaan. Jos moottoria on käytettävä nimellisyörimisnopeutta korkeammalla nopeudella, kenttäkäämin jännitettä lasketaan. (Electrical technology 2015.)

4.3 Älykäs moottorinohjaus

Etenkin monimutkaisemmissa prosesseissa älykäs moottorinohjaus antaa huomattavia etuja kaapeloinnin yksinkertaisuudessa ja prosessidatan keräämisessä. Perinteinen lämpöreleellä suojattu suorakäynnistys tulee liittää erillisellä kaapeloinnilla prosessiohjaimeen ja takaisin-kytkentä signaalit vaativat I/O-moduulit, jotka tulee erikseen suunnitella ja kytkeä. Ylimääräiset suojafunktiot kuten lämpötilan seuranta termistorilla vaativat lisää laitteita ja kytkentää. Älykkäällä moottorinohjaimella voidaan suorittaa kaikki moottorin toimintaan ja seurantaan liittyvät funktiot suoraan kenttäväylän rajapinnasta. (Müller 2010.)

Älykäs moottorinohjaus mahdollistaa tarkan diagnostiikan moottorin käydessä ja mahdollistaa huollon ennakoinnin ennen kuin moottoriin syntyy kalliimpia vikoja. Esimerkiksi kasvava käynnistysaika voi olla merkinä moottoriin kytketyn kuorman liikkeen huonontumisesta. Älykäs moottorinohjaus nopeuttaa vikadiagnostiikkaa ja täten pienentää huoltoihin liittyviä kuluja. Useimmat älykkäät moottorinohjaimet mahdollistavat diagnostiikan suoraan kenttäväylän välityksellä, suoraan ohjaimen paneelista ja kannettavalla tietokoneella. (Intelligent MCCs fundamentals 2021.)

Älykkään moottorinohjauksen suurin heikkous on moottorinohjaimen hinta. Monimutkaisessa automaatioasennuksessa säästetty kaapelointi, pienempi määrä liitettjä laitteita ja nopeutettu ja ennakoiva huolto tekevät älykkäästä moottorinohjauksesta usein parhaan vaihtoehdon. (Intelligent MCCs fundamentals 2021.)



KUVIO 10. Älykkään ja perinteisen moottorinohjauksen vertailu (mukaillen Intelligent MCCs fundamentals 2021.)

5 ABB-MOOTTORINOHJAIMET

ABB tarjoaa moottorinohjaimia laajasti eri käyttötarkoituksiin, aina nostureista ja vinsseistä kemikaalien käsittelyyn ja lämpöpumpuista laivojen käyttövoimajärjestelmiin ja ilmastointiin. ABB valmistaa myös moottorinohjaimia köysiradoille ja räjähdysalttiisiin tiloihin. Moottorinohjain valikoima kattaa kaikki moottorikoot sadoista wateista aina satoihin megawatteihin. (ABB Drives 2021)

5.1 UMC100.3

UMC100.3 (Universal Motor Controller) on ABB:n moottorinohjain pienille ja keskisuurille moottoreille. Laite kykenee ohjaamaan sekä yksi- että kolmevaiheisia moottoreita korkeintaan 1000 V AC käyttöjännitteellä 0.24-63 A virralla. Laitteen nimellisvirran ylittävillä moottori-ikätyöillä tulee käyttää erillistä ulkoista virtamuuntajaa, jolloin suurin käyttövirta on 850 A. Ohjaimen moottorinohjaustoimintoja ovat DOL, suunnanvaihto, tähtikolmio, Dahlander-navanvaihto sekä pehmokäynnistimen etukojeena toimiminen. Käyttäjä voi myös ohjelmoida ohjaimen käyttötarkoitukseen erikoistuneita funktioita. (UMC100.3 2019, 8.)

Laitteessa on sisäänrakennettuna kuusi digitaalista sisääntuloa, yksi PTC-sisääntulo ja neljä digitaalista ulostuloa. UMC100.3 tukee ulkoisia lisämoduuleita, joista I/O-laajennusmoduulilla (DX111 ja DX122) laitteeseen saadaan lisää digitaalisia sisääntuloja, rele- ja analogisignaali-lähtöjä (0/4...20 mA tai 0 ... 10 V). Jännitemoduulilla VI15x voidaan seurata vaihejännitteitä, tehokerrointa, näennäistehoa, näennäistehoa, energiankulutusta ja harmoista kokonaissäröä (THD, Total Harmonic Distortion). Analogi/lämpötila laajennusmoduuli AI111.0 tuo laitteeseen kolme lisä analogisisääntuloa, jotka voivat olla PT100 PT1000, KTY83, KTY 84, NTC, 0...10 V tai 0/4...20 mA. Yhteen UMC100.3-moottorinohjaimen voidaan kytkeä kaksi AI111.0-moduulia samanaikaisesti. (UMC100.3 2019, 7.)

UMC100.3 liitetään kenttäväylään erillisellä kommunikaatiomoduulilla, joka kytketään joko suoraan laitteen kylkeen tai adapterilla moottorinohjauskeskuksen ulkopuolelle. Moduuleja on

saatavilla Profibus DP-, Modbus RTU-, DeviceNet-, Ethernet/IP-, Modbus TCP- ja Profinet IO-väyliin. (UMC100.3 2019, 8.)

5.2 AC-ohjaimet

ABB tarjoaa älykkäitä taajuusmuuttajia eri käyttötarkoituksiin kolmessa eri sarjassa. Sarjat ovat erikoistuneet eri teollisuudenaloille ja mallit eroavat toisistaan eri ominaisuuksien ja mahdollisten kytkentöjen osalta. (Inverter drive systems 2021.)

ACS-sarjan taajuusmuuttajat ovat tarkoitettu yleiskäyttöön teollisuudessa, esimerkiksi liukuhihnoille, pumpuille ja tuulettimille jatkuvalla ja vaihtelevalla vääntömomentilla. Kaikki ACS-sarjan taajuusmuuttajat soveltuvat käytettäväksi AC-epätahtiumoottoreiden, kestmagneettimoottoreiden ja reluktanssimoottoreiden kanssa. Jotkin ACS-sarjan taajuusmuuttajista soveltuvat käytettäväksi myös AC-servomoottorien kanssa. ACS800 ja ACS880 kykenevät syöttämään useampaa moottoria samalla tasasuuntaajalla. (1FI12_01 pehmokäynnistinopas 2011.)

ACH-sarja on tarkoitettu HVAC-käyttötarkoituksiin ohjaamaan puhallin-, pumppu- ja kompressorikäyttöön tarkoitettuja AC-moottoreita (ACH580 laiteopas 2018). ACH-sarjan taajuusmuuttajissa on tulipalon sattuessa mahdollisuus ajaa moottoria tuhoutumiseen asti savun poistamiseksi (Fireman's Override 2018). ACH-sarjan taajuusmuuttajat tukevat BACnet MS/TP-protokollaa ilman lisämoduuleja. (ACH580 laiteopas 2018.)

ACQ-sarja on tarkoitettu veden ja jäteveden käsittelyyn liittyviin pumppausprosesseihin. Sarjan taajuusmuuttajilla on mahdollista laskea pumpatun nesteen tilavuutta ilman erillistä virtausmittaria $\pm 3...6\%$ tarkkuudella. Taajuusmuuttajissa on myös erilliset pumpunpuhdistusfunktiot kiinteän materiaalin irrottamiseksi pumpusta. (ACQ810 laiteohjelmisto käsikirja 2014.)

5.3 DC-ohjaimet

ABB tarjoaa myös DCS-sarjan tyristoripohjaisia DC-ohjaimia. Nämä soveltuvat sekä DC-moottorikäyttöihin että muihin 400...1200 V DC-käyttöihin kuten lasin, muovin ja metallin kuumennukseen, sulatukseen ja ja kuivaamiseen. DCT880 on tarkkuuslämmitykseen erikoistunut ohjain, joka käyttää samaa tyristoritekniikkaa kuin DCS-sarjan moottoriohjaimet. DCS800 omaa suoran modbus-yhteyden, mutta kaikkiin ABB:n DC-ohjaimiin on saatavilla kommunikatiomodduuleja yleisimpiin kenttäväyliin. (ABB DC-Drives 2021.)

5.4 Pehmokäynnistimet

ABB:lla on myös sarja kenttäväylään liitettäviä pehmokäynnistimiä, joista suurimmissa, PSE:ssä ja PSTX:ssä on suora Modbus RTU-liitäntä. PSTX on älykäs pehmokäynnistin, ja se kykenee ylläpitämään tapahtumalokia ja siinä on moottorinsuojaominaisuuksia kuten ylikuormitussuoja, yli- ja alijännitesuoja, ja vääntömomentin rajoitus. Kaikki ABB:n pehmokäynnistimet on mahdollista liittää Modbus RTU-, Profibus- ja DeviceNet-väylään, lisäksi PSTX on mahdollista liittää lisävarusteella Anybus-yhdyskäytävän avulla kaikkiin yleisimpiin väyliin. (ABB Softstarters 2021) ABB:n pehmokäynnistimet kykenevät myös DOL-käynnistykseen (Profibus DP for PST 2006). ABB tarjoaa myös väyläliityntämoduuleja moottorinsuojakatkaisijoille (FBP FieldBusPlug 2003).

5.5 MNS

ABB tarjoaa pienjännitekojeistojärjestelmiä MNS-sarjassa, joista moottorilähtöihin erikoistuneita ovat MNS M10x ja MNS UMC. MNS UMC perustuu MNS-kojeistoon sijoitettuun ABB:n älykkääseen UMC100.3-moottorinohjaimen. (MNS UMC 2021.)

MNS M10x-moottorinohjauskeskus mahdollistaa useiden eri moottorinkäynnistimien ajamisen ja monitoroinnin yhdestä keskukselta. M10x on mahdollista liittää Modbus RTU-, Profibus- tai Modbus TCP-väylään. (MNS Digital Motor Control Center 2020.)

TAULUKKO 2. ABB:n moottorinohjainten kenttäväyläliitännät (Mukaillen Fieldbus communications 2021; UMC100.3 Manual 2019; MNS Digital Motor Control Center 2020)

ABB		CANopen	PROFINET	PROFIBUS DP	Ethernet/IP	Modbus RTU	Modbus TCP/IP	BACnet M5/TP2	DeviceNet	BACnet/IP	ControlNet	EtherCat	Ethernet PowerLink	LonWorks	PROFIsafe
UMC100.3			PNQ22.0	PDP32.0	ELI32.0	MRP31.0	MTQ22-FBP.0		DNP31.0						
AC-ohjaimet															
ACH480			FENA-01		FEIP-21, FENA-11/21		FMBT-21		FDNA-01	FBIP-21		FECA-01			
ACH550		RCAN-01	RETA-02	RPBA-01	RETA-01		RETA-01, RETA-02		RDNA-01	RBIP-01	RCNA-01	RECA-01	REPL-02	RLON-01	
ACH580			FENA-21	FPBA-01	FEIP-21, FENA-11/21	FSCA-01	FENA-21, FMBT-21		FDNA-01	FBIP-21		FECA-01	FEPL-02	FLON-01	
ACQ580			FENA-11/21	FPBA-01	FEIP-21, FENA-11/21	FSCA-01	FENA-11/21, FMBT-21		FDNA-01			FECA-01			
ACQ810		FCAN-01	FENA-11		FENA-11		FENA-11							FLON-01	
ACS355		FCAN-01	FENA-01/11	FPBA-01	FENA-01, FENA-11/21		FENA-01/11/21		FDNA-01		FCNA-01	FECA-01	FEPL-02	FLON-01	
ACS380		FCAN-01	FENA-11/21	FPBA-01	FEIP-21, FENA-11/21		FENA-11/21, FMBT-21		FDNA-01		FCNA-01	FECA-01			ESPS-21
ACS480		FCAN-01	FENA-11/21	FPBA-01	FEIP-21, FENA-11/21		FENA-11/21, FMBT-21		FDNA-01		FCNA-01	FECA-01	FEPL-02		
ACS550		RCAN-01	RETA-02	RPBA-01	RETA-01		RETA-01, RETA-02		RDNA-01		RCNA-01	RECA-01	REPL-02	RLON-01	
ACS580		FCAN-01	FENA-11/21	FPBA-01	FEIP-21, FENA-11/21	FSCA-01	FENA-11/21, FMBT-21		FDNA-01		FCNA-01	FECA-01	FEPL-02		ESPS-21
ACS800		RCAN-01	RETA-02	RPBA-01	RETA-01	RMBA-01	RETA-01, RETA-02		RDNA-01		RCNA-01	RECA-01	REPL-02	RLON-01	
ACS850		FCAN-01	FENA-11/21	FPBA-01	FENA-11/21	FSCA-01	FENA-11/21						FEPL-02	FLON-01	
ACS880		FCAN-01	FENA-11/21	FPBA-01	FEIP-21, FENA-11/21	FSCA-01	FENA-11/21, FMBT-21		FDNA-01		FCNA-01	FECA-01	FEPL-02		ESPS-21
ACSM1		FCAN-01	FENA-11/21	FPBA-01	FENA-11/21	FSCA-01	FENA-11/21		FDNA-01		FCNA-01	FECA-01	FEPL-02		
DC-ohjaimet															
DCS800				RPBA-01	RETA-01	RMBA-01			RDNA-01		RCNA-01				
DCS880		RCAN-02	FENA-21	FPBA-01	FENA-21	FSCA-01	FENA-21, FMBT-21						FEPL-02		
DCS550		RCAN-01	RETA-02	RPBA-01	RETA-01	RMBA-01	RETA-01		RDNA-01		RCNA-01				
DCT880			FENA-21	FPBA-01	FENA-21	FSCA-01	FENA-21, FMBT-21						FEPL-02		
Pehmökäynnistimet															
PSE				PDP32.0			MTQ22-FBP.0		DNP31.0						
PSR				PDP32.0		MRP31.0			DNP31.0						
PSRC				PDP32.0		MRP31.0			DNP31.0						
PSTX			Anybus	CMS92-DP	Anybus		Anybus	Anybus	Anybus	Anybus		Anybus			
Moottorinohjauskeskukset															
M10x															

	Tarvitsee ruudussa mainitun lisämoduulin
	On laitteessa mukana

6 SIEMENS-MOOTTORINOHJAIMET

Siemens tarjoaa moottorinohjaimia lähes kaikkiin käyttötarkoituksiin sekä valmiina vakiojärjestelminä että räätälöityinä paketteina erilaisiin tarpeisiin. Siemensin moottorinohjaimet soveltuvat muun muassa pumpuille, tuulettimille, kuljettimille, nostureille ja koneistukseen. (Drive technology 2021.) Siemens tarjoaa myös omaa MindSphere-tiedonkeräysjärjestelmäänsä, joka mahdollistaa Siemens-moottorinohjainten toiminnan seuraamisen etänä (Digitalization Check for Drive Systems 2021).

6.1 SIMOCODE Pro

SIMOCODE Pro on Siemensin älykäs moottorinohjausjärjestelmä suoraikäynnistys-, suunnanvaihto- ja tähti-kolmiokäynnistimille tai moottorin käynnistyssuojan tai pehmokäynnistimen ohjaamiseen. SIMOCODE Pro-tuotesarjaa on saatavilla kolmessa eri luokassa: GP (General Performance), S (Safety) ja HP (High Performance). (SIMOCODE pro 3UF7 2021.)

GP-malli sisältää virran mittaus moduulin ja perusyksikön ylikuormitus- tai termistorisuojausta varten ja kykenee kommunikoimaan automaatiotasolla PROFIBUS/PROFINET-väylän kautta. GP-malliin voidaan liittää yksi lisämoduuli joko ylimääräisille sisään- ja ulostuloille, maasulkusuojaukseen tai lämpötilan tarkkailuun. (SIMOCODE pro 3UF7 2021.)

Safety-malli eroaa GP-mallista kahdella suojamoduulilla, jotka mahdollistavat moottorin varmistavat moottorin turvallisen sammutuksen. DM-F Local Fail-safe digital module mahdollistaa moottorin syötön katkaisun moduulin havaitseman ja arvioiman laitteisto signaalin avulla. DM-F PROFIsafe fall-safe digital module mahdollistaa syötön katkaisun vikaturvallisen ohjaimen välityksellä (F-CPU, fail-safe controller). Ohjainta ohjataan PROFIBUS/PROFINET-väylän kautta PROFIsafe-turvaprofiilin avulla. (Manual SIMOCODE pro 2017.)

SIMOCODE Pro HP on Siemensin kehittynein moottorinohjausjärjestelmä, joka on räätälöitävissä käyttötarkoituksesta riippuen. HP-malliin on mahdollista asentaa laajennusmoduuleita kuten erillisiä virta- ja jännitemittareita, maasulkusuoja ja analogi- ja digitaalimoduuleja. Simocode pro HP kykenee tekemään kehittyneempiä moottorinohjausfunktioita, esimerkiksi

pumpun puhdistuksen ajamalla pumppua eteen ja taaksepäin oikealla syklillä. HP-mallista on erilliset versiot PROFINET IO/OPC UA-, ETHERNET/IP-, PROFIBUS ja MODBUS RTU-kommunikaatioprotokollille. (SIMOCODE pro synonymous with motor management 2019.)

6.2 SINAMICS

SINAMICS on Siemensin jännitteenmuunnin tuoteperhe, joka tarjoaa ratkaisuja 0,12 kW:n tehosta aina 6840 kW:n tehoon asti sekä yksinkertaisilla moottorikäyttöillä että tarkoilla moniakselisilla käytöillä. Kaikilla SINAMICS-tuotteilla on sama ohjausrakenne, parametrisointi ja kommunikaatiovaihtoehdot. (Low Voltage Converters 2021.)

Siemensin SINAMICS-jännitteenmuuntimet voidaan luokitella kuuteen kategoriaan: perussuorituskyvyn taajuusmuuttajat, toimialaspesifiset taajuusmuuttajat, korkean suorituskyvyn taajuusmuuttajat, hajautetut taajuusmuuttajat, servomuuntimet ja DC-muuntimet. (SINAMICS Low Voltage Converters 2020, 7.)

Perussuorituskyvyn muuntimet ovat taajuusmuuntajia tavalliseen oikosulkumoottorikäyttöön esimerkiksi pumppaukseen, liukuhihnoille, tuulettimille ja materiaalin prosessointiin. SINAMICS G120 soveltuu myös positiointiin. Kaikki perussuorituskyvyn jännitemuuntajat tukevat Siemensin omaa USS-viestintäväylää. (SINAMICS Low Voltage Converters 2020, 14.)

Toimialaspesifiset jännitemuuntajat ovat erikoistuneet tiettyihin käyttöympäristöihin, kuten veden ja jäteveden käsittelyyn sekä öljy-, kaasu-, kemikaali- ja prosessiteollisuuteen. Osa näistä moottorinohjaimista soveltuu käytettäväksi myös räjähdysalttiissa tiloissa. (Industry-Specific Frequency Converter 2021.)

Korkean suorituskyvyn taajuusmuuttajat ovat tarkoitettu tarkkuutta vaativiin positiointi tarpeisiin ja yhden tai useamman akselin sovelluksiin. Ne mahdollistavat jatkuvan moottorin jarrutuksen sekä virran syötön takaisin verkkoon jarrutuksen yhteydessä. Korkean suorituskyvyn taajuusmuuttajat kykenevät myös reagoimaan syöttöverkon jännitteenvaihteluun nopeasti. (High Performance Frequency Converter 2021.)

Siemensin hajautetut taajuusmuuttajat ovat tarkoitettu tarpeisiin, joissa tarvitaan itsenäisesti kommunikoivia moottorinohjaimia, kuten lentokentille ja logistiikkakeskuksiin. Osa hajautetuista taajuusmuuttajista on suoraan moottoriin integroituja tilan ja kaapeloinnin säästämiseksi. (Distributed Converters 2021.)

SINAMICS-servo-ohjaimet ovat tarkoitettu tarkkuutta vaativiin ohjausprosesseihin kuten CNC-ohjaukseen ja venttiilinohjaukseen (Servo Converter 2021). SINAMICS DCM DC -muuntimet toimivat samalla ohjausperiaatteella muiden SINAMICS-muuntimien kanssa. SINAMICS DCM on tarkoitettu käytettäväksi nostureissa, puristimissa ja muissa suurta vääntömomenttia vaativissa moottorikäytöissä. (Sinamics DCM List Manual 2018.) Sitä voidaan käyttää myös tyristoriohjaimena muovin, metallin ja lasin lämmitykseen (SINAMICS DCM as three-phase AC power controller for heating applications 2020).

6.3 SIRIUS

SIRIUS on Siemensin tarjoama modulaarinen moottorinsuojausjärjestelmä, joka sisältää tuotteita moottorin suojaukseen, kytkentään, käynnistykseen ja valvontaan. Sarjaan kuuluu moottorinsuojakytкимиä, kontaktoreita, lämpö- ja virranvalontareleitä, puolijohdekontaktoreita ja kompakti-, hybridi-, suora-, suunnanvaihto-, pehmo ja tähtikolmiokäynnistimiä. SIRIUS-järjestelmä on mahdollista liittää AS-Interface-, IO-Link ja PROFIBUS DP-väylään. (Sirius Modulaarinen-järjestelmä 2018.)

6.4 Tiastar

Tiastar on Siemensin moottorinohjauskeskussarja, johon sisältyy perinteisiä relelähtömoottorikeskuksia eri käyttöolosuhteisiin sekä tiastar smart. Tiastar smart mahdollistaa Siemensin SIMOCODE pro:n, SIRIUS:in, SINAMICS:in, SIMATIC:in ja muiden älykkäiden komponenttien linkittämisen toisiinsa. Älykkään moottorinohjauskeskuksen avulla voidaan tehdä huomattavaa säästöä kaapeloinneissa. Tiastar smart mahdollistaa kommunikaation Profibus-, Modbus-, Profinet- ja EtherNet/IP-väylien kanssa. (Smart motor control centers 2021.)

TAULUKKO 3. Siemensin moottoriohjainten kenttäväyläliitännät (Mukaillen Smart motor control centers 2021; Sirius Modulaarinen-järjestelmä 2018; Drives Communication 2021; SIMOCODE pro 3UF7 2021)

Siemens	USS	CANopen	PROFINET	PROFIBUS DP	Ethernet/IP	PROFIsafe	Modbus RTU	Modbus TCP/IP	BACnet MS/TP2	Wi-Fi	Pulse/direction interfa	POFenergy	PROFIdrive	IO-link	AS-i
Sinamics															
Perus suorituskyky															
V20															
G120C															
G120															
G130/G150															
Toimialakohtainen															
G120X										G120 Smart Access					
G180			Pyynnöstä												
Korkea suorituskyky															
S120															
S150															
DCM															
Hajautetut															
G115D															
G120D															
Servoohjaimet															
S120															
V90															
S210															
S120M															
SIMOCODE															
pro S															
pro V GP															
pro V HP															
SIRIUS				3RK3										3RA2711	3RA2712
Tiastar															

- On laitteessa mukana
- Tarvitsee ruudussa mainitun lisämoduulin
- Laitteesta on erilliset versiot jokaiselle kenttäväylälle

7 POHDINTA

Työn tavoitteena oli tutkia eri moottorilähtöjen liittämistä moderniin automaatiojärjestelmään ja tehdä johtopäätöksiä ABB- ja Siemens-konsernien laitetarjonnasta. Kohdeyritykset käyttävät automaatiojärjestelmään liittyessä eri lähestymisfilosofioita, ja tutkimustyötä tehdessäni opin paljon uutta kenttäväylistä. Harkitsin työtä tehdessäni kolmannen yrityksen vertailua, mutta pinnallisen tutkimuksen perusteella useimmat valmistajat asettuvat ABB:n ja Siemensin ratkaisutapojen välille.

ABB ja Siemens lähestyvät moottorin kenttäväylään liityntää eri tavoilla. Siemens tarjoaa valmiita paketteja, joissa kaikki moottorin ohjaukseen liittyvä ja joissain tapauksissa myös moottori tulee samoissa kuorissa valmiina kytkettäväksi. ABB:n lähestymistapa on modulaarinen, jolloin käyttäjän on valittava omaan käyttöympäristöönsä sopiva kommunikaatiomodulaari muutamia poikkeusta lukuun ottamatta.

Toinen merkittävä ero ABB:n ja Siemensin kenttäväyläliityntä tarjonnassa on tuetut kommunikaatioprotokollat. Siemens tukee useilla laitteillaan omaa USS-viestiprotokollansa ja kehittyneempiä I/O-väyliä (Pulse/direction interface, IO-link ja AS-interface), kun taas ABB tukee suoraan uusia kenttäväyläprotokollia kuten Lonworks:ia, Ethernet Powerlink:ia ja EtherCAT:ia. Kolmannet osapuolet tarjoavat kuitenkin yhdyskäytäväratkaisuja, joilla useimpien kenttäväylien välille on mahdollista rakentaa käyttökelpoinen rajapinta. Siemensin tapauksessa voi olla kannattavampaa valita moottorihjain käytetyn kommunikaatiotähtäyksen mukaan, sillä eri moottorihjaintyypeillä on huomattavasti päällekkäisyyttä funktioissa ja teholuokissa.

Molempien yritysten tuotteilla on omat etunsa. ABB:n kaikki tuotteet ovat modulaarisesti laajennettavissa valinnaisilla lisämoduuleilla, kun taas Siemens tarjoaa sekä käyttövalmiita paketteja valmiilla automaatio-ohjelmilla että modulaarisia tuotteita laajennusosilla. Molemmat yritykset tarjoavat hyviä ratkaisuja yleisimpiin väyliin.

LÄHTEET

1FI12_01 pehmokäynnistinopas 2011, ABB. Saatavilla: https://library.e.abb.com/public/d11f99611045fef8c125796e00473a8a/OPAS%20Pehmokaynnistys%201FI12_01.pdf Tarkastettu 11.5.2021

ABB DC-Drives 2021, ABB. Saatavilla: <https://new.abb.com/drives/dc> Tarkastettu 11.5.2021

ABB Drives 2021, ABB. Saatavilla: <https://new.abb.com/drives> tarkastettu 11.5.2021

ABB Electrical Machines Ltd 2021, ABB. Saatavilla: <https://new.abb.com/cn/en/about/businesses/robotics-and-motion-division/electrical-machines> Tarkastettu 11.5.2021

ABB Softstarters 2021, ABB. Saatavilla: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1SFC132015B0201&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch> Tarkastettu 11.5.2021

ABB tuotteet ja palvelut 2021, ABB. Saatavilla: <https://new.abb.com/fi/tuotteet-ja-palvelut> Tarkastettu 11.5.2021

ACH580 laiteopas 2018, ABB. Saatavilla: https://library.e.abb.com/public/87ebfc7f77ac433cbc7c9826bf7d216b/FI_ACH580-01_HW_B_A5_screen.pdf Tarkastettu 11.5.2021

ACQ810 laiteohjelmisto käsikirja 2014, ABB. Saatavilla: https://library.e.abb.com/public/6d177c351691562cc1257c9f003dae6f/EN_%20ACQ810_FW_Manual_E_A4.pdf Tarkastettu 11.5.2021

ACS355 käyttäjän opas, ABB 2018. Saatavilla: https://library.e.abb.com/public/f91fdaaf86ea44539d5b877bd93637fe/FI_ACS355_UM_D.pdf Tarkastettu 11.5.2021

ACS800 Catalog 2011, ABB. Saatavilla: https://library.e.abb.com/public/5191911f18a8d00cc1257944002e8828/ACS800multidrivescatalogREVI_EN.pdf tarkastettu 11.5.2021

Carlsson, T. 2020, Hms-networks. Saatavilla: <https://www.hms-networks.com/news-and-insights/news-from-hms/2020/05/29/industrial-network-market-shares-2020-according-to-hms-networks> Tarkastettu 11.5.2021

Danfoss 2021, Danfoss. Saatavilla: <https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/our-businesses/drives/what-is-an-ac-drive/> Tarkastettu 11.5.2021

Digitalization Check for Drive Systems 2021, Siemens. Saatavilla: <https://support.industry.siemens.com/cs/sc/4875/digitalization-check-for-drive-systems?lc=en-WW> Tarkastettu 12.5.2021

Distributed Converters 2021, Siemens. Saatavilla: <https://new.siemens.com/global/en/products/drives/sinamics/low-voltage-converters/distributed-converters.html> Tarkastettu 11.5.2021

Djiev, S. 2021 Transmission Methods In Industrial Networks, Electricity forum. Saatavilla: <https://www.electricityforum.com/iep/building-automation/transmission-methods-industrial-networks> tarkastettu 11.5.2021

Drive technology 2021, Siemens. Saatavilla: <https://new.siemens.com/global/en/products/drives.html> Tarkastettu 12.05.2021

Drives Communication 2021, Siemens. Saatavilla: <https://new.siemens.com/us/en/products/drives/sinamics-electric-drives/low-voltage-drives/lv-drives-topics/drives-communication.html> 12.05.2021

Electrical technology 2015. Saatavilla: <https://www.electricaltechnology.org/2015/11/what-are-dc-drives-types-of-electrical-dc-drives.html> Tarkastettu 11.5.2021

Fieldbus communications 2021, ABB. Saatavilla: <https://new.abb.com/drives/connectivity/fieldbus-connectivity>

Fireman's override 2018, ABB. Saatavilla: https://library.e.abb.com/public/c4a86494826e4cfa970aff0b62c52c9b/No_21_firemans_override.pdf Tarkastettu 11.5.2021

EtherCAT Technology Group 2021, Ethercat. Saatavilla: https://www.ethercat.org/en/tech_group.html Tarkastettu 10.5.2021

FBP FieldBusPlug 2003, ABB. Saatavilla: <https://library.e.abb.com/public/e67becbf10bf408ec1256e4c00378f09/2CDC131001D0204.pdf> Tarkastettu 11.5.2021

Features of EtherCAT 2021, Ethercat. Saatavilla: <https://www.ethercat.org/en/technology.html#1>. Tarkastettu 11.5.2021

Felser 2017a, Felser, M. Saatavilla: <https://www.felser.ch/profibus-manual/index.html> Tarkastettu 11.5.2021

Felser 2017b, Felser, M. Saatavilla: <https://www.felser.ch/profibus-manual/stationen.html> Tarkastettu 11.5.2021

Frequency Converters 2021, Power systems international. Saatavilla: <https://powersystem-sinternational.com/frequency-converters/> Tarkastettu 11.5.2021

Gradia 2016, Gradia. Saatavilla: <https://blogit.gradia.fi/sahkonet/sahko-ja-automaatioasennukset/oppimistehtavat/teollisuuden-sahkoasennukset/moottori-kaytot/taajuusmuuttajat/> Tarkastettu 11.5.2021

High Performance Frequency Converter 2021, Siemens. Saatavilla: <https://new.siemens.com/global/en/products/drives/sinamics/low-voltage-converters/high-performance-frequency-converter.html> Tarkastettu 11.5.2021

History of ABB 2021, ABB. Saatavilla: <https://global.abb/group/en/about/history> Tarkastettu 11.5.2021

Industry-Specific Frequency Converter 2021, Siemens. Saatavilla: <https://new.siemens.com/global/en/products/drives/sinamics/low-voltage-converters/industry-specific-frequency-converter.html> Tarkastettu 11.5.2021

Intelligent MCCs fundamentals 2021, Eaton. Saatavilla: <https://www.eaton.com/us/en-us/catalog/low-voltage-power-distribution-controls-systems/low-voltage-motor-control-centers/intelligent-motor-control-center-fundamentals.html> Tarkastettu 11.5.2021

Inverter drive systems 2021 <https://www.inverterdrivesystems.com/which-abb-drive-should-you-choose/> Tarkastettu 11.5.2021

Keinänen, T. Kärkkäinen P, Lähetkangas, M. Sumujärvi, M. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat WSOY, 1.painos

LON Technology 2021, Lonmark Saatavilla: <https://www.lonmark.org/technology/lon-technology/> Tarkastettu 11.5.2021

LonMark Application-Layer Interoperability Guidelines 2021, Lonmark. Saatavilla: <https://www.lonmark.org/wp-content/uploads/2020/01/LmApp34.pdf> Tarkastettu 11.5.2021

Low Voltage Converters 2021, Siemens. Saatavilla: <https://new.siemens.com/global/en/products/drives/sinamics/low-voltage-converters.html> Tarkastettu 11.5.2021

Manual SIMOCODE pro 2017, Siemens. Saatavilla: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/852/50564852/att_73454/v1/Manual_SIMOCODE_pro_Safety_en-US.pdf Tarkastettu 11.5.2021

MNS Digital Motor Control Center 2020, ABB. Saatavilla: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1TNC912003&LanguageCode=en&DocumentParId=&Action=Launch> Tarkastettu 11.5.2021

MNS UMC 2021, ABB. Saatavilla: <https://new.abb.com/low-voltage/fi/tuotteet/pienjannitekojeistot-ja-mcc/mcc-and-iec-low-voltage-switchgear/mns-umc> Tarkastettu 12.5.2021

Motor control design 2021, Electronic products. Saatavilla: <https://www.electronicproducts.com/motor-control-design-an-introduction-to-motors-and-controllers/#> Tarkastettu 11.5.2021

Müller, P. 2010, ABB. Saatavilla: https://library.e.abb.com/public/61f0639bae75e6dec12578930049edb1/27-31%204m086_ENG_72dpi.pdf Tarkastettu 11.5.2021

O'Brien, L & Avery, A. Top 50 Automation Companies of 2019. Artikkel. Saatavissa: <https://www.controlglobal.com/articles/2020/top-50-automation-companies-of-2019-under-siege/> 2020 Tarkastettu 11.5.2021

Orr, B. 2021, Hvacrschool. Saatavilla: <https://hvacrschool.com/motor-speeds-the-basics/> Tarkastettu 11.5.2021

Pc-control 2003, Beckhoff. Saatavilla: https://www.pc-control.net/pdf/032003/pcc_0303_d.pdf tarkastettu 11.5.2021

Profibus DP for PST 2006, ABB. Saatavilla: <https://library.e.abb.com/public/22164c695852f737c125725100519ada/1SFC132044M0201.pdf> Tarkastettu 11.5.2021

Servo Converter 2021, Siemens. Saatavilla: <https://new.siemens.com/global/en/products/drives/sinamics/low-voltage-converters/servo-converter.html> Tarkastettu 11.5.2021

Siemens History 2021, Siemens. Saatavilla: <https://new.siemens.com/global/en/company/about/history.html> Tarkastettu 11.5.2021

SIMOCODE pro 3UF7 2021, Siemens. Saatavilla <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-controls/sirius/sirius-monitor/simocode.html> tarkastettu 11.05.2021

SIMOCODE pro synonymous with motor management 2019, Siemens. Saatavilla: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:6562e2ba-dab1-474d-a9c7-7fef26212f4c/cpbrsmprs.pdf> Tarkastettu 11.5.2021

SINAMICS DCM as three-phase AC power controller for heating applications 2020, Siemens. Saatavilla: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/610/109763610/att_1010582/v1/109763610_SINAMICS_DCM_as_heating_FAQ_en.pdf Tarkastettu 11.5.2021

Sinamics DCM List Manual 2018, Siemens. Saatavilla: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/564/109763564/att_972544/v1/DCM_lists_man_1218_en-US.pdf Tarkastettu 11.5.2021

SINAMICS Low Voltage Converters 2020, Siemens. Saatavilla: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:3c5fe93a-be71-4d5c-b51d-a70199dba2b6/dfmc-b10032-00brsinamicsenus-72.pdf> Tarkastettu 11.5.2021

Sirius Modulaarinen-järjestelmä 2018, Siemens. Saatavilla: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:d2615442-c7b9-4d2d-b0d7-fd6387ac6703/Sirius-modulaarinen-jarjestelma-2018-1FI.pdf> Tarkastettu 11.5.2021

Smart motor control centers 2021, Siemens. Saatavilla: <https://new.siemens.com/us/en/products/energy/low-voltage/low-voltage-motor-control-centers/smart-motor-control-centers.html> Tarkastettu 11.5.2021

Sundquist, M. 2008. Turvaväylät Teollisuusautomaation tiedonsiirtoliikenne, Multiprint Oy, 2008

The EtherCAT protocol 2021, Ethercat. Saatavilla: <https://www.ethercat.org/en/technology.html#1.2> Tarkastettu 11.5.2021

UMC100.3 Manual 2019, ABB. Saatavilla: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2CDC135032D0204&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch> Tarkastettu 11.5.2021

Variable frequency drives 2021, Siemens. Saatavilla: <https://new.siemens.com/global/en/products/drives/topic-areas/variable-frequency-drive.html> Tarkastettu 11.5.2021

Winsonic 2017, Winsonic. Saatavilla: <https://www.ewinsonic.com/automation/fieldbus.html> Tarkastettu 11.5.2021