



Antti Mulari

Hissin nostomoottorin tyristorisäätimen modernisointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

18.3.2024

Tiivistelmä

Tekijä: Antti Mulari
Otsikko: Hissin nostomoottorin tyristorisäätimen modernisointi
Sivumäärä: 46 sivua + 3 liitettä
Aika: 18.3.2025

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine: Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat: Lehtori Jukka Karppinen
Teknologiapäällikkö Jussi Matikka

Tämä insinöörityö käsittelee hissien nostomoottorin tyristorisäätimen modernisointia taajuusmuuttajaa hyödyntäen. Työn tavoitteena oli korvata rikkoutunut tyristorisäädin nykyaikaisella taajuusmuuttajalla, palauttaa hissien toimintakunto, parantaa energiatehokkuutta ja lisätä käyttömukavuutta.

Projekti toteutettiin Suomen Hissiurakointi Oy:lle. Työn teoriaosuudessa perehdyttiin tyristorisäätimen ja taajuusmuuttajan toimintaperiaatteisiin, niiden keskeisiin eroihin sekä hissien ohjausjärjestelmän kehitykseen. Käytännön osuudessa modernisointiprosessi kuvattiin vaiheittain sisältäen suunnittelun, asennuksen, parametroidin ja testauksen. Erityistä huomiota kiinnitettiin siihen, miten modernisointi voidaan toteuttaa turvallisesti ja tehokkaasti vanhan järjestelmän puitteissa.

Tuloksena oli onnistunut tyristorisäätimen vaihto taajuusmuuttajaan sekä hissien käytön palauttaminen. Lisäksi taajuusmuuttajan käyttö mahdollisti sujuvamman ja energiatehokkaamman toiminnan verrattuna vanhaan tyristorisäätimeen. Työn menetelmiä voidaan soveltaa vastaaviin modernisointiprojekteihin hissialalla.

Avainsanat: tyristori, taajuusmuuttaja, hissi, moottori

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Antti Mulari
Title: Modernization of an Elevator Motor Thyristor Controller
Number of Pages: 46 pages + 3 appendices
Date: 18 March 2025

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Electrical Power Engineering
Supervisors: Jukka Karppinen, Senior Lecturer
Jussi Matikka, Technology Manager

This bachelor's thesis examines the modernization of an elevator motor's thyristor controller by replacing it with a modern frequency converter. The objective was to restore the elevator's functionality, enhance energy efficiency, and improve user comfort. The project was carried out for Suomen Hissurakointi Oy.

The theoretical section explores the operating principles of thyristor controllers and frequency converters, their key differences, and the development of elevator control systems. The practical section describes the modernization process step by step, including planning, installation, parameterization, and testing. Special attention was given to ensuring a safe and efficient transition from the old system to the new one.

The results show that implementing a frequency converter in the elevator motor enables smoother operation and increased energy efficiency compared to the old thyristor controller. The methods used in this work can be applied to similar modernization projects in the elevator industry.

Keywords: Thyristor, Variable Frequency Drive, lift, elevator, motor

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tehopuolijohteet	2
2.1	Tyristori	2
2.2	Eristehila-bipolaaritransistori	4
3	Tyristorisäätimet	6
3.1	Pehmokäynnistin	6
3.2	Tasasähköjarrutus	8
3.3	Ascentronic Type A	10
4	Taajuusmuuttajakäyttö	16
4.1	Välipiirilliset taajuusmuuttajat	17
4.2	Suorat taajuusmuuttajat ja matriisimuuttajat	21
4.3	Yaskawa L1000A	22
5	Hissin ohjauksen periaatteet	25
6	Työn suorittaminen	27
6.1	Suunnittelu	28
6.2	Taajuusmuuttajan asennus	31
6.3	Parametrointi	37
6.4	Järjestelmän testaus	42
7	Yhteenveto	44
	Lähteet	45

Liitteet

Liite 1: Alkuperäinen piirikaavio Otis MCS 310

Liite 2: Muokatut piirikaaviot Otis MCS 310

Liite 3: Muokatut parametrit Yaskawa L1000A

Lyhenteet

- CLV: *Closed Loop Vector*. Suoravektorisäättö.
- CSI: *Current Source Inverter*. Virtavälipiirillinen taajuusmuuttaja.
- EMC: *Electro Magnetic Compatibility*. Sähkömagneettinen yhteensopivuus. Sähköisten laitteiden häiriösietoisuus ja yhteensopivuus.
- IGBT: *Insulated Gate Bipolar Transistor*. Eristyshilainen bipolaaritransistori. Tehoelektronikan jänniteohjattu kytkin.
- LCI: *Load Commutated Inverter*. Kuormakommutoitu taajuusmuuttaja.
- OLV: *Open Loop Vector*. Epäsuoravektorisäättö.
- PWM: *Pulse Width Modulation*. Pulssinleveysmodulaatio. Sähköisen signaalin pulssinleveyden ohjausmenetelmä.
- SIL: *Safety Integrity Level*. Turvallisuuden eheystaso. SIL on mitta turvallisuusjärjestelmän suorituskyvystä, joka ilmaistaan toimintahäiriön todennäköisyytenä tarpeen hetkellä.
- VSI: *Voltage Source Inverter*. Jännitevälipiirillinen taajuusmuuttaja.

1 Johdanto

Sähkömoottorien ohjauksen teknologia on kehittynyt huomattavasti viime vuosikymmeninä tarjoten uusia mahdollisuuksia energiatehokkuuden, luotettavuuden ja käyttömukavuuden parantamiseen. Yksi merkittävimmistä kehitysaskelista on ollut tyristorisäätimien korvaaminen moderneilla taajuusmuuttajilla. Tyristorisäätöä on käytetty hisseissä yleisesti 1990-luvulla, mutta vanhojen laitteiden varaosien saatavuuden heikentyessä ja säätimien rikkoutuessa syntyy tarve modernisoida nämä järjestelmät nykyaikaisilla taajuusmuuttajilla.

Tässä insinööriyössä käsitellään hissien nostomoottorin tyristorisäätimen modernisointia taajuusmuuttajaa hyödyntäen. Työn tavoitteena on palauttaa hissien toimintakunto tyristorisäätimen rikkoutumisen takia, parantaa sen käyttömukavuutta sekä varmistaa järjestelmän turvallinen toiminta. Työ toteutettiin Suomen Hissiurakointi Oy:lle. Tässä opinnäytetyössä tyristorisäätimellä tarkoitetaan 3-vaiheista moottoria ohjaavaa laitetta.

Tekijällä on työkokemusta hissialalta 10 vuotta, joista 6 vuotta modernisointiasentajana ja 4 vuotta vianhaun asiantuntijana, mikä on tuonut vahvaa käytännön osaamista ja tietoa hissien modernisoinnin ja vikadiagnostiikan haasteista. Tämä kokemus on ollut keskeisessä roolissa työn toteutuksessa.

Työ sisältää sekä teoreettisen että käytännön osuuden. Teoriaosuudessa perehdytään tyristorisäätimien ja taajuusmuuttajien toimintaperiaatteisiin sekä niiden keskeisiin eroihin. Lisäksi esitellään hissien ohjausjärjestelmien kehitystä ja niiden erityispiirteitä. Käytännön osuudessa kuvataan modernisointiprosessi vaiheittain sisältäen suunnittelun, laitteiston asennuksen, parametroinnin ja testauksen. Erityistä huomiota kiinnitetään siihen, miten modernisointi voidaan toteuttaa olemassa olevan järjestelmän ehdoilla varmistaen sen luotettavuus ja turvallisuus.

Tämän työn tulokset tarjoavat hyödyllistä tietoa ja menetelmiä vastaavien modernisointiprojektien toteutukseen. Työ toimii esimerkkinä siitä, miten vanhojen

hissijärjestelmien elinkaarta voidaan pidentää ja niiden suorituskykyä parantaa nykyaikaista teknologiaa hyödyntäen.

2 Tehopuolijohteet

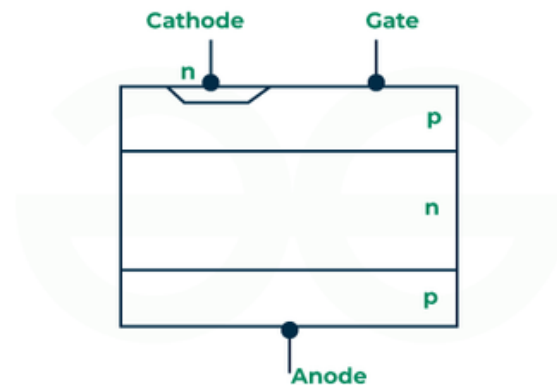
Tässä osiossa esitellään lyhyesti tehopuolijohdekomponentit tyristori ja eristehilainen bipolaaritransistori eli IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor), joita käytetään laajasti sekä tyristorisäätimissä että taajuusmuuttajissa. Tämän osion tarkoituksena on perehtyä edellä mainittujen komponenttien perustoimintaperiaatteisiin, jotta niiden rooli ja toiminta laajemmista järjestelmäkokonaisuuksissa voidaan ymmärtää paremmin.

2.1 Tyristori

Tyristori on puolijohdekomponentti, joka koostuu tyypillisesti kolmesta liitännästä tai elektrodista: anodista, katodista ja hilasta (gate). Anodi toimii positiivisena napana, katodi negatiivisena, ja hila ohjaa virran kulkua anodilta katodille aktivoimalla tyristorin ulkoisen ohjauspulssin avulla. Joissakin tyristorimalleissa liitäntöjä voi olla kaksi tai jopa neljä. (1.)

Tavallinen tyristori rakentuu kahdesta vuorottelevasta kerroksesta N-typin (negatiivinen) ja P-typin (positiivinen) puolijohteita. Tämä muodostaa neljä puolijohdekerrosta ja kolme liitospintaa niiden väliin. Puolijohdeiden sähköistä ominaisuutta on muokattu siten, että niihin on lisätty varauksenkuljettajia, elektroneja (negatiivisia varauksia) tai aukkoja (positiivisia varauksia). Tämä rakenne tunnetaan myös NPN- ja PNP-puolijohteina, jotka viittaavat positiivisten ja negatiivisten varauksenkuljettajien vuorotteluun rakenteessa. (2.) Kuvassa 1 on kuvattuna tyypillisen tyristorin rakennetta.

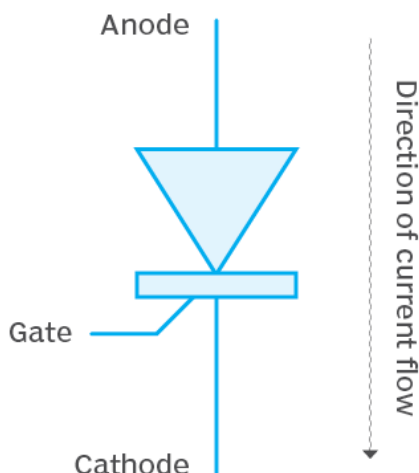
Thyristor



Kuva 1. Thyristorin rakenne (3).

Kun hilaan ei johdeta virtaa, thyristori pysyy sulkuutilassa. Tällöin laitteen keskimäinen liitos toimii käänteisesti anodille ja katodille nähden, mikä estää virran kulun laitteen läpi riippumatta sen kytkennän suunnasta. Tätä toimintatilaa kutsutaan sulkuutilaksi tai estotilaksi riippuen virran suunnasta.

Virran johtaminen thyristorin läpi edellyttää, että anodi on positiivisessa jännitteessä katodiin nähden. Kun hilaan johdetaan virtaa, virta voi kulkea vapaasti anodilta katodille, tässä tilassa thyristori on päästötilassa. Thyristori sammuu, kun virta laskee alle pitovirran. Vaihtovirralla thyristori sammuu aina, kun vaihtovirran hetkellinen arvo saavuttaa nollan eli jokaisella vaihtovirran puolijaksolla. On tärkeää huomata, että hilavirtaa tarvitaan vain laitteen käynnistämiseen, mutta ei sen johtotilan ylläpitoon tasavirralla. Vaihtovirralla jokaisen johtavan puoliaallon käynnistyminen edellyttää uutta hilavirtaa. (2; 4, s. 385–386.) Kuvassa 2 esitetään thyristorin piirrosmerkki, jossa on havainnollistettu sen keskeiset liittimet: anodi, katodi ja hila. Lisäksi kuvaan on merkitty virran kulkusuunta, joka auttaa ymmärtämään thyristorin toimintaa sähköpiirissä.



Kuva 2. Tyristorin piirroskuva, kuvassa merkittynä anodi, katodi, hila sekä virrankulkusuunta (1).

Tyristoreja käytetään laajasti teollisuuden ja sähkötekniikan sovelluksissa, joissa tarvitaan suurten virtojen ja jännitteiden hallintaa. Tyypillisiä käyttökohteita ovat moottorikäyttöjen pehmokäynnistimet, tasavirtakäytöt, lämmityselementtien tehonsäätö sekä erilaiset jarrutusjärjestelmät, kuten DC-jarrutus. Lisäksi niitä hyödynnetään ylijännitesuojissa ja suurtehokytkimissä, joissa vaaditaan luotettavuutta ja kestävyyttä haastavissa käyttöolosuhteissa. Tyristoreiden monipuolisuus ja kyky käsitellä suuria tehoja tekevät niistä erityisen hyödyllisiä raskaan teollisuuden sovelluksissa. (2.)

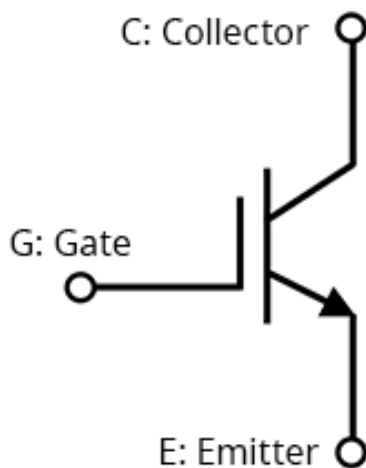
2.2 Eristehila-bipolaaritransistori

Eristehila-bipolaaritransistori eli IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) on puolijohdekomponentti, joka yhdistää bipolaaritransistorin tehokkaan virranhallinnan ja kanavatransistorin nopean kytkentäominaisuuden. Sitä käytetään suurten virtojen ja jännitteiden kytkemiseen.

IGBT:llä on kolme liitintä: kollektoriliitin, emitteriliitin ja hila. Kollektori toimii positiivisena napana, emitteri negatiivisena, ja hilan kautta säädetään laitteen päävirran kulkua kollektorilta emitterille. Rakenteellisesti IGBT koostuu

kanavatransistorin kaltaisesta ohjauspiiristä sekä bipolaaritransistorin johtavuuskerroksista, jotka mahdollistavat virranjohtamisen ja nopean kytkennän.

IGBT:n toiminta perustuu sähköiseen ohjaukseen hilan kautta. Kun hilaan syötetään riittävä jännite, siirtyy laite päästötilaan ja laitteen sisäinen kanavatransistori avautuu, mikä mahdollistaa virran kulun kollektorilta emitterille bipolaaritransistorin kautta. Kun hilajännite poistetaan tai alenee alle kynnyksjännitetason, IGBT siirtyy pois päästötilasta ja virta kollektorilta emitterille katkeaa. Tämä hilaohjauksen ominaisuus mahdollistaa kytkennän hallinnan ilman ulkoisia muutoksia piirin virrassa. (5.) Kuvassa 3 esitetään IGBT:n piirrosmerkki, jossa on havainnollistettu sen pääliittimet: kollektori, emitteri ja hila.



Kuva 3. IGBT:n piirrosmerkki, kuvassa merkittynä kollektori, emitteri sekä hila (6).

IGBT eroaa esimerkiksi tyristorista siinä, että IGBT:n sammuttaminen on täysin porttiohjauksen hallittavissa, mikä tekee siitä joustavan vaihtoehdon DC-sovelluksiin, joissa tarkka kytkentäohjaus on tarpeen. Lisäksi IGBT on jänniteohjattu komponentti, kun taas tyristori on virtaohjattu, mikä tekee IGBT:stä helpommin ohjattavan erityisesti nopeissa ja tarkkuutta vaativissa sovelluksissa. Korkean jännite- ja virtakestokykynsä vuoksi IGBT-transistoreita käytetään kytkinlaitteina taajuusmuuttajissa, keskeytymättömissä virtalähteissä (UPS), induktioliesissä ja muissa sovelluksissa. (5.)

3 Tyristorisäätimet

Tyristoreita hyödynnetään edelleen laajasti erilaisissa sovelluksissa, vaikka taajuusmuuttajien yleistyminen on vähentänyt niiden käyttöä moottoriohjauksissa. Niitä käytetään kuitenkin yhä teollisuuden ja kotitalouksien sovelluksissa, kuten moottoriohjauksissa, tasasuuntauksissa, valosäätimissä sekä lämmityselementtien tehonsäädössä. (2.) Tässä osiossa käsitellään tyristoreiden käyttöä moottorin pehmokäynnistimissä ja tasasähköjarrutuksessa. Lisäksi perehdytään vaihtotyön kohteena olevan Ascentronic Type A -tyristorisäätimen toimintaperiaatteisiin.

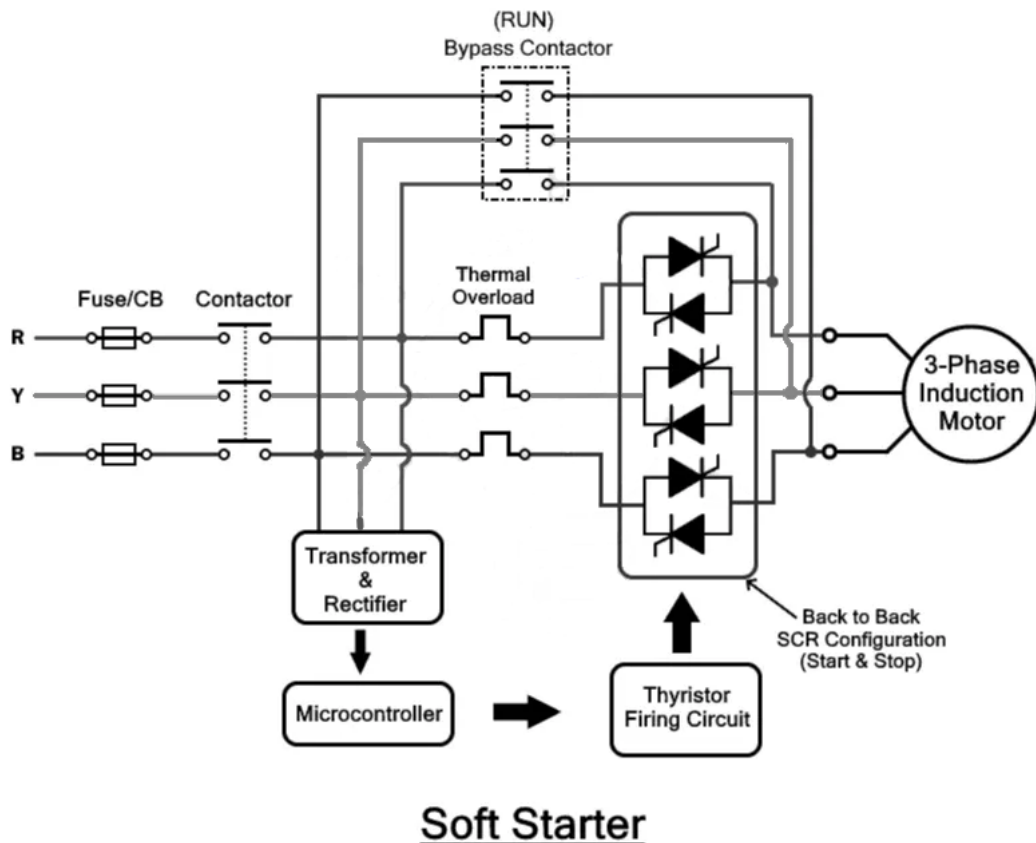
3.1 Pehmokäynnistin

Yksi yleisimmistä tyristoreiden käyttökohteista on moottorien pehmokäynnistimet. Pehmokäynnistimillä moottorin jännitettä säädellään niin, että moottori käynnistyy vähitellen. Tyristoripohjainen pehmokäynnistin ei muuta moottorille syötettävän vaihtojännitteen taajuutta, vaan säätää moottorin syöttöjännitettä vaihekulman ohjauksella. Koska taajuus pysyy vakiona, moottorin nopeus ei muutu merkittävästi normaalin käyttöalueen aikana, sillä asynkronimoottorin nopeus määräytyy pääasiassa taajuuden mukaan. Pehmokäynnistin ei siis suoraan vaikuta moottorin nopeuteen, vaan sen pääasiallinen tehtävä on rajoittaa käynnistysvirtaa ja -momenttia. Pehmeä käynnistys vähentää merkittävästi moottorin ja siihen kytketyn kuorman mekaanista rasitusta sekä estää suurten virtapiikkien aiheuttamat sähköverkon häiriöt. (7, s. 18–22.)

Pehmokäynnistimiä käytetään laajalti sovelluksissa, joissa käynnistymisen aiheuttamat iskut ja häiriöt voivat olla ongelmallisia. Esimerkkejä ovat pumput, kompressorit, kuljetinhihnat ja suuritehoiset hydraulikkahissit. Näissä tapauksissa pehmeä käynnistys paitsi pidentää moottorin käyttöikää myös vähentää laitteiston huoltotarvetta ja kustannuksia. (7, s. 18–22.)

Pehmokäynnistimissä vaihtosähkön jännitteen ohjaukseen käytetään tyristoriparia, siinä annetaan kahdelle vastakkaisiin suuntiin rinnakkain kytketylle

tyristorille sytytyspulsseja sekä negatiivisella että positiivisella puolijaksolla (3, s. 416). Tämä mahdollistaa vaihtosähkön täydellisen hallinnan molempiin suuntiin. Tällainen asettelu on erityisen hyödyllinen tehonsäädössä, esimerkiksi moottorien virran- ja momentinsäädössä tai lämmityselementtien tehonsäädössä, joissa virran ohjaus koko aallon aikana on välttämätöntä. Pehmokäynnistimissä voidaan myös käyttää tyristorit ohittavaa ohituskontaktoria. Tämän kontaktorin tarkoituksena on minimoida tehohäviö normaalikäytössä. (7, s. 18–22.) Kuvassa 4 on kuvattuna pehmokäynnistimen piirikaavio. Piirikaaviossa on kuvattuna rinnakkain asetetut tyristorit, tyristorien ohjaukseen käytetyn piirin havainnekuva sekä ohituskontaktori.



Kuva 4. Pehmokäynnistimen piirikaavio (8).

Pehmokäynnistimien luotettavuuden varmistamiseksi niissä käytetään suojauspiirejä. Yksi yleisimmistä suojausratkaisuista on RC-piiri, joka koostuu vastuksesta ja kondensaattorista. RC-piiri asennetaan tyristorin rinnalle, ja sen tehtävänä on tasata jännitepiikkejä, joita syntyy erityisesti induktiivisilla kuormilla.

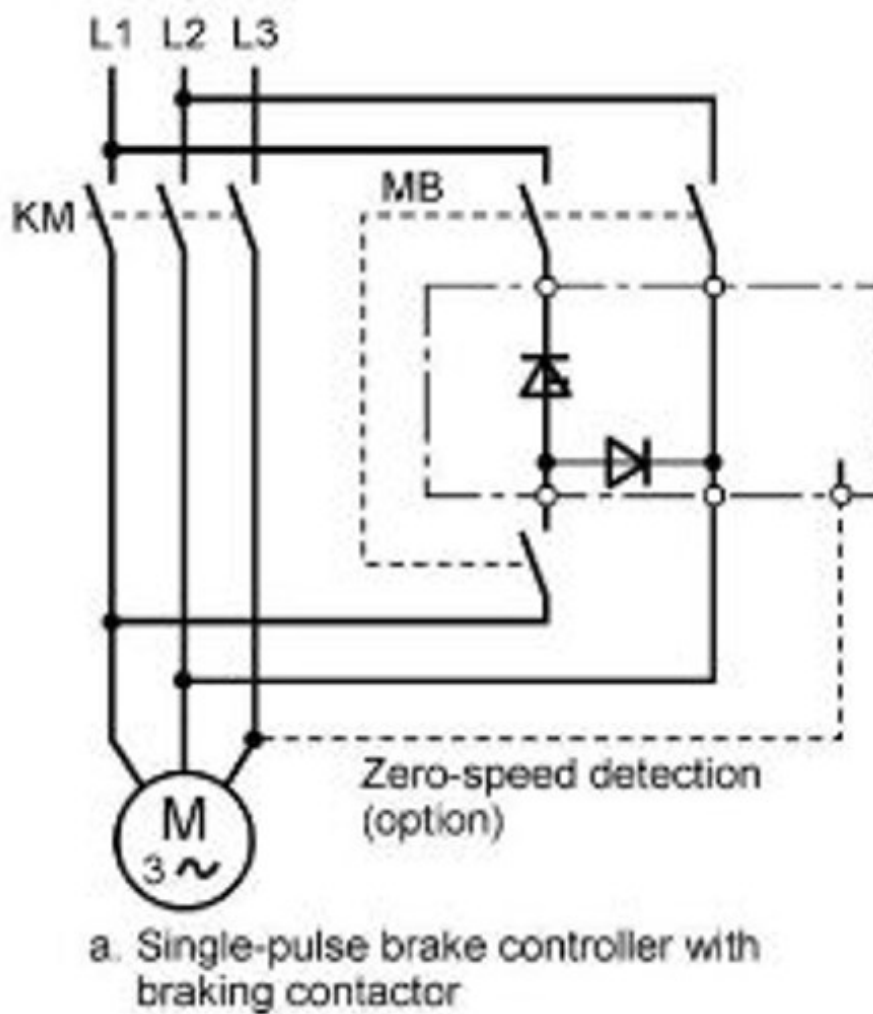
Ilman tätä suojausta tyristorin käyttöikä voisi lyhentyä merkittävästi, ja laitteen toimintaan voisi liittyä häiriöitä, kuten ei-toivottuja käynnistymisiä tai rikkoutumisia. (9.)

Lisäksi käytetään varistoreita ja ylijännitesuojia, jotka suojaavat tyristoria äkillisiltä jännitteen muutoksilta, kuten ukkosen aiheuttamilta piikeiltä. Nämä suojausratkaisut ovat välttämättömiä erityisesti silloin, kun tyristoreita käytetään kriittisissä ja pitkäaikaisissa teollisuuden sovelluksissa. (9.)

3.2 Tasasähköjarrutus

Tasasähköjarrutus eli DC-jarrutus on tekniikka, jossa tyristoreiden avulla syötetään tasasähköä moottorin staattorikämeihin pysäyttämisen aikana. Tämä tasasähkö luo roottoriin magneettikentän, joka aiheuttaa voimakkaan jarruttavan vääntömomentin roottoriin. Jarrutusvoima riippuu syötettävän jännitteen suuruudesta: suurempi jännite tuottaa voimakkaamman jarrutuksen. DC-jarrutus aiheuttaa moottorin staattorikämeihin jatkuvaa virtaa, mikä luo lämpöhäviöitä. Pitkäaikainen käyttö johtaa käämien ylikuumenemiseen, koska jarrutuksen aikana ei ole moottorin normaalia jäähdytysilmavirtausta. Tämä voi vahingoittaa moottoria, ellei jarrutuksen kestoa rajoiteta. Tyristoreiden tehtävä on ohjata tasasähkön syöttö tarkasti siten, että moottori pysähtyy nopeasti ja turvallisesti. (10, s. 351.)

Yksinkertaisin DC-jarrutuspiiri koostuu yksipulssisesta tasasuuntaajapiiristä, jossa käytetään tyristorin ja diodin yhdistelmää sekä säädettävää vaihekulman ohjausta (11). Kuvassa 5 on esitetty yksinkertainen DC-jarrutuspiirikuva, johon on merkitty myös jarrutuskontaktori. Jarrutuskontaktoria käytetään katkaisemaan jarrutuspiiri moottorin normaalin käytön aikana.



Kuva 5. Tyristoripohjainen DC-jarrutuspiiri jarrutuskontaktorilla (11).

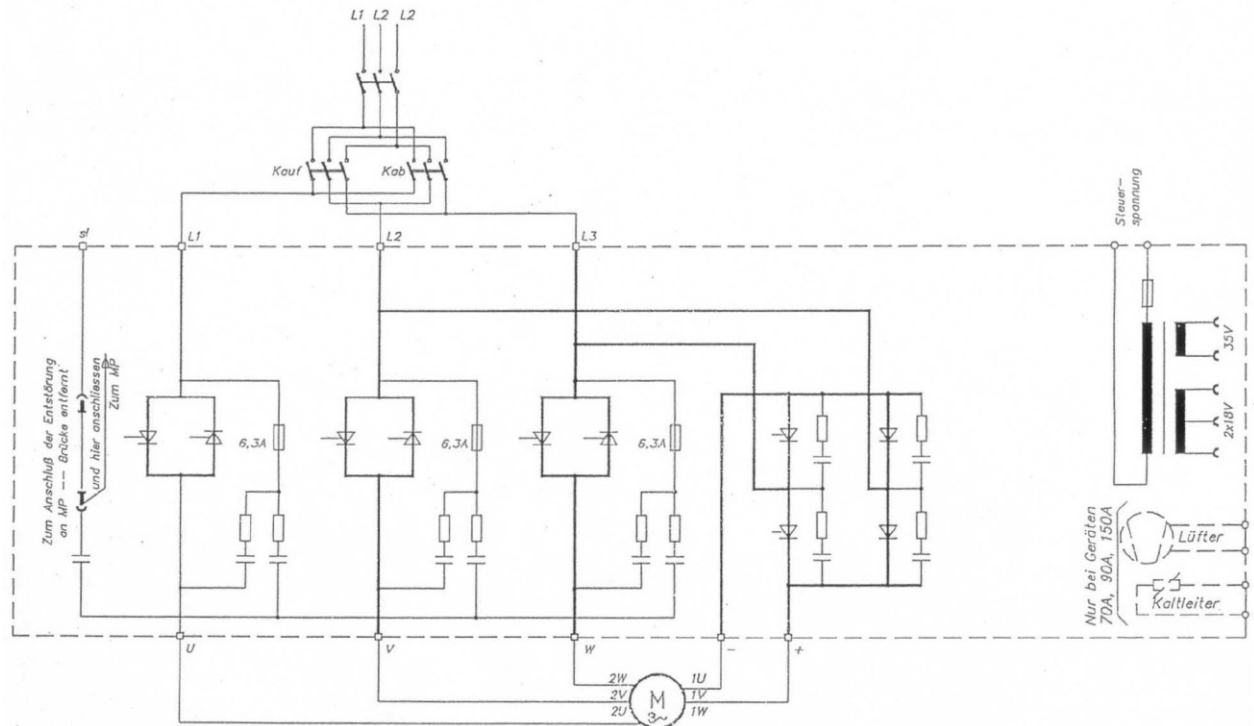
DC-jarrutusta käytetään erityisesti sovelluksissa, joissa nopea ja hallittu pysäytys on välttämätöntä. Tyypillisiä käyttökohteita ovat nosturit, kuljettimet ja hissit, joissa jarrituksen avulla parannetaan turvallisuutta ja työn tehokkuutta. Mekaanisten jarrujen sijaan käytetty sähköinen jarrutus myös vähentää kulumista ja huollon tarvetta. (11.)

3.3 Ascentronic Type A

Ascentronic Type A on saksalaisen Ascentronic Gerätebau GmbH:n 1990-luvulla valmistama tyristorisäädin, joka on suunniteltu erityisesti hissien kolmivaiheisten nostomoottoreiden ohjaukseen. Tämä laite mahdollistaa moottorin tarkan nopeuden säädön sekä energiatehokkaan ja mukautuvan käytön. Tyristoritekniikkaan perustuva ohjaus tukee sekä pehmeää käynnistystä että DC-jarrutusta. (12, s. 2.)

Ascentronic Type A -ohjain on suunniteltu toimimaan kolmella eri nopeudella: hidas nopeus (v_0), keskinopeus (v_1) ja suuri nopeus (v_2). Näiden nopeusasetusten avulla laite pystyy mukautumaan erilaisiin käyttötilanteisiin. Hidastuksen kestoa ja tehoa voidaan säätää potentiometrillä, ja pehmeän sekä tarkan pysäytyksen saavuttamiseksi hidastus suoritetaan käyttämällä DC-jarrutusta. (12, s. 2.)

Laitteen oikean toiminnan takaamiseksi moottoriin on asennettava pulssianturi. Pulssianturi mahdollistaa moottorin nopeuden tarkan hallinnan tuottamalla impulssitietoa moottorin pyöriessä, minkä avulla järjestelmä voi seurata moottorin todellista pyörimisnopeutta. Sen avulla voidaan myös havaita poikkeamat, kuten tilanne, jossa moottori ei pyöri suunnitellusti. Pulssianturi varmistaa hidastustilanteessa moottorin oikean hidastumisen, lopullisen pysähtymisen sekä sen avulla laite pystyy säätämään DC-jarrutuksen voimakkuutta, mikä parantaa sekä järjestelmän tarkkuutta että turvallisuutta. (12, s. 2.) Kuvassa 6 on esitetty Ascentronic Type A:n päävirtapiirin periaatekaavio. Kuvassa on kuvattuna vastakkain sekä rinnan asennetut tyristorit että DC-jarrutuksen tyristorit ja diodit.

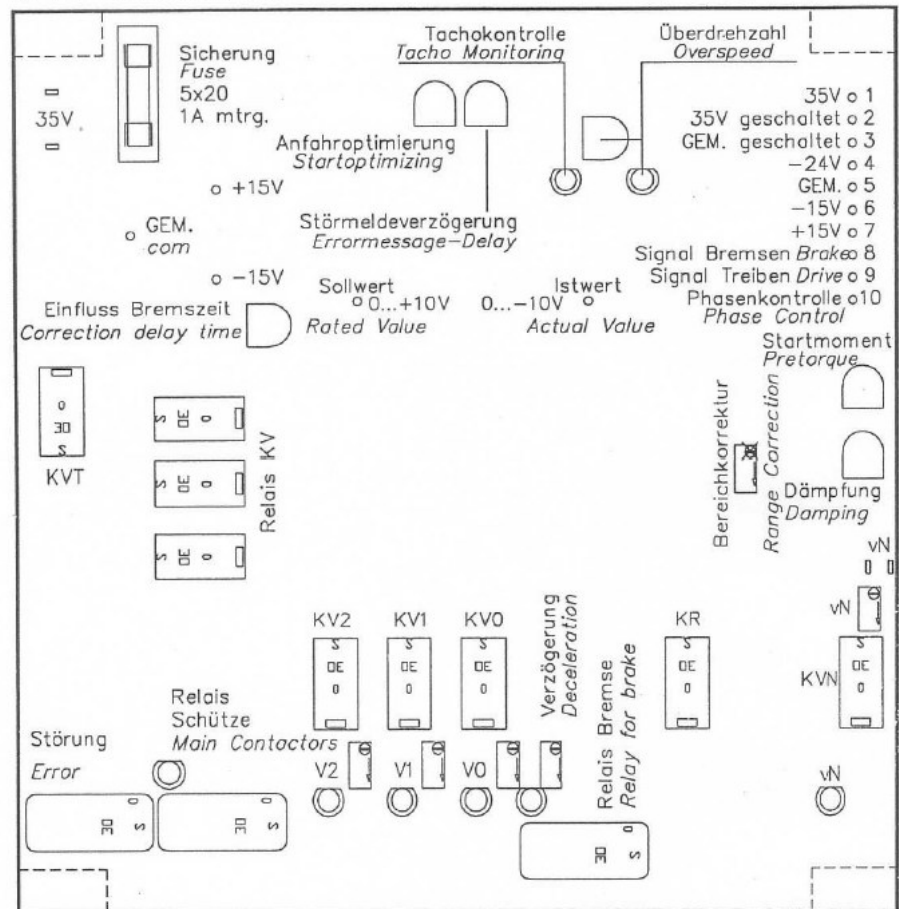


Kuva 6. Ascentronic Type A:n päävirtapiiriin periaatekaavio (12, s. 6).

Ascentronic-ohjaimessa on useita säätöpottiometrejä, joiden avulla laitteen toimintaa voidaan hienosäätää. Potentiometreillä voidaan säätää suurinta, keskinopeaa ja hidasta nopeutta. Lisäksi jarrutuksen kestoa ja viivettä voidaan säätää, mikä mahdollistaa pysäytyksen tarkkuuden ja hallinnan. Vaimennuksen avulla puolestaan säädellään moottorin kiihtyvyyttä ja hidastuvuutta, mikä auttaa estämään ali- ja ylikorostumia. (12, s. 3.)

Säätöjen vaikutus riippuu potentiometrien kiertosuunnasta. Myötäpäivään kääntäminen kasvattaa nopeuksia, nimellisarvoa sekä jarrutuksen viivettä ja vahvistaa vaimennusta. Vastapäivään kääntäminen vähentää näitä arvoja ja nopeuttaa esimerkiksi pysäytyksiä. (12, s. 3.) Kuvassa 7 on esitetty Ascentronic Type A:n ohjaustaulun säätöpottiometrejä ja säätöohjeita.

Einstell-Kurzanweisung *ascenronic* Typ a... (digital)
Brief Instruction

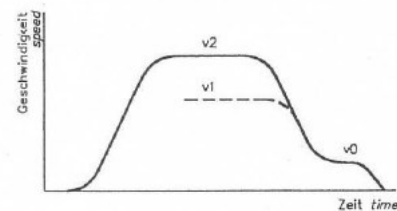


Beim Verstellen der Potentiometer im Uhrzeigersinn werden:

- v2 größer
- v1 größer
- v0 größer
- vN größer
- Verzögerung steiler
- Dämpfung stärker
- Startmoment höher
- Störmeldevverzögerung länger

By clockwise turning the potentiometers it will be:

- v2 higher
- v1 higher
- v0 higher
- vN higher
- Deceleration and acceleration stronger
- Damping more
- Pretorque more
- Errormessage-Delay longer



Achtung:

Dämpfung nur soweit eindrehen, daß ein Über- und Unterschwingen nicht auftritt
Start auf minimalen Anfahrdruck einstellen

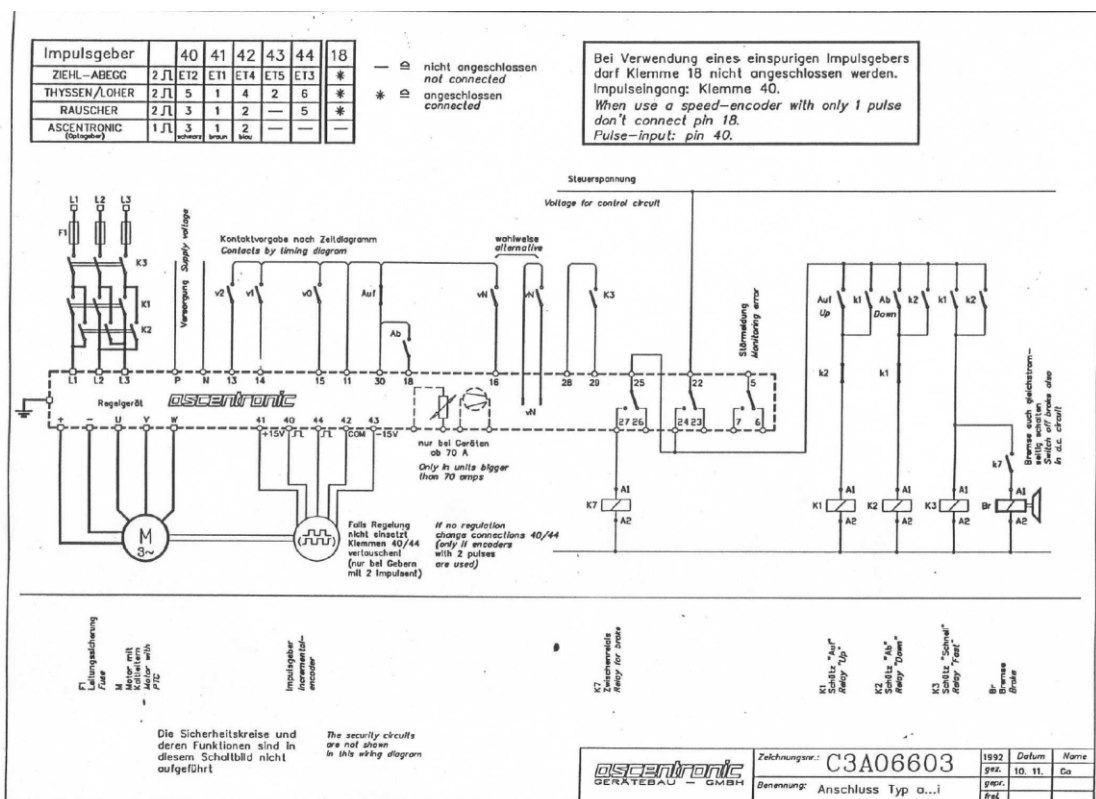
Remark:

Adjust damping not too strong, because underflowing and overflowing results
Adjust pretorque not too high, because ripple during start results

04. 06. 1992 C4B03202

Laite voidaan kytkeä järjestelmään joko ennen moottorikontaktoreja tai niiden jälkeen. Asennusohje suosittelee kytkentää kontaktoreiden jälkeen, jotta tyristöreilla syötetään jännitettä vasta moottorin ajotilanteessa. Laitteen toiminnan varmistamiseksi se tarvitsee jatkuvan ohjausjännitteen, joka pitää sen mikroprosessin jatkuvasti käynnissä. Järjestelmän toimivuus edellyttää kaksinopeusmoottoria, joka on joko neli- tai kuusinapainen. (12, s. 2.)

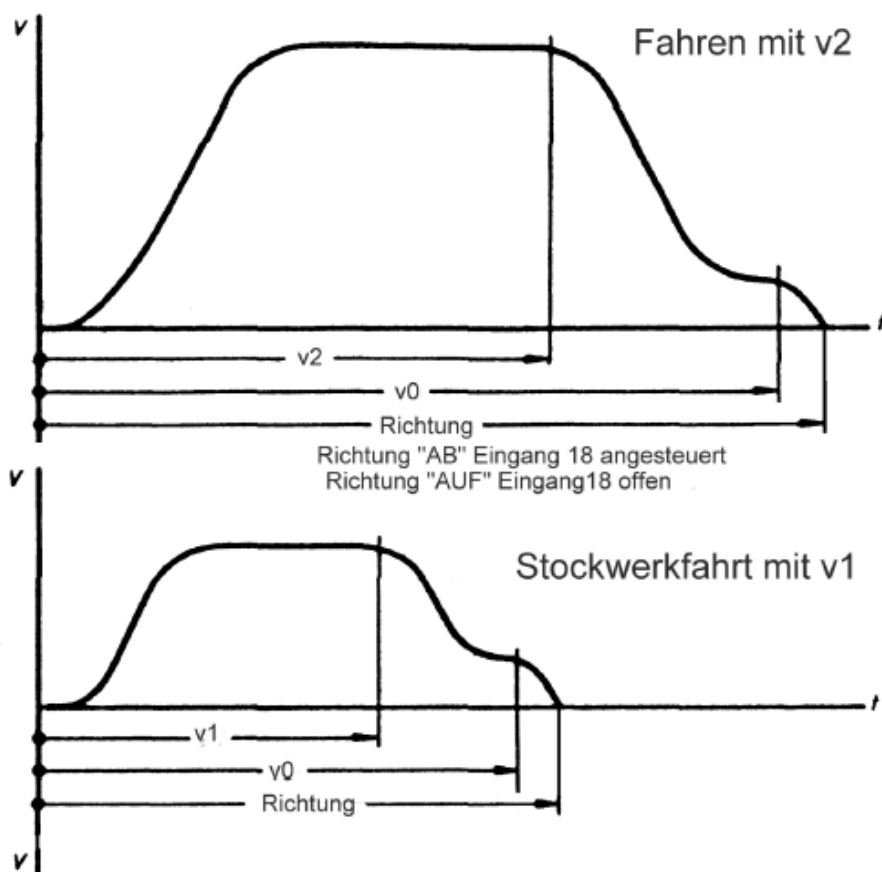
Laitteessa on kolme ulostuloa: vikaulostulo, jarrunohjausulostulo ja kontaktorienohjausulostulo. Vikaulostulon tila muuttuu kolmesta erilaisesta vikatilanteesta: ylinopeus, pulssianturin impulssin puuttuminen sekä verkkovaiheen puuttuminen. Vikatilanteessa vikaulostulon liitäntäpisteiden välinen kosketin avautuu. Vikaulostulo kytketään usein hissinojausjärjestelmän turvapiiriin ohjausjännitteeseen katkaisten sen laitteen vikatilanteessa. (12, s. 2.) Kuvassa 8 on esitetty Ascentronic Type A:n päävirtapiiriin sekä ohjauspiiriin kytkentäpisteet. (12, s. 5.)



Kuva 8. Ascentronic Type A:n päävirta- ja ohjauspiiriin kytkentäpisteet (12, s. 5.)

Jarrun- ja kontaktorien ohjauksen ulostulojen avulla voidaan hallita sekä hissinnostokoneiston mekaanisen jarrun toimintaa että moottorin ajokontaktoreiden ohjausta. Tämä rakenne varmistaa, että jarru ei voi avautua tilanteessa, jossa tyristorisäädin on vikatilassa tai ei ole valmis ajamaan moottoria.

Kontaktorihjauksen ulostulo toimii samalla tavalla kuin jarrun ohjaustulo, sillä voidaan ohjausjärjestelmän kytkennästä riippuen estää kriittisten kontaktoreiden vetäminen, jos tyristorisäädin on vikatilassa. Lisäksi sitä voidaan käyttää loppuhidastuksen hallintaan. Loppuhidastuksessa moottorin nopeutta vähennetään hallitusti ennen pysäytystä. Esimerkiksi hissinnostokoneiston ohjausjärjestelmä voi lopettaa sisääntulon V0 ohjaamisen, jolloin tyristorisäädin pitää ajokontaktoreita auki vielä 300 ms. Tämä varmistaa, että moottori saadaan ajettua alas rampilla hallitusti ennen pysäytystä. (12, s. 2.) Kuvassa 9 on esitetty Ascentronic Type A:n ajorampit. Ylemmässä ajorampissa on kuvattu ajo V2-nopeudella ja alemmassa V1-nopeudella. Kontaktorienohjaus liittyy V0-nopeuden ja pisteen Richtung väliin.



Kuva 9. Ascentronic Type A:n ajorampit (12, s. 4).

Laitteessa on myös ajamisen estotoiminnon sisääntulo. Tämä sisääntulo kytke-
 tään järjestelmän pääkontaktorin sulkeutuviin kärkiin. Ajamisen estotoiminnon
 tarkoituksena on varmistaa, että tyristorisäädin ei syötä jännitettä moottorille,
 ennen kuin hissien ohjauskeskus on valmis ajotilanteeseen. Pääkontaktorin oh-
 jaus on integroitu hissiohjausjärjestelmään, mikä lisää kokonaisjärjestelmän
 turvallisuutta ja luotettavuutta. (12, s. 2.) Kuvassa 10 on Ascentronic Type A -
 tyristorisäädin.



Kuva 10. Ascentronic Type A (13).

4 Taajuusmuuttajakäyttö

Taajuusmuuttajat ovat keskeisiä laitteita sähkömoottoreiden nopeuden ja momentin hallinnassa, sillä ne muuttavat syöttösähkön taajuutta ja jännitettä. Tämä mahdollistaa energiatehokkaan ja joustavan ohjauksen erilaisissa sovelluksissa, kuten teollisuuden prosesseissa, ilmanvaihdossa, pumppujen ja kompressorien käytössä sekä hissien ja nostureiden toiminnassa. (14.)

Taajuusmuuttajat eivät ainoastaan ohjaa moottoreiden toimintaa, vaan ne tarjoavat myös suojaa erilaisilta vikatilanteilta, kuten ylikuormitukselta tai moottorin jumiutumislta. Käyttöönoton yhteydessä laitteelle määritetään moottorin keskeiset ominaisarvot, kuten nimellinopeus, -taajuus, -jännite ja -teho. Erityisesti vektoriohjattujen taajuusmuuttajien käyttöönnotossa suoritetaan niin sanottu identifiointiprosessi, jossa laite tunnistaa moottorin toimintaparametrit, kuten staattoriresistanssin, hajainduktanssin ja roottorin ominaisuudet. Identifiointi voi tapahtua joko moottorin ollessa pysähtyneenä ennen moottorin varsinaista käyttöä tai moottoria ajamalla, jolloin voidaan määrittää myös hitausmassa, jota ei voida määrittää, jos moottori ei pyöri. (15, s. 107.)

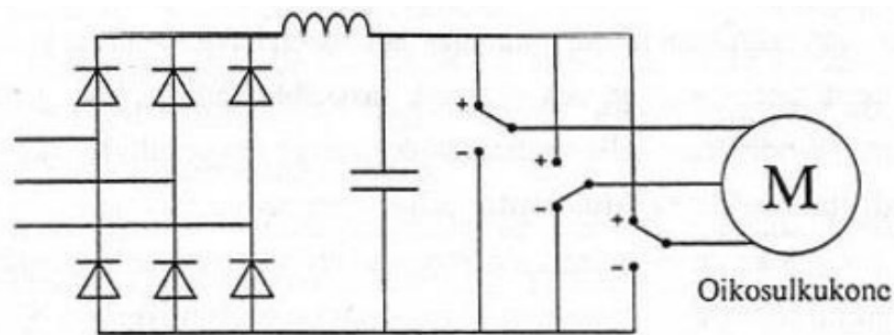
Taajuusmuuttaja ohjaa vaihtojännitekytkinten toimintaa käyttäen joko PWM-modulaatioon perustuvaa skalaarisäätöä tai vektorimallinnuksen avulla laskettuja ohjaussuureita. Näiden menetelmien avulla moottorin momentti ja pyörimisnopeus voidaan säätää halutulle tasolle. Oikosulkumoottorin hallinta ei välttämättä vaadi nopeuden takaisinkytkentää, mutta mikäli tarkempaa nopeudenhallintaa tarvitaan, voidaan moottorin akselille asentaa nopeusanturi, jonka signaali liitetään osaksi taajuusmuuttajan ohjausjärjestelmää. (15, s. 107.)

Taajuusmuuttajat jaetaan kahteen päätyyppiin: välipiirillisiin ja suoriin taajuusmuuttajiin. Näiden tyyppien ero perustuu rakenteeseen ja toimintaperiaatteen. (16, s. 48.)

4.1 Välipiirilliset taajuusmuuttajat

Välipiirilliset taajuusmuuttajat ovat laajalti käytettyjä, ja ne jaetaan kolmeen alaluokkaan: jännitevälipiiritaajuusmuuttajiin eli VSI (Voltage Source Inverter), virtavälipiiritaajuusmuuttajiin eli CSI (Current Source Inverter) ja kuormakommutoituihin taajuusmuuttajiin eli LCI (Load Commutated Inverter). Kaikissa näissä muuttajatyypeissä syöttöverkon vaihtosähkö muunnetaan ensin tasasähköksi, jota välipiiri stabiloi, ja tämän jälkeen vaihtosuuntaajalla tuotetaan moottorille haluttu jännite ja taajuus. (16 s. 48.)

VSI-muuttajat ovat yleisimpiä taajuusmuuttajatyyppejä, sillä ne yhdistävät korkean energiatehokkuuden ja monipuolisen käyttömahdollisuuden. Näiden taajuusmuuttajien toiminta alkaa vaihtosähkön syöttämisestä tasasuuntaajaan, joka koostuu tyypillisesti diodisillasta. Tasasuuntaaja muuntaa vaihtosähkön tasasähköksi, mikä mahdollistaa moottorin ohjauksen ja säätämisen hallitusti. (16, s.50; 17.) Kuvassa 11 on kuvattuna VSI-muuttajan kaavio. Kuvassa vasemmalle on tasasuuntaajaa ja oikealla vaihtosuuntaaja.



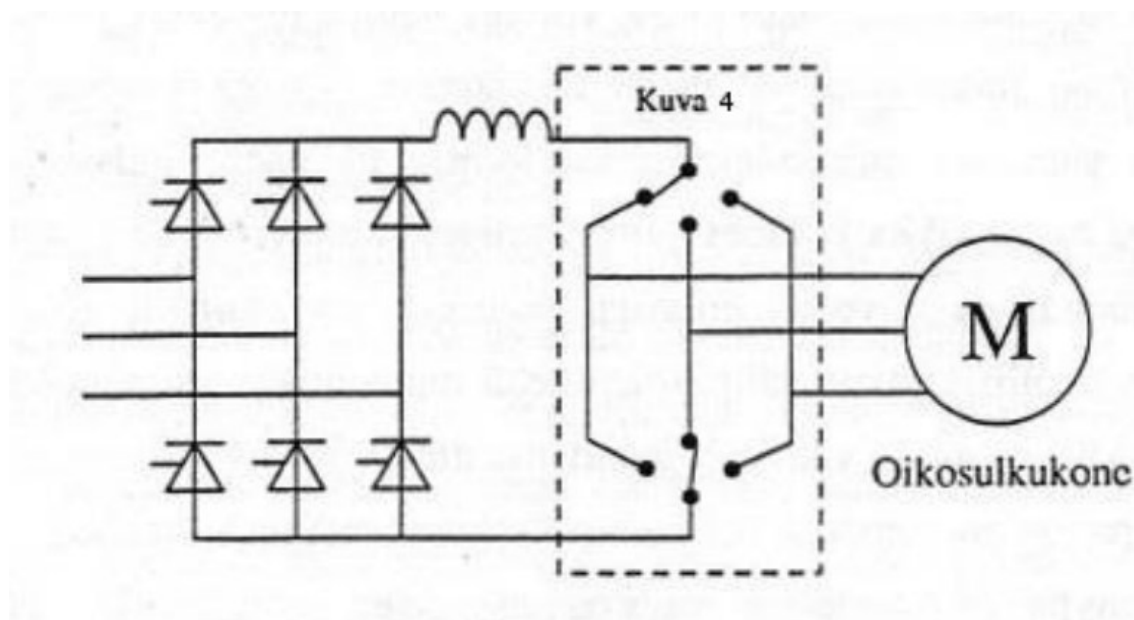
Kuva 11. VSI-muuttaja (16, s. 49).

Tasasuuntaajasta tasavirta siirtyy välipiiriin, joka sisältää suurikapasiteettisen kondensaattorin. Välipiirin tehtävänä on vakauttaa tasavirta ja varmistaa, että moottorin ohjaamiseen tarvittava energia on jatkuvasti saatavilla. Lisäksi välipiirissä voidaan hyödyntää jarruvastusta ylimääräisen energian hajottamiseen esimerkiksi moottorin jarrutusilanteessa. Tämä energia syntyy, kun moottori toimii generaattorina, ja ilman jarruvastusta ylimääräinen energia voisi aiheuttaa ylijännitteitä ja vahingoittaa järjestelmää. Jarruvastus varmistaa turvallisen ja hallitun energiankäsitelystä, mutta se ei mahdollista jarrutusenergian palauttamista suoraan syöttöverkkoon ilman erillistä aktiivivaihtosuuntaajaa. (15, s. 113; 16, s. 50.)

Välipiiristä tasavirta johdetaan vaihtosuuntaajaan, joka muuntaa sen takaisin vaihtosähköksi. Tämä tapahtuu IGBT-transistoreiden avulla, jotka toimivat nopean kytkentätaajuuden ja pulssinleveysmodulaation eli PWM:n (Pulse Width

Modulation) periaatteella. PWM-tekniikan ansiosta taajuusmuuttaja pystyy tuottamaan lähes sinimuotoisen vaihtosähkön, jota moottori tarvitsee toimiakseen tehokkaasti ja tarkasti. IGBT-komponenttien tarkka ja nopea ohjaus tekee jännitevälipiiritaajuusmuuttajista erityisen sopivia sovelluksiin, joissa vaaditaan dynaamista suorituskykyä, kuten ilmanvaihtoon, kuljetinjärjestelmiin ja hisseihin. (14; 16, s. 50.)

CSI- ja LCI-taajuusmuuttajat tarjoavat vaihtoehtoisia ratkaisuja VSI-taajuusmuuttajiin nähden, ja niiden toimintaperiaatteet eroavat merkittävästi toisistaan. CSI-muuttajat hyödyntävät tasavirtaa välipiirissään, jossa suuri tasoituskäämi vähentää virran aaltosuhdetta, toisin kuin VSI-muuttajien kondensaattoripohjainen välipiiri. CSI-muuttajien tasasuuntaaja ja vaihtosuuntaaja perustuvat tyristoreihin, jotka tekevät niistä erityisen houkuttelevia raskaan teollisuuden sovelluksissa, kuten kompressoreissa ja nostureissa. Verrattuna VSI-muuttajiin CSI-muuttajat tarjoavat paremman momentin hallinnan ja mahdollistavat jarrutusenergian palauttamisen suoraan syöttöverkkoon ilman erillisiä komponentteja. Tämä vähentää järjestelmän monimutkaisuutta ja parantaa energiatehokkuutta. (17.) Kuvassa 12 on kuvattuna CSI-muuttajan kaavio.

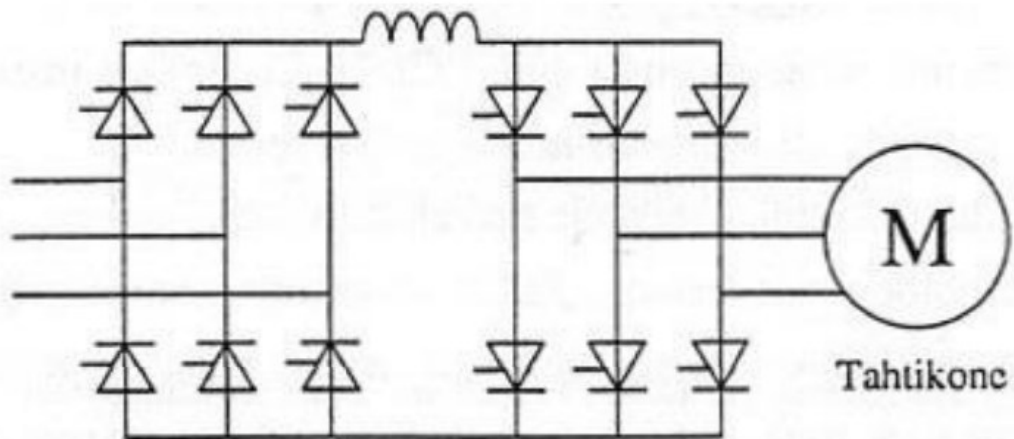


Kuva 12. CSI-muuttaja (16, s. 49).

CSI-muuttajien haittapuolena on kuitenkin harmonisten häiriöiden suurempi määrä, mikä saattaa edellyttää lisäsuodatusta. Lisäksi tyrystoreiden kommutointiin liittyy tarkkuusvaatimuksia, jotka voivat rajoittaa suorituskykyä tietyissä olosuhteissa. Tämä erottaa CSI-muuttajat VSI-muuttajista, joissa IGBT-transistorien nopea kytkeä mahdollistaa lähes sinimuotoisen vaihtosähkön ja tarkan ohjauksen ilman vastaavia haasteita. Näistä syistä CSI-muuttajia käytetään pääasiassa tilanteissa, joissa momentin hallinta ja energian talteenotto ovat keskeisiä vaatimuksia. (17.)

Kuormakommutoidut taajuusmuuttajat puolestaan edustavat yksinkertaisempaa ja kustannustehokkaampaa rakennetta, joka pohjautuu tyrystoreihin ja tasavirtaan perustuvaan välipiiriin. LCI-muuttajien toimintaperiaate on vähemmän monimutkainen verrattuna VSI- ja CSI-muuttajiin, koska niiden kommutointi tapahtuu moottorin tahtijännitteen avulla ilman erillistä ohjausjärjestelmää tai ulkoista kommutointisignaalia. Tämä yksinkertaisuus tekee niistä houkuttelevia suurtehoisissa sovelluksissa, kuten suurissa pumppujärjestelmissä ja kompresso-reissa, joissa vaatimuksena on yksinkertainen ja luotettava rakenne. (16, s. 48–50.)

LCI-muuttajien käyttö on kuitenkin rajattua, sillä niiden kommutointimekanismi toimii luotettavasti vain tahtikoneissa, jotka tuottavat tarvittavan tahtijännitteen. Tämä rajoittaa niiden soveltuvuutta epätahtikoneisiin, jotka eivät luonnostaan tuota tahtijännitettä. Lisäksi alhaisilla moottorin nopeuksilla tahtikoneen jännitteen pienentyminen voi johtaa epäluotettavaan kommutointiin, mikä aiheuttaa nykivää momenttia ja rajoittaa LCI-muuttajien käyttöä sovelluksissa, joissa vaaditaan tasaista momenttia matalilla nopeuksilla. (16, s. 48–50.) Kuvassa 13 on kuvattuna LCI-muuttajan kaavio.



Kuva 13. LCI-muuttaja (16, s. 49).

Vaikka kaikki välipiirilliset taajuusmuuttajat jakavat saman peruseriaatteen, niiden rakenne ja toimintaperiaatteet tekevät niistä soveltuvia eri käyttötarkoituksiin. VSI-muuttajat hallitsevat sovelluksia, joissa vaaditaan tarkkaa nopeuden säätöä ja energiatehokkuutta, kuten hissit, kun taas CSI- ja LCI-muuttajat ovat vahvoja suurtehoisissa ja raskaissa sovelluksissa, joissa yksinkertainen rakenne ja luotettavuus ovat ensisijaisia vaatimuksia.

4.2 Suorat taajuusmuuttajat ja matriisimuuttajat

Suorat taajuusmuuttajat eivät käytä välipiiriä, vaan syöttävät moottorille suoraan verkkojännitteen, jonka vaiheita ohjataan halutun taajuuden ja jännitteen saavuttamiseksi. Tämän tyyppisiä taajuusmuuttajia ovat matriisimuuttajat ja syklokonvertterit. (16, s. 50–52.)

Matriisimuuttajat koostuvat yhdeksästä puolijohdekytkimestä, jotka yhdistävät syöttöverkon vaihejännitteet moottorin vaihejännitteisiin. Tämä mahdollistaa jännitteen ja tehon suunnan hallinnan mukaan lukien jarrutusenergian palauttamisen syöttöverkkoon. Vaikka matriisimuuttajat tarjoavat joustavuutta ja tehokkuutta, niiden käyttö on harvinaista korkean hinnan ja monimutkaisen rakenteen

vuoksi. Niitä käytetään pääasiassa erikoistuneissa teollisuuden sovelluksissa, joissa tarvitaan tarkkaa tehonsiirtoa ja joustavuutta. (16, s. 50–52.)

Syklokonvertterit hyödyntävät tyristorisiltoja tuottaakseen alhaisia taajuuksia suoraan syöttöverkon jännitteestä. Näitä muuttajia käytetään suuritehoisissa sähkömoottoreiden ja generaattoreiden ohjauksissa, erityisesti sovelluksissa, joissa vaaditaan suurta momenttia alhaisilla nopeuksilla. Syklokonvertterit ovat rakenteeltaan yksinkertaisempia kuin matriisimuuttajat, mutta niiden rajoitettu lähtötaajuus ja korkea harmoninen sisältö edellyttävät huolellista suodatusta. (16, s. 50–52.)

Suorat taajuusmuuttajat soveltuvat parhaiten raskaan teollisuuden sovelluksiin, joissa tarvitaan erityisiä ominaisuuksia, kuten alhaisia taajuuksia ja suuria momenteja. Vaikka ne eivät ole yhtä yleisiä kuin välipiirilliset taajuusmuuttajat, niiden ainutlaatuiset ominaisuudet tekevät niistä välttämättömiä tietyissä käyttökohteissa. (16, s. 50–52.)

4.3 Yaskawa L1000A

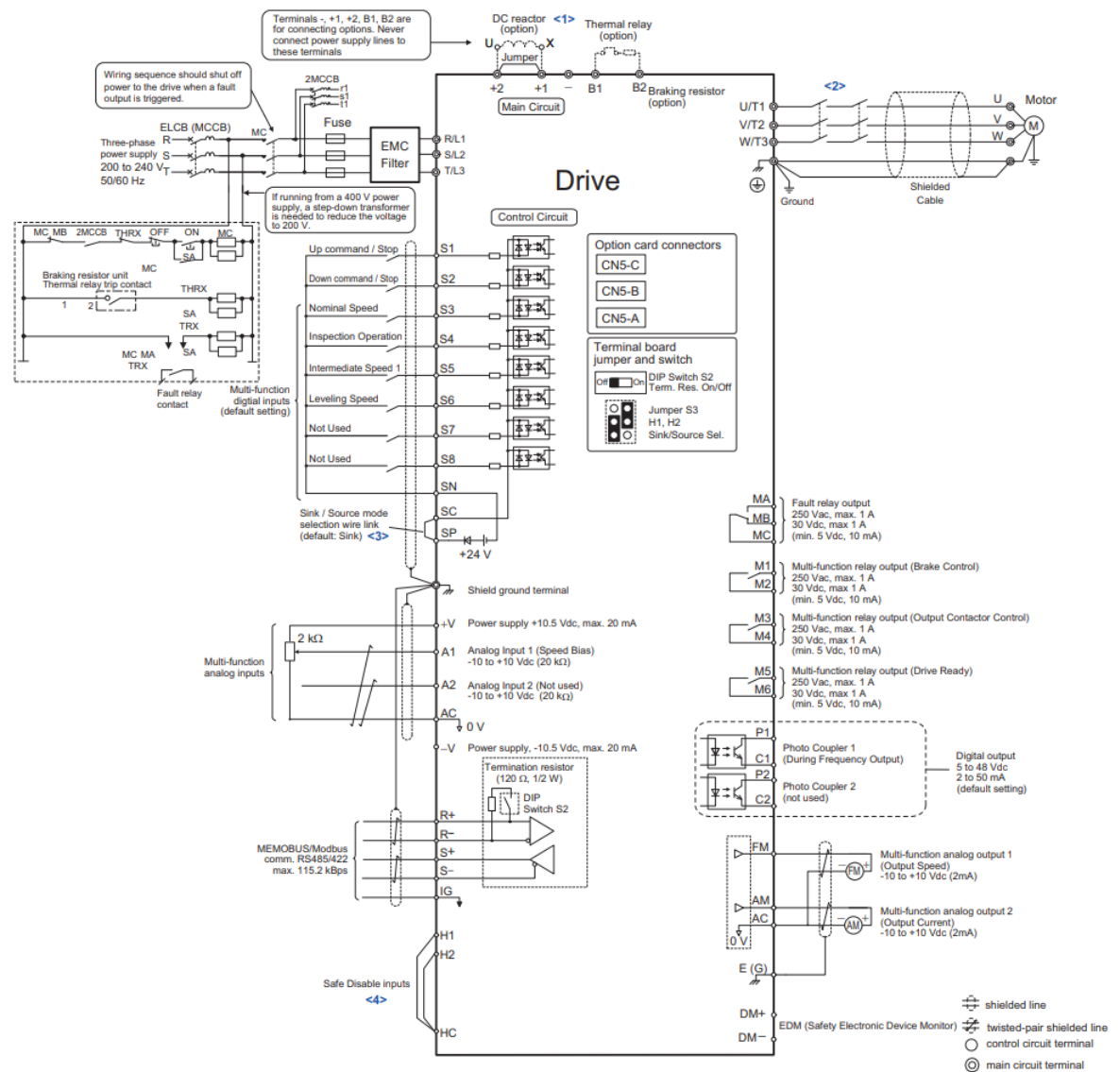
Yaskawa L1000A on hissikäyttöön suunniteltu jännitevälipiirillinen taajuusmuuttaja, joka soveltuu sekä uusien hissijärjestelmien rakentamiseen että vanhojen järjestelmien modernisointiin. Laitteen kehityksessä on huomioitu hissien moottorikäyttöjen tekniset ja turvallisuuteen liittyvät erityisvaatimukset. Sen toiminta perustuu vektoriohjaustekniikkaan, joka mahdollistaa tarkan ja luotettavan moottoriohjauksen. Kuvassa 14 on Yaskawa L1000A.



Kuva 14. Yaskawa L1000A (18).

Taajuusmuuttaja tukee sekä induktiomootoreita että kestopagneettimootoreita, mikä tekee siitä joustavan vaihtoehdon monenlaisiin hissisovelluksiin. Ohjauksjärjestelmät tarjoavat mahdollisuuksia sekä yksinkertaisiin avoimen silmukan ohjauksiin että vaativampiin suljetun silmukan sovelluksiin. L1000A:n ominaisuuksiin kuuluu myös automaattinen moottorin viritys, joka voidaan suorittaa hissin ollessa paikallaan. Tämä vähentää asennusprosessin monimutkaisuutta ja nopeuttaa käyttöönottoa. (18 s. 2–3.)

Laitteen soveltuvuus erilaisiin hissijärjestelmiin näkyy sen laajassa tehoalueessa, joka kattaa moottorit 1,5 kW:sta aina 110 kW:iin asti. L1000A toimii sekä 200 V- että 400 V -sähköjärjestelmissä, mikä lisää sen käyttömahdollisuuksia eri ympäristöissä. Lisäksi taajuusmuuttajan ohjelmoitavat digitaaliset ja analogiset liitännät sekä tuki protokollille, kuten DCP3, DCP4 ja CANopen-Lift, helpottavat sen integrointia hissien ohjausjärjestelmiin. Integroitu LCD-näyttö tarjoaa selkeän käyttöliittymän parametrien hallintaan ja käyttää hissisovelluksissa yleisiä yksiköitä, kuten m/s ja m/s². (18, s. 2–3.) Kuvassa 15 on esitettyä Yaskawa L1000A:n kytkentäpisteitä.



Kuva 15. Yaskawa L1000A:n kytkentäpisteet (19, s. 51).

Turvallisuus on olennainen osa hissien suunnittelua, ja L1000A täyttää korkeat standardit, kuten EN81-20:n vaatimukset. Lisäksi laite sisältää SIL3-tason Safe Torque Off (STO) -toiminnon, joka mahdollistaa moottorien turvallisen käytön ilman kontaktoreita. (18, s. 3.). Safety Integrity Level (SIL) on järjestelmän turvallisuuden mitta, joka ilmaisee, kuinka todennäköisesti järjestelmä vikaantuu käytön aikana. SIL-tasoa on neljä, SIL 1:stä (alin) SIL 4:ään (korkein), ja ne määrittävät turvallisuuteen liittyvien järjestelmien vaaditun suorituskyvyn. Korkeampi SIL-taso edellyttää tiukempia turvallisuusvaatimuksia ja pienempää todennäköisyyttä vikaantumiselle (20).

L1000A-taajuusmuuttaja, joka perustuu jännitevälipiirirakenteeseen, ei itsessään kykene palauttamaan moottorin generaattorina toimimisesta syntyvää ylimääräistä energiaa takaisin sähköverkkoon. Tähän tarkoitukseen voidaan kuitenkin liittää R1000- regeneratiivinen yksikkö, joka mahdollistaa tämän energian tehokkaan hyödyntämisen. R1000 muuntaa jännitevälipiirissä keräytyvän ylimääräisen energian takaisin sähköverkkoon syötettäväksi, mikä vähentää järjestelmän energiankulutusta ja parantaa sen pitkän aikavälin kustannustehokkuutta. (18, s. 5.)

5 Hissin ohjauksen periaatteet

Hissien ohjaus on kehittynyt merkittävästi yksinkertaisista ja mekaanisista ratkaisuista moderneihin, mikroprosessoripohjaisiin järjestelmiin. Varhaisissa hisseissä ohjauskeskuksen tehtävät olivat suoraviivaisia. Hissin liikkeellelähtö tapahtui, kun turvapiiri oli ehjä ja kutsu annettiin kerrosvalintapainikkeesta. Moottori käynnistettiin suorakäynnistyksellä, mikä aiheutti äkkinäisiä liikkeitä mutta täytti aikansa vaatimukset. Pysähdys puolestaan toteutettiin kuilussa sijaitsevien kytkimien tai erillisen kerrosjakajan avulla. Kun hissi saavutti kohdekerroksensa, kytkimet tai kerrosjakaja lähettivät signaalin ohjauskeskukseen, joka katkaisi moottorin syöttöjännitteen kontaktorien avulla. Hissin liike pysäytettiin lopulta mekaanisella jarrulla, joka sijaitsi koneistolla. Tämä järjestelmä oli yksinkertainen mutta altis kulumiselle ja tarkkuusongelmille.

Teknologian kehittyessä hissien ohjausjärjestelmiin tuotiin mikroprosessoripohjaisia kortteja, jotka mullistivat ohjauskeskuksen toiminnan. Nykyään hissien liikkeen ja pysähtymisen hallinta perustuu digitaalisiin kerrostietoihin ja antureihin, jotka korvaavat perinteiset kytkimet ja kerrosjakajat.

Nykyaikaisissa hissien mikroprosessiohjauksissa, jotka sisältävät moottorinohjauslaitteita, kuten tyristorisäädin tai taajuusmuuttaja, liikkeellelähtö ja pysähtyminen ovat huomattavasti monimutkaisempia kuin vanhoissa suoraohjatuissa hisseissä. Liikkeellelähtö edellyttää, että sekä turvapiiri että lähtölupapiiri ovat kunnossa. Lähtölupapiiri kokoaa yhteen useita kriittisiä anturitietoja, kuten vaaka-antureiden ylikuorman, moottorinohjauslaitteen vikatiedot, moottorin termistorien lämpötilatiedot sekä ajokontaktoreiden oikean tilan. Lisäksi lähtölupapiiriin kuuluu muita järjestelmän toiminnan kannalta olennaisia valvontatietoja. Sen merkitys korostuu erityisesti liikkeellelähtövaiheessa, ja se eroaa toiminnallisesti turvapiiristä.

Turvapiiri puolestaan koostuu erilaisista turvakytkimistä ja -elementeistä, kuten hätäpysäytyspainikkeista, päätyrajakytkimistä ja oven turvakoskettimista, joita sijaitsee sekä hissikuilussa että korissa. Turvapiirin tehtävänä on pysäyttää hissin liike välittömästi sen katketessa missä tahansa ajon vaiheessa. Lähtölupapiirin katkeaminen liikkeen aikana aiheuttaa välittömän pysäytyksen vain harvoissa tilanteissa.

Turvapiirin ja lähtölupapiirin ollessa kunnossa ja ohjauskeskuksen vastaanottaessa ajokutsun mikroprosessori aloittaa lähtösekvenssin. Tässä vaiheessa ohjaus käskää nopeus- ja moottorikontaktoreita vetämään. Kontaktoreiden kärkien avulla moottorinohjauslaite saa tiedon ajosuunnasta ja nopeudesta, minkä jälkeen se aloittaa kiihdytysrampin ja hissi lähtee liikkeelle hallitusti.

Ajon aikana mikroprosessori seuraa kuiluun asennettuja kerros- ja hidastusmagneetteja tai peltejä, joita luetaan magneettikytkimillä tai oskillaattorikytkimillä hissikorin katolta. Lisäksi hissijärjestelmässä voi olla pulssianturi, jonka tuottamien impulssien tiheyttä analysoimalla voidaan tarkasti määrittää hissikorin

nopeus ja sijainti kuilussa. Näiden tietojen avulla ohjaus laskee tarkalleen, milloin hidastus kutsutun kerroksen tasolle tulee aloittaa. Hidastuksen alkaessa ohjaus ohjaa tiettyjä kontaktoreita ja antaa moottorinohjauslaitteelle käskyn aloittaa hidastusrampin. Moottorin nopeus hidastuu kerrokseen ajonopeuteen (Leveling speed), joka on tyypillisesti noin kymmenesosa normaalista ajonopeudesta.

Lopullisen pysähtymisen varmistamiseksi ohjaus tunnistaa kerrostason joko magneettien tai pulssianturin tallennettujen signaalien perusteella. Kun hissikori saavuttaa kerrostason, pysähtymissekvenssi aktivoituu. Tässä vaiheessa ohjaus vapauttaa nopeus- ja suuntakontaktoreiden vedon, ja moottorinohjauslaite toteuttaa lopullisen pysähdytysrampin, jolloin kori pysähtyy täsmällisesti kerrostasolle.

Hissin ohjauskeskus on kriittinen osa hissien turvallisuutta. Sen tehtävänä on varmistaa, että liikkeellelähtö ja pysähtyminen tapahtuvat hallitusti, eikä vaaratilanteita pääse syntymään. Modernit mikroprosessoriohjaimet voivat myös tallentaa ja analysoida toimintatietoja, joiden avulla hissien huolto ja vianmääritys voidaan tehdä tehokkaammin.

6 Työn suorittaminen

Tässä osiossa käsitellään tyristorisäätimen vaihtamista taajuusmuuttajaan vaihteittain. Tyristorisäädin todettiin rikkoutuneeksi hissiltä tulleen vikailmoituksen yhteydessä, eikä vastaavia laitteita enää valmisteta, minkä vuoksi hissien toiminnan palauttamiseksi oli välttämätöntä korvata vanha säätölaite modernilla taajuusmuuttajalla. Vanha tyristorisäädin oli mallia Ascentronic Type A, ja se oli käytössä Otis MCS 310 -ohjauksessa. Otis MCS 310 on 1980-luvun lopussa kehitetty hissien mikroprosessiohjaus. Ascentronic Type A -tyristorisäätimen toimintaperiaate on tutkittu luvussa 3.3. Säätimen sisään- ja ulostulot vastaavat pitkälti nykyaikaista taajuusmuuttajaa. Hissinohjauksen alkuperäisten piirikaavioiden tarkastelusta työn suorittamisen aikana saadaan lopullinen käsitys

vaadittavista kytkentämuutoksista. Alkuperäinen ohjauksen piirikaavio on nähtävissä liitteessä 1.

Osion aluksi tarkastellaan suunnittelua, jossa määriteltiin työn tavoitteet, valittiin sopivat komponentit ja huomioitiin järjestelmän tekniset erityispiirteet. Seuraavaksi kuvataan työn suorittaminen, joka sisältää vanhan säätimen purkamisen, uuden taajuusmuuttajan asennuksen ja tarvittavien lisälaitteiden, kuten jarruvastuksen ja EMC-suodattimen (Electro Magnetic Compatibility) asennuksen.

Kolmannessa osiossa keskitytään parametrintiin, jossa taajuusmuuttaja säädettiin moottorin ja järjestelmän vaatimusten mukaiseksi, jotta se toimisi optimaalisesti. Lopuksi käsitellään testaus ja viimeistely, joissa varmistettiin järjestelmän toiminta, turvallisuus ja suorituskyky sekä tehtiin lopulliset säädöt käyttöönottoaiheessa.

6.1 Suunnittelu

Ascentronic Type A:n korvaaminen taajuusmuuttajalla edellytti tarkkaa suunnittelua, jotta uuden laitteiston integrointi vanhaan hissijärjestelmään sujuisi ongelmitta. Suunnittelun keskeisenä tavoitteena oli valita komponentit ja toteutustavat, jotka paitsi palauttaisivat hissien toimintakunnon, myös parantaisivat järjestelmän energiatehokkuutta ja käyttömukavuutta.

Uusi taajuusmuuttaja valittiin hissien käyttämän moottorin nimellistehon ja jännitteen perusteella. Valinnan lähtökohtana oli löytää laite, joka vastaisi moottorin teknisiä vaatimuksia ja mahdollistaisi joustavan säätömahdollisuuden moottorin nopeusprofiileille. Lisäksi taajuusmuuttajan tuli täyttää turvallisuuteen ja luotettavuuteen liittyvät standardit ottaen huomioon käyttötarkoituksena olevan hissi. Yrityksellä on pitkäaikainen kokemus Yaskawa L1000A -mallin taajuusmuuttajista, jotka sopivat hissikäyttöön. Tämä taajuusmuuttaja valikoitui modernisoinnissa käytettäväksi.

Taajuusmuuttajan asianmukainen käyttö hissijärjestelmässä vaatii lisälaitteita, jotka varmistavat järjestelmän häiriöttömän toiminnan ja turvallisuuden. Näistä keskeisimmät ovat EMC-suodatin ja jarruvastus, jotka molemmat ovat välttämättömiä hissien luotettavan toiminnan kannalta.

Taajuusmuuttajan käyttö aiheuttaa sähkömagneettisia häiriöitä, erityisesti moottorille syötettävien korkeataajuuksisten pulssien vuoksi. Näiden häiriöiden hallitsemiseksi taajuusmuuttajan yhteyteen asennetaan EMC-suodatin, joka vähentää häiriöitä ja varmistaa sähkömagneettisen yhteensopivuuden. Ilman EMC-suodatinta häiriöt voisivat vaikuttaa haitallisesti hissien ohjausjärjestelmään ja ympäröiviin sähkölaitteisiin. Täydentävänä toimenpiteenä moottorikaapeli vaihdetaan häiriösuojattuun versioon, joka vähentää häiriöiden säteilyä ympäristöön ja takaa luotettavan toiminnan. (21.) Kuvassa 16 on esitetty EMC-suodatin, joka on yhteensopiva Yaskawa L1000A -mallin taajuusmuuttajan kanssa. Tämä suodatin on suunniteltu asennettavaksi suoraan taajuusmuuttajan alle, mikä tekee sen integroinnista järjestelmään helppoa ja tilaa säästävää.



Kuva 16. EMC-suodatin (22).

Jarruvastus on välttämätön hissijärjestelmässä, sillä hissien hidastusramppeiden ollessa lyhyitä noin 1–2 sekuntia sekä suurten hitausmassojen vuoksi on regeneratiivinen energia hallittava tehokkaasti. Lisäksi vastapainon ja korin painosuhte aiheuttaa sen, että toinen ajosuunta on lähes aina niin että moottori toimii generaattorina. Jarruvastus muuntaa moottorin hidastusvaiheessa syntyvän energian lämmöksi, mikä estää taajuusmuuttajan välipiirin jännitteen nousun liian korkeaksi. Ilman jarruvastusta taajuusmuuttaja ei pystyisi toteuttamaan nopeita hidastuksia, mikä voisi johtaa hallitsemattomiin liikkeisiin tai hissien toiminnan keskeytymiseen. Jarruvastus varmistaa hissien turvallisen ja sujuvan toiminnan kaikissa kuormitusilanteissa. EMC-suodatin sekä jarruvastus valittiin taajuusmuuttajan tehon mukaan käyttäen apuna valmistajan tarjoamia taulukoita. Kuvassa 17 on Yaskawa L1000A -malliin sopiva jarruvastus.



Kuva 17. Jarruvastus (22).

6.2 Taajuusmuuttajan asennus

Suunnitteluvaiheen valmistuttua voitiin aloittaa työn käytännön toteutus. Työ aloitettiin merkitsemällä vanhan tyristorisäätimen johdotukset huolellisesti, jotta niiden myöhempi tunnistaminen ja uusien kytkentöjen suorittaminen olisi vaivatonta. Tämän jälkeen johdotukset irrotettiin tyristorisäätimestä, ja itse säädin purettiin pois ohjauskeskuksesta. Kuvassa 18 on kuvattuna hissinohjauskeskus Otis MCS 310, yläkaapissa on tyristorisäädin Ascentronic Type A.



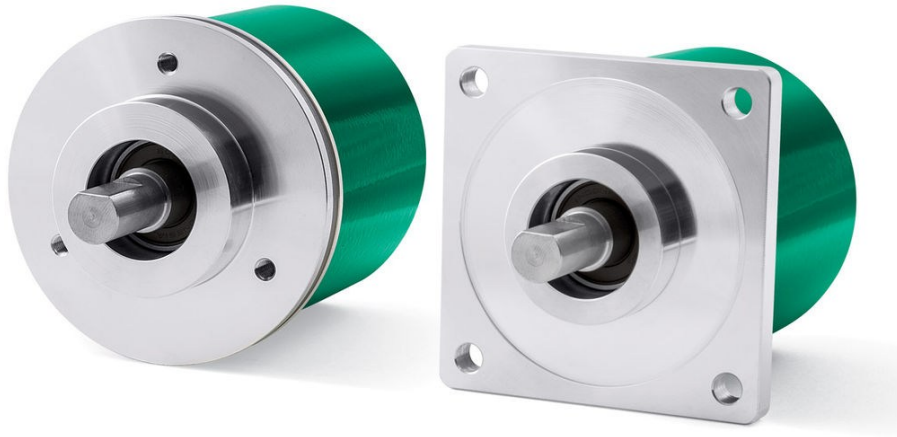
Kuva 18. Otis MCS 310 -ohjauskeskus.

Taajuusmuuttajan ja lisälaitteiden asennus aloitettiin EMC-suodattimen kiinnittämisellä. Suodattimen päälle asennettiin taajuusmuuttaja käyttämällä valmiiksi koneistettuja kierteitä, mikä nopeutti ja helpotti asennustyötä. Jarruvastus sijoitettiin ohjauskeskuksen päälle hyvin tuuletettavaan tilaan, jotta se pysyy turvallisesti toimintalämpötilojen rajoissa. Jarruvastukselle vedettiin oma johdotus, joka tuotiin taajuusmuuttajalle. Vanha moottorikaapeli purettiin keskuksen ja moottorin väliltä, ja tilalle asennettiin häiriösuojattu kaapeli. Lisäksi pääkontaktorien ja

suuntakontaktorien kytkentä, jotka olivat vanhassa järjestelmässä kytkettynä ennen tyristorisäädintä, siirrettiin taajuusmuuttajan ja moottorin väliin.

Vaikka Yaskawa L1000A -taajuusmuuttaja tukee STO-toimintoa ja täyttää SIL3-tason vaatimukset, mikä mahdollistaisi moottorin käytön ilman moottorikontakto-reita, niiden säilyttäminen asennuksessa katsottiin tarpeelliseksi. Tällä ratkai-sulla varmistettiin, että hissien turvallisuustaso pysyy ennallaan, eikä järjestelmän suojaustasoa heikennetä alkuperäiseen rakenteeseen verrattuna.

Moottorin akseliin asennettiin uusi pulssianturi, jonka avulla turvallisuutta voi-daan parantaa entisestään. Pulssianturin avulla taajuusmuuttaja pystyy ohjaa-maan moottoria tarkasti, sillä se tarjoaa reaaliaikaista tietoa moottorin nopeu-desta ja suunnasta. Sen avulla voidaan myös havaita poikkeamat, kuten ti-lanne, jossa moottori ei pyöri odotetusti tai sen nopeus poikkeaa huomattavasti asetetuista arvoista. Kuvassa 19 on esitetty koneistoon asennettu nykyaikainen pulssianturi.



Kuva 19. LIKA-pulssianturi (23).

Kun mekaaniset asennukset ja johdotukset oli tehty, aloitettiin taajuusmuuttajan kytkennän suunnittelu. Kytkennän suunnittelussa täytyi huomioida vanhan hissijärjestelmän toiminta. Erityistä huomiota kiinnitettiin kytkentöjen suunnittelussa turvallisuuteen. Taajuusmuuttaja kytkettiin siten, että se ei voi ajaa moottoria ilman mikroprosessorin ohjausta. Tämän varmistamiseksi ajonesto kytkettiin ohjausjärjestelmän C1- ja C2-kontaktorien sulkeutuviin kärkiin. Näin varmistettiin, että taajuusmuuttajan sisääntulot eivät ole käytössä ennen kuin ajonesto on kytketty pois päältä. Tämä kytkentä näkyy liitteessä 2, jossa C1- ja C2-kontaktorin kärjet on kytketty HC:n sekä H1:n ja H2:n ajoneston väliin. Kuvassa 20 on taajuusmuuttaja Yaskawa L1000A asennettuna Ascentronic Typea A -tyristorisäätimen tilalle.



Kuva 20. Yaskawa L1000A asennettuna Ascentronic Type A:n tilalle.

Turvallisuus varmistettiin myös jarrukontaktorin ohjauksen osalta. Kuten vanhassa järjestelmässä, myös tässä jarrukontaktori kytkettiin taajuusmuuttajaan siten, että nostokoneiston mekaanisen jarrun avaava kontaktori voi vetää vain tilanteessa, jossa taajuusmuuttaja on vastaanottanut moottorin ajosuunnan ja nopeuden tiedot sisääntuloihin, mikä edellyttää mikroprosessorin ohjausta. Jarrun kytkennät näkyvät liitteessä 2 sivulla 1 ja 2 pisteiden M1 ja M2 välillä.

Lisäksi taajuusmuuttajan vikaulostulo kytkettiin osaksi hissien ohjausjärjestelmää. Vikaulostulo on kytketty ohjausjännitteeseen siten, että se katkaisee turva-
piirin sekä muun ohjausjännitteen, jos taajuusmuuttaja menee vialle. Tämä estää järjestelmän toiminnan, jos taajuusmuuttaja on vikatilassa. Vikaulostulon kytkentä näkyy liitteessä 2 sivuilla 1 ja 3 pisteiden MB ja MC välillä.

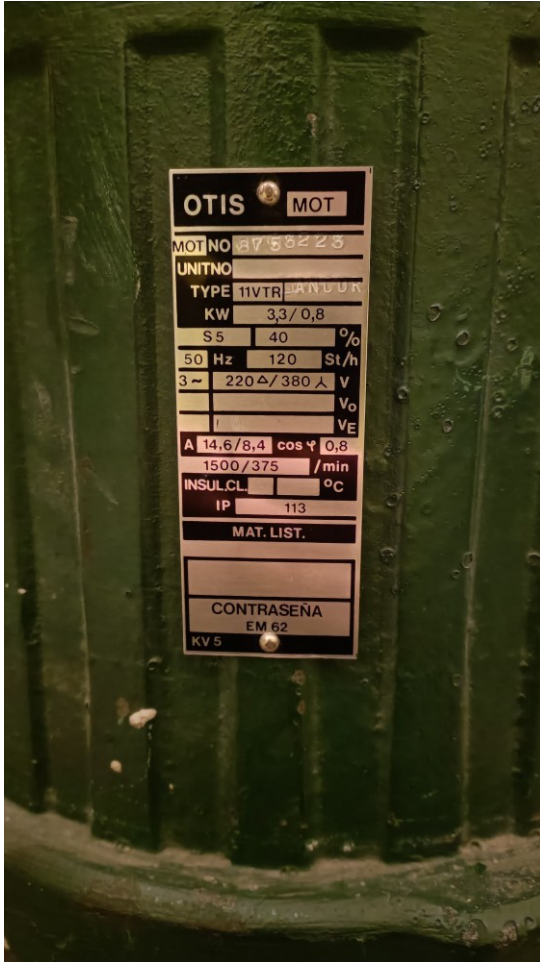
Taajuusmuuttajan nopeuksien sisääntulot kytkettiin tyristorisäätimen alkuperäisten nopeuksien sisääntulojen perusteella, jotta järjestelmän toiminnallisuus säilyisi mahdollisimman lähellä alkuperäistä ja modernisointi olisi yksinkertainen toteuttaa. Tyristorisäätimen sisääntulot oli suunniteltu määrittämään ajonopeudet eri ajotilanteissa, kuten hidas, normaali ja huoltoajo. Näitä sisääntuloja hyödyntämällä varmistettiin, että uusi taajuusmuuttaja pystyy käsittelemään hissiohjauksen antamia nopeuskäskyjä samalla logiikalla kuin vanha säätöjärjestelmä.

Vanhan tyristorisäätimen sisääntuloihin ei ollut liitetty tietoa hissien liikesuunnasta. Tämä tieto lisättiin uuteen taajuusmuuttajaan, jotta sen ohjaus vastaisi paremmin modernin järjestelmän vaatimuksia. Suuntatiedon syöttö toteutettiin hyödyntämällä kontaktoreiden U (ylös) ja D (alas) sulkeutuvia kärkiä, jotka kytkettiin taajuusmuuttajan ohjelmoitaviin sisääntuloihin. Muokatut kytkennät voidaan nähdä liitteestä 2.

6.3 Parametointi

Taajuusmuuttajan käyttöönotossa tärkeä vaihe oli sen parametrien asettaminen hissijärjestelmän vaatimusten mukaisiksi. Parametroinnilla varmistettiin, että taajuusmuuttaja ohjaa moottoria tarkasti ja turvallisesti hissien käyttötarpeiden mukaan. Yaskawa L1000A -mallissa parametrien asettaminen on helppoa käytössä olevan digitaalinäytön avulla, jolla on helppo suunnistaa eri parametreihin sekä asettaa niitä. Kaikki muokatut parametrit ovat liitteessä 3.

Ensimmäiseksi asetettiin taajuusmuuttajan perusparametrit, kuten ohjaustapa. Ohjaustavaksi määritettiin suoravektorisäätö, Closed Loop Vector eli (CLV), joka mahdollistaa tarkemman sekä tehokkaamman moottorihjauksen kuin skaalarisäätö tai epäsuoravektorisäätö eli Open Loop Vector (OLV). Tämän jälkeen asetettiin moottorin nimellisjännite, -virta ja -teho, jotka haettiin moottorin arvokilvestä. Oikeiden arvojen määrittäminen oli välttämätöntä, jotta taajuusmuuttaja pystyy toimimaan optimaalisesti ja suojaamaan moottoria ylikuormitukselta. Näiden tietojen avulla suoritettiin Auto Tuning -ajo, jonka avulla taajuusmuuttaja mittaa moottorin staattoriresistanssin ja hajainduktanssin. Tämä mahdollisti moottorin entistä tarkemman ja tehokkaamman ohjauksen. Kuvassa 21 on esitetty moottorin arvokilpi, jonka mukaan asetettiin moottorin nimellisarvot.



Kuva 21. Moottorin arvokilpi.

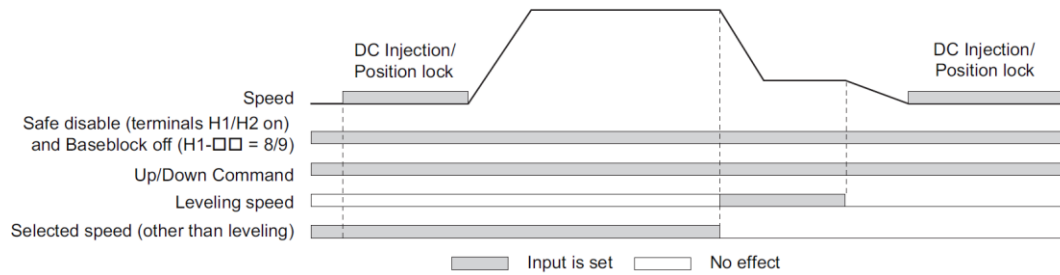
Seuraavaksi määritettiin nopeusreferenssien sekä sisääntulojen ja ulostulojen toiminnallisuudet valikoista D1 sekä H1 ja H2. Nopeusreferenssi asetettiin taajuusmuuttajan D1-valikosta tilaan 1 eli "High Speed Priority". Tämän parametrin asettaminen määrittää automaattisesti nopeuksien sisääntulot taajuusmuuttajan pisteisiin S3, S5 ja S6, joissa S3 toimii nopean nopeuden sisääntulona, S5 keskinopeuden ja S6 kerrokseen ajonopeuden sisääntulona.

Nopeuksien toimintalogiikka on esitetty taulukossa 1. Taulukossa arvo 1 tarkoittaa, että sisääntulo on aktiivinen (päällä), arvo 0 merkitsee sisääntulon olevan epäaktiivinen (pois päältä), ja arvo A osoittaa, että sisääntulon tila ei vaikuta kyseiseen nopeuteen. Taulukosta nähdään, että kerrokseen ajonopeus "leveling speed" aktivoituu vain, kun kaikki muut nopeudet ovat tilassa 0, eli eivät aktiivisia.

Taulukko 1. Nopeusreferenssien totuustaulukko (19, s112).

Selected Speed	Leveling and Nominal Speed assigned (H1-xx = 50 and H1-xx = 53)			
	50	51	52	53
Nominal Speed (d1-19)	1	0	0	A
Intermediate Speed 1 (d1-20)	0	1	0	A
Intermediate Speed 2 (d1-21)	1	1	1	A
Intermediate Speed 3 (d1-22)	0	1	1	A
Releveling Speed (d1-23)	0	0	1	A
Leveling Speed (d1-26)	0	0	0	1
Zero Speed	0	0	0	0

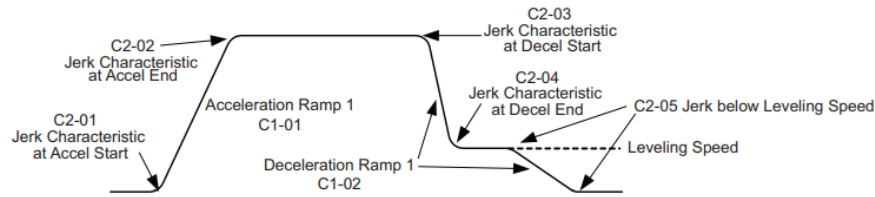
Taajuusmuuttaja lakkaa ajamasta moottoria, kun suuntaa osoittava tieto poistetaan sisääntuloista S1 (ylös) tai S2 (alas). Tämä varmistaa, että moottori ajetaan hallitusti rampilla pysähdyksiin, kun ohjausjärjestelmä ei enää anna taajuusmuuttajalle ajokäskyä. Tilanteissa, joissa ajoneston sisääntulo poistuu, lopettaa taajuusmuuttaja välittömästi ajamisen ja sulkee mekaanisen jarrun. Kuvassa 22 on esitetty esimerkki ajotilanteesta. Kun nopeamman nopeuden sisääntulo poistetaan, taajuusmuuttaja siirtyy automaattisesti ajamaan hitaampaa ennalta määritettyä nopeutta. Kun hitaamman nopeuden sisääntulo poistetaan, aloittaa taajuusmuuttaja loppupysähtymisen rampin.



Kuva 22. Esimerkki nopeudenmuutoksesta Yaskawa L1000A (19, s.112).

Kiihdytys- ja hidastusrampit määritettiin C1- ja C2-valikoista. Näissä valikoissa säädettiin rampin pituudet sekunteina, mikä mahdollisti hissien pehmeään kiihdytyksen ja hidastuksen. Lisäksi näissä valikoissa voitiin säätää rampin nykäisyvaimennusta (Jerk) eli ominaisuutta, joka hallitsee kiihdytyksen ja hidastuksen alun sekä lopun sujuvuutta. Tämä ominaisuus vähentää äkillisiä liikkeitä ja parantaa hissien käyttömukavuutta.

Nämä parametrivalikot ovat erityisen tärkeitä hissien ajomukavuuden kannalta, sillä niiden avulla voidaan määrittää, kuinka tasaisia tai nykiviä hissien nopeuden muutokset, kiihdytykset ja pysäytykset ovat. Oikein asetetuilla rampin pituuksilla ja nykäisyvaimennuksella varmistetaan miellyttävä ja turvallinen käyttäjäkokemus. Kuvassa 23 on esitetty C1- ja C2-valikoiden kiihdytys- ja hidastusrampin säätömahdollisuudet. Kuvassa 24 havainnollistetaan, kuinka eri parametrit vaikuttavat ajon eri vaiheisiin. Kiihdytysrampin asetukset määrittävät nopeuden nousun tasaisuutta ajon alussa, kun taas hidastusrampin parametrit hallitsevat nopeuden laskua pysähdyttäessä. Lisäksi kuvasta käy ilmi, miten nykäisyvaimennus vaikuttaa rampin alun ja lopun sujuvuuteen, mikä parantaa sekä ajomukavuutta että turvallisuutta.



Kuva 23. Yaskawa L1000A:n kiihdytys- ja hidastusramppien parametrit (19, s. 114).

Ajoramppien säätämiseen käytettiin huomattavasti aikaa, sillä niiden oikea asetaminen on ratkaisevaa hissien käyttömukavuuden ja ajotarkkuuden kannalta. Säättöprosessi aloitettiin karkean säädön vaiheella, jossa varmistettiin, että hissi pysähtyy täsmällisesti kerroksen kohdalle. Tämän jälkeen siirryttiin hienosäätöön, jonka tavoitteena oli optimoida ajomukavuutta ja käyttöön liittyvää sujuvuutta.

Säättötyössä keskityttiin erityisesti hidastusramppeihin, sillä niiden pituus on kriittinen sekä turvallisuuden että tarkkuuden kannalta. Rampit eivät saa olla liian lyhyet, jotta jarrutus ei tunnu käyttäjältä voimakkaalta ja äkkinäiseltä. Toisaalta rampit eivät voi olla liian pitkät, jotta hissi ei ylitä kerrosta hidastaessaan. Säättämisessä onnistuttiin saavuttamaan hidastusrampit, jotka olivat tasapainossa käyttömukavuuden ja pysäytystarkkuuden välillä, mikä teki hissien käytöstä sujuvaa ja miellyttävää.

Taajuusmuuttajan parametreja säädettiin vikasiedon parantamiseksi, mikä on erityisen tärkeää vanhoissa ohjausjärjestelmissä. Näissä järjestelmissä turvapiirin tai muiden ohjauspiirien pätkiminen sekä mahdolliset jännitteenalenemat voivat aiheuttaa kontaktoreiden sekä releiden väliaikaisia toimintahäiriöitä, mikä puolestaan voi johtaa tarpeettomiin vikatilanteisiin taajuusmuuttajalla. Näiden vikojen korjaaminen voi edellyttää huoltokäyntiä paikan päällä, mikä lisää ylläpito-kustannuksia ja voi aiheuttaa käyttökatkoja.

Vikasietoa parannettiin säätämällä S6-02- ja S6-04-parametreihin pidemmät viiveajat, jotka vaikuttavat SE2- ja SE3-vikojen aktivoitumiseen. SE2-vika liittyy

"Starting current error" -tilanteeseen, jossa taajuusmuuttaja havaitsee, että moottorille syötettävä virta on alle 25 % Ylös/Alas-komennon syöttämisen jälkeen, kun jarrun vapautusaika ja S6-02-parametrin määrittämä aika ovat molemmat kuluneet. Tällöin taajuusmuuttaja ei anna jarrunohjauskäskyä, vaan pitää jarrun päällä. SE3-vika taas liittyy "Output current fault" -tilanteeseen, jossa taajuusmuuttaja havaitsee, että moottorille syötettävä virta laskee alle 25 % jarrun vapautumisen jälkeen.

6.4 Järjestelmän testaus

Kun taajuusmuuttajan asennus ja parametointi oli saatu päätökseen, siirryttiin hissijärjestelmän testaus- ja viimeistelyvaiheeseen. Testauksen tavoitteena oli varmistaa, että hissi toimii suunnitellusti ja täyttää kaikki turvallisuus- ja käyttömukavuusvaatimukset uuden taajuusmuuttajan kanssa.

Turvallisuuden varmistaminen oli testausvaiheen keskeinen osa. Testeissä tarkastettiin jarrun toiminta siten, että moottorin jarru ei voinut avautua ennen kuin taajuusmuuttaja on antanut asianmukaisen ajokäskyn. Lisäksi varmistettiin, että taajuusmuuttajan vikaulostulo katkaisee ohjausjännitteen odotetusti, jos taajuusmuuttajassa havaitaan vika. Näiden testien avulla varmistettiin, että järjestelmä toimii turvallisesti kaikissa mahdollisissa käyttötilanteissa.

Turvapiirin katkaiseminen ajon aikana oli tärkeä simuloitu vikatilanne. Turvapiirin katkaisun tulee aiheuttaa hissien liikkeen välitön pysähtyminen ja taajuusmuuttajan on lopetettava moottorin ajaminen välittömästi. Testauksessa tarkistettiin, että taajuusmuuttaja reagoi turvapiirin katkaisuun vaaditulla tavalla. Testien tulokset osoittivat, että järjestelmä toimi näissä tilanteissa moitteettomasti ja taajuusmuuttaja pysäytti moottorin ajon välittömästi odotusten mukaisesti.

Toinen tärkeä simuloitu tilanne oli hissijärjestelmän ja taajuusmuuttajan yhteistoiminnan testaus ajoaikavikatilanteessa. Ajoaikavika tarkoittaa tilannetta, jossa hissien ohjausjärjestelmä on tilassa, jossa hissien pitäisi liikkua joko normaalia tai hidasta nopeutta, mutta tästä ei saada vahvistusta. Tämä johtuu siitä, että

kuilussa sijaitsevat magneettikytkimet tai oskillaattorikytkimet eivät tuota pulsseja tietyn aikarajan sisällä, mikä osoittaisi moottorin pyörivän ja korin liikkuvan kuilussa.

Ajoaikavika voi johtua monenlaisista ongelmista, kuten rikkoutuneista kontakteista, huonosti toimivasta turvapiiristä, joka aiheuttaa ohjausjännitteen laskun, viallisista magneettikytkimistä tai häiriöistä moottorinohjauksessa, kuten taajuusmuuttajassa tai tyristorisäätimessä. Näissä tilanteissa hissien ohjausjärjestelmä saattaa virheellisesti olettaa, että hissi liikkuu odotetusti, vaikka kori todellisuudessa liikkuu huomattavasti hitaammin tai ei lainkaan.

Tämä vika voi esiintyä monissa eri vaiheissa hissien ajoa, mutta yleisimmin se ilmenee liikkeellelähdön yhteydessä. Tällaisessa tilanteessa on erityisen tärkeää varmistaa, että taajuusmuuttajalle asetetut sisääntulot ja parametrit on määritetty oikein. Näiden asetusten avulla voidaan varmistaa, että jos hissien ohjauskeskus ei tunnista ajoaikavikaa, taajuusmuuttaja ei jää ajamaan hissiä ilman valvontaa. Samoin on varmistettava, että mekaaninen jarru ei voi avautua tilanteessa, jossa moottori ei todellisuudessa pyöri.

Näihin tilanteisiin varautuminen edellyttää sekä taajuusmuuttajan että hissien ohjausjärjestelmän tiivistä yhteistoimintaa. Taajuusmuuttajan vikaulostulo ja ohjausjärjestelmän turvatoiminnot, kuten ajoaikavalvonta, on integroitu siten, että ne estävät sekä moottorin tahattoman pyörimisen että hissikorin hallitsemattoman liikkeen. Näin varmistetaan, että järjestelmä pysäyttää toiminnan luotettavasti ja turvallisesti, jos moottorinohjaus ei kykene tuottamaan odotettua momenttia tai jos hissien liike ei vastaa ajokäskyä.

Testauksessa varmistettiin, että nämä mekanismit toimivat odotetusti kaikissa simuloituissa vikatilanteissa, erityisesti liikkeellelähdön sekä kerrokseen saapumisen kriittisessä vaiheessa. Tämä on oleellinen osa hissien turvallisen ja luotettavan käytön takaamista.

Näiden turvallisuustestien avulla varmistettiin, että hissien ohjausjärjestelmä ja taajuusmuuttaja toimivat luotettavasti myös poikkeustilanteissa. Tämä vaihe oli

tärkeä osa järjestelmän viimeistelyä, sillä se osoitti, että hissien turvallisuus ei vaarannu vikatilanteissa.

7 Yhteenveto

Tässä työssä suoritettiin hissien nostomoottorin tyristorisäätimen modernisointi nykyaikaisella Yaskawa L1000A -taajuusmuuttajalla. Modernisointi tuli ajankoh-
taiseksi, koska alkuperäinen Ascentronic Type A -tyristorisäädin oli rikkoutunut,
eikä vastaavia laitteita ollut enää saatavilla. Työn tavoitteena oli palauttaa hissi-
järjestelmän toimintakunto sekä parantaa sen luotettavuutta, turvallisuutta ja
energiätehokkuutta.

Työssä saavutettiin sille asetetut tavoitteet, ja modernisointi toteutettiin onnistu-
neesti. Työstä saatiin tehtyä yritykselle piirikaaviot vastaaviin töihin, jotka koske-
vat kyseisiä hissijärjestelmiä sekä parametriluettelot, joita voi hyödyntää myös
muissa Yaskawa L1000A:n asennuksissa.

Saavutetut tavoitteet osoittavat, että vanhojen tyristorisäätimien korvaaminen
taajuusmuuttajilla on teknisesti ja taloudellisesti järkevä ratkaisu, joka pidentää
hissien elinkaarta ja parantaa niiden toimintavarmuutta. Tämä työ voi toimia
pohjana vastaaville modernisointiprojekteille, joissa vanhoja hissejä päivitetään
nykyaikaisemmalla moottorinohjaustekniikalla.

Lähteet

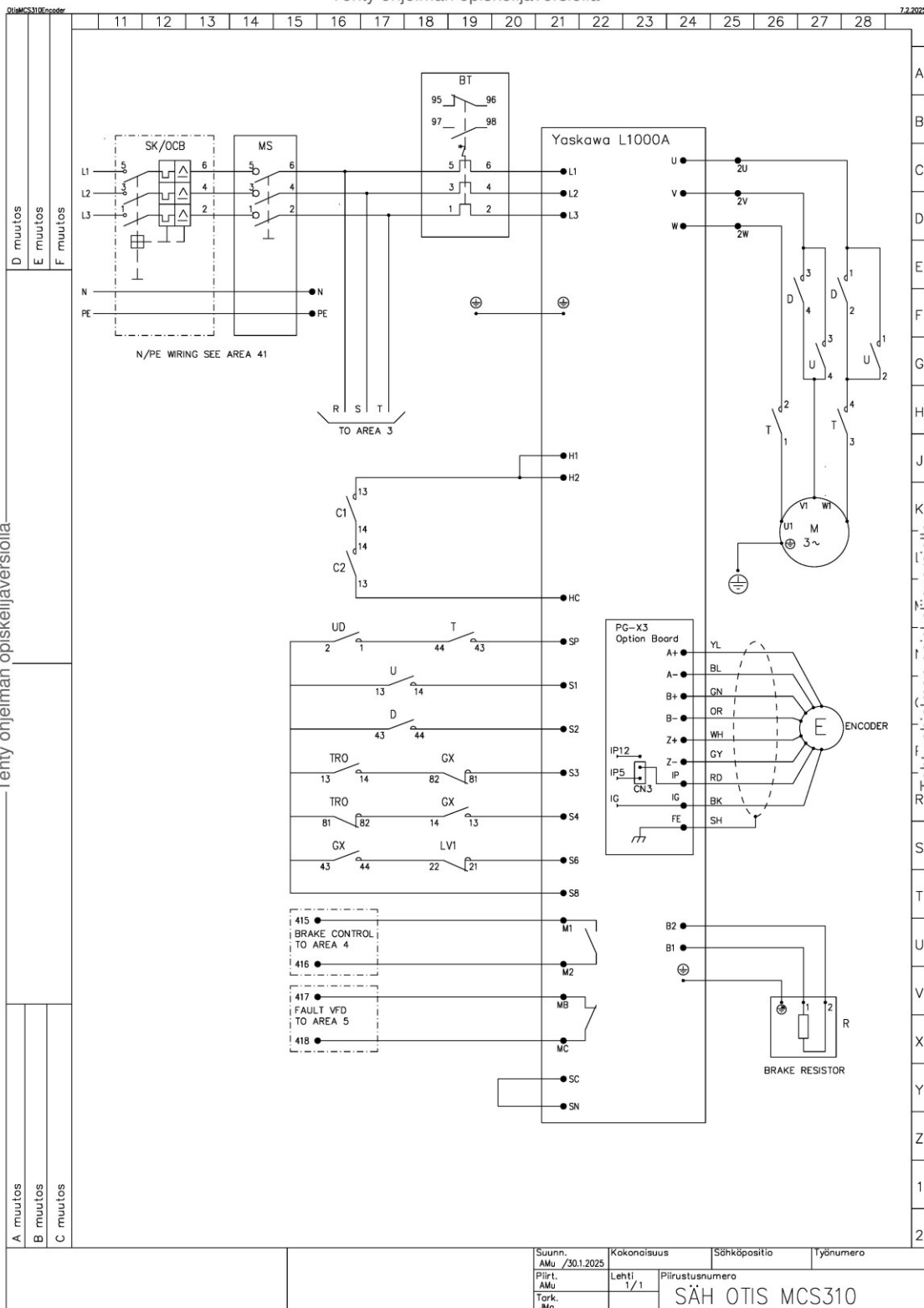
- 1 Kirvan, Paul. 2022. Thyristor. Verkkoaineisto. TechTarget. <<https://www.techtarget.com/whatis/definition/thyristor>>. 1.12.2022. Luettu 19.12.2024.
- 2 Thyristors Guide. 2024. Verkkoaineisto. RS Components. <<https://uk.rs-online.com/web/content/discovery/ideas-and-advice/thyristors-guide>>. Päivitetty 25.11.2024. Luettu 19.12.2024
- 3 Thyristor. 2024. Verkkoaineisto. GeeksforGeeks. <<https://www.geeksforgeeks.org/thyristor/>>. Päivitetty 27.2.2024. Luettu 22.1.2025.
- 4 Aura, Lauri & Tonteri, Antti J. 2009. Teoreettinen sähkötekniikka ja sähkökoneiden perusteet. 2., uudistettu painos. Porvoo: WSOY.
- 5 Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT). Verkkoaineisto. Electronics Tutorials. <<https://www.electronics-tutorials.ws/power/insulated-gate-bipolar-transistor.html>>. Luettu 20.12.2024.
- 6 What is an IGBT? Verkkoaineisto. Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation. <https://toshiba.semicon-storage.com/ap-en/semiconductor/knowledge/faq/mosfet_igbt/igbt-001.html>. Luettu 20.12.2024.
- 7 Pehmokäynnistinopas. Verkkoaineisto. ABB. <https://library.e.abb.com/public/d11f99611045fef8c125796e00473a8a/OPAS%20Pehmokaynnistys%20FI12_01.pdf>. Luettu 20.12.2024.
- 8 What is Soft Starter? Its Working, Diagram and Applications. Verkkoaineisto. Electrical Technology. <<https://www.electricaltechnology.org/2020/08/soft-starter.html>>. Luettu 20.12.2024.
- 9 Protection of Diodes and Thyristors. Verkkoaineisto. Danfoss Semiconductor Solutions. <https://shop.semikron-danfoss.com/out/pictures/wysiwig-pro/Protection_of_diodes-thyristors.pdf>. Luettu 21.12.2024.
- 10 Parr, E.A. 1998. Industrial Control Handbook. 3., uudistettu painos. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- 11 Gibson, John P. & Hake, Frank O. State-of-the-art electronic devices for the wear-free braking of three-phase induction motors. Verkkoaineisto. Kimmo. <<https://www.kimo.de/en/electronic-braking/>>. Luettu 26.12.2024.

- 12 Beschreibung zum Gerät a..p (digital). Verkkoaineisto. Ascentronic. <https://www.ascentronic.de/download/Steller/a-Geraet%20digital%2020071203_1-mSH.pdf>. Luettu 26.12.2024.
- 13 Ascentronic A1-20/400P Spannung 400V Strom 2.0A Aa Sicherung 5.0A Used UMP. Verkkoaineisto. Maxodeals. <<https://www.maxodeals.com/mdenglish/01-20-400p-asc>>. Luettu 27.12.2024.
- 14 Variable Frequency Drives 101: All You Need to Know About VFDs. Verkkoaineisto. Eddy Pump. <<https://eddyump.com/education/variable-frequency-drives-101-all-you-need-to-know-about-vfds/>>. Luettu 29.12.2024.
- 15 Hietalahti, Lauri. 2011. Tehoelektroniikan perusteet. Tampere: Tammer-teknikka.
- 16 Niiranen, Jouko. 2000. Sähkömoottorikäytön digitaalinen ohjaus. 2., uudistettu painos. Helsinki: Otatieto
- 17 Collins, Danielle. 2016. FAQ: What Are Current Source Inverters and Voltage Source Inverters? Verkkoaineisto. Motion Control Tips. <<https://www.motioncontrolltips.com/faq-what-are-current-source-inverters-and-voltage-source-inverters/>>. 16.9.2016. Luettu 1.1.2025.
- 18 L1000A Lift Drives. Verkkoaineisto. Yaskawa. <https://www.yaskawa.eu.com/Global%20Assets/Downloads/Brochures_Catalogues/Inverter_Drives/L1000A/YEU_Inv_L1000A_EN_V10.pdf>. Luettu 23.12.2024.
- 19 L1000A Inverter Drive Technical Manual. Verkkoaineisto. Yaskawa. <https://www.yaskawa.eu.com/Global%20Assets/Downloads/Technical_Documentation/Inverter_Drives/L1000A/L1000A_TM_EN_SIEP_C710616_33J_9_0.pdf>. Luettu 23.12.2024.
- 20 Borges, Victor. 2017. Terminology Explained: What is Safety Integrity Level (SIL)? Verkkoaineisto. DNV. <<https://www.dnv.com/article/terminology-explained-what-is-safety-integrity-level-sil--207747/>>. 21.5.2017. Luettu 25.1.2025.
- 21 Know the Basics of Understanding EMI/EMC Filters. Verkkoaineisto. Elcom International. <<https://elcom-in.com/know-the-basics-of-understanding-emi-emc-filters/>>. Luettu 4.1.2025.
- 22 L1000A Sarja. Verkkoaineisto. Yaskawa. <https://www.yaskawa.fi/tuotteet/ac-taajuusmuuttajat/special-application-drives/seriesdetail/serie/l1000a-sarja_13320/>. Luettu 2.1.2025.

- 23 I65 / IT65 Incremental Rotary Encoders. Verkkoaineisto. LIKA Electronic.
<<https://www.lika.it/eng/products/rotary-encoders/incremental/i65-it65>>.
Luettu 20.1.2025

Muokatut piirikaaviot Otis MCS 310

Tehty ohjelman opiskelijaversiolla



Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

Suunn. AMu /30.1.2025	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero
Piirt. AMu	Lehti 1/1	Piirustusnumero	
Tark. JMa	SÄH OTIS MCS310		

Muokatut Parametrit Yaskawa L1000A

Parametrit	Arvo	Yksikkö
A1-02 - Control Method Selection Ohjaustavan valinta 1=V/F, 2= OLV, 3=CLV	3	-
Huom. T-parametrit ovat automaattivirityksen parametreja, jotka tallennetaan myös E1 ja E2-valikoihin. Valitse ensin Ohjaustapa ennen automaattivirityksen tekemistä.		
T1-01 - Auto-Tuning type selection Parametrilla valitaan automaattivirityksen tyyppi. 0 = Koneisto pyörii automaattivirityksen aikana (Köydet poistettava ja koneiston oltava ilman kuormaa) 1 = Pysäytystilassa suoritettava automaattiviritys.	1	-
T1-02 - Motor Rated Power Moottorin nimellisteho. Kts Moottorin arvokilpi	x	kW
T1-03 - Motor Rated Voltage Moottorin nimellisjännite. Kts Moottorin arvokilpi	x	V
T1-04 - Motor Rated Current Moottorin nimellisvirta. Kts Moottorin arvokilpi	x	A
T1-05 - Motor Rated Frequency Moottorin nimellistaajuus. Kts Moottorin arvokilpi	x	Hz
T1-06 - Number of Motor Poles Moottorin napojen lukumäärä. Kts Moottorin arvokilpi.	x	-
T1-07 - Motor Rated Speed Moottorin nimellisnopeus. Kts Moottorin arvokilpi. HUOM. Asynkroninopeus	x	rpm
T1-08 - PG Number of Pulses per Revolution Pulssianturin pulssimäärä per kierros. Merkitty pulssianturiin. Yleensä 1024 tai 2048. Kts Pulssianturi. HUOM. Käytössä vain jos A1-02=3	2048	ppr
T1-09 - Motor No-load Current Moottorin tyhjäkäyntivirta. Kts Moottorin arvokilpi. HUOM. Ei usein ilmoitettu Voidaan käyttää yleisesti n. 0.45 x nimellisvirta	x	A
O1-03 - Digital Operator Display Unit Selection Asettaa yksiköt missä nopeusreferenssit sekä rampit näytetään. 0 = Hz ja Sekunnit	0	-

<p>C1-01 - Acceleration Ramp 1 Kiihdytysramppi 1. Määritetään kiihdytys pysähdyksestä täyteen nopeuteen.</p>	1,3	s
<p>C1-02 - Deceleration Ramp 1 Hidastusramppi 1. Määritetään hidastus täydestä nopeudesta hitaaseen nopeuteen / pysähdyksiin.</p>	1,4	s
<p>C2-01 - Jerk at Accel Start Nykäisyvaimennus kiihdytysrampin alussa. Voidaan pehmentää nykäisyjä ja iskuja kiihdytys rampin alussa.</p>	0,6	s
<p>C2-03 - Jerk at Decel Start Nykäisyvaimennus hidastusrampin alussa. Voidaan pehmentää nykäisyjä ja iskuja hidastus rampin alussa.</p>	0,8	s
<p>C2-05 - Jerk below Leveling Speed Nykäisyvaimennus alle kerrokseen ajonopeuden "Leveling speed". Voidaan pehmentää kerrokseen pysähtymistä. Jos hissi ajaa ohi kerroksen on aikaa vähennettävä</p>	0,6	s
<p>C3-01 - Slip Compensation Gain Jättämän kompensaaion vahvistus. Korota, jos moottori vakionopeudella on hitaampi kuin nopeusreferenssi. Laske jos nopeampi kuin nopeusreferenssi.</p>	0,8	-
<p>C3-04 - Slip Compensation Selection during Regeneration Jättämän kompensaaion toiminta kun moottorin toiminta on regeneratiivinen. 0 = Pois käytöstä, 1 = Käytössä kun taajuus yli 6Hz, 2 = Käytössä kun taajuus yli 2Hz. Parantaa nopeudentarkkuutta regeneratiivisessa hidastuksessa.</p>	2	-
<p>C3-05 - Output Voltage Limit Operation Selection Määrittää, vähennetäänkö moottorin magneettivuon viitearvoa automaattisesti, kun lähtöjännite saavuttaa kyllästysalueen. 0 = Ei käytössä, 1 = Käytössä. Asettamalla 0, voidaan parantaa nopeudentarkkuutta korkeilla nopeuksilla ja raskailla kuormilla.</p>	0	-
<p>C6-21 - Inspection Operation Carrier Frequency Kytkeäntaajuus huoltonopeudella ajettaessa. 0 = Sama kuin C6-03 eli normaalilla nopeudella, 1 = 2kHz. Asettamalla 0 voidaan vähentää moottorin pitämää ääntä huoltoajolla.</p>	0	-
<p>D1-26 - Leveling Speed Määrittää nopeuden, kun sisääntulo S3-S8 on asetettu valikosta H1-xx = 53 Huom. Katso nopeuksien totuustaulukko Yaskawa manuaali sivu 112.</p>	4	Hz

<p>H1-08 - Terminal S8 Function Selection Sisääntulon S8 toiminnanvalinta. 9 = Baseblock N.C. Baseblockia voidaan käyttää ylimääräisenä ajonesto suojana.</p>	9	-
<p>N6-01 - Online Tuning Selection Online Tuning avulla voidaan kompensoida riittämätöntä vääntömomenttia ja heikentynyttä nopeudenhallinnan tarkuutta moottorin lämpötilan vaihtelun vuoksi. Havaittu häiritsevän normaalikäyttöä, taajuusmuuttaja voi säätää ajamista itse, 0 = Pois käytöstä. HUOM. Käytössä vain kun A1-02 = 2</p>	0	-
<p>S1-04 - DC Injection / Position Lock Time at Start Määrittää kuinka kauan taajuusmuuttaja suorittaa tasavirtajarrutuksen lähdön yhteydessä. Auttaa rollbackin hallinnassa.</p>	0,6	s
<p>S6-02 - Starting Current Error (SE2) Detection Delay Time Asettaa viiveajan käynnistysvirheelle (SE2). SE2 havaitaan, kun taajuusmuuttajan lähtövirta on alle 25 % sen jälkeen, kun ylös/alas-komento on annettu ja sekä jarrun vapautusaika että S6-02-parametrin asettama aika ovat kuluneet. Vikasiedon parannus</p>	500	ms
<p>S6-04 - Output Current Error (SE3) Detection Delay Time Asettaa viiveajan lähtövirtavirheen (SE3) havaitsemiselle. SE3 havaitaan, kun taajuusmuuttajan lähtövirta laskee alle 25% jarrun vapautumisen jälkeen, missä tahansa kohtaa ajoa. Tämä vika johtuu usein pätkivistä kontakteista. Vikasiedon parannus.</p>	500	ms
<p>HUOM C5-valikon sekä F1-valikon parametrit ovat käytettävissä vain kun A1-02 = 3 eli Closed Loop Vector on käytössä. Jos parametri C5-07 on suurempi kuin 0% (oletus CLV = 0%, CLV/PM = 2%) Taajuusmuuttaja vaihtaa asetuksia automaattisesti eri nopeusalueilla. Jos C5-07 = 0%, käytössä on vain yksi nopeussilmukan asetus C5-01 ja C5-02. Lisätietoja kts. Yaskawa L1000A manuaali sivu 169-171</p>		
<p>C5-01 - Speed Control Loop Proportional Gain 1 Säätää nopeusvasteen vahvistusta suurilla nopeuksilla; suurempi arvo vähentää ylivetoa. Käytössä vain nopeusalueilla, jotka ylittävät C5-07-parametrin arvon.</p>	40	-
<p>C5-02 - Speed Control Loop Integral Time 1 Määrittää säätöön vaikuttavan ajan suurilla nopeuksilla; lyhyempi arvo nopeuttaa reagointia, mutta voi aiheuttaa värähtelyä. Käytössä vain nopeusalueilla, jotka ylittävät C5-07-parametrin arvon.</p>	0,5	s
<p>C5-03 - Speed Control Loop Proportional Gain 2 Säätää nopeusvasteen herkkyyttä käynnistyksen jälkeen; suurempi arvo nopeuttaa reagointia, mutta voi aiheuttaa värähtelyä moottorissa.</p>	20	-

<p>C5-04 - Speed Control Loop Integral Time 2 Määrittää säätöön vaikuttavan ajan; lyhyempi arvo nopeuttaa reagointia, mutta voi aiheuttaa värähtelyä moottorissa</p>	0,5	s
<p>C5-07 - Speed Control Settings Switching Speed Määrittää nopeuden, jossa taajuusmuuttaja vaihtaa nopeussilmukan vahvistus- ja integraaliaika-asetuksia (C5-01 ↔ C5-03 ↔ C5-13 ja C5-02 ↔ C5-04 ↔ C5-14) eri nopeusalueilla. 0 = Pois käytöstä, vain C5-01 ja C5-02 ovat käytössä.</p>	0	%
<p>C5-13 - Speed Control Loop Proportional Gain 3 Säätää pysähtymisen tarkkuutta; suurempi arvo parantaa pysäytyksen hallintaa. Nosta, jos pysähtymistarkkuus on huono. Liian korkea arvo voi aiheuttaa värähtelyä moottorissa. Ei vaikuta, jos nopeusviite tulee analogitulosta.</p>	10	-
<p>C5-14 - Speed Control Loop Integral Time 3 Määrittää säätöön vaikuttavan ajan pysähtymisessä; lyhyempi arvo parantaa tarkkuutta, mutta voi aiheuttaa värähtelyä. Ei vaikuta, jos nopeusviite tulee analogitulosta.</p>	0,5	s
<p>C5-19 - Speed Control Loop Proportional Gain Time during Position Lock Säätää nopeussilmukan herkkyyttä paikkalukituksen aikana; suurempi arvo vähentää takaisinkelautumista (rollback) jarrun vapautuessa.</p>	20	-
<p>C5-20 - Speed Control Loop Integral Time during Position Lock Määrittää säätöön vaikuttavan ajan paikkalukituksen aikana; lyhyempi arvo vähentää takaisinkelautumista (rollback), mutta voi aiheuttaa värähtelyä.</p>	0,1	s
<p>F1-01 - Encoder 1 Resolution Asettaa pulssianturin pulssit per kierros. Voidaan asettaa myös automaattivirityksen aikana.</p>	2048	ppr
<p>F1-05 - Encoder 1 Rotation Direction Selection Asettaa pulssianturin pyörimissuunnan. 0 = Vastapäivään, 1 = Myötäpäivään. Jos moottori ajaa vain hiljaista nopeutta ja tekee OC tai OLV vikaa mutta pyörii oikeaan suuntaan, tarvitsee pulssianturin pyörimissuuntaa muuttaa.</p>	1	-