



Patrik Uschanov

Taajuusmuuttajien vaihtosuunnitelma ja käyttöönotto

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

21.3.2025

Tiivistelmä

Tekijä: Patrik Uschanov
Otsikko: Taajuusmuuttajien vaihtosuunnitelma ja käyttöönotto
Sivumäärä: 17 sivua + 1 liite
Aika: 21.3.2025

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine: Automaatiotekniikka
Ohjaajat: Lehtori Eero Kupila
Tiimiesihenkilö Niko Männikkö

Tämä insinööri työ liittyy Postin Vantaan lajittelukeskuksessa olevaan kuljetinjärjestelmään, sen uusiin taajuusmuuttajiin ja niiden asennukseen sekä käyttöönottoon. Työ oli osa suurempaa kokonaisuutta, jossa kuljetinjärjestelmään uusittiin kaikki kuluvat osat, kuten kuljetinhihnat, moottorit ja telat.

Insinööri työ oli ajankohtainen, sillä syöttölinjan kuluvi osien elinkaari oli päättynyt. Käytössä olevat mekaaniset osat sekä sähkölaitteet olivat erittäin kuluneita. Vanhoja taajuusmuuttajia ei saanut enää laitevalmistajilta varaosiksi. Tästä syystä oli tarve tilata uutta korvaavaa mallia eri valmistajalta, jotta saatiin taajuusmuuttajia myös varaosiksi. Korvaavien taajuusmuuttajien konfigurointi ei onnistu täysin samalla tavalla kuin vanhojen, joten taajuusmuuttajien vaihtoa varten tuli laatia uusi ohje laitehuollosta vastaaville asentajille.

Insinööri työn tuloksena kuljetinlinjastoon saatiin asennettua ja käyttöönotettua uudet taajuusmuuttajat onnistuneesti. Samalla luotiin myös ohjeet varaosien vaihtoa varten.

Avainsanat: Taajuusmuuttaja, Yaskawa V1000, DeviceNet, Omron 3G3MV

Tämän insinööri työn alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Patrik Uschanov
Title: Replacement of Frequency Converters
Number of Pages: 17 pages + 1 appendix
Date: 21 March 2025

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Automation Technology
Supervisors: Eero Kupila, Lecturer
Niko Männikkö, Team Manager

This thesis examines the installation and commissioning of new replacement frequency converters for the conveyor system in Posti's sorting center in Vantaa. The work was a part of a larger entity, in which all consumable parts of the conveyor system were renewed, such as conveyor belts, motors and rollers.

The thesis was timely, because the life cycle of the consumable parts of the supply line has ended and the mechanical and electrical devices in use are beginning to be very worn and aged. Old frequency converters that control conveyor motors are no longer available as spare parts from equipment manufacturers. For that reason, it was necessary to order a new replacement model from a different manufacturer, to also get spare parts in stock. The configuration of the replacement frequency converters does not match the previous ones, so to change them, it was necessary to write instructions for the maintenance personnel.

As a result of the thesis, new frequency converters were successfully installed and put into use in the conveyor line. At the same time, instructions were also created for replacing spare parts when needed.

Keywords: Frequency converter, Yaskawa V1000, DeviceNet, Omron 3G3MV

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Taajuusmuuttajan toiminta ja ohjaus	1
2.1	Taajuusmuuttajan toiminta	2
2.2	Taajuusmuuttajan ohjaus	3
3	Ohjelmoitavien logiikoiden kenttäväylät	5
4	Syöttölinjojen ja lajittelukoneen esittely	6
5	Taajuusmuuttajan kytkentä ja parametointi	8
5.1	Taajuusmuuttajan kytkentä	8
5.2	Taajuusmuuttajan parametointi	11
6	Taajuusmuuttajien käyttöönotto ja testaus	12
6.1	Taajuusmuuttajien käyttöönoton ensimmäinen vaihe	12
6.2	Taajuusmuuttajien käyttöönoton toinen vaihe	13
6.3	Taajuusmuuttajien käyttöönoton kolmas vaihe	14
6.4	Taajuusmuuttajien ylikuormitustila	14
7	Yhteenveto ja pohdinta	15
	Lähteet	16

Liitteet

Liite 1: Vaihto-ohje syöttölinjojen 21 ja 22 taajuusmuuttajille.

Lyhenteet

- VFD: Variable Frequency Drive. Sähkölaite, jolla voidaan hallita sähkömoottorin pyörimisnopeutta.
- PLC: Programmable Logic Controller. Tietokone, joka ohjaa automaatioprosesseja.
- PWM: Pulse width modulation. Modulointimenetelmä, jolla saadaan hallittua sähkövirtaa ja jännitettä.
- IGBT: Insulated-gate bipolar transistor. Tehoelektroniiikan puolijohdekomponentti, jota hyödynnetään taajuusmuuttajissa.
- SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition. Automaatiojärjestelmissä käytetty graafinen käyttöliittymä, jolla saadaan tilatietoa ja voidaan ohjata automaatioprosessia.
- DIP: Dual In-line Package. Dip-kytkimet ovat valintakytkimiä, joissa on ON- ja OFF-asento.

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tavoitteena oli asentaa ja ottaa käyttöön uudet korvaavat taajuusmuuttajat vanhojen, eri valmistajan taajuusmuuttajien tilalle. Tässä insinööriyön käytännön osuudessa pyrittiin korvaamaan vanhat Omronin 3G3MV -malliset taajuusmuuttajat uusilla Yaskawa V1000 -taajuusmuuttajilla. Uusien taajuusmuuttajien vaihdolla ei tavoitella kuljetinlinjaston nopeuden kasvattamista, eikä muita lisäominaisuuksia. Jo ennen päivitystä kuljetinlinjasto kuljetti lähetyksiä nopeammin lajittelukoneelle, kuin lajittelukone pystyy ottamaan lähetyksiä vastaan. Työ on toteutettu Postin Vantaan lajittelukeskuksessa, jossa laitehuollosta vastaa Algol Technics Oy. Postin lajittelukeskuksessa on käytössä lukuisia eri kuljetinjärjestelmiä sekä useita eri lajittelukoneita. Tässä työssä perehdytään vain yhteen kuljetinjärjestelmään.

Tämä insinööriyö tarkastelee taajuusmuuttajien toimintaa, niiden sähköistä kytkentää sekä parametrien asettamista ja käyttöönottoa. Insinööriyössä esitellään myös DeviceNet-väylän toimintaa ja kuljetinjärjestelmää lisälaitteineen.

Tämän työn toimeksiantaja on Algol Technics Oy. Algol Oy on vuonna 1894 Helsingissä perustettu osakeyhtiö. Algol Oy on nykyisen Algol-konsernin emoyhtiö ja Algol Technics Oy on sen tytäryhtiö. Algol Technics tarjoaa asiakkailleen valikoiman sisälogistiikan ratkaisuja, kuten kuljettimia, nostureita ja automaattivarastoja. Algol Technics tarjoaa myös huolto- ja kunnossapitopalveluita kuljettimille, nostureille ja muille koneille.

2 Taajuusmuuttajan toiminta ja ohjaus

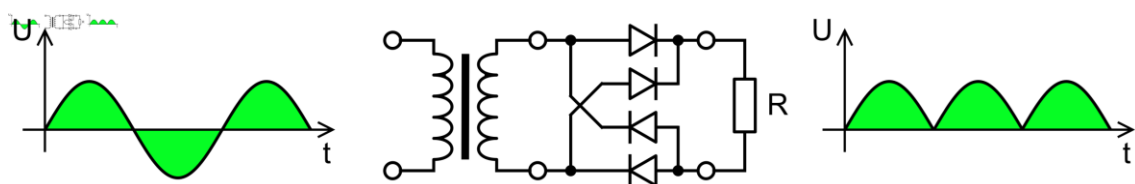
Taajuusmuuttaja on sähkölaite, joka ohjaa sähkömoottorin pyörimisnopeutta muuttamalla sähkövirran taajuutta ja jännitettä. Taajuusmuuttaja muuntaa sisään tulevan vaihtovirran tasavirraksi, ja sitten takaisin vaihtovirtaan halutuilla

taajuuksilla ja jännitteillä. Taajuusmuuttajien käytön etuja ovat esimerkiksi moottorin käynnistys- ja pysäytysnopeuden säätö. Pysäytettäessä sähkömoottori virrat katkaisemalla, ilman apulaitteita, jää sen roottori pyörimään inertiansa avulla. Taajuusmuuttajan avulla pysäytysaika saadaan säädettyä halutun mittaiseksi, syöttämällä moottorin liittimille virtaa käänteiseen suuntaan. Virran syöttämisellä käänteiseen suuntaan tarkoitetaan kahden moottorin vaiheen vaihtamista ristiin toistensa kanssa. Myös moottorin pyörimisnopeuden säätö on etu, sillä ilman taajuusmuuttajaa sähköverkkoon kytketty sähkömoottori pyörii suurinta mahdollista kyseisen sähköverkon tarjoamaa nopeutta. Pyörimisnopeuden säätö helpottaa moottorien valintaa käyttökohdetta varten. [1.]

2.1 Taajuusmuuttajan toiminta

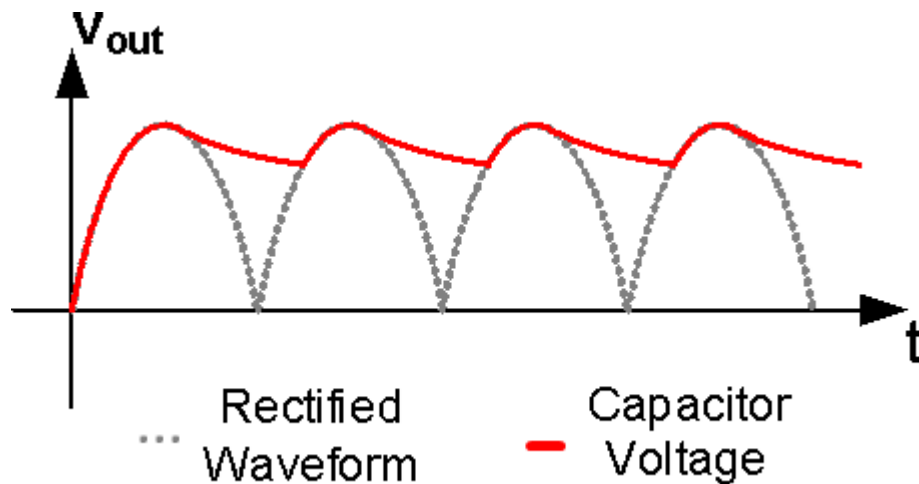
Yleisimmissä oikosulkumoottorien ohjaukseen käytettävissä taajuusmuuttajissa on jännitevälipiiri. Niiden toiminta voidaan jakaa kolmeen tärkeimpään vaiheeseen. Näistä ensimmäinen on taajuusmuuttajalle syötettävän yksi- tai kolmivaihevirran tasasuuntaus. Toisena tasasuunnattu vaihtojännite syötetään kondensaattoreille jännitteen suodattamiseksi ja varastoimiseksi. Viimeisenä kondensaattoreihin varastoitu energia muutetaan haluttuun muotoon vaihtosuuntauspiirillä. [2.]

Ensimmäinen vaihe taajuusmuuttajan toiminnassa on tasasuuntaus. Taajuusmuuttaja ottaa vastaan joko yksi- tai kolmivaiheista vaihtovirtaa ja muuttaa sen tasavirraksi tasasuuntauspiirin avulla. Taajuusmuuttajien tasasuuntauspiireissä käytetään diodeja tai diodeja muistuttavia tyristöreita, jotka antavat vaihtovirran virrata vain toiseen suuntaan luoden tasavirtaa. Kuvassa 1 esitetään tyypillinen tasasuuntauspiiri ja sen aikaansaama vaikutus jännitteelle.



Kuva 1. Vaihtojännitteen tasasuuntaus tasasuuntauspiirillä. [3.]

Diodien jälkeen jännite ohjataan kondensaattoriin jännitteen tasaamiseksi eli jännitevaihteluiden vähentämiseksi. Kuvassa 1 näkyy vaihtojännite tasasuunnattuna diodin avulla ja alempana kuvassa 2 kondensaattorien aikaansaama jännitetasaus. [2.]



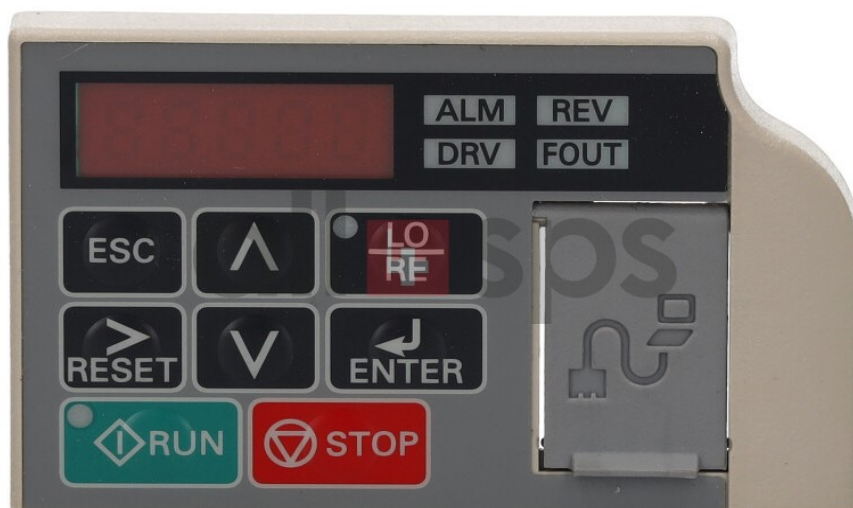
Kuva 2. Tasasuunnatun jännitteen suodatus. [4.]

Kun on saatu aikaan suuritehoinen tasajännite, voi taajuusmuuttaja ohjata ulostulojännitettä ja -taajuutta pulssinleveysmodulaatiolla. Tällä ohjataan IGBT:n läpi syötettävää virtaa ja annetaan moottorille haluttu vaihtojännite ja taajuus. IGBT on puolijohdekomponentti, joka on suunniteltu kestämään suuria virtoja ja kytketymään lyhyellä vasteajalla. Oikea taajuus, jännite ja teho saadaan aikaan hallitsemalla sitä aikaa, jona virtaa syöttävä IGBT syöttää tai ei syötä virtaa lävitsensä.

2.2 Taajuusmuuttajan ohjaus

Taajuusmuuttajia voidaan ohjata joko paikallisesti tai etäohjauksen avulla. Etäohjaus jakautuu langallisiin ja langattomiin ohjaustyyppeihin. Paikallisella ohjauksella tarkoitetaan taajuusmuuttajan ohjauspaneelin käyttämistä sen asetusten muuttamiseksi ja moottorin ohjaamiseksi. Taajuusmuuttajan ohjauspaneeliin

kuuluu vähintään käynnistys- ja pysäytysnapit, valikkonäppäimiä sekä näyttöruutu, joiden avulla käyttäjä voi säätää moottorin pyörimisnopeuksia, käynnistysaikoja ja muita parametreja. Esimerkkinä kuva Yaskawa V1000 -taajuusmuuttajan ohjauspaneelista.



Kuva 3. Yaskawa V1000 -taajuusmuuttajan ohjauspaneeli. [5.]

Taajuusmuuttajien etäohjaukseen kuuluvat ohjaustavat, joissa taajuusmuuttajia halutaan käyttää muilla tavoilla kuin taajuusmuuttajan ohjauspaneelista. Näitä ovat esimerkiksi kenttäväyläohjaus, releohjaukset tai yksinkertaiset painonappikytkinohjaukset. Taajuusmuuttajien käyttökohteissa halutaan usein ohjata samanaikaisesti useita taajuusmuuttajia, jolloin käskyjä jakavien kenttäväylien käyttö on kannattavaa. Kenttäväylän avulla annetaan käskyjä kaikille ohjattaville laitteille ohjelmoitavalla logiikalla olevan digitaalisen ohjelman avulla.

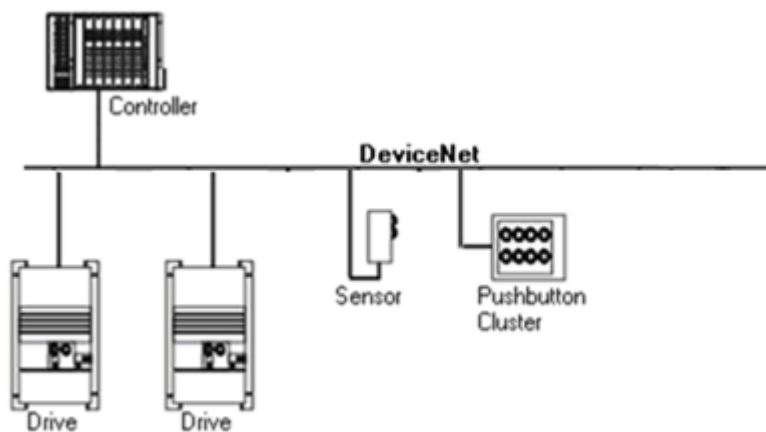
Ennen kenttäväyliä on ollut yleistä käyttää releohjausta, mutta kenttäväylät ovat pitkälti korvanneet jälkimmäisen. Releet ovat kuluvia osia, joiden ylläpitokustannukset ylittävät nopeasti tietokonemaisen kenttäväylän huoltokustannukset. Lisäksi kenttäväylät ovat helpommin laajennettavia ja niiden ohjelmien muokkaaminen on helpompaa verrattuna releohjauksen logiikan muuttamiseen. Kenttäväylät helpottavat suurien kokonaisuuksien ohjaamista keskittämällä niiden kommunikoinnin yhden päälaitteen ympärille. [6.]

3 Ohjelmoitavien logiikoiden kenttäväylät

3.1 Kenttäväylien toiminta

Kenttäväylät ovat kommunikointijärjestelmiä, joita käytetään teollisuuden automaatiojärjestelmien tiedon välittämiseen useiden eri laitteiden, kuten antureiden, toimilaitteiden ja ohjaimien välillä. Toisin kuin yksinkertaisemmissa järjestelmissä, joissa jokainen laite on yhdistetty suoraan ohjaimelle, kenttäväylät käyttävät jaettua viestintäverkkoa, mikä mahdollistaa laitteiden samanaikaisen ja tehokkaan kommunikoinnin. Kenttäväylillä voidaan yhdistää ohjelmoitava logiikka, useita toimilaitteita, antureita sekä muita laitteita suoraan toisiinsa.

Automaatiojärjestelmien kenttäväyläprotokollia on useita erilaisia, kuten esimerkiksi laajalti teollisuudessa käytetyt Modbus, Profibus, DeviceNet ja Ethernet/IP. Jokaisella kenttäväyläprotokollalla on omat ominaisuutensa, kuten verkon hierarkia, tiedonsiirtonopeus ja maksimiviestintäetäisyys. Kuvassa 4 esitellään kenttäväyläjärjestelmän hierarkiaa. Ominaista kenttäväylille on yksi useille eri orjalaitteille käskyjä jakava isäntälaitte. Kuvassa 4 näkyy yksi ohjelmoitava logiikka eli isäntälaitte. Siihen on yhdistettynä kaksi taajuusmuuttajaa, yksi anturi ja painonappikeskus eli ohjauspaneeli.



Kuva 4. Kenttäväylän topologia [7.]

3.2 DeviceNet kenttäväylä

Kunnostettavan kuljetinlinjaston taajuusmuuttajia ohjataan DeviceNet kenttäväylän kautta. DeviceNet-väylää käytettäessä jokaiselle taajuusmuuttajalle täytyy asettaa oikea DeviceNet-osoite. Osoitteen asettaminen voidaan tehdä laitteen mukaan joko Dip-kytkimillä tai digitaalisesti parametria vaihtamalla. Esimerkiksi Omronin 3G3MV-taajuusmuuttajissa DeviceNet-osoite asetetaan mekaanisesti Dip-kytkimillä, kun taas Yaskawan V1000 -mallissa DeviceNet-osoite asetetaan vaihtamalla parametrin F6-50 arvoa. Samalla tulee asettaa kommunikatiiväylän kommunikointinopeus (Baud rate), joka kertoo sekunnissa väylän kautta lähetettävien symbolien määrän. Esimerkiksi 1000 Baud tarkoittaa tuhatta bittiä sekunnissa. DeviceNet-väylän kommunikointinopeuden asettamisessa on myös eroja, kuten osoitteen asettamisessa. Myös se voidaan tehdä taajuusmuuttajan mallin mukaan joko mekaanisesti Dip-kytkimillä tai vaihtamalla parametrin arvoa. [8.]

4 Syöttölinjojen ja lajittelukoneen esittely

Tämän insinööriyön kohteena olevat kuljetinlinjastot 21 ja 22 ovat automatisoitu sarja kuljettimia ja apulaitteita, jotka kuljettavat lähetyksiä eteenpäin kohti lähetyksen lajittelukonetta. Lajittelukone on Beumer Group-valmistajan pakettilajitteluun sopivaksi suunniteltu silmukkalajittelija. Lähetykset kulkeutuvat lajittelukoneelle kahdeltakymmeneltäneljältä eri kuljetinlinjalta. Jokaisesta lähetyksestä luetaan viivakoodi joko käsilukijalla ennen lajittelukoneelle syöttöä tai lajittelukoneen kiinteillä viivakoodinlukijoilla. Tämän jälkeen lajittelukone määrittää lähetykselle kohteen, johon lähetykset tiputetaan. Kuvassa 5 näkyy osa silmukkalajittelijasta ja sille lähetyksiä syöttävistä hihnakuljettimista.



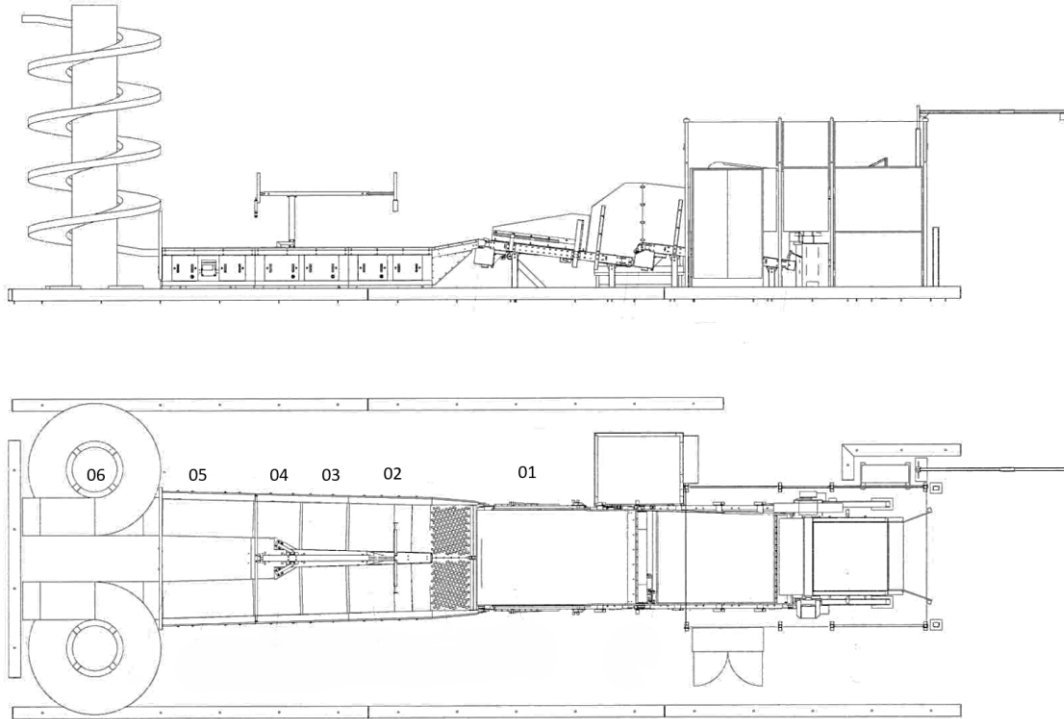
Kuva 5. Silmukkalajittelija ja syöttökuljettimia. [9.]

Syöttölinjasto 21/22 alkaa hydraulisesta kääntölaitteesta. Sillä kaadetaan häkillinen lähetyksiä kerrallaan leveälle, syöttölinjastot yhdistävälle kuljettimelle, helpottaen pakettihäkkien tyhjentämistä. Seuraavaksi leveä kuljetinhihna siirtää lähetykset eteenpäin käyttäjätasolle. Käyttäjätasolla leveä hihna jakautuu kahdeksi eri kuljetinlinjastoksi, joille käyttäjät syöttävät käsin hihnalta tulevia lähetyksiä yksi kerrallaan. Pakettien väliin jätetään tilaa, jotta kuljettimien anturit pystyvät havaitsemaan lähetykset.

Kuljetinlinjastoilla 21 ja 22 on yhteensä yksitoista kuljetinta, joista yhdeksän on hihnakuljettimia ja kaksi spiraalikuljettimia. Spiraalikuljettimilla lähetyksiä saadaan kuljetettua lattiatasolta korkeammalle käyttämättä paljoa lattiapinta-alaa. Kuljetinlinjat ovat peilikuvia toisistaan, joten kuljettimia on yhteensä kuutta eri mallia. Jokaista kuljetinta ohjaa oma taajuusmuuttajansa, joka saa käynti- ja nopeuskäskynsä yhteiseltä ohjelmoitavalta logiikalta.

Vaikka kuljettimia on kuutta erilaista mallia, jokaisella yhdellätoista kuljettimen taajuusmuuttajalla on hieman toisistaan poikkeavat parametrit. Kuljettimien pyörimisnopeus kasvaa kuljetinlinjastoa edetessä hieman. Tämä auttaa tekemään

rakoja lähetyksien väliin. Raot puolestaan helpottavat lähetysten yksilöimistä vähentäen virhetilanteita. Lisäksi parametrilla asetettava taajuusmuuttajan Device-Net osoite on aina yksilökohtainen. Kuvassa 6 näkyy kuljetinlinjaston pohjakuva, jossa toisen linjan kuljettimet ovat numeroituina.



Kuva 6. Pohjakuva kuljetinlinjastosta [10.]

5 Taajuusmuuttajan kytkentä ja parametointi

5.1 Taajuusmuuttajan kytkentä

Uusien taajuusmuuttajien kytkentään pystyttiin hyödyntämään laajalti vanhojen laitteiden johtimia. Osa vanhoista kaapelikenkäliittimistä oli väärän kokoisia tai muotoisia, joten ne täytyi vaihtaa kytkemistä varten. Virransyöttö taajuusmuuttajaan kytketään kuvassa 7 vasemmassa alakulmassa näkyville liittimille L1, L2,

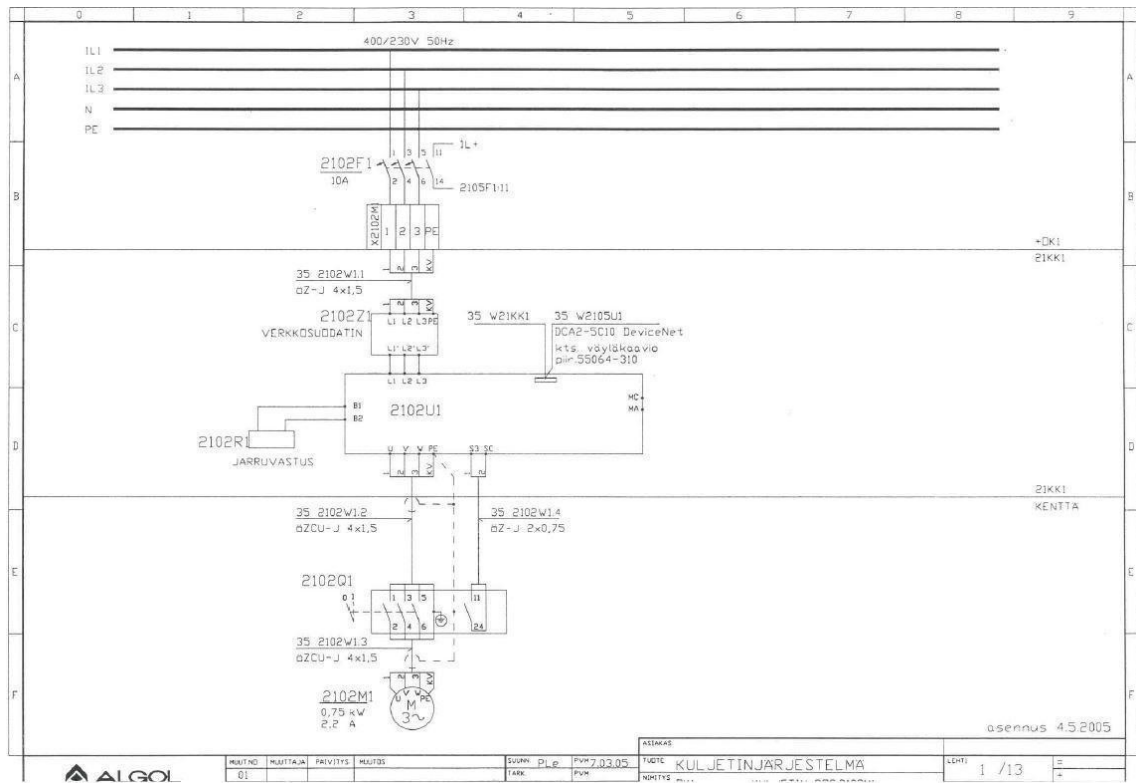
L3. Oikeassa alakulmassa näkyvät liittimet U1, V2, W3, joihin kytketään moottorin johtimet.



Kuva 7. Yaskawa V1000 -taajuusmuuttajan liittimet. [5.]

Vaatimuksena oli myös kytkeä turvakytkin, jonka avulla huoltohenkilöstö voi poistaa haluamansa kuljettimen käytöstä huollon ajaksi. Kuvassa 8 olevasta piirikaaviosta nähdään kuvaan symbolilla 21021Q1 merkitty turvakytkin. Turvakytkimen tulee katkaista virran syöttö moottorille, mutta lisäksi haluttiin saada tieto käännetyistä turvakytkimistä. Tämä on toteutettu turvakytkimen sisällä olevalla apukoskettimella, joka on kytketty taajuusmuuttajan ulkoisen virheen liittimille

S3 ja SC. Apukosketin on kytketty niin, että sen läpi kulkee virta turvakytkimen ollessa käännettynä OFF-asentoon.



Kuva 8. Syöttölinjaan 21 kuuluvan 02-kuljettimen piirikaavio. [12.]

Spiraalikuljettimien taajuusmuuttajille oli lisävaatimuksena jarrunohjaimen kytkentä. Jarrunohjain ohjaa moottorin sähkömagneettista levyjarrua. Levyjarrun avulla saadaan tarvittaessa pysäytettyä moottorin pyörintä nopeasti. Levyjarrun käytöllä estetään myös kuljettimen lamellien valuminen moottorin ollessa pysäytettynä. Jarrujärjestelmän kontaktorin ohjaus kytkettiin releen ohjausliittimille MA ja MC. Releen ohjausliittimet eroavat muista taajuusmuuttajan ohjausliittimistä siten, että niiden maksimivirta-arvo on 1 ampeeri. P1- ja P2-liittimien sallittu maksimivirta on vain 50 milliampeeria. [11.]

Jokaiselle taajuusmuuttajalle on asennettu oma verkkosuodatin standardin EN61000-3-2 vaatimusten täyttämiseksi. Vaatimusten mukaan jokainen alle yhden kilowatin tehoinen taajuusmuuttaja on suojattava elektromagneettisen yhteensopivuuden ylläpitämiseksi.

5.2 Taajuusmuuttajan parametointi

Taajuusmuuttajan parametointi tarkoittaa sen muuttujien asettamista. Näitä muuttujia ovat esimerkiksi moottorin pyörimisnopeus, kiihdytysaika, jännite- ja virta-arvot. Taulukossa 1 on esitetty projektin Yaskawa V1000 -taajuusmuuttajien välttämättömät parametrit, joita ilman kuljettimet eivät käyttäydy halutulla tavalla. Yaskawan V1000 -taajuusmuuttajissa on satoja parametreja, näistä suurimman osan ollessa oletusarvoilla projektia varten oikeita. Parametrien asettaminen käsin taajuusmuuttajan ohjauspaneelista on työlästä ja taajuusmuuttajan sijainnin takia hankalaa.

Taulukko 1. Taajuusmuuttajien pakolliset vaihdettavat parametrit. [11.]

Parametri	Parametrin nimi	Kuvaus parametrusta
B1-01	Taajuusreferenssin valinta	Valitsee taajuusreferenssin lähteen.
B1-02	Käyttökomentolähteen valinta	Valitsee käyttökomennon lähteen.
C1-01	Kiihdytysaika 1	Kiihdytysaika nolasta asetettuun enimmäislähtötaajuuteen sekunneissa.
C1-02	Hidastusaika 1	Hidastusaika enimmäislähtötaajuudesta nolnaan sekunneissa.
E2-01	Moottorin nimellisvirta	Lukee moottorin arvokilvessä
E2-04	Moottorin napaluku	Moottorin napojen lukumäärä
E2-11	Moottorin nimellisteho	Lukee moottorin arvokilvessä
F6-50	DeviceNet osoite	Asettaa taajuusmuuttajalle MAC-osoitteen DeviceNet kenttäväylää varten.
F6-51	DeviceNet kommunikationopeus	Asettaa käytetyn DeviceNet väylän kommunikointinopeuden baudeina
H1-03	Digitaalitulon S3 toiminnon valinta	Asettaa liittimen S3 toimintatavan.
H2-01	Releenohjaus toiminnon valinta	Asettaa liittimien MA, MB ja MC toimintatavan.

Insinööriyötä tehdessä Yaskawan DriveWizard-ohjelman käytössä oli vaikeuksia tarvittavien sovitekappaleiden ja ohjelmalisenssien käyttöönottamisessa. Tästä syystä laitehuollolle laadittavaa taajuusmuuttajien vaihto-ohjetta varten oli eduksi saada säädettävien parametrien lukumäärä mahdollisimman pieneksi. Lopulta pakollisia parametreja oli hihnakuljettimien taajuusmuuttajilla vain kymmenen ja spiraalikuljettimien taajuusmuuttajilla yksitoista. Spiraalikuljettimille pakolliset parametrit olivat muuten samoja kuin hihnakuljettimilla, mutta spiraalikuljettimien moottorien levyjarrujen ohjaamiseksi täytyi määrittää yksi parametri lisää.

6 Taajuusmuuttajien käyttöönotto ja testaus

6.1 Taajuusmuuttajien käyttöönoton ensimmäinen vaihe

Uusien taajuusmuuttajien käyttöönotto toteutettiin kolmivaiheisesti. Vaiheiden välissä raportoitiin projektin edistymisestä ja suunniteltiin seuraavia vaiheita. Ensimmäisessä vaiheessa kokeiltiin saada yksittäistä uutta taajuusmuuttajaa toimimaan vanhojen kanssa rinnan. Samalla kokeiltiin tarvittavia parametreja, jotka olivat pitkälti samoja useissa kuljettimissa.

Haastavinta tässä vaiheessa oli vanhojen 3G3MV-taajuusmuuttajien DeviceNet-osoitteen löytäminen. Tässä mallissa osoitetta ei asetettu parametrilla digitaalisesti, vaan se oli fyysisesti asetettava kotelon sisältä löytyvillä Dip-kytkimillä. Dip-kytkimillä osoitteen asettaminen tapahtuu asettamalla kuutta eri kytkintä ON- tai OFF-asentoon, jolloin saadaan binäärinen luku nollan ja kuudenkymmenkolmen väliltä. Esimerkiksi asettamalla kaikki kytkimet OFF-asentoon olisi osoite 0. Vastaavasti asettamalla kaikki kytkimet ON-asentoon tulisi osoitteeksi 63. Kuvassa 9 näkyy 3G3MV-taajuusmuuttajan DeviceNet-optiokortti, josta on otettu irti sen kansi. Kannen alla on väyläliitin ja Dip-kytkimet.



Kuva 9. DeviceNet-optiokortin sisältä löytyvät Dip-kytkimet. [13.]

Ensimmäisen vaiheen lopussa asennettiin vielä vanhan mallinen taajuusmuuttaja takaisin, sillä varsinainen testaus järjestettiin myöhemmin.

6.2 Taajuusmuuttajien käyttöönoton toinen vaihe

Taajuusmuuttajien käyttöönoton toisessa vaiheessa kuljetinlinjastoon 22 asennettiin jokaiseen hihnakuljettimeen uusi taajuusmuuttaja ja seurattiin linjaston toimintaa. Aluksi jouduttiin hieman säätämään vanhoista kuljettimista otettuja kiihdytys- ja pysähdysaikoja lähetysten sumppuuntumisen estämiseksi. Lukuun ottamatta alaluvussa 6.4 esitettyä vastoinkäymistä, oli linjaston käyttäytyminen lopulta täysin samanlaista kuin vierekkäisen vanhoilla taajuusmuuttajilla ohjatun linjaston.

Tämä oli odotusten mukainen lopputila, sillä projektilla ei niinkään tavoiteltu parannuksia linjaan. Ensisijainen tavoite projektilla oli laitekannan päivitys nykyaikaisempaan ja varaosalaiteiden saatavuuden varmistus.

6.3 Taajuusmuuttajien käyttöönoton kolmas vaihe

Taajuusmuuttajien asennuksen kolmannessa vaiheessa asennettiin syöttölinjan 21 ja syöttölinjat yhdistävän leveän kuljettimen taajuusmuuttajat. Taajuusmuuttajien lisäksi linjastoon vaihdettiin kokonaan linjaston ensimmäisenä oleva, linjastot yhdistävä leveä kuljetin 2103. Uudessa leveässä kuljettimessa oli erilainen moottori kuin vanhassa kuljettimessa. Uudessa moottorissa oli lisävarusteena mekaaninen levyjarru, joka estää kuljettimen hihnan valumisen moottorin ollessa virrattomana. Tämän mallin moottorijarru ei ollut käsivapauttimella varustettu, joten sitä ei voitu mekaanisesti ohittaa.

Ensimmäisenä tapana ohjata jarrua kytkettiin sen syöttöjännite rinnakkain moottorin L1-syöttövaiheen kanssa. Tämän onnistuminen olisi vaatinut taajuusmuuttajan syöttöjännitteen asettamisen vähintään 230 volttiin. Tämä ei kuitenkaan ollut hyvä vaihtoehto, sillä se rajoittaisi taajuusmuuttajan muita ominaisuuksia. Tästä syystä päätettiin ottaa mekaaninen levyjarru moottorista kokonaan irti ja seurata kuljettimen käyttäytymistä. 2103 kuljettimen testauksissa ilmeni levyjarrun olevan tarpeeton kyseisessä kuljettimessa, koska hihna ei valunut alamäkeen suunnitellulla maksimikuormallakaan.

Käyttöönoton kolmannessa vaiheessa tuli uutena spiraalikuljettimien taajuusmuuttajien asennus, mikä poikkesi hihnakuljettimien taajuusmuuttajista asentamisesta. Tässä vaiheessa uudeksi pakolliseksi parametriksi tuli H2-01. Tällä asetetaan releohjausliittimien MA ja MB käyttäytyminen. Tämä parametri tehdasasetuksilla olisi aiheuttanut moottorin pyörimisen jarrua vasten, mahdollisesti vahingoittaen laitteistoa. Parametrin arvo asetettiin siis nolaksi, joka tarkoittaa releen aktivoimista taajuusmuuttajan saadessa käyntikäskyn.

6.4 Taajuusmuuttajien ylikuormitustila

Testausvaiheessa havaittiin ongelma, jossa taajuusmuuttajissa ilmeni noin tunnin käytön jälkeen ylikuormitusvirhe. Ylikuormitusvirhe aktivoituu moottorin käytäessä enemmän virtaa tietyllä ajanjaksolla, kuin on parametriin E2-01 asetettu.

Tässä vaiheessa kuljetinjärjestelmässä oli vielä käytössä vanhoja rumpumootto-reita. Virheen aiheuttajaksi todettiin vanhat rumpumoottorit, joista osa kulutti huomattavasti enemmän virtaa, kuin mitä tyyppikilvessä oli ilmoitettu. Uusia rumpumootto-reita odotellessa päätettiin poistaa käytöstä ylikuormitusvirheen valvonta käytöstä uusien moottorien asennukseen asti. Ylikuormitusvirheen valvonnan poiskytkentä tapahtui vaihtamalla parametrin L1-01 arvo nollassi.

Uusien moottorien asennuksen jälkeen ylikuormitusvirhettä ei enää ilmaantunut, joten ylikuormitusvirheen valvonta otettiin takaisin käyttöön. Valvonta käynnistettiin vaihtamalla parametrin L1-01 arvo yhdeksi.

7 Yhteenveto ja pohdinta

Tässä insinööriyössä pyrittiin asentamaan ja käyttöönottamaan uudet, eri laitevalmistajalta tilatut taajuusmuuttajat, muuttamatta kuljetinlinjaston käyttäytymistä. Projektin asetettuihin tavoitteisiin päästiin ajallaan. Myöhemmin kuljettimien toimintaa seuraamalla ja tulosten mukaisesti muutoksia tekemällä saatiin parannuksia laitteiden toimintaan. Projektia voisi vielä parantaa ottamalla käyttöön Yaskawan DriveWizard-ohjelman, joka nopeuttaisi taajuusmuuttajien parametointia tulevaisuudessa. Ohjelman avulla saadaan taajuusmuuttajat parametroitua tietokoneen avulla. Tietokoneen kautta parametointi on nopeampaa kuin taajuusmuuttajan ohjauspaneelilta. Lisäksi jokaiselle kuljettimelle voitaisiin luoda omat valmiit parametritiedostot vähentäen inhimillisten virheiden mahdollisuutta. Ohjelman käyttö mahdollistaisi myös laitteiden toiminnan seuraamisen graafisesti mahdollisesti helpottaen ongelmatilanteiden selvittämistä.

Projektin haastavuus oli mielestäni sopiva aiheen ollessa mielenkiintoinen, vaikka selvitettävää olikin paljon. Vanhenevaa taajuusmuuttajien laitekantaa esiintyy runsaasti ympäri maailmaa, ja insinööriyöstä opitut asiat ovat hyödynnettäviä monessa muussakin ympäristössä. Sähkömoottorien käyttö yleistyy tuotannossa ympäri maailmaa ja niiden ohjaus taajuusmuuttajilla on hyvin toisiinsa vertautuvaa, vaikka niidenkäyttökohteet voivat olla hyvin erilaisia.

Lähteet

- 1 What is a variable frequency drive. Danfoss. Verkkoaineisto. <[https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/our-businesses/drives/what-is-a-variable-frequency-drive/#:~:text=A%20variable%20frequency%20drive%20\(VFD,voltage%20of%20its%20power%20supply\)](https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/our-businesses/drives/what-is-a-variable-frequency-drive/#:~:text=A%20variable%20frequency%20drive%20(VFD,voltage%20of%20its%20power%20supply)>. Luettu 1.1.2025.
- 2 How Does a Frequency Inverter Work? Inverter.com. Verkkoaineisto. <<https://www.inverter.com/how-does-a-frequency-inverter-work>>. Luettu 10.2.2025.
- 3 Electrical Circuit Theory: Rectification Process Report. IvyPanda. Verkkoaineisto. <<https://ivypanda.com/essays/rectification-process-lab-report/>>. Luettu 11.1.2025
- 4 Output Voltage Waveform (solid line) of Full-wave Rectifier with Filter Capacitor added. The Communications Museum. Verkkoaineisto. <https://www.cmm.gov.mo/eng/Exhibition/secondfloor/more-info/2_16_0_DiodeLab.html>. Luettu 10.2.2025.
- 5 Yaskawa V1000 IP20 2.2kW/3kW 400V 3ph AC Inverter Drive, DBr, STO, Unfiltered. Inverter Drive Supermarket. Verkkoaineisto. <<https://inverter-drive.com/group/AC-Inverter-Drives-400V/Yaskawa-CIMR-VC4A0007BAA/>>. Luettu 5.1.2025.
- 6 History of the PLC. AutomationDirect. Verkkoaineisto. <<https://library.automationdirect.com/history-of-the-plc>>. Luettu 12.2.2025
- 7 Basic DeviceNet principles. Beckhoff. Verkkoaineisto. <<https://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/el6752/2578426507.html&id=>>>. Luettu 8.1.2025.
- 8 Frenzel, Lou. 2024. What's The Difference Between Bit Rate And Baud Rate. Verkkoaineisto. <<https://www.electronicdesign.com/technologies/communications/article/21802272/whats-the-difference-between-bit-rate-and-baud-rate>>. Luettu 8.1.2025.
- 9 Postin logistiikkakeskus muuttaa Helsingistä Kehä III:n tuntumaan Vantaalle. Helsingin Sanomat. Verkkoaineisto. <<https://www.hs.fi/pkseutu/art-2000005087268.html>>. Luettu 18.2.2025.
- 10 2005. Kuljetinjärjestelmäpiirros. Sähkösuunnitelma ja ohjelma. Algol Technics Oy.

- 11 V1000 Compact Vector Control Drive Technical Manual. Yaskawa. Verkkoaineisto. <<https://www.yaskawa.com/downloads/search-index/details?showType=details&docnum=SIIPC71060618>>. Luettu 18.2.2025.
- 12 2005. 02-kuljettimen piirikaavio. Sähkösuunnitelma ja ohjelma. Algol Technics Oy.
- 13 Omron 3G3MV-PDRT1-SINV DeviceNet-Karte unused ovp. Anvex-shop. Verkkoaineisto. <https://www.anvex-shop.com/Omron-3G3MV-PDRT1-SINV-DeviceNet-Karte-unused-ovp_1>. Luettu 10.1.2025

Vaihto-ohje syöttölinjojen 21 ja 22 taajuusmuuttajille.

Taajuusmuuttajien mekaaninen asennus

Syöttölinjojen 21 ja 22 kuljettimiin on nyt asennettu edellisen mallin korvaava taajuusmuuttaja. Näitä vaihdettaessa täytyy huomioida, että turvakytkin ei kytke jännitettä pois taajuusmuuttajalta. Eli vaihtotyöhön ryhtyessä jännite täytyy katkaista pääsähkökaapin sulakkeesta. Jokaiselle taajuusmuuttajalle on oma erikseen merkitty sulake.

Taajuusmuuttajaan kytketään kolme vaihejohtinta liittimille L1, L2 ja L3, sekä maadoitusjohto sille merkitylle liittimelle. Vaihejohtinten järjestyksellä ei ole merkitystä. Turvakytkimen kautta moottoriin kytketyt johdot kytketään liittimille U, V, W. Turvakytkimien tilatietoa varten kytketään johdot liittimille S3 ja SC. Spiraalikuljettimille kytketään moottorijarrun ohjaus liittimille MA ja MC. DeviceNet-liitin kannattaa jättää tässä vaiheessa vielä kytkemättä.

Taajuusmuuttajan parametointi

Kun taajuusmuuttaja on saatu mekaanisesti asennettua, voidaan aloittaa taajuusmuuttajan parametointi. Alla olevasta taulukosta löytyy taajuusmuuttajien pakolliset parametrit. DeviceNet-liitin kannattaa tässä vaiheessa vielä irrottaa taajuusmuuttajasta, jos se on kiinnitettyinä. Toistaiseksi tuntemattomasta syystä se aiheuttaa kenttäväylän virheitä taajuusmuuttajan parametroidin aikana. Jos PLC menee virheeseen alkaa "MS"- tai "NS"-valo vilkkumaan punaisena. Virheet saadaan poistettua käynnistämällä PLC uudelleen asettamalle sulake 1F1 alas.

Taulukko 1. Taajuusmuuttajaan vaihdettavat parametrit ja kuvaukset

Parametri	Arvo
B1-01	3
B1-02	3
C1-01	(Katso kuvauksesta)

C1-02	(Katso kuvauksesta)
E2-01	(Katso kuvauksesta)
E2-04	(Katso kuvauksesta)
E2-11	(Katso kuvauksesta)
F6-50	(Katso kuvauksesta)
F6-51	4
H1-03	21
H2-01	001 (Vain spiraalikuljettimet)

Parametrien kuvaukset

B1-01 Kertoo mistä taajuusmuuttaja saa pyörimisnopeusarvonsa. 3 = DeviceNet optiokortti

B1-02 Kertoo mistä taajuusmuuttaja saa käyntikäskyn. 3 = DeviceNet optiokortti.

C1-01 Moottorin kiihdytysaika sekunneissa nolasta sataan. (Pienempi moottorin kannalta parempi). Spiraaleissa 1, muissa 0,5

C1-02 Moottorin pysähtymisaika sekunneissa sadasta nollaan. (Pienempi moottorin kannalta parempi). Spiraaleissa 0,5 muissa 0,3.

E2-01 Moottorin nimellisvirta (löytyy arvokilvestä). Rumpumoottoreissa 0,8A. Rekyylikuljettimessa, 2105- ja 2205-kuljettimissa 1,75A. Spiraalikuljettimissa 5,5A.

E2-04 Moottorin napalukumäärä. Rumpumoottoreissa 2, muissa moottoreissa 4.

E2-11 Moottorin nimellisteho (löytyy arvokilvestä). Rumpumoottoreissa 0,8kW, Spiraaleissa 3kW, Rekyylikuljettimessa 0,75kW, 2105 ja 2205 kuljettimissa 0,55kW

F6-50 Taajuusmuuttajan DeviceNet osoite.

Taulukko 2. DeviceNet-osoitteet kuljetinkohtaisesti.

Kuljetin	F6-50 osoite	Kuljetin	F6-50 osoite
2102	3		
2105	10	2205	20
2106	12	2206	22
2107	14	2207	24

2108	16	2208	26
2109	18	2209	28

F6-51 Taajuusmuuttajan DeviceNet kommunikointinopeus. 4 = automaattinen tunnistus.

H1-03 Liittimen S3 ohjaus. 21 = Normaalisti kiinni oleva piiri.

H2-01 MA ja MB liittimien ohjaus (Vain spiraaleille). 0 = Vetää käyntikäskyn aikana.

Taajuusmuuttajien testaus

Testatessa vaihdettua taajuusmuuttajaa on hyvä seurata, kuinka paljon virtaa ja tehoa taajuusmuuttaja syöttää moottorille. Monitorointi-valikkoon pääsee painamalla alas nuolinäppäintä muutaman kerran, kunnes alla oleva näkymä tulee esiin.



Kuva 1. Taajuusmuuttajan monitorointi

Tässä kohdassa "enter"-painiketta painamalla päästään monitorointivalikkoon. U1-03 Näyttää taajuusmuuttajan syöttämän virta-arvon, U1-06 näyttää taajuusmuuttajan syöttämän jännitearvon ja U1-08 näyttää taajuusmuuttajan moottorille syöttämän tehoarvon.