

TAAJUUSMUUTTAJIEN UUSINTA

Mikko Kautto

Opinnäytetyö
Toukokuu 2014

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) Kautto, Mikko	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 15.05.2014
	Sivumäärä 56	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi TAAJUUSMUUTTAJIEN UUSINTA		
Koulutusohjelma Automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Hukari, Sirpa		
Toimeksiantaja(t) Caverion Suomi Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Caverion Suomi Oy, joka suunnittelee, toteuttaa ja ylläpitää kiinteistötekniikkaa sekä teollisuudenpalveluita 13 maassa. Itseopinnäytetyö tehtiin toiselle yhteistyöyritykselle, Äänekosken CP Kelcon CMC:tä valmistavalle tehtaalle.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa Äänekosken CP Kelcon tehtaan vanhojen ABB:n SAMI MINISTAR -taajuusmuuttajien uusimisen tarve. Taajuusmuuttajat täytyi ensin kartoittaa tehtaalta ja tehdä niistä selkeä luettelo. Luettelon valmistumisen jälkeen pidettiin palaveri, jossa käytiin läpi, mitä taajuusmuuttajia uusitaan ja mitä ei. Tämän jälkeen taajuusmuuttajista lähetettiin tarjouspyyntö neljälle eri valmistajalle (ABB, Vacon, Siemens ja Rockwell). Taajuusmuuttajien kartoitusta helpotti ABB:n tekemä CP Kelcon taajuusmuuttajat-taulukko, jonka avulla päästiin hyvin alkuun kartoittamisessa.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkittiin mm. kannattaako siirtyä analogisesta viestijärjestelmästä kenttäväyläratkaisuun. Myös mahdollista kenttäväylään siirtymistä vertailtiin Profibus-tekniikan ja uudemman Profinet-tekniikan välillä. Tutkimusta tehtiin pääosin tutkimalla aiheeseen liittyvää opetusmateriaalia, mutta tietoa kysyttiin myös suoraan eri laitevalmistajilta. Opinnäytetyö oli tärkeä, koska CP Kelcon vanhat ABB:n SAMI MINISTAR -taajuusmuuttajat olivat elinkaarensa päässä, ja niiden uusiminen oli välttämätöntä.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena CP Kelcon tehdas saa luettelon vanhojen taajuusmuuttajien korvaavista tuotteista. Näiden tuotteiden pohjalta voidaan uusia vanhat taajuusmuuttajat. Taajuusmuuttajaluetteloa voidaan käyttää jatkossa esimerkiksi samankaltaisissa projekteissa.</p> <p>Opinnäytetyön raportissa käsitellään taajuusmuuttajan tekniikkaa ja sen valintaan vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi käydään läpi kenttäväylätekniikoiden eroavaisuuksia ja räjähdysvaarallisten tilojen ja laitteiden määräyksiä.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Taajuusmuuttaja, ATEX, SAMI MINISTAR, tarjouspyyntö, Profibus, Profinet		
Muut tiedot		



Author(s) Kautto, Mikko	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 15.05.2014
	Pages 56	Language Finnish
		Permission for web publication (X)
Title REPLACING FREQUENCY CONVERTERS		
Degree Programme Automation Engineering		
Tutor(s) Hukari, Sirpa		
Assigned by Caverion Suomi Oy		
Abstract <p>The ordering party of the thesis was Caverion Suomi Oy which plans, implements and maintains real estate techniques and services in industry in 13 different countries. The thesis was made for another cooperation company, CP Kelco in Äänekoski. CP Kelco produces CMC.</p> <p>The target of this thesis was to survey the need for replacing the old ABB SAMI MINISTAR frequency converters in CP Kelco in Äänekoski. First the frequency converters in the factory had to be charted. Also an itemized list of the frequency converters was made. After this there was a meeting in which it was decided which frequency converters need to be replaced. The invitation for bids was sent to four different manufacturers (ABB, Vacon, Siemens, Rockwell). ABB had earlier made a frequency converter-chart of CP Kelcos's frequency converters, which was also used.</p> <p>In this thesis it was researched if it is profitable to change over from the analog communication system to fieldbuses. Also the technology of newer Profinet-technology and older Profibus-technology were compared in the light of the possible use of fieldbuses. The research was made mostly by investigating the subject related to the educational material. Information was also collected from the manufacturers. This thesis is important because the frequency converters of CP Kelco were at the end of their life cycle so the replacement was necessary.</p> <p>The result of the thesis was a list of substitutive products for the old frequency converters. This list helps with the replacement of the old frequency converters. The list of frequency converters can also be used in the future with similar projects.</p> <p>The report of the thesis deals with the technology of frequency converters and the crucial factors of choosing a frequency converter. Also the differences in fieldbuses and the regulations of potentially explosive atmospheres and explosion-protected electrical apparatus are explained.</p>		
Keywords Frequency converter, ATEX, SAMI MINISTAR, invitation for bids, Profibus, Profinet		
Miscellaneous		

Sisältö

Käsitteet	4
1 Opinnäytetyön lähtökohdat.....	5
1.1 Yhteistyöyritykset	6
2 Teollisuuden sähkökäytöt	7
3 Taajuusmuuttaja	8
3.1 Toimintaperiaate	9
3.2 Tasasuuntaaja	10
3.2.1 Kytkenät	10
3.2.2 Komponentit	11
3.3 Välipiiri	11
3.4 Vaihtosuuntaaja.....	13
3.4.1 Kytkenät	13
3.4.2 Komponentit	14
3.5 Ohjauspiiri.....	14
3.6 Laajennuskortit	15
3.6.1 Ohjauskortin tulo ja lähdöt	15
3.6.2 Hätäpysäytys	16
3.7 Taajuusmuuttajan valintaperusteet	17
3.8 Taajuusmuuttajan sijoitus sähkötilaan	18
3.9 ABB:n SAMI MINISTAR -taajuusmuuttaja.....	20
4 Taajuusmuuttajan liittäminen automaatiojärjestelmään	22
4.1 Profibus-väylä	22
4.2 Profinet-väylä	22
4.3 Profibus- vai Profinet-väylä?	25

4.4	Kenttäväylän edut verrattuna analogiseen viestipiiriin	27
5	Taajuusmuuttajan elinkaarimalli.....	28
6	Räjähdyksivaaralliset tilat ja laitteet	29
7	Taajuusmuuttajat CP Kelcon tehtaalla.....	31
8	Tarjouspyynnön tekeminen	35
9	Taajuusmuuttajien vertailu	37
10	Pohdinta.....	39
	Lähteet	41
	Liitteet	43
	Liite 1. SAMI MINISTAR -taajuusmuuttajalista	43
	Liite 2. Tarjouspyynnön liite 1. Korvattavan taajuusmuuttajan ominaisuudet.....	47
	Liite 3. Taajuusmuuttajien vertailutaulukko ilman hintatietoja	48

Kuviot

Kuvio 1. Taajuusmuuttajan kaaviokuva (A circuit diagram of a three-phase variable frequency drive. 2005, suomennettu.)	9
Kuvio 2. Sykkivä tasajännite. (Ratavaara, M. 2011.)	10
Kuvio 3. Vaihtosuuntaajan toimintaperiaate. (Ratavaara, M. 2011.)	13
Kuvio 4. Ohjauk kortin korttipaikat Vacon NXS ja Vacon NXP-taajuusmuuttajissa. (Vacon-NX-IO-Boards-User-Manual-DPD01518A-FI. 2014, 4.)	15
Kuvio 5. Pienitehoiset taajuusmuuttajat sähkökaapissa.....	19
Kuvio 6. Profinet- ja Profibus-kenttäväylät yhdistetty (Profinet.N.d, 1.).....	23
Kuvio 7. Profinetin laitekohtaiset kiertoajat (Datasiirron perusteet. 2012, 10.)	24
Kuvio 8. Profinet-kenttäväylä on Ethernet-pohjainen kenttäväylä. (Pyykkö, T. 2012, 5.).....	25
Kuvio 9. Räjähdyksivaarallisen tilan kyltti (Räjähdyksivaarallisen tilan kyltti. N.d.)	30
Kuvio 10. Rikkoutunut SAMI-taajuusmuuttaja on korvattu uudella.....	32
Kuvio 11. Taajuusmuuttaja asennettuna kaapelihyllylle	33

Kuvio 12. Taajuusmuuttaja asennettuna tiiliseinälle	34
---	----

Taulukot

Taulukko 1. SAMI MINISTAR 07MB4 -taajuusmuuttajan ominaisuuksien vertaaminen uudempaan ACS880-01-tuoteperheen taajuusmuuttajaan	21
Taulukko 2. Profibus DP:n ja Profinet IO:n teknisten tietojen vertailua.....	26

Käsitteet

Analoginen viesti	Viestipiiri, jossa viestille annetaan mittaus- tai ohjaussuuretta vastaava arvo, esimerkiksi 4...20mA
ATEX	Equipment for explosive atmospheres, räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettävien laitteiden lainsäädäntö
I/O	Input/Output
PWM	PulseWidthModulation, pulssinleveysmodulointi
SFS	Suomen standardisoimisliitto SFS ry, standardoinnin keskusjärjestö Suomessa
SIL	Safety Integrity Level, turvallisuuden eheystason luokitus
Tasavirta (DC)	Direct current, sähkövirta jonka suunta ei muutu
TUKES	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
Vaihtovirta (AC)	Alternating current, sähkövirta jonka synnyttävän jännitteen napaisuus vaihtelee ajan funktiona

1 Opinnäytetyön lähtökohdat

Vanhat taajuusmuuttajat on tarpeellista uusita tietyin väliajoin. Laitetoimittajat lupaa-
vat laitteelleen elinajan, joka tarkoittaa sitä, että laitteet kestävät luvatus käyttöään
ja varaosia on saatavilla elinkaareen loppuun asti valmistajalta.

Tavoitteena oli tutkia CP Kelcon Äänekosken tehtaassa vanhojen ABB SAMI MINISTAR -
taajuusmuuttajien uusimisen tarve ja selvittää uudet korvaavat tuotteet vanhoille
taajuusmuuttajille. CP Kelcon SAMI MINISTAR -taajuusmuuttajat ovat jo elinkaarensa
päässä ja niille korvaavien tuotteiden löytäminen oli välttämätöntä. Vanhat taajuus-
muuttajat korvaavat tuotteet tuli etsiä neljän eri valmistajan joukosta (ABB, Vacon,
Siemens, Rockwell). Työni tarkoitus oli kartoittaa uusittavat taajuusmuuttajat, tehdä
tarjouspyyntö tuotteista ja lopuksi verrata eri valmistajien laitteita keskenään. Työn
toimeksiantajana toimi Caverion Suomi Oy.

Ennen opinnäytetyön varsinaista tekemistä Caverion Suomi ja CP Kelco olivat keskus-
telleet työn vaatimuksista ja pohtineet kysymyksiä, joihin opinnäytetyön olisi vastat-
tava:

- Kannattaako analogiaviestijärjestelmästä siirtyä Profibus- tai Profinet- kenttä-
väyläratkaisuun?
- Korvataanko laitteet asentamalla ne kojeiston sisään vai siirretäänkö seinälle?
- Käytetäänkö taajuusmuuttajissa lakattuja kortteja?
- Mahtuvatko vanhat kaapelit uusien taajuusmuuttajien liittimiin?
- Millainen varaosa-, huolto- ja päivityssaatus valituilla taajuusmuuttajilla
on?
- Mitkä ovat hankinta- ja huoltokustannukset?
- Mitä taajuusmuuttajia kannattaa varata varastoon ja mitä varaosia säilyte-
tään varastossa?
- Täyttyykö standardin SFS604-2 suositus termistorisuojuuksesta joko kontakto-
rilla ja termistorireleellä tai taajuusmuuttajan ATEX-hyväksytyllä turvapiirillä?

1.1 Yhteistyöyritykset

Caverion Suomi Oy

Caverion Oyj syntyi YIT Oyj:n osittaisjakautumisessa 30.6.2013 kiinteistötekniisten ja teollisuuden palveluiden irtautuessa YIT-konsernista itsenäiseksi konsernikseen. Caverion suunnittelee, toteuttaa ja ylläpitää kiinteistötekniikkaa sekä teollisuuden palveluita 13 maassa: Suomessa, Ruotsissa, Norjassa, Tanskassa, Virossa, Latviassa, Liettuaassa, Venäjällä, Saksassa, Itävallassa, Tšekissä, Puolassa ja Romaniassa. Caverionilla on yhteensä yli 17 000 työntekijää, joista Suomessa noin 4700. Vuonna 2012 liikevaihto oli 2,8 miljardia euroa ja yhtiön pääkonttori sijaitsee Suomessa. Liikevaihdoltaan suurimmat maat vuonna 2012 olivat Ruotsi (26 % liikevaihdosta), Suomi (21 %), Norja (20 %) ja Saksa (19 %). (Caverion – Parempien kiinteistöjen puolesta. 2014.)

CP Kelco Oy

CP Kelco Oy on maailman suurin karboksimeetyliselluloosan (CMC) valmistaja. Yritys myy maailmanlaajuisesti CMC:tä mm. paperi-, elintarvike-, lääke-, henkilöhygieniä-, pesuaine- ja öljynporausteollisuuden tarpeisiin. Konsernilla on Äänekosken tehtaan lisäksi CMC-tehdas Taixingissa Kiinassa. CP Kelco Oy:n Äänekosken tuotantolaitoksen vuosittainen tuotantokapasiteetti on noin 70 000 tonnia CMC:tä. Henkilövahvuus Äänekoskella on 230. (Turvaopas. 2013, 6.)

Äänekosken tehtaan toiminta luokitellaan laajamittaiseksi vaarallisten kemikaalien teolliseksi käsittelyksi ja varastoinniksi, jota valvoo TUKES. CMC:n valmistuksen turvallisuudessa huolehditaan mm. uusimmalla tekniikalla, kehittyneillä automaatiojärjestelmillä ja henkilöstön jatkuvalla kouluttamisella. (Mts. 6.)

2 Teollisuuden sähkökäytöt

Teollisuusverkon liityntä yleiseen sähköverkkoon toteutetaan Suomessa tyypillisesti 110 kV, 20 kV, 10 kV, 0.69 kV tai 0.4 kV jännitetasossa. Mikäli teollisuusverkon syöttöjännite on korkea, lasketaan jännitettä päämuuntajalla tehdasjakeluun sopivaksi esimerkiksi 20 kV, 10 kV, 6 kV tai 3 kV tasoon. Teollisuus sähköverkossa on yleensä useita eri käyttöjakelujärjestelmiä: prosessijakelu, apusähköjärjestelmät sekä valaistus- ja huoltosähköverkko. (Hietala, L. 2013, 6)

Teollisuusverkolle on ominaista, että suuri keskittynyt tehonkulutus on jakautunut pienelle maantieteelliselle alueelle. Teollisuusverkossa on lyhyet jakeluetäisyydet häviöiden vuoksi verrattuna jakeluverkon rakenteeseen. (Mts. 6.)

Suurien teollisuuskeskittymien verkoissa on runsaasti pyörivää moottorikuormaa sekä useita suuritehoisia muuntajia. Kuormatehot ovat suuria ja erityisesti kuormatehon vaihtelu edellyttää, että liitäntä jakeluverkkoon tulee olla riittävän vahvasti suunniteltu. Monesti suurissa teollisuuskeskittymissä on omaa energiatuotantoa eli verkkoon on kytketty generaattoreita. (Mts. 6.)

Tehdasalueen sisällä käytetään säteittäistä jakeluverkkoa, jolla voidaan rajoittaa oikosulkuvirtoja, jolloin suojauksen järjestäminen on helpompaa. Mikäli verkolle halutaan varmuutta, käytetään silmukoituja rakenteita verkossa ja kaksoiskiskostolla varustettuja keskuksia. (Mts. 6.)

CP Kelcon Äänekosken tehdas sijaitsee usean eri tuotantolaitoksen kanssa samalla teollisuusalueella. Teollisuusalueella on mm. vesivoimalaitos (Äänevoima Oy) ja yhteinen pääportti. CP Kelcon tehtaalla on runsaasti pyörivää moottorikuormaa.

3 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja on sähkötekkinen laite, jonka avulla säädetään vaihtovirtamoottorin pyörimisnopeutta ja vääntömomenttia portaattomasti. Taajuusmuuttajalla yleensä ohjataan yhtä oikosulkumoottoria, jonka tyypillisimpiä sovelluskohteita ovat teollisuudessa mm. puhaltimet ja pumput. Taajuusmuuttaja mm. mahdollistaa moottorikäytön liittämisen tehtaan automaatiojärjestelmään. (Mikä taajuusmuuttaja on? 2008.)

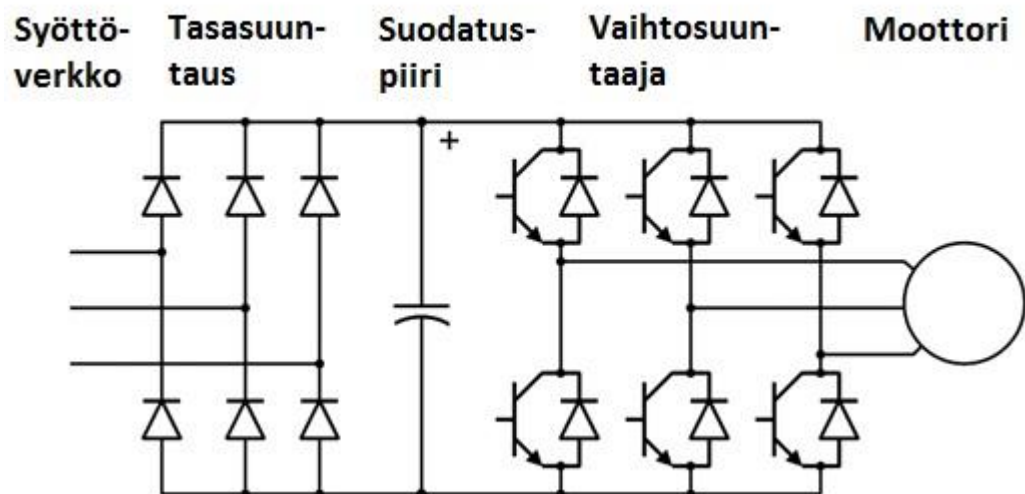
Taajuusmuuttajan kehityksen vuoksi vaihtovirtamoottorit ovat käytännössä syrjäyttäneet tasavirtamoottorit tehtaissa. Taajuusmuuttaja käytön etuja verrattuna tasavirtakäyttöön ovat mm. moottorin pehmeä käynnistys, käynnistysmomentti voidaan säätää isoksi, portaattomasti säädettävät kiihdytys- ja hidastusajat, tarkka moottorin pyörimisnopeus, hyvä kauko-ohjausmahdollisuus, tietokoneiliitäntä ja taajuusmuuttajan yksinkertainen rakenne (ei juurikaan mekaanisia osia). Myös parempi automaatioaste ja alhaiset työ- ja rakenneosakustannukset ovat taajuusmuuttaja käytön etuja. (Mt.)

Taajuusmuuttajakäytön energiataloudellisuus on todella hyvä verrattuna vanhoihin prosessin säätötapoihin. Kun ennen pumpun tai puhaltimen virtausta säädettiin venttiilillä tai siipisäätimellä, niin nykyään voidaan virtausta säätää kierrosnopeutta muuttamalla taajuusmuuttajan avulla. Venttiili- ja siipisäädöissä moottorin kierrosnopeus oli vakio, joka aiheutti huonon hyötysuhteen silloin kun prosessissa ei tarvittu maksimitehoa. ABB:n mukaan taajuusmuuttajan investointi maksaakin itsensä takaisin joissain sovelluksissa jo muutamassa kuukaudessa energian säästön vuoksi. (Mt.)

Tunnettuja taajuusmuuttajien valmistajia ovat Siemens, Rockwell, Danfoss, Mitsubishi, Yaskawa, Omron, Vacon sekä ABB.

3.1 Toimintaperiaate

Yleisesti taajuusmuuttajan toimintaperiaatetta kuvataan kolmivaiheiseksi: tasasuuntaus, välipiiri ja vaihtosuuntaus. Ensimmäisessä vaiheessa sähköverkosta tuleva syöttötaajuus tasasuunnataan diodi- tai tyristorisillalla eli vaihtovirta (AC) muunnetaan tasavirraksi (DC). Tasasuuntauksen jälkeen tasasähkövirta suodataan yleensä kuristimen ja kondensaattorin yhdistelmällä. Suodatuksen jälkeen tasavirta vaihtosuunnataan uudestaan haluttuun taajuuteen tyristori- tai transistoriparijen avulla. Lisäksi taajuusmuuttajan neljättä päävaihetta voidaan pitää ohjauspiiriä. Kuviossa 1 on havainnollistettu taajuusmuuttajan toimintaperiaate. (Tietämisen arvoista asiaa taajuusmuuttajista. 2000, 52–53.)



Kuvio 1. Taajuusmuuttajan kaaviokuva (A circuit diagram of a three-phase variable frequency drive. 2005, suomennettu.)

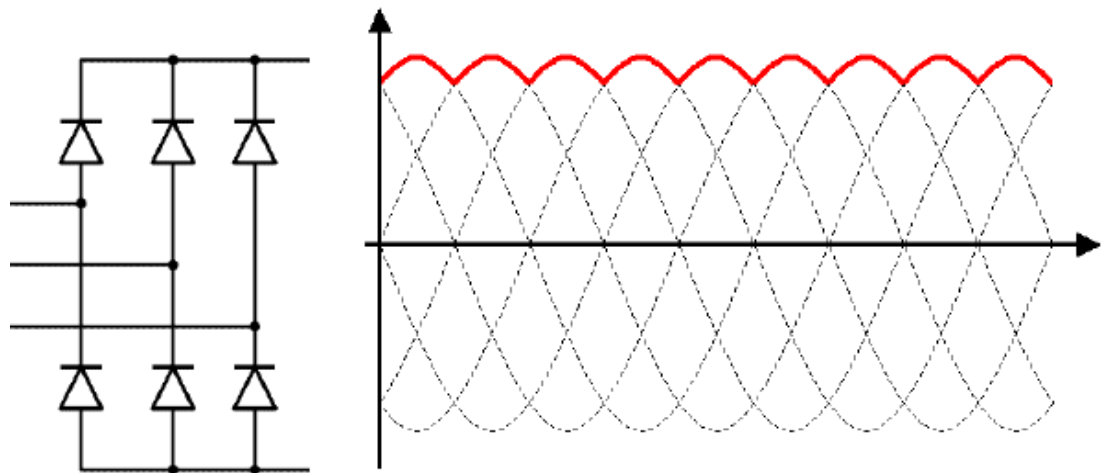
Kuviossa vasemmalla on syöttöverkon ”sisääntulo” taajuusmuuttajalle, seuraavaksi tasasuuntaus, suodatuspiiri ja viimeisenä vaihtosuuntaus, jonka jälkeen taajuusmuuttajasta saadaan ulos haluttua vaihtovirtaa moottorille. Uusimmissa ja kehittyneimmissä taajuusmuuttajissa on myös mahdollista siirtää moottorin tuottama sähköenergia sähköverkkoon päin, eli taajuusmuuttajalla voidaan moottoria siis käyttää hetkellisesti generaattorina. Tällaista ominaisuutta voidaan tarvita esim. nosturikäytöissä, jossa tehon ja pyörimisnopeuden suunnat muuttavat. Pumppu- ja puhallinkäytöissä ei ole vastaavaa tarvetta.

3.2 Tasasuuntaaja

3.2.1 Kytkenöt

Tasasuuntaajan puolijohdekomponentteina käytetään tyristoreja, diodeja tai näiden yhdistelmiä. Diodeilla toteutettua tasasuuntaajaa kutsutaan ohjaamattomaksi ja tyristoreilla toteutettua ohjatuksi, koska tyristori tarvitsee toimiakseen ohjaussignaalin. (Esala, M. N.d, 2.)

Kolmivaiheisessa ratkaisussa käytetään tasasuuntaamiseen kuutta diodia tai tyristoria, jotka johtavat virtaa vain yhteen suuntaan, anodista katodiin (ks. kuvio 2). Virta ei pysty kulkemaan toiseen suuntaa, koska diodi estää sen. Vaihtojännitteen kulkiessa diodisillan läpi, jännitteestä tulee sykkivää tasajännitettä. (Mt.)



Kuvio 2. Sykkivä tasajännite. (Ratavaara, M. 2011.)

Tyristoripohjaisessa kokoaaltotasasuuntauksessa tyristori päästään diodin tapaan virtaa lävitse vain toiseen suuntaan. Tyristorien johtavuutta ohjataan "sytytysviestillä", joka syötetään tyristorin kolmanteen napaan, ja se johtaa virtaa niin kauan, kunnes virta laskee nolleen. Ohjattu tasasuuntaaja aiheuttaa suurempia häviöitä ja häiriöitä syöttöverkkoon kuin ohjaamaton tasasuuntaus. Tämä johtuu siitä, että ohjattu tasasuuntaaja eli tyristoreilla toteutettu tasasuuntaaja ottaa verkosta suuren loisivirran, koska tyristorit johtavat vain lyhyen aikaa kerrallaan. Tämä aiheuttaa jännitteen ja virran välille vaihesiirtoa. (Esala, M. N.d, 2.)

3.2.2 Komponentit

Diodi

Diodia sallii virrankulun vain yhteen suuntaan: anodista (A) katodiin (K). Virranvoimakkuutta ei voida ohjata, kuten esimerkiksi tyristorilla. Kun vaihtojännite kulkee diodin lävitse, se muuttuu sykkiväksi tasajännitteeksi. Tasajännite on edelleen sykkivää vaikka syötettävä vaihtojännite on kolmivaiheinen. (Tietämisen arvoista asiaa taajuusmuuttajista. 2000, 55.)

Tyristori

Diodin tapaan tyristori sallii virrankulun vain yhteen suuntaan. Tyristorissa on diodin sijaan myös kolmas napa, eli hila (G). Tyristori johtaa vain jos hilaan tulee ohjausviesti. Kun tyristorin läpi kulkee virta, niin tyristori johtaa, kunnes virta laskee nolnaan. (Mts. 55.)

3.3 Välipiiri

Välipiirissä tasasuunnattu energia varastoidaan ja suodatetaan, minkä jälkeen vaihtosuuntauksen välityksellä sähköenergia syötetään moottorille. Välipiirin rakenteita on erilaisia. Rakenne voidaan toteuttaa kolmella eri tavalla: virtaohjatut vaihtosuuntaajat (I-muuttajat), jänniteohjatut vaihtosuuntaajat (U-muuttajat) tai muuttuvajännitteinen välipiiri. Välipiirin toteutustapa riippuu käytettävästä tasaja vaihtosuuntaajan tyypistä. (Tietämisen arvoista asiaa taajuusmuuttajista. 2000, 59.)

Virtaohjatut vaihtosuuntaajat (I-muuttajat)

Virtaohjatuissa vaihtosuuntaajissa välipiiri koostuu pelkästään erittäin suuresta käämistä ja sitä käytetään vain yhdistettynä ohjattuun tasasuuntaajaan. Käämin tehtävänä on muuttaa tasasuuntaajan tuottama muuttuva jännite, muuttuvaksi tasavirraksi. Moottorijännite määräytyy kuormituksen mukaan. (Mts. 59.)

Jänniteohjatut vaihtosuuntaajat (U-muuttajat)

Jänniteohjatuissa vaihtosuuntaajissa välipiiri koostuu kondensaattorin ja käämin muodostamasta yhdistelmästä. Tämä välipiiri voidaan yhdistää molempiin tasasuuntaajatyyppeihin. Suodattimen tehtävänä on tasata sykkivä tasajännite (U_{z1}), joka tulee tasasuuntaajasta. (Mts. 59–60.)

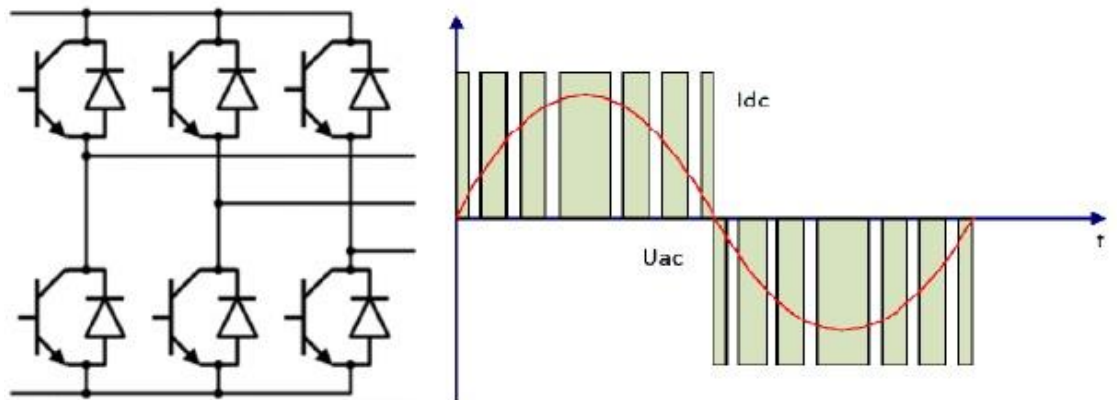
Muuttuvajännitteinen välipiiri

Muuttuvajännitteiseen välipiiriin on mahdollista sijoittaa hakkuri (chopper) suodattimeen eteen. Hakkurissa on transistori, joka kytkee tasasuunnatun jännitteen päälle ja pois. Hakkuri saa aikaan suorakaiteen muotoista tasajännitettä jota suodatin tasoittaa. Suodattimen käämi ja kondensaattori pitävät jännitteen vakiona tietyllä taajuudella. (Mts. 60–61.)

3.4 Vaihtosuuntaaja

3.4.1 Kytkenät

Vaihtosuuntaaja on taajuusmuuttajan viimeinen osuus ennen moottoria, ja siinä tapahtuu lähtöjännitteen lopullinen sopeuttaminen. Vaihtosuuntaajassa muutetaan välipiirin muuttuva tasavirta muuttuvaksi vakiotasajännitteeksi tai tasavirtavaihtojännitteeksi tyristori- tai transistoriparejen avulla (ks. kuvio 3). Nykyään erittäin nopeasti päälle ja pois kytkeytyvät suurtaajuustransistorit ovat pääasiassa syrjäyttäneet tyristorit vaihtosuuntaajassa. Vaihtosuuntaajan periaate perustuu välipiirin tasasähkön pilkkomiseen. Vaihtosuuntaajassa säädetään taajuus ja yleensä myös jännite kuormitusta vastaan sopivaksi. (Mts. 62.)



Kuvio 3. Vaihtosuuntaajan toimintaperiaate. (Ratavaara, M. 2011.)

Vaihtosuuntaajien pääkomponentteja ohjataan ohjauspiirin avulla auki ja kiinni, jolloin saadaan aikaiseksi pylväsmäistä vaihtosähköä (ks. kuvio 3). Tämä tarkoittaa, että taajuusmuuttaja ei anna ulos sinimuotoista vaihtojännitettä vaan kuvio 3 mukaista pylväsmäistä kanttiaaltoa. Pulssien määrän kasvaessa ja niiden kestojen lyhentyessä vaihtojännitteen tehollisarvo muistuttaa yhä enemmän siniaaltoa. (Heinonen, T. 2008, 6.)

3.4.2 Komponentit

IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) -transistori

IGBT-transistori on yhdistelmäkehitettykomponentti, joka on nykyisin yleisin mm. taajuusmuuttajissa käytetty tehokomponentti. Nimitys viittaa eristettyyn hilarakenteeseen. Komponentin etuna on helppo ohjattavuus, sopiva jännitehäviö ja kohtalainen kytkentätaajuus. IGBT-transistorin jännite- ja virta-arvojen kestoisuus mahdollistaa useiden satojen kilowattien taajuusmuuttajien käytön. (Tietämisen arvoista asiaa taajuusmuuttajista. 2000, 17.)

GTO-tyristori

GTO-tyristori on komponentti, joka saadaan sekä syttymään että sammumaan hilaohjauksella. Sattuminen tapahtuu hilalle tuodulla riittävän voimakkaalla negatiivisella hilajännitteellä tai sammuminen voidaan toteuttaa myös saman lailla kuin tavallisissa tyristorit tai diodit, mutta tällöin sen estojännitekestoisuus on hyvin alhainen. (Mts. 22.)

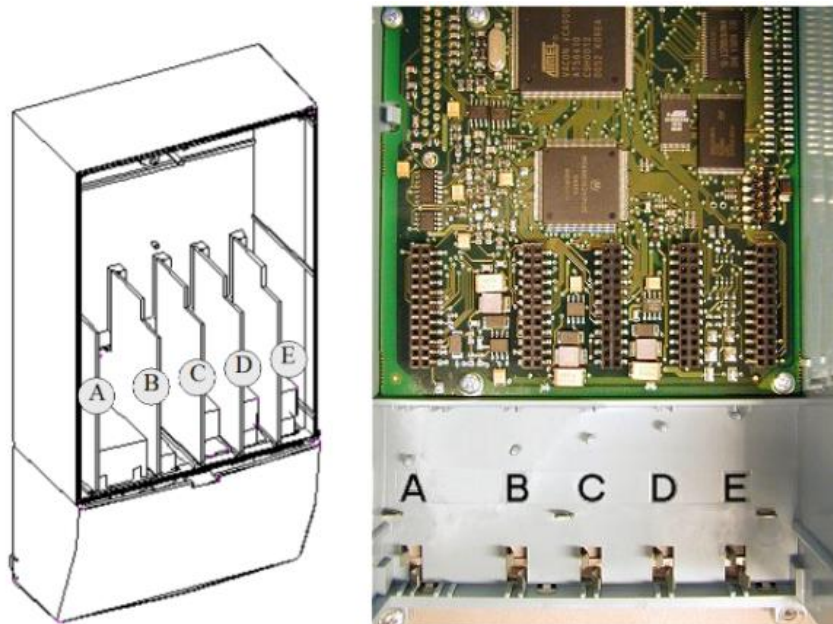
3.5 Ohjauspiiri

Taajuusmuuttajan ohjauspiirillä on kaksi tehtävää: ottaa vastaan ympärillä olevista laitteista taajuusmuuttajaan tulevia viestejä ja lähettää niitä edelleen muihin laitteisiin sekä ohjata taajuusmuuttajan puolijohdekomponentteja. Taajuusmuuttajalle saapuvat viestit voivat olla operaattorin antamia komentoja ohjauspaneelista tai ylemmän tason PLC-ohjausviestejä. Vanhojen taajuusmuuttajien toiminta perustui analogiatekniikkaan, kun taas nykyisten taajuusmuuttajien ohjauspiirin rakenne vastaa tietokoneen rakennetta. Nykyaikaisen taajuusmuuttajan ohjauspiiriin voidaan tallentaa mm. käynnistys- ja jarrutusajat, moottorin maksimivirta ja -jännite sekä minimi ja maksimi pyörimisnopeus. (Tietämisen arvoista asiaa taajuusmuuttajista. 1992.)

3.6 Laajennuskortit

3.6.1 Ohjaukortin tulo ja lähdöt

Valmistajat tarjoavat taajuusmuuttajiinsa erilaisia laajennus- ja sovitinkortteja, joilla voidaan lisätä käytettävissä olevia tuloja ja lähtöjä, ja monipuolistaa laitteen käyttömahdollisuuksia. Perus-, laajennus-, ja sovitinkortit asetetaan taajuusmuuttajan ohjaukortissa oleviin korttipaikkoihin. Esimerkiksi Vaconin taajuusmuuttajan korttipaikat sijaitsevat ohjausosan sisällä kuvion 4 mukaisesti. (Vacon-NX-IO-Boards-User-Manual-DPD01518A-FI. 2014, 4.)



Kuvio 4. Ohjaukortin korttipaikat Vacon NXS ja Vacon NXP-taajuusmuuttajissa. (Vacon-NX-IO-Boards-User-Manual-DPD01518A-FI. 2014, 4.)

Valmistajilla on tarjolla laajennuskortteja sekä lakattuna että lakkaamattomana. Lakatut kortit ovat hieman kalliimpia kuin lakkaamattomat kortit mutta ne lisäävät vastustuskykyä ympäristön aiheuttamia vaurioita vastaan ja siten ovat pitkäikäisempiä. Tulosten ja lähtöjen lukumäärä riippuu sen prosessin tarpeesta, jossa taajuusmuuttajaa käytetään. Tulot ja lähdöt ovat joko analogisia tai digitaalisia tai molempia. Ennen tulot ja lähdöt olivat aina analogisia, mutta tekniikan kehittyessä digitaaliset signaalit ovat alkaneet syrjäyttämään analogisetviestisignaaleja.

Analogiaviestin yleisemmin käytössä olevat ohjausalueet ovat 0–10V tai 4–20mA. Näistä kahdesta jälkimmäinen milliampeeriviesti on todettu paremmaksi, koska se on vähemmän altis häiriöille kuin jänniteviesti. Analogiaviesti saattaa häiriintyä, jos analogiaviestikaapelin läheisyydessä kulkee voimavirtakaapeli, joka aiheuttaa magneettista kohinaa analogiaviestiin. Tällöin viestin arvo saattaa muuttua. Kun käytetään 4–20mA analogiaviestiä, analogiaviesti ei ole niin altis magneettiselle häiriölle kuin jänniteviesti. Myös tässä analogiaviestityypissä tiedetään heti, että kaapeli on poikki tai laite on rikki, jos virtaviesti on 0 mA. (Kautto, H. 2014.)

3.6.2 Hätäpysäytys

Hätäpysäytys määritetään lyhyesti toiminnoksi, jonka tarkoituksena on pienentää (olemassa olevia) henkilöihin kohdistuvia vaaroja. Hätäpysäytyksen tulee olla ensisijainen toiminto kaikkiin muihin toimintoihin nähden ja sen tulee olla toiminnassa koko ajan. Eli jos hätäpysäytys on toiminnassa, mikään käynnistyskäsky ei saa ohittaa sitä, ennen kuin hätäpysäytys on kuitattu pois. Hätäpysäytyksen suunnitteluperiaatteet on määritelty standardissa SFS-EN ISO 13850. Se sanoo seuraavaa (2010, 16):

Hätäpysäytys on toiminto, jonka tarkoituksena on:

- *torjua uhkaavia tai pienentää olemassa olevia henkilöihin kohdistuvia vaaratekijöitä ja koneisiin tai käynnissä olevaan työprosessiin kohdistuvaa vahinkoa ja*
- *käynnistyä yhdellä ihmisen suorittamalla toimenpiteellä, kun normaali pysäytystoiminto on riittämätön tähän tarkoitukseen*

Taajuusmuuttajien hätäpysäytys on hoidettu asentamalla päävirtapiiriin suojakontaktori. Tekniikan kehittyessä uusissa taajuusmuuttajasovelluksissa ei tarvitse lainkaan päävirtapiirissä suojakontaktoria, vaan taajuusmuuttajassa oleva ATEX-hyväksytty turvapiiri toteuttaa saman suojauksen (SFS-EN 60204-2 kohta 4.2).

3.7 Taajuusmuuttajan valintaperusteet

Taajuusmuuttajaa valittaessa tulee tietää mm. käyttölämpötila ja sovelluksen kuormitusolosuhteet. Myös uutta sovellusta tehtäessä tulee tietää mm. moottorin nimellisarvot ja kuormitustarve. Taajuusmuuttajien valmistajilla on yleensä saatavana valintataulukkoja, joissa on annettu erikokoisten taajuusmuuttajien tyypilliset moottoritehot. Usein taajuusmuuttaja mitoitetaan seuraavaan moottorikokoon huomioiden prosessin päivityksen tarpeen. (Tekninen opas nro. 7 - sähkökäytön mitoitus, 24)

Tässä työssä ei kuitenkaan uutta sovellusta tehty, vaan kartoitettiin korvaavat vaihtoehdot vanhoille ABB SAMI MINISTAR -taajuusmuuttajille. Työssä etsittiin nykyaikainen vastaava taajuusmuuttaja vanhan tilalle. Tekniikan kehittyessä esimerkiksi uusissa taajuusmuuttajasovelluksissa ei tarvita lainakaan suojakontaktoria, vaan taajuusmuuttajassa oleva ATEX-hyväksyty turvapiiri toteuttaa saman suojauksen.

Kotelointiluokat

Tilaluokitus on yksi tapa luokitella asennusympäristöjä. Kotelointiluokitus puolestaan ilmaisee asennettavan tiiviiden ulkopuolisia haitallisia vaikutuksia, kuten kiinteitä aineita (pölyä), tai vettä, vastaan. Kotelointiluokituksella tarkoitetaan ulkokuoren kykyä suojata toisaalta laitteen arkoja sisäosia ja toisaalta ympäristöä. Kotelointi suojaa ympäristöä mm. kipinöinnin ja valokaaren aiheuttamalta tulipalonriskiltä. Laitteen arkoja sisäosia kotelointi suojaa kosteudelta, pölyltä sekä syövyttäviltä tai muuten vahingollisilta aineilta. Laitteen kotelointiluokka tulee vastata asennusympäristön tilaluokkaa. (Hietalahti, L. 2013, 43.)

3.8 Taajuusmuuttajan sijoitus sähkötilaan

Ennen lähes kaikki taajuusmuuttajat sijoitettiin sähkökaapin sisälle. Näin myös lähes kaikki CP Kelcon vanhat SAMI MINISTAR -taajuusmuuttajat on sijoitettu. Nykyään suurin osa taajuusmuuttajista asennetaan kuitenkin seinälle asennuksen helppouden, laitteen ilmankierron ja laitteen vaihtamisen helppouden vuoksi. Taajuusmuuttajan asennus seinälle vie myös vähemmän tilaa sähkötilasta kuin sen asentaminen kaappiin. Aina ei kuitenkaan valmistajalla ole tarjolla seinälle asennettavaa taajuusmuuttajaa yleensä sen koon vuoksi. Seinälle asennettavan ja sähkökaappiin asennettavan taajuusmuuttajan tehon raja on noin 30 kW (Kautto, H. 2014, eli tätä kokoluokkaa suuremmat taajuusmuuttajat ovat valmistajilla yleensä tarjolla vain kaappi mallisena). Eri valmistajien tuoteluetteloita selailemalla huomasin kuitenkin, että esimerkiksi ABB:llä on tarjolla 250 kW tehoisia taajuusmuuttajia seinälle asennettavana mallina.

Pienet taajuusmuuttajat voidaan kuitenkin asentaa tilan säästämiseksi ja kustannussyistä edelleenkin sähkökaappiin. Nykyään kun taajuusmuuttajat ovat fyysiseltä kooltaan huomattavasti pienempiä kuin vanhemmat saman teholuokan taajuusmuuttajat, voidaan niitä sijoittaa samaan sähkökaappiin useita rinnakkain kuvion 5 mukaisesti (Kautto, H. 2014.):



Kuvio 5. Pienitehoiset taajuusmuuttajat sähkökaapissa

Kuviossa 5 on päivitetty erään tehtaan pienitehoiset taajuusmuuttajat asentamalla uudet taajuusmuuttajat samaan kaappiin. Tämä ratkaisu säästää tilaa ja asennuskustannuksia.

3.9 ABB:n SAMI MINISTAR -taajuusmuuttaja

ABB toi SAMI MINISTAR – taajuusmuuttaja mallit markkinoille joskus 80-luvun loppupuolella. Kyseiset taajuusmuuttajat oli tarkoitettu oikosulkumoottorien portaattomaan pyörimisnopeuden säätöön normaalisti taajuusalueella 0 Hz..200 Hz, ja ne olivat tarkoitettu pienitehoisille moottoreille. Taajuusmuuttaja kytketään kolmivaiheverkkoon pääkytkimen ja pääsulakkeiden kautta. (Ruppa, E & Lilja, T. 1996, 181.)

ABB on ilmoittanut että 1.1.2004 alkaen SAMI MINISTAR-taajuusmuuttajat ovat jatkossa Obsolete-vaiheessa. Näin ollen ABB:llä ei ole tarjota huoltopalvelua eikä varaosia kyseisiin laitteisiin. ABB suosittelee vanhan laitteen vaihtamista uudempaan. (Product life cycle announcement SAMI MINISTAR frequency converter. 2003, 1)

ABB:n SAMI MINISTAR -taajuusmuuttajassa on paljon samoja ominaisuuksia kuin vastaavassa nykypäivän taajuusmuuttajassa. Suurimmat erot ovat maksimilähtötaajuudessa, ohjaussignaalien tulojen ja lähtöjen määrässä, taajuusmuuttajan hyötysuhteessa sekä sen fyysisessä koossa ja painossa. Nykypäivän taajuusmuuttaja on fyysisesti puolet pienempi, ja painaa vain kolmanneksen SAMI MINISTAR -taajuusmuuttajasta. Myös taajuusmuuttajan antama siniaalto on paljon ”puhtaampaa” nykypäivän taajuusmuuttajassa kuin vanhassa SAMI MINISTAR -taajuusmuuttajassa. Taulukossa 1 on verrattu vanhan SAMI MINISTAR 07MB4 -taajuusmuuttajan ominaisuuksia nykyaikaisen vastaavan taajuusmuuttajaan. Korvaava laite on saatu ABB:n DriveUpgrade-ohjelmistolla. (DriveUpgrade 1.2 AC/AC. N.d)

Taulukko 1. SAMI MINISTAR 07MB4 -taajuusmuuttajan ominaisuuksien vertaaminen uudempaan ACS880-01-tuoteperheen taajuusmuuttajaan

Ominaisuudet	Olemassa oleva laite	Korvaava laite
Tuoteperhe	SAMI MINISTAR	ACS880-01
Tyypimerkintä	07MB4	ACS880-01-12A6-3
Vaiheet	3	3
Syöttöjännite minimi [V]	380	380
Syöttöjännite maksimi [V]	415	415
Jatkuva kuormitus [A]	9.5	12
Maksimi jatkuva virta [A]	9.5	12.6
Maksimi jatkuva teho [P]	5	5.5
150 % ylikuormitettavuus [A]	9.5	9.4
150 % ylikuormitus 1 min. [A]	14.3	14.1
Maksimi lähtövirta [I]	14.3	16
Moottorikaapelin maksimi pituus [m]		150
Lähtötaajuus maksimi [Hz]	120	500
Teholiittimen koko [mm ²]	4	6
AI&DI signaalien liitinkoko [mm ²]	1.5	2.5
Relelähtöliittimien koko [mm ²]	1.5	2.5
Analogitulot [kpl]	1	2
Analogilähdöt [kpl]	1	2
Digitaalitulot [kpl]	3	6
Relelähdöt [kpl]	2	3
Suojausluokka [IP]	IP20/IP50	IP21
Kaappi 1 suojausluokka [IP]	IP20/IP50	IP21
Leveys [mm]	300	155
Syvyys [mm]	290	226
Korkeus [mm]	400	405
Kaappi 2 suojausluokka [IP]	IP50	IP55
Leveys [mm]	300	162
Syvyys [mm]	290	295
Korkeus [mm]	400	450
Kaapin paino [kg]	20	6
Jäähdytys ilman sisääntulo	Alhaalta	Alhaalta
Jäähdytys ilman ulostulo	Ylös	Ylös
Jäähdytysilmamäärän vaatimus [m ³ /s]	luonnollinen ilmanv.	0.0122
Ympäristön maksimi lämpötila [°C]	40	55
Hyötysuhde nimelliskuormalla		0.98

4 Taajuusmuuttajan liittäminen automaatiojärjestelmään

On olemassa useita eri tapoja, joilla taajuusmuuttaja voidaan liittää tehtaan automaatiojärjestelmään. CP Kelcon vanhat SAMI MINISTAR – taajuusmuuttajat on kytetty tehtaan automaatiojärjestelmään analogisella viestillä. Analoginen viestipiiri on vielä tänäkin päivänä runsaasti käytössä, mutta väyläratkaisut ovat alkaneet syrjäyttää analogiviestin käyttöä tehtaissa.

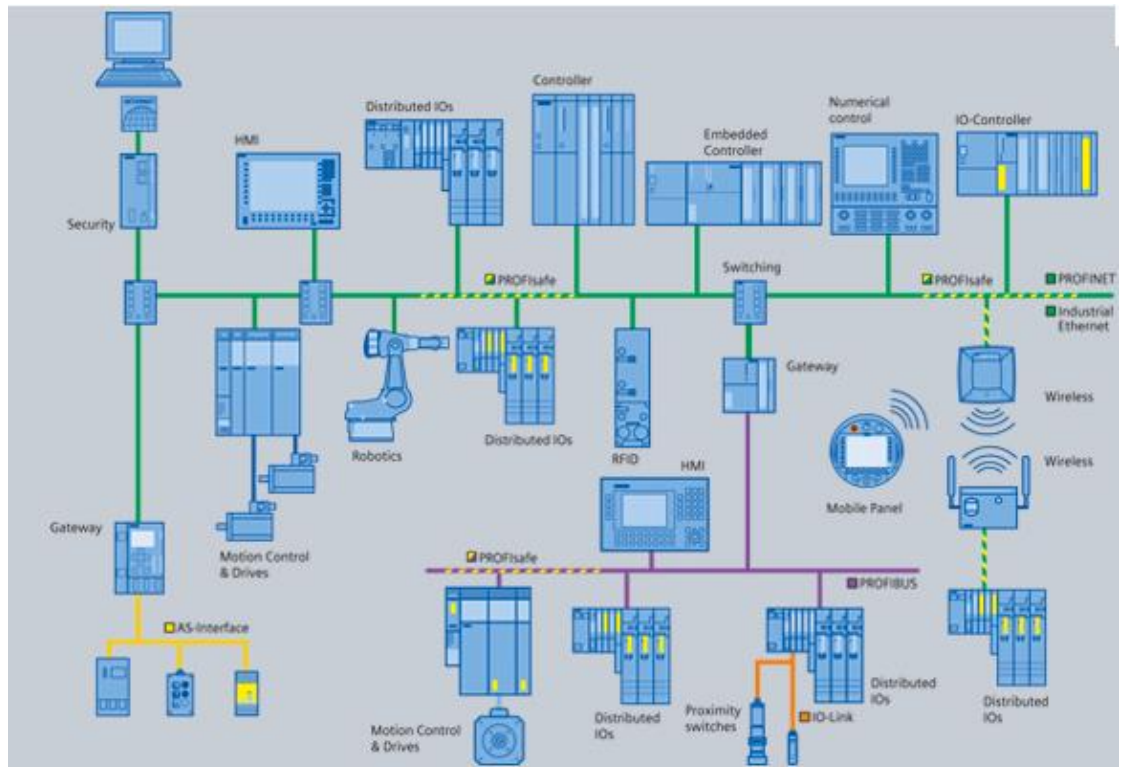
4.1 Profibus-väylä

Profibus on Euroopan käytetyin kenttäväylätyyppi. Se on avoin kenttäväylästandardi, jota käytetään monenlaisissa teollisuuden-, prosessi- ja rakennusautomaatio-sovelluksissa. Profibus on toimittajasta riippumaton, ja avoimuuden takaa Profibus-standardi EN 50 170. Profibusin avulla eri valmistajien laitteet saadaan toimimaan ja kommunikoidaan keskenään ilman erityisiä rajapintoihin tehtäviä asetuksia. (Ohjelmoitavat logiikat. 2008.)

4.2 Profinet-väylä

Profinet on teollisuus-Ethernet-standardi, joka on Ethernet-perustainen kenttäväylä. Se on suunniteltu Profibus-väylätekniikan jatkajaksi mutta se ei vielä ole laajalti käytössä prosessiteollisuudessa. Eri valmistajien tuotteita tutkimalla huomasi, että parhaiten Profinet-standardia on tänä päivänä hyödyntänyt tuotteissaan Siemens. Profinet mahdollistaa mm. langattoman tiedonsiirron (IWLAN). (Profinet. N.d.)

Profinet-väylä on alaspäin yhteensopiva jo olemassa oleviin kenttäväyliin, joten siirtyminen Profinet-väylään voidaan tehdä portaittain, näin tuotantolaitoksen tiedonsiirto koostuu useista keskenään yhteensopivista väylistä. Muut kenttäväyläjärjestelmät, kuten AS-I tai Profibus, voidaan liittää Profinet-väylään ilman muutoksia olemassa oleviin laitteisiin. Kuviossa 6 on havainnollistettu Profibus- ja Profinet-väylien yhdistäminen (Pyykkö, T. 2012):



Kuvio 6. Profinet- ja Profibus-kenttäväylät yhdistetty (Profinet.N.d, 1.)

Standardin puutteita on tällä hetkellä mm. kahdennuksen ja onlinelaitekonfiguraation mahdollisuuden puutteellisuus. Profinet-standardi määrittelee kaksi konseptia, Profinet IO (PNIO) ja Profinet CBA:an:

Profinet IO (PNIO) -konseptin ominaisuuksia ovat seuraavat;

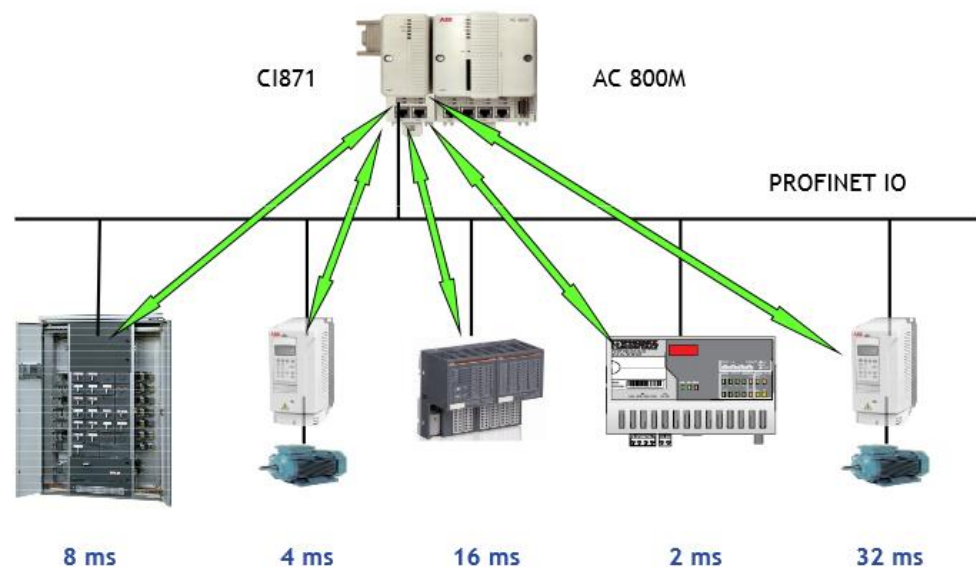
- Toimilaitteissa on hajautettu I/O.
- On suunniteltu prosessiteollisuuden sovelluksiin.
- Toiminnot suoritetaan prosessiasematasolla (plc-tasolla).

Profinet CBA (Component Based Automation)-konseptin ominaisuuksia ovat seuraavat;

- Toiminnot suoritetaan kenttälaitetasolla.
 - Linjat, laitteistot ja koneikot ovat älykkäitä.
 - On suunniteltu kappaletavaratuotantoon ja koneautomaation sovelluksiin.
- (Pyykkö, T. 2012.)

Profinet -kommunikointikanavat

Profinet:n yksisuunnittelu lähtökohta on ollut nopeuttaa laitteiden kommunikointisykliä ja mahdollistaa laitekohtaiset kiertoaajat. Profinetin laitteiden kiertoaajat voidaan asentaa laitekohtaisesti (1–512ms) ja Profinet mahdollistaa reaaliaikaisen tiedonsiirron (<1 ms). Aina ei ole kuitenkaan tarpeellista asentaa jokaista laitetta nopeaan kommunikointisykliin, vaan prosessin tarpeen mukaiseen sykliin. Kuviossa 7 havainnollistaa laitekohtaisia kiertoaikoja (Datasiirron perusteet. 2012, 9.):



Kuvio 7. Profinetin laitekohtaiset kiertoaajat (Datasiirron perusteet. 2012, 10.)

4.3 Profibus- vai Profinet-väylä?

Yksi työssä selvitettävä asia oli, kannattaako siirtyä Profibus-kenttäväyläratkaisuun käytössä olevasta analogiaviestijärjestelmästä, vai kannattaako siirtyä suoraan uudempaan Profinet-kenttäväyläratkaisuun. Äänekosken CP Kelcolle analogisessa viestijärjestelmässä pysyminen vähentäisi investointi kustannuksia taa-juusmuuttajien päivittämisessä, koska investointi ei maksaisi tehtaalle muuta kuin laitehankinnat ja niiden asennuskustannukset. Kenttäväylään siirtyessä maksettavaksi tulisi laitehankintojen ja asennuskustannuksien lisäksi kenttäväylälaitteet ja erilaiset lisenssit. Myös asennuskustannukset ovat kenttäväylään siirtyessä suuremmat, kuin tehtaan pysyessä vanhassa viestijärjestelmässä.

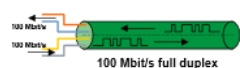
Profibus- väyläratkaisu on Euroopan käytetyin kenttäväylätyyppi kun taas Profinet-kenttäväylä korvaa mahdollisesti tulevaisuudessa Profibus-kenttäväylän. Kuviossa 8 Profinetin ja Profibusin vertailua:

SIEMENS

PROFINET on 100% Ethernet


PROFINET on Ethernet

- Ethernet on vakiintunut IT -maailmassa nopeaan tietojenvaihtoon (IEEE 802.3)
- PROFINET on aina full duplex → samanaikainen kommunikointi kumpaakin suuntaa



100 Mbit/s
100 Mbit/s
100 Mbit/s full duplex

- PROFINET on aina "kytkin Ethernet"

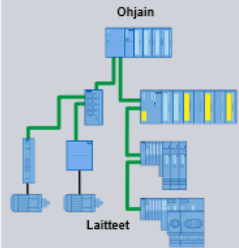


Kytkimet kytketty linjaan

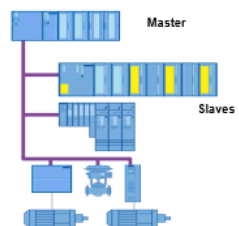
→ Topologialla voidaan vaikuttaa verkon kuormitukseen

Vertailun vuoksi: PROFIBUS

- Kaikki laitteet kytketty yhteen linjan
- Suorituskyky on täysin riippuvainen kytkettyjen laitteiden lukumäärästä



Ohjain
Laitteet



Master
Slaves

PROFINET hyödyntää täysin kaikkia Ethernet:n mahdollisuuksia

Sivu 5
2012
Tero Pyykkö
© Siemens AG 2012. All Rights Reserved.
Industry Sector

Kuvio 8. Profinet-kenttäväylä on Ethernet-pohjainen kenttäväylä. (Pyykkö, T. 2012, 5.)

Profinetin edut Profibusiin verrattuna ovat mm. joustavat rakenteet, avoin standardi, web-työkalut (vikadiagnostiikkaan pääsy internet-selaimella Step7 sijaan), parempi laajennettavuus ja mahdollisuus liittää langattomia laitteita. Myös laitteen vikaantuessa laitteen vaihto on nopeampaa yksinkertaisen liitännän takia. Profinet verkkoa voidaan laajentaa ilman järjestelmän alasajoa. (Pyykkö, T. 2012.)

Taulukossa 2 on havainnollistettu Profibus- ja Profinet-kenttäväyläratkaisujen teknistä eroavaisuutta. Profinet-kenttäväylä on Profibus-kenttäväylään verrattuna paljon nopeampi ja laitteet voivat lähettää pidempiä viestejä järjestelmälle. Lisäksi Profinet-verkossa laitteiden määrää ei ole rajoitettu, ja laitteilla voi olla sama nimi.

Taulukko 2. Profibus DP:n ja Profinet IO:n teknisten tietojen vertailua. (Datasiirron perusteet. 2012. 20, suomennettu.)

Tekninen tieto	PROFIBUS DP	PROFINET IO
Toimintaperiaate	RS485, 15 Mbit/s	Ethernet, 100 Mbit/s
Kommunikointi toiminto	Isäntä/Orja	Tarjoaja/Kuluttaja
I/O sanomat per sykli	244 Bittiä	1440 Bittiä
I/O määrä laitteelle	1 input / 1 output	Useita, yleensä 1 input ja 1 output
Laitteiden määrä verkossa	126	rajoittamaton
Laitteiden kiertoajat	Riippuu DP:n siirtonopeudesta ja verkon laitteiden määrästä. Tyypillisesti 1...x ms	Laitekohtaiset kiertoajat. Tyypillisesti 1...512 ms.
Laitteiden osoitteet	PROFIBUS-solmun osoite	Symbolinen nimi + IP osoite
Laitteen malli	laite/korttipaikka	Laite/korttipaikka/alakorttipaikka
Useilla laitteilla voi olla sama nimi	ei	kyllä

4.4 Kenttäväylän edut verrattuna analogiseen viestipiiriin

Yksi kenttäväylän ja analogiaviestijärjestelmän suurimmista eroista on, että laitteiden eri osat saadaan kenttäväylässä yhdistettyä toisiinsa yksinkertaisemmin kuin kaapeloimalla jokainen erikseen. Tämä vähentää mm. merkittävästi asennustöistä aiheutuneita kustannuksia.

Kenttäväylä sallii älykkäät kenttälaitteet, joilla on oma prosessori. Tämän vuoksi mittauksissa on parempi säätö ja parempi tarkkuus analogiseen viestijärjestelmään verrattuna. Myös laitteiden konfigurointi, hälytykset ja vikadiagnostiikka ovat yksinkertaisempia kenttäväyläratkaisussa. Kenttäväylä on lisäksi vähemmän altis häiriöille eli tahattomille signaalien muutoksille. Toisaalta, jos kenttäväylä on rakennettu väärin esimerkiksi maadoitusten osalta, voi olla että yksikään laite väylässä ei toimi. (Automaation digitaaliset kenttäväylät. N.d, 1–2.)

Analogisen viestipiirin hyvät perusominaisuudet on pyritty säilyttämään uusissa kenttäväyläratkaisuissa:

- tehonsyöttö väyläkaapelia myöten
- samanlainen väyläkaapeli kuin analogiapiireissä
- sopii räjähdysvaarallisiin tiloihin

Lisäksi kenttäväylässä on runsaasti etuja verrattuna analogiseen viestipiiriin:

- kaksisuuntainen liikenne yhdellä kaapelilla
- useita prosessisuureita samalla lähettimellä
- vähemmän skaalauksia
- vähän tahattomia signaalien muunnoksia (vähemmän häiriöitä)
- Pienemmät asennuskustannukset (vähemmän kaapeleita ja kytkentöjä)
- ei ristikytkeä
- ei välttämättä kenttäkoteloita
- vikadiagnostiikka
- konfigurointi, parametointi ja kalibrointi väylän kautta (Hakala, E. 2009, 7.)

5 Taajuusmuuttajan elinkaarimalli

Taajuusmuuttajien valmistajilla on yleensä taajuusmuuttajille ”elinkaariennuste”. Yksittäisen tuotteen elinkaaren alkamiseksi voidaan olettaa tuotteen valmistushetkeä ja elinkaaren loppuksi, kun varaosien saatavuus loppuu.

ABB:n taajuusmuuttajien elinkaarenhallinta

ABB:n taajuusmuuttajien elinkaarenhallinta muodostuu neljästä eri vaiheesta: Active-, Classic-, Limited- ja Obsolete-vaihe. Eri vaiheet kertovat, kuinka kauan ABB:n elinkaari- ja palvelut ovat vielä voimassa. Useimpien ABB:n taajuusmuuttajien elinkaari- ja palveluajaksi luvataan 20 vuotta. Elinkaari- ja palveluksi ABB lupaa taajuusmuuttajan valinnan ja mitoituksen, asennuksen ja käyttöönoton, koulutuksen ja itseopiskelun, teknisen tuen ja etäpalvelun, kunnossapidon sekä uusinnan ja kierrätyksen. ABB elinkaari- ja palveluvaiheet ovat selvennetty seuraavalla tavalla:

1. **Active-vaihe** (5-10 vuotta elinkaarta jäljellä) Taajuusmuuttaja on saatavissa kaikkineen elinkaari- ja palveluineen.
2. **Classic-vaihe** (7-10 vuotta) Taajuusmuuttaja kaikkineen elinkaari- ja palveluineen on saatavissa varaosiksi ja laitteistojen laajennuksia varten. Tuotteeseen saatetaan tehdä parannuksia.
3. **Limited-vaihe** (3-5 vuotta) Varaosia ja korjauspalveluja on saatavissa niin kauan kuin materiaaleja on mahdollista hankkia. ABB suosittelee taajuusmuuttajan vaihtoa uuteen.
4. **Obsolete-vaihe** ABB ei voi taata elinkaari- ja palveluiden saatavuutta teknisistä syistä johtuen tai hinnan vuoksi. ABB suosittelee taajuusmuuttajan vaihtamista uuteen. (ABB:n taajuusmuuttajien elinkaarenhallinta. 2008.)

6 Räjähdyksvaaralliset tilat ja laitteet

ATEX tai vanhemmalta nimeltään Ex-määräys tarkoittaa räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviä laitteita koskevaa lainsäädäntöä ja standardisointia. ATEX on määräys, joka koskee pääosin sähkö- ja elektroniikkalaitteita, joille joudutaan hakemaan luokitus. Räjähdysherkkiä tiloja luokitellaan niiden vaarallisuuden mukaan. Jokaiselle räjähdysvaarallinen tilalle annetaan ATEX-hyväksyntä. EU-alueella ATEX-lainsäädäntö perustuu EU-direktiiviin (94/9/EY). (ATEX direktiivi. N.d.)

Räjähdyksvaarallisiin tiloihin tarkoitetuilla laitteilla pyritään siihen, ettei niistä mistään tilanteesta lähtisi kipinää, joka voisi sytyttää tulenarkoja kaasuja palamaan, esimerkiksi akkuporakoneen akun joutuessa. ATEX- luokiteltuja laitteita on pakko käyttää räjähdysvaaralliseksi luokitetuissa tiloissa, esimerkiksi paikoissa, joissa valmistetaan tai varastoidaan tulenarkoja tuotteita. Äänekosken CP Kelcon ATEX-suojaluokitukset ovat tilaluokat 1 ja 22, ja vastaavat laiteluokat 2G ja 3D (kaasuilla räjähdysryhmä II B ja lämpötilaluokka T2).

ATEX-tilat

ATEX-tiloja on muun muassa energiantuotannossa, elintarviketeollisuudessa, kemiateollisuudessa, lääketeollisuudessa, puunjalostusteollisuudessa sekä palavien kaasujen tai nesteiden valmistuksessa, käsittelyssä tai varastoinnissa. ATEX-tilojen oviin on kiinnitetty yleensä kuvion 9 mukainen kyltti (ATEX räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus. 2003, 5):



Kuvio 9. Räjähdyksvaarallisen tilan kyltti (Räjähdyksvaarallisen tilan kyltti. N.d.)

ATEX-laitteet

Ex-laitteita ovat kaikki sellaiset laitteet ja koneet, jotka on tarkoitettu käytettäväksi Ex-tiloissa. Niihin luetaan myös näiden laitteiden räjähdysuojauksen kannalta tarpeelliset säätö-, turva- ja ohjauslaitteet, jotka voivat sijaita toisinaan myös ATEX-tilan ulkopuolella. (Mts. 5.)

7 Taajuusmuuttajat CP Kelcon tehtaalla

SAMI MINISTAR-taajuusmuuttajien kartoitus aloitettiin tutkimalla ABB:n vuonna 2009 tekemää CP Kelcon taajuusmuuttajat-taulukkoa. ABB:n taulukon yli 270 taajuusmuuttajan joukossa oli 30 SAMI MINISTAR- taajuusmuuttajaa, jotka sijaitsivat kuudessa eri sähkötilassa. Tein ABB:n taulukon pohjalta näistä 30 SAMI- taajuusmuuttajasta oman taulukon, jossa käy ilmi taajuusmuuttajan positio, ryhmä ja taajuusmuuttajan nimi sekä malli. ABB:n taulukossa ei luenut taajuusmuuttajan käytön moottoritehoa, käytettyä kaapelia eikä taajuusmuuttajan sijaintia (seinällä vai kaapissa). Kaapelin selvittäminen tarjouspyyntöä varten on tärkeää, koska valmistaja voi tarjota taajuusmuuttajaa, jonka liittimiin kaapeli sopii. SAMI- taajuusmuuttajia kartoittaessani huomasin ABB:n taulukossa olevan päällekkäisyyksiä. Huomasin taulukosta puuttuvan myös SAMI-taajuusmuuttajia, joita havaitsin sähkötiloissa. Kartoituksen jälkeen SAMI-taajuusmuuttajia oli taulukossani 35 kappaletta.

SAMI-taajuusmuuttajien kartoituksen jälkeen pidettiin palaveri CP Kelcon asiantuntijoiden kesken. Palaverissa katsottiin taajuusmuuttajat lävitse ja sovittiin, mitkä taajuusmuuttajat uusitaan ja mitkä ei. Taulukosta ”poistettiin” yhteensä 6 taajuusmuuttajaan eli taulukkoon jäi 29 taajuusmuuttajaa. Taajuusmuuttajien poistamisen syy oli, että kyseinen taajuusmuuttaja oli jo uusittu tai kyseistä käyttöä ei enää tulla käyttämään. Valitut taajuusmuuttajat tullaan uusimaan, koska ne ovat vielä käytössä tai niitä tullaan luultavasti vielä käyttämään. Kokonaisuudessaan kartoitustaulukko on liitteenä 1.

Kahdesta taajuusmuuttajasta ei pyydetä korvaavaa tuotetta, koska ne on jo korvattu. Esimerkiksi kuvion 10 kyseinen taajuusmuuttaja sijaitsee sähkötila 22:n alakerrassa. Vanha taajuusmuuttaja oli rikkoutunut ja uusi korvaava taajuusmuuttaja oli asennettu suoraan sähkökaapin sisälle vanhan taajuusmuuttajan paikalle.



Kuvio 10. Rikkoutunut SAMI-taajuusmuuttaja on korvattu uudella

Suurin osa SAMI MINISTAR -taajuusmuuttajista oli sijoitettu keskuksen sisään. Mutta esimerkiksi sähkötilassa "ka-keskuksessa" sijaitseva lisäaineiden annostelupumpun taajuusmuuttaja oli asennettu kaapelihyllylle (ks. kuvio 11).



Kuvio 11. Taajuusmuuttaja asennettuna kaapelihyllylle

Koelaitoksella sijaitsevassa sähkötilassa olevat 2 taajuusmuuttajaa oli asennettuna tiiliseinälle (ks. kuvio 12). Taajuusmuuttajat eivät olleet käytössä mutta niistä pyydetään tarjouspyynnössä korvaava tuote.



Kuvio 12. Taajuusmuuttaja asennettuna tiiliseinälle

8 Tarjouspyynnön tekeminen

Tarjouspyyntö tehtiin CP Kelcon vanhan tarjouspyynnön pohjalta. Tarjouspyynnössä pyydettiin valmistajilta ABB, Vacon, Siemens ja Rockwell korvaavat tuotteen vanhoille SAMI MINISTAR -taajuusmuuttajille.

Tarjouspyynnössä ilmoitettiin, mitä teknisiä ominaisuuksia korvaaviin taajuusmuuttajiin haluttaisiin ja mitä ominaisuuksia olisi suotavaa olla. Taajuusmuuttajissa tulisi olla mm. seuraavat ominaisuudet: ATEX-suojaluokitus (tilaluokat 1 ja 22), seinälle asentamisen mahdollisuus ja vanhojen syöttökaapeleiden mahtuminen korvaavan taajuusmuuttajan liittimeen. Korvaavissa taajuusmuuttajissa olisi suotavaa olla ATEX-hyväksytty turvapiiri ja mahdollisuus liittää taajuusmuuttaja Profinet-kenttäväylään.

Tarjouspyynnössä kysyttiin myös laitteiden saatavuutta ja varaosien valikoimaa, sekä haluttiin tarjous seuraavan tehoportaan taajuusmuuttajasta. Tarjouspyynnön liitteeksi lähetettiin Excel-taulukko, jossa oli lista vanhoista taajuusmuuttajista. Lista oli muuten sama kuin taajuusmuuttajien kartoittamisessa, paitsi siitä oli poistettu ne taajuusmuuttajat, jota ei tulla uusimaan. Vanhoista taajuusmuuttajista oli kerrottu tehtaan antama positio, ryhmä ja nimi, vanhan laitteen malli, moottorin teho ja syöttökaapeli.

Excel-taulukon ideana oli, että yritykset täyttäisivät kyseiseen taulukkoon oman korvaavan laitteensa. Taulukossa oli samalla rivillä vanhan taajuusmuuttajan tietojen perässä kohta: "korvaavatuote". Korvaavaan tuotteen tietoihin haluttiin valmistajan täyttävän seuraavat tiedot: korvaava laite, Profinet-liitäntä (kyllä vai ei), ATEX-hyväksytty turvapiiri (kyllä vai ei), saatavuus, varaosat ja laitteen yksikköhinta. Taulukossa oli samat täytettävät kohdat myös "seuraavan tehoportaan laitteelle".

Tarjouspyynnössä ilmoitettiin seuraavat aikataulut: tarjouspyyntö vastaanotettu, tarjouksen toimitusaika viimeistään, sekä tarjouksien voimassaoloaika. Tarjouspyynnössä haluttiin kuittaus siitä, että valmistaja on saanut tarjouspyynnön. Kuittauksen

CP Kelcon henkilökunta halusi seuraavana päivänä tarjouspyynnön lähettamisestä. Tarjoukset haluttiin viimeistään 4 arkipäivän päästä klo 16.00 mennessä ja tarjouksien voimassaoloajaksi haluttiin noin 2,5 kuukautta. Tarjouspyynnön kolmas sivu on liitteenä 2.

9 Taajuusmuuttajien vertailu

Taajuusmuuttajien vertailu tehtiin sovittamalla valmistajien tarjoamat taajuusmuuttajat ja niiden ominaisuudet samaan Excel-taulukkoon. Näin ollen eri valmistajien taajuusmuuttajien ja niiden ominaisuuksien vertaileminen oli helpompaa, kun tiedot ovat ”lähekkäin”. Taajuusmuuttajien vertailutaulukko tehtiin tarjouspyynnössä olevan Excel-taulukon pohjalta. Taajuusmuuttajien vertailutaulukkoon lisättiin kohdat mitat ja paino, sekä hinta.

Taajuusmuuttajien vertaamisessa verrattiin hintojen lisäksi varaosien saatavuutta, kokoa ja painoa, profinet-liitännän mahdollisuutta sekä ATEX-hyväksytyin turvapiirin mahdollisuutta. Eri valmistajat tarjosivat taajuusmuuttajia erilaisina kokonaisuuksina. Esimerkiksi Siemensin taajuusmuuttajat eivät sisältäneet turvarelettä, verkkokuristinta tai ohjauspaneelia, vaan niiden hinnat oli annettu tarjouksen liitteenä olevassa taulukossa. Ohjauspaneeleita Siemensillä oli tarjolla kahta mallia: basic operation panel ja intelligent operation panel. Näistä jälkimäinen oli ”kehittyneempi” isomman näytön sekä värinäytön ansiosta. ABB, Siemens ja Rockwell tarjosivat taajuusmuuttajia, joiden hinta sisälsi ATEX-hyväksytyin turvapiirin. Vacon ilmoitti ATEX-hyväksytyin turvapiirin hinnan Excel-taulukon kohdassa ”ATEX-hyväksytty turvapiiri”. Siemens ja Rockwell tarjosivat Profinet-liitännän taajuusmuuttajan tarjoushinnassa, kun taas ABB ja Vacon ilmoittivat hinnan Excel-taulukon kohdassa ”Profinet-liitäntä”.

Varaosia Vacon tarjosi taajuusmuuttajiinsa vähintään 18 vuoden ajan ja Siemens tarjosi varaosiksi vaihdettavia tuulettimia. ABB tarjouksessa ei selvinnyt varaosien tietoja ollenkaan. Toimitusaika taajuusmuuttajille oli ABB:llä 3 viikkoa tilauksesta, Siemensillä 1–2 viikkoa, Rockwellillä noin 2 viikkoa ja Vaconilla 3 viikkoa. Lisäksi Vacon ilmoitti, että taajuusmuuttajia on saatavana 10 vuotta.

Taajuusmuuttajien fyysinen koko ja paino oli Siemensin taajuusmuuttajilla huomattavasti muiden valmistajien taajuusmuuttajia pienempi. Esimerkiksi käytön H202 Granuloinnille Siemensin tarjoama taajuusmuuttaja painoi 2,3 kg, kun taas muiden valmistajien taajuusmuuttajat painoivat 6 kg. Taajuusmuuttajien fyysisen pienuuden vuoksi taajuusmuuttajien asentaminen vie vähemmän tilaa sähkötilasta.

Kaikkien valmistajien taajuusmuuttajiin oli mahdollisuus saada Profinet-lisäkortti. ATEX-hyväksytty turvapiiri oli myös mahdollista saada kaikkien valmistajien taajuusmuuttajiin, mutta ABB:lla ATEX-hyväksytty turvapiiri vaatisi vielä erillisen ATEX-terministorireleen, joka on ulkoinen komponentti. Ulkoinen komponentti vaatisi lisäksi viranomaisen hyväksynnän.

Itse korvaavan tai korvaavien taajuusmuuttajien valmistajan valinnan päättää lopulta CP Kelcon henkilökunta. Taajuusmuuttajien vertailutaulukko ilman hintatietoja on liitteenä 3.

10 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa Äänekosken CP Kelcon -tehtaan vanhat SAMI MINISTAR -taajuusmuuttajat, tehdä näistä tarjouspyyntö neljälle eri valmistajalle, sekä vertailla valmistajien tuotteita. Tarkoituksena oli antaa CP Kelcolle ehdotus korvaavasta tuotteesta. Opinnäytetyössä piti tutkia myös mm. kannattaako siirtyä vanhasta analogiaviestijärjestelmästä uudempiin kenttäväyläratkaisuihin. Oppimisen tavoitteena oli ymmärtää paremmin uusien laitteiden sekä järjestelmien päivittämisestä uudempaan.

Opinnäytetyöni aloitus onnistui reippaasti ABB:n tekemän taajuusmuuttajataulukon vuoksi. Taulukon avulla pääsin opinnäytetyön tekemisessä hyvään vauhtiin ja sain siitä kokonaiskuvan Äänekosken CP Kelcon -tehtaalla olevista taajuusmuuttajista. Taajuusmuuttajat sain kartoitettua hyvin nopeasti ja tämän vuoksi opinnäytetyöni edistyi hyvää vauhtia. Tarjouspyyntöä en ollut ennen tehnyt, mutta siihen sain pohjan CP Kelcolta.

Opinnäytetyöhön vastattaviin kysymyksiin etsin vastauksia asiantuntioilta, internetistä, kyselin asioista puhelimitse sekä sähköpostilla. Pääosin sain opinnäytetyön kysymyksiin vastauksen, mutta joihinkin kysymyksiin oli hyvin vaikea vastata. Esimerkiksi kysymykseen mitä hyötyä CP Kelcolle on siirtyä analogiaviestijärjestelmästä kenttäväylä-ratkaisuun, en saanut konkreettista vastausta.

Taajuusmuuttajien vertailun tein sovittamalla eri valmistajien korvaavat taajuusmuuttajat ja ominaisuudet samaan Excel-tilukoon. Suunnittelen Excel-tilukon siten, että sen pystyi tulostamaan vaakatasoisena A3-paperille. Vertailutaulukossa oli hintatietojen lisäksi taajuusmuuttajan malli, teholiittimen kokohaarukka, Profinet-liitännän mahdollisuus, ATEX-hyväksytyin turvapiirin mahdollisuus sekä uusien taajuusmuuttajien fyysiset mitat ja paino. Myös varaosien saatavuus sekä hinta ja toimitusaika oli kirjattu vertailutaulukoon.

Taajuusmuuttajan toimintaperiaate oli minulle jo ennestään tuttu jo ammattikouluajoilta, mutta en ollut koskaan sitä näin syvällisesti tutkinut. Oli mielenkiintoista huomata, kuinka monia vaihtoehtoja on rakentaa taajuusmuuttaja. En myöskään ennen opinnäytetyötä tiennyt juuri mitään vanhojen ja uusien taajuusmuuttajien eroavaisuuksista. Tiesin vain, että ne olivat fyysisesti erikokoisia. Myös Profibus- ja Profinet-väylätekniikat olivat syvällisemmin tutkittuna vieraita minulle. Opinnäytetyön ansiosta opin ymmärtämään näiden kahden kenttäväylän eroja ja kenttäväylän eron analogiaviestijärjestelmään.

Opinnäytetyö oli minulle mieleinen mutta jokseenkin haastava. Opinnäytetyön haastavuutta lisäsi se, etten ollut koskaan tehnyt mitään vastaavaa. Myös kirjoittamisprosessi oli aluksi vaikeaa. Opinnäytetyön oli kuitenkin mieleinen, koska tunsin opinnäytetyön olevan tärkeää. Opinnäytetyössä opin mm. paljon vanhojen laitteiden päivittämisestä ja oman alan insinöörin töistä. Myös eri valmistajien tuotteiden hinnoittelusta sain hyvän kuvan, josta on varmasti minulle hyötyä tulevaisuudessa eri työtehtävissä.

Onnistui mielestäni hyvin opinnäytetyössä. Opinnäytetyö olisi voinut olla vieläkin syvällisempi joissain määrin, mutta aika oli rajallinen. Pääosin kuitenkin opinnäytetyön tarkoitus onnistui ja CP Kelco pääsee uusimaan vanhat SAMI MINISTAR -taajuusmuuttajat.

Lähteet

A circuit diagram of a three-phase variable frequency drive. 2005. Wikipedia.org. Viitattu 13.4.2014. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:PWM_VFD_Diagram.png

ABB:n taajuusmuuttajien linkaarenhallinta.2008. ABB. Viitattu 18.2.2014. <http://www.mena.abb.com/cawp/seitp202/51ee34bbbfb7f10c12573dc003efad5.aspx>

ATEX direktiivi. N.d. European Commission. Viitattu 19.3.2014. http://ec.europa.eu/enterprise/index_en.htm

ATEX räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus. 2003. Turvatekniikan keskus sosiaali- ja terveysministeriö, työsuojeluosasto. Viitattu 19.3. http://www.tukes.fi/tiedotot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_oppaat/atex_rajahdeopas.pdf

Automaation digitaaliset kenttäväylät. N.d. Opetusmateriaali. Tampereen teknillinen yliopisto. Automaatio- ja säätötekniikan laitos. Viitattu 6.5.2014

Caverion – Parempien kiinteistöjen puolesta. 17.2.2014. Caverion Suomi Oy. Viitattu 18.2.2014. http://www.caverion.fi/fin/Tietoa_Caverionista/Caverion-konserni

Datasiirron perusteet. 2012. Opetusmateriaali. Vaasan ammattikorkeakoulu. Viitattu 11.3.2014. <http://www.cc.puv.fi/~ot/ISA0604%20Datasiirron%20perusteet/ISA0604,%20Datasiirron%20perusteet,%20Profinet.pdf>

DriveUpgrade 1.2 AC/AC. N.d. ABB. Viitattu 22.4.2014. <http://du.nodus.info/>

Esala, M. N.d. Diodit. Viitattu 21.4.2014. <http://www.kolumbus.fi/mikko.esala/diodit.pdf>

Hakala, E. 2009. Profibus-väylän liittäminen metsodna-automaatiojärjestelmään. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 18.2.2014. http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/2991/Hakala_Erno.pdf?sequence=1

Heinonen, T. 2008. Moottoreiden ylijännitesuojaus taajuusmuuttajakäytössä. Opinnäytetyö. Helsingin ammattikorkeakoulu Stadia. Viitattu 7.3.2014. <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/38759/stadia-1210690152-6.pdf?sequence=1>

Hietala, L. 2013. Teollisuuden sähkökäytöt - 1.painos. Viitattu 29.4.2014.

Hietalahti, L. 2013. Sähkövoimatekniikan perusteet - 1.painos. Viitattu 29.4.2014

ISO 13850:2009. Safety of machinery. Emergency stop. Principles for design. Finnish Standards Association SFS. Helsinki: Suomen Standardisointiyhdistys Ry. Viitattu 6.4.2014. <http://www.sfs.fi/>

Kautto, H. 2014. Sähkömestari. Metsä Board Äänekoski. Haastattelu 12.3.2014.

Mikä taajuusmuuttaja on? 23.6.2008. ABB. Viitattu 18.2.2014. <http://www.abb.fi/cawp/db0003db002698/d5b664f5dd909412c1257291003ef7cc.aspx>

Ohjelmoitavat logiikat. 2008. Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu.

Product life cycle announcement SAMI MINISTAR frequency converter. 9.6.2003. ABB. Viitattu 18.2.2014. [http://www05.abb.com/global/scot/scot231.nsf/veritydisplay/259b6576f01e85d3c2256d6a00256cd7/\\$file/Life%20Cycle%20Phase%20Change%20Announcement%20SAMI%20MINISTAR.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot231.nsf/veritydisplay/259b6576f01e85d3c2256d6a00256cd7/$file/Life%20Cycle%20Phase%20Change%20Announcement%20SAMI%20MINISTAR.pdf)

Profinet. N.d. Siemens. Viitattu 11.3.2014. http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/teollinen_tiedonsiirto_esim_profinet/profinet.htm

Pyykkö, T. 2012. Simatic net profinet. Siemens. Viitattu 18.2.2014. <http://www.siemens.fi/pool/cc/events/turvatekniikka2012/profinet.pdf>

Räjähdyksvaarallisen tilan kyltti. N.d. <http://www.tarramaa.fi/rajahdysvaarallinen-tila-kyltti-p-944.html>

Ratavaara, M. 2011. Arkkipakkaamo 2:n taajuusmuuttajien uusiminen. Opinnäytetyö. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. Viitattu 7.3.2014. http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/38030/Ratavaara_Maarit.pdf?sequence=1

Ruppa, E & Lilja, T. 1996. Sähkötekniikkaa sivuaineopiskelijoille.

Sähkötekniikan peruskäsitteet – Osa 1 Jännite. N.d. Sesko.SFS 604-2. 2009. Finnish Standards Association SFS. Helsinki: Suomen Standardisointiyhdistys ry.

Taajuusmuuttajat, käyttö, asennus, häiriöt. 1997. Suomen sähkö- ja teleurakoitsijoiden liitto.

Tietämisen arvoista asiaa taajuusmuuttajista. 2000. Danfoss Driver A/S.

Turvaopas. 2013. Turvallisuustiedote Äänekoski. Viitattu 18.2.2014. <http://www.aanekoski.fi/files/ajankohtaista/turvaopas2013.pdf>

Vacon-NX-IO-Boards-User-Manual-DPD01518A-FI. 26.02.2014. Vacon. Viitattu 6.4.2014. http://www.vacon.com/ImageVaultFiles/id_3034/cf_2/Vacon-NX-IO-Boards-User-Manual-DPD01518A-FI.PDF

Liitteet

Liite 1. SAMI MINISTAR -taajuusmuuttajalista

3. LINJA

Kohde				Moottorin teho (kW)	Kaapeli	Sijainti	Muuta
Positio	Ryhmä	Nimi	Laite				
SÄHKÖTILA: 22:n yläkerta							
HH-40	032HM004	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ	SAMI 07MB4-0112	2,2	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
HH-41	032HM005	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ	SAMI 07MB4-0112	2,2	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
HH-43	032HM006	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ	SAMI 07MB4-0112	2,2	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
HH-44	032HM007	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ	SAMI 07MB4-0112	2,2	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
HH-46	032H319	SYÖTTÖRUUVI HIENOJAUHI- MELLE 032ZM308	SAMI 07MB4-0112	2,2	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
HH-47	032HM008	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ	SAMI 07MB4-0112	2,2	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
HH-49	032HM009	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ	SAMI 07MB4-0112	2,2	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
HH-50	032HM621	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ	SAMI 07MB4-0112	2,2	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	

HJ-40	032HM304	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ	SAMI 07MB4-0112	2,2	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
HJ-41	032HM305	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ	SAMI 07MB4-0112	2,2	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
HJ-43	032HM306	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ	SAMI 07MB4-0112	2,2	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
HJ-44	032HM307	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ	SAMI 07MB4-0112	2,2	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
HJ-46	032H320	SYÖTTÖRUUVI HIENOJAUHI-MELLE 032ZM309	SAMI 07MB4-0112	2,2	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
HJ-47	032HM308	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ	SAMI 07MB4-0112	2,2	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
HJ-49	032HM309	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ	SAMI 07MB4-0112	2,2	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
HJ-50	032HM622	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ	SAMI 07MB4-0112	2,2	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
SÄHKÖTILA: 22:n alakerta							
HI-39	042PM014	H202 GRANULOINTI	SAMI 07MB4-0112	0,86	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
HK-43	042PM314	H202 GRANULOINTI	SAMI 07MB4-0112	2,2	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
HK-44	042HM302/1	PAUKKUHAJOTIN, NAUHAS.	SAMI 07MB4-0112	11,0	MCMK 3x6 + 6	Keskuksessa	On jo uusittu
HI-83	042SM001	NAUHASUODIN	SAMI 07MB4-0112	2,0	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
HK-80	042SM301	NAUHASUODIN	SAMI 07MB04-OM2	2,52	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	Ei ABB:n listassa

HK-44 taajuusmuuttajaa ei uusita koska se on jo uusittu

SÄHKÖTILA: 60							
HL-06	61HM631	SYÖTTÖKAIRA MIKROJAUHI-MELLE 1	SAMI 07MB04-OM2	1,5	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	EI TAAJUUSMUUTTAJAA PAIKALLAAN
HL-07	61HM632	SYÖTTÖKAIRA MIKROJAUHI-MELLE 2	SAMI 07MB04-OM2	4,0	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
HL-64	61HM603	SYÖTTÖKAIRA 1	SAMI 07MB04-OM2	1,1	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
HL-65	61HM604	SYÖTTÖKAIRA 2	SAMI 07MB04-OM2	1,1	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
HL-66	61HM605	SYÖTTÖKAIRA 3	SAMI 07MB04-OM2	1,1	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	
HL-72-03	062AM605/12	HIHMAKULJETIN 2 SUURSÄKITYS	SAMI 07MB4-OM2	2,2	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	Ei ABB:n listassa
HL-72-08	062AM605/13	HIHMAKULJETIN 1 SUURSÄKITYS		2,2	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksessa	Ei ABB:n listassa, EI TAAJUUSMUUTTAJAA PAIKALLAAN
HL-72-09			SAMI 07MB04-0112	?	MCMK	Keskuksessa	Ei ABB:n listassa

HL-72 positioiden taajuusmuuttajia ei uusita koska ne eivät ole enää käytössä

4. LINJA

Kohde				Moottorin teho (kW)	Kaapeli	Sijainti	Muuta
Positio	Ryhmä	Nimi	Laite				
SÄHKÖTILA: KA-KESKUS (SAMI HUONE)							
HB-16-20	51.81.10	LISÄAINEIDEN ANNOSTELU-PUMPPU	SAMI 07MB4-OM2	5,5	MCMK 3x6 + 6	Kaapelihyllyllä, seinällä	
SÄHKÖTILA- HB 4-LINJA							
HA-05-45	?	H202 ANNOSTELUPUMPPU	SAMI601-0006-3	0,37	MCMK 3x2,5 + 2,5	Keskuksen päällä kaapelihyllyä	
HB-05-26	?	VETYPÄR.ANN.PUMPPU	SAMI 07MB4-OM2	?	?	?	Taajuusmuuttajasta ei löytynyt sähkötilasta?

HB-05-26 taajuusmuuttajaa ei uusita koska se ei ole enää käytössä

KOELAITOS

Kohde				Moottorin teho (kW)	Kaapeli	Sijainti	Muuta
Positio	Ryhmä	Nimi	Laite				
HC-02-26		LÖDIGE SIVUSEKOITIN	SAMI 07MB4-OM2	4 ja 6	MCMK 3x6 + 6	Seinällä	
HC-02-20		NAUTSEKOITIN RUUVI	SAMI 22MB4-OM2	5,5	MCMK 3x10 + 10	Seinällä	
HC-10-01		NaOH ANNOSTELU PUMPUT	SAMI 50A 380 76A	?	?	Keskuksessa	

Liite 2. Tarjouspyynnön liite 1. Korvattavan taajuusmuuttajan ominaisuudet

LIITE 1. Korvattavan taajuusmuuttajan ominaisuudet

Pyydämme teitä tarjoamaan korvaavat tuotteet vanhoille ABB SAMI MINISTAR – taajuusmuuttajille. Tarjoamissanne korvaavissa tuotteissa tulisi olla seuraavat ominaisuudet:

- Taajuusmuuttajilta vaaditaan ATEX-suojaluokitus (tilaluokat ovat 1 ja 22) ja vastaavat laiteluokat 2G ja 3D (kaasuilla räjähdysryhmä IIB ja lämpötilaluokka T2).
- Taajuusmuuttajat asennetaan seinälle
- Nykyiset syöttökaapelit tulisi mahtua uusien taajuusmuuttajien liittimiin

Lisäksi olisi suotavaa että taajuusmuuttajissa olisi seuraavat ominaisuudet:

- ATEX-hyväksytty turvapiiri
- Mahdollisuus liittää Profinet-väylään

Lisäksi haluaisimme tietää millainen saatavuus teidän korvaavilla taajuusmuuttajilla on ja millaisia varaosia on saatavilla laitteisiinne. Haluamme myös seuraavan tehoportaan taajuusmuuttajasta tarjouksen.

3- LINJA

Kohde				Valmistaja	Laite	Mitat (KxLxS) Paino	Liitin koko	Profinet-lii- tätä, kyllä/ei	ATEX-hyväksytty turvapiiri, kyllä/ei	Toimitusaika /saatavuus	Varaosat
Positio	Ryhmä	Nimi	Laiteet								
SÄHKÖTILA: 22:n yläkerta											
HH-40	032HM004	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ	Nykyiset laitteet = SAMI 07MB4-0112	Korvaavat tuotteet:							
HH-41	032HM005	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ	Moottorien teho = 2,2 kW	ABB	ACS880-01-09A4-3 +E200+Q971	405x155x227 6 kg	0,75...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa	
HH-43	032HM006	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ	Kaapelit = MCMK 3x2,5 + 2,5	ROCKWELL	20F11RC8P7JA0NNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla
HH-44	032HM007	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ		SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE15-8AF1	196x73x203 2,3 kg	1...2,5 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet
HH-46	032H319	SYÖTTÖRUUVI HIENOJAUHI- MELLE 032ZM308		VACON	VACON0100-3L-0008-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta
HH-47	032HM008	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ		Seuraavan tehoportaan tuotteet:							
HH-49	032HM009	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ		ABB							
HH-50	032HM621	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ		ROCKWELL	20F11RC011JA0NNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla
HJ-40	032HM304	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ		SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE17-5AF1	196x73x203 2,3 kg	1...2,5 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet
HJ-41	032HM305	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ		VACON	VACON0100-3L-0009-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta
HJ-43	032HM306	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ									
HJ-44	032HM307	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ									
HJ-46	032H320	SYÖTTÖRUUVI HIENOJAUHI- MELLE 032ZM309									
HJ-47	032HM308	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ									
HJ-49	032HM309	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ									
HJ-50	032HM622	SYÖTTÖKAIRA, HIENOREPIJÄ									

Kohde				Valmistaja	Laite	Mitat (KxLxS)	Liitin koko	Profinet-lit-	ATEX-hyväksytty	Toimitusaika	Varaosat		
Positio	Ryhmä	Nimi	Laiteet			Paino		täntä, kyllä/ei	turvapiiri, kyllä/ei	/saatavuus			
SÄHKÖTILA: 22:n alakerta													
HI-39	042PM014	H202 GRANULOINTI	Nykyinen laite = SAMI 07MB4-0112	Korvaavatuote:									
			Moottorin teho = 0,86 kW	ABB	ACS880-01-09A4-3 +E200+Q971	405x155x227 6 kg	0,75...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa			
			Kaapeli = MCMK 3x2,5 + 2,5	ROCKWELL	20F11RC5POJA0NNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla		
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE13-2AF1	196x73x203 2,3 kg	1...2,5 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet		
				VACON	VACON0100-3L-0004-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta		
Seuraavan tehoportaan tuote:													
				ABB									
				ROCKWELL	20F11RC8P7JA0NNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla		
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE14-3AF1	196x73x203 2,3 kg	1...2,5 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet		
				VACON	VACON0100-3L-0005-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta		

HK-43	042PM314	H202 GRANULOINTI	Nykyinen laite = SAMI 07MB4-0112	Korvaavatuote:									
			Moottorin teho = 2,2 kW	ABB	ACS880-01-09A4-3 +E200+Q971	405x155x227 6 kg	0,75...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa			
			Kaapeli = MCMK 3x2,5 + 2,5	ROCKWELL	20F11RC8P7JA0NNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla		
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE15-8AF1	196x73x203 2,3 kg	1...2,5 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet		
				VACON	VACON0100-3L-0008-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta		
Seuraavan tehoportaan tuote:													
				ABB									
				ROCKWELL	20F11RC011JA0NNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla		
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE17-5AF1	196x73x203 2,3 kg	1...2,5 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet		
				VACON	VACON0100-3L-0009-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta		

Kohde				Valmistaja	Laite	Mitat (KxLxS) Paino	Liitin koko	Profinet-lit- tämä, kyllä/ei	ATEX-hyväksytty turvapiiri, kyllä/ei	Toimitusaika /saatavuus	Varaosat
Positio	Ryhmä	Nimi	Laiteet								
HI-83	042SM001	NAUHASUODIN	Nykyinen laite = SAMI 07MB4-0112	Korvaavatuote:							
			Moottorin teho = 2,0 kW	ABB	ACS880-01-09A4-3 +E200+Q971	405x155x227 6 kg	0,75...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa	
			Kaapeli = MCMK 3x2,5 + 2,5	ROCKWELL	20F11RC8P7JA0NNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE15-8AF1	196x73x203 2,3 kg	1...2,5 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet
				VACON	VACON0100-3L-0008-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta
				Seuraavan tehoportaan tuote:							
				ABB							
				ROCKWELL	20F11RC011JA0NNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE17-5AF1	196x73x203 2,3 kg	1...2,5 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet
				VACON	VACON0100-3L-0009-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta

HK-80	042SM301	NAUHASUODIN	Nykyinen laite = SAMI 07MB04-OM2	Korvaavatuote:							
			Moottorin teho = 2,52 kW	ABB	ACS880-01-09A4-3 +E200+Q971	405x155x227 6 kg	0,75...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa	
			Kaapeli = MCMK 3x2,5 + 2,5	ROCKWELL	20F11RC011JA0NNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE17-5AF1	196x73x203 2,3 kg	1...2,5 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet
				VACON	VACON0100-3L-0009-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta
				Seuraavan tehoportaan tuote:							
				ABB							
				ROCKWELL	20F11RC015JA0NNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE18-8AF1	196x73x203 2,3 kg	1...2,5 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet
				VACON	VACON0100-3L-0012-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta

Kohde				Valmistaja	Laite	Mitat (KxLxS)	Liitin koko	Profinet-liitäntä, kyllä/ei	ATEX-hyväksytty turvapiiri, kyllä/ei	Toimitusaika /saatavuus	Varaosat
Positio	Ryhmä	Nimi	Laiteet								
SÄHKÖTILA: 60											
HL-06	61HM631	SYÖTTÖKAIRA MIKROJAUHIMELLE 1	Nykyinen laite = SAMI 07MB04-OM2	Korvaavatuote:							
			Moottorin teho = 1,5 kW	ABB	ACS880-01-09A4-3 +E200+Q971	405x155x227 6 kg	0,75...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa	
			Kaapeli = MCMK 3x2,5 + 2,5	ROCKWELL	20F11RC5P0JA0NNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE14-3AF1	196x73x203 2,3 kg	1...2,5 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet
				VACON	VACON0100-3L-0005-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta
				Seuraavan tehoportaan tuote:							
				ABB							
				ROCKWELL	20F11RC8P7JA0NNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE15-8AF1	196x73x203 2,3 kg	1...2,5 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet
				VACON	VACON0100-3L-0008-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta

HL-07	61HM632	SYÖTTÖKAIRA MIKROJAUHIMELLE 2	Nykyinen laite = SAMI 07MB04-OM2	Korvaavatuote:							
			Moottorin teho = 4,00 kW	ABB	ACS880-01-09A4-3 +E200+Q971	405x155x227 6 kg	0,75...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa	
			Kaapeli = MCMK 3x2,5 + 2,5	ROCKWELL	20F11RC011JA0NNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE18-8AF1	196x73x203 2,3 kg	1...2,5 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet
				VACON	VACON0100-3L-0012-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta
				Seuraavan tehoportaan tuote:							
				ABB							
				ROCKWELL	20F11RC015JA0NNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE21-3AF1	196x100x203 2,3 kg	4...6 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet
				VACON	VACON0100-3L-0016-5+DLFI	419x144x214 10 kg	1...10 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta

Kohde				Valmistaja	Laite	Mitat (KxLxS)	Liitin koko	Profinet-lit-	ATEX-hyväksyty	Toimitusaika	Varaosat
Positio	Ryhmä	Nimi	Laiteet			Paino		täntä, kyllä/ei	turvapiiri, kyllä/ei	/saatavuus	
HL-64	61HM603	SYÖTTÖKAIRA 1	Nykyinen laite = SAMI 07MB04-OM2	Korvaavatuote:							
			Moottorin teho = 1,1 kW	ABB	ACS880-01-09A4-3 +E200+Q971	405x155x227 6 kg	0,75...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa	
			Kaapeli = MCMK 3x2,5 + 2,5	ROCKWELL	20F11RC5POJAONNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE13-2AF1	196x73x203 2,3 kg	1...2,5 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet
				VACON	VACON0100-3L-0004-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta
				Seuraavan tehoportaan tuote:							
				ABB							
				ROCKWELL	20F11RC8P7JAONNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE14-3AF1	196x73x203 2,3 kg	1...2,5 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet
				VACON	VACON0100-3L-0005-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta

HL-65	61HM604	SYÖTTÖKAIRA 2	Nykyinen laite = SAMI 07MB04-OM2	Korvaavatuote:							
			Moottorin teho = 1,1 kW	ABB	ACS880-01-09A4-3 +E200+Q971	405x155x227 6 kg	0,75...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa	
			Kaapeli = MCMK 3x2,5 + 2,5	ROCKWELL	20F11RC5POJAONNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE13-2AF1	196x73x203 2,3 kg	1...2,5 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet
				VACON	VACON0100-3L-0004-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta
				Seuraavan tehoportaan tuote:							
				ABB							
				ROCKWELL	20F11RC8P7JAONNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE14-3AF1	196x73x203 2,3 kg	1...2,5 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet
				VACON	VACON0100-3L-0005-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta

Kohde				Valmistaja	Laite	Mitat (KxLxS) Paino	Liitin koko	Profinet-lit- tätä, kyllä/ei	ATEX-hyväksytty turvapiiri, kyllä/ei	Toimitusaika /saatavuus	Varaosat
Positio	Ryhmä	Nimi	Laiteet								
HL-66	61HM605	SYÖTTÖKAIRA 3	Nykyinen laite = SAMI 07MB04-OM2	Korvaavatuote:							
			Moottorin teho = 1,1 kW	ABB	ACS880-01-09A4-3 +E200+Q971	405x155x227 6 kg	0,75...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa	
			Kaapeli = MCMK 3x2,5 + 2,5	ROCKWELL	20F11RC5P0JA0NNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE13-2AF1	196x73x203 2,3 kg	1...2,5 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet
				VACON	VACON0100-3L-0004-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta
				Seuraavan tehoportaan tuote:							
				ABB							
				ROCKWELL	20F11RC8P7JA0NNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE14-3AF1	196x73x203 2,3 kg	1...2,5 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet
				VACON	VACON0100-3L-0005-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta

4. LINJA

Kohde				Valmistaja	Laite	Mitat (KxLxS)	Liitin	Profinet-lit-	ATEX-hyväksytty	Toimitusaika	Varaosat
Positio	Ryhmä	Nimi	Laite			Paino	koko	täntä, kyllä/ei	turvapiiri, kyllä/ei	/saatavuus	
SÄHKÖTILA: KA-KESKUS (SAMI HUONE)											
HB-16-20	51.81.10	LISÄAINEIDEN ANNOTELU-PUMPPU	Nykyinen laite = SAMI 07MB04-OM2	Korvaavatuote:							
			Moottorin teho = 5,5 kW	ABB	ACS880-01-017A-3 +E200+Q971	405x155x250 8 kg	0,75...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa	
			Kaapeli = MCMK 3x6 + 6	ROCKWELL	20F11NC011JA0NNNNN	424,2x134,5x212 7,8 kg		kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE21-3AF1	196x100x203 2,3 kg	4...6 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet
				VACON	VACON0100-3L-0012-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta
Seuraavan tehoportaan tuote:											
				ABB							
				ROCKWELL	20F11NC022JA0NNNNN	424,2x134,5x212 7,8 kg		kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE21-7AF1	196x100x203 2,3 kg	4...6 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet
				VACON	VACON0100-3L-0016-5+DLFI	419x144x214 10 kg	1...10 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta

SÄHKÖTILA- HB 4-LINJA											
HA-05-45	?	H202 ANNOTELUPUMPPU	Nykyinen laite = SAMI 601-0006-3	Korvaavatuote:							
			Moottorin teho = 0,37 kW	ABB	ACS880-01-02A4-3 +E200+Q971	405x155x227 6 kg	0,75...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa	
			Kaapeli = MCMK 3x2,5 + 2,5	ROCKWELL	20F11RC2P1JA0NNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE11-8AF1	196x100x203 2,3 kg	1...2,5 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet
				VACON	VACON0100-3L-0003-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta
Seuraavan tehoportaan tuote:											
				ABB							
				ROCKWELL	20F11RC3P5JA0NNNNN	400,5x110x211 6,0 kg	max 4 mm	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE12-3AF1	196x100x203 2,3 kg	1...2,5 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet
				VACON	VACON0100-3L-0004-5+DLFI	328x128x190 6 kg	1...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta

KOELAITOS

Kohde				Valmistaja	Laite	Mitat (KxLxS)	Liitin	Profinet-lii-	ATEX-hyväksytyy	Toimitusaika	Varaosat	
Positio	Ryhmä	Nimi	Laite			Paino	koko	täntä, kyllä/ei	turvapiiri, kyllä/ei	/saatavuus		
SÄHKÖTILA												
HC-02-26		LÖDIGE SIVUSEKOITIN	Nykyinen laite = SAMI 07MB04-OM2	Korvaavatuote:								
			Moottorin teho = 4 ja 6 kW	ABB	ACS880-01-09A4-3 +E200+Q971	405x155x227 6 kg	0,75...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa		
			Kaapeli = MCMK 3x6 + 6	ROCKWELL	20F11NC022JA0NNNNN	424,2x134,5x212 7,8 kg		kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla	
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE18-8AF1 / G120C 6SL3210-1KE21-7AF1	196x73/100 x203 2,3 kg	1...2,5 mm / 4...6 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet	
				VACON	VACON0100-3L-0023-5+DLFI	419x144x214 10 kg	1...10 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta	
				Seuraavan tehoportaan tuote:								
				ABB								
				ROCKWELL								
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE21-7AF1 / G120C 6SL3210-1KE22-6AF1	196x73/100 x203 2,3 kg	4...6 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet	
				VACON	VACON0100-3L-0031-5+DLFI	419x144x214 10 kg	1...10 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta	

HC-02-20		NAUTSEKOITIN RUUVI	Nykyinen laite = SAMI 22MB4-OM2	Korvaavatuote:								
			Moottorin teho = 5,5 kW	ABB	ACS880-01-017A-3 +E200+Q971	405x155x250 8 kg	0,75...6 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa		
			Kaapeli = MCMK 3x10 + 10	ROCKWELL	20F11NC011JA0NNNNN	424,2x134,5x212 7,8 kg		kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla	
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE21-3AF1	196x100x203 2,3 kg	4...6 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet	
				VACON	VACON0100-3L-0016-5+DLFI	419x144x214 10 kg	1...10 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta	
				Seuraavan tehoportaan tuote:								
				ABB								
				ROCKWELL	20F11NC022JA0NNNNN	424,2x134,5x212 7,8 kg		kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa	Saatavilla	
				SIEMENS	G120C 6SL3210-1KE21-7AF1	196x100x203 2,3 kg	4...6 mm	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa	Tuulettimet	
				VACON	VACON0100-3L-0023-5+DLFI	419x144x214 10 kg	1...10 mm	kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta	18 vuotta	

HUOM! Siemens ja ABB on tarjonnut taajuusmuuttajaa, jonka teholiittimien koko on max 6 mm.

Kokonaishinnat

	Muuta	Profinet-liitäntä	ATEX-hyväksytty turvapiiri	Toimitusaika / Saatavuus
Korvaavatuote, hinnat yhteensä:				
ABB	ATEX-hyväksytty turvapiiri vaatii vielä ATEX-termistorireleen ja koska se on ulkoinen komponentti, niin se vaatii vielä viranomaisen hyväksynnän.	kyllä	kyllä	3 viikkoa
ROCKWELL		kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa
SIEMENS	Taajuusmuuttajat tarjottiin ilman turvarelettä, verkkokuristinta ja ohjauspaneeli-paneelia. HC-02-26 LÖDIGE SIVUSEKOITTIMELLE on tarjottu 4,0 kW sekä 7,5 kW taajuusmuuttajia	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa
VACON		kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta
Seuraavan tehoportaan tuote, hinnat yhteensä:				
ABB	Ei tarjottu seuraavan tehoportaan tuotteita	kyllä	kyllä	
ROCKWELL	HC-02-26 LÖDIGE SIVUSEKOITTIMEN seuraavan tehoportaan tuotetta ei tarjottu	kyllä	kyllä	noin 2 viikkoa
SIEMENS	Taajuusmuuttajat tarjottiin ilman turvarelettä, verkkokuristinta ja ohjauspaneeli-paneelia. HC-02-26 LÖDIGE SIVUSEKOITTIMELLE on tarjottu 4,0 kW sekä 7,5 kW taajuusmuuttajia	kyllä	kyllä	1-2 viikkoa
VACON		kyllä	kyllä	3 viikkoa / 10 vuotta