

Mika Kuivila

## **KOESTUS- JA TASAPAINOTUSKENTÄN KÄYTETTÄVYYDEN PARANNUS**

# KOESTUS- JA TASAPAINOTUSKENTÄN KÄYTETTÄVYYDEN PARANNUS

Mika Kuivila  
Opinnäytetyö  
Kevät 2017  
Sähkötekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## ALKUSANAT

Kiitokseni ABB Oy:lle mielekkäästä opinnäytetyön aiheesta ja sieltä erityisesti työn tilaajalle, Oulun korjaamon yksikönpäällikölle Kalle Rantalalle sekä työssä auttaneille huoltoinsinööreille Toni Åhlgrenille ja Matti Limingojalle. Kiitokset myös Oulun korjaamon muille työntekijöille, jotka ovat auttaneet työn toteutuksessa sekä välittäneet.

Oulun ammattikorkeakoulusta haluan kiittää työn ohjaajana toiminutta yliopettaja Ensio Sieppiä sekä lehtori Pirjo Partasta.

Haluan kiittää myös perhettäni, joka on tukenut minua läpi opiskelun. Erityisesti haluan kiittää isosiskoani Saijaa, äitiäni Elisaa ja kihlattuani Lauraa, joiden tuki on ollut ensiarvoisen tärkeää koko opiskelun ajan.

Oulussa 2.4.2017

Mika Kuivila

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma, sähkövoimatekniikka

---

Tekijä: Mika Kuivila

Opinnäytetyön nimi: Koestus- ja tasapainotuskentän käytettävyyden parannus

Työn ohjaaja: Ensio Sieppi

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2017

Sivumäärä: 31 + 9

---

ABB Oy halusi parantaa Servicen Oulun yksikön koestus- ja tasapainotuskentän käytettävyyttä ja turvallisuutta sekä tehostaa niiden toimintaa. Koestuskentässä huolletut moottorit koeajetaan sekä koestetaan huollon laadun varmistamiseksi. Tasapainotuskentässä puolestaan tasapainotetaan esimerkiksi huollettavien moottorien roottoreita. Molemmat näistä työpisteistä ovat kriittisiä huolto-prosessin kannalta, sillä niitä ei voi suorittaa korjaamalla kuin kyseisissä paikoissa. Jotta näistä ei muodostuisi pullonkaulaa huoltoprosessille, keskityttiin opinnäytetyössä näiden työpisteiden käytettävyyden parantamiseen. Käytettävyyden parannuksella haluttiin myös tehostaa työpisteiden toimintaa. Opinnäytetyössä tutustaan säädettyihin käyttöihin, induktiomootorin toimintaan sekä moottorin huoltoprosessiin Oulun korjaamalla. pääpainona edellä mainitut työpisteet.

Työ aloitettiin tarkastelemalla molempia työpisteitä ja mahdollisuuksia niiden käytettävyyden parantamiseksi. Tasapainotuskentän osalta päädyttiin uuden taajuusmuuttajan asennukseen sekä sen käyttöä helpottavan ohjauspaneelin rakentamiseen ja asentamiseen. Koestuskentällä tehostaminen toteutettiin helpottamalla huoltoporttien tekoa sekä säädettyjen käyttöjen parametroidin nopeuttamisella. Opinnäytetyö sisältää näiden suunnittelun, tarvittavat hankinnat ja asennukset. Käyttöönotto ja ohjeistus rajattiin työn edetessä koskemaan pelkästään tasapainotuskentää aikataulullisten ongelmien takia, eikä hankintojen kilpailutuksia tai hintoja sisällytetty kirjalliseen työhön niiden sisältämien luottamuksellisten tietojen vuoksi.

Tulokset tasapainotuskentän osalta ovat olleet positiivisia. Käytettävyys on parantunut, mikä myös osaltaan parantaa työn tehokkuutta. Myös työturvallisuus on parantunut uusien hätä-seis-painikkeiden sijoituksen ja toiminnan sekä uuden taajuusmuuttajan hiljaisemmän käyntiäänisen vuoksi. Koestuskentän tuloksia ei vielä ole saatu johtuen aikataulullisista ongelmista. Viitteitä kuitenkin on, että suunnitellut ja toteutetut ratkaisut tehostavat toimintaa sekä parantavat käytettävyyttä.

---

Asiasanat: säädettyt käytöt, sähkömoottorit, käytettävyys

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Electrical Engineering, electrical power engineering

---

Author: Mika Kuivila

Title of thesis: Improvement of testing and balancing sites usability

Supervisor: Sieppi Ensio

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2017    Number of pages: 31 + 9

---

ABB wanted to improve their Oulu's workshop testing and balancing sites usability, safety as well as optimize operations at those sites. Thesis includes planning, purchasing of goods, installations, initializations and guidance for the new equipment. Purchasing prices and competitive tendering were left out of this thesis because they contained confidential information.

This thesis familiarizes first with electrical drives, induction motors and also with electrical motors maintenance process at Oulu' workshop. Main focus is at balancing and testing sites operations. Whole process is familiar to me due of previous summer jobs at Oulu's workshop. Also drives and induction motors are familiar to me, because of my education and summer jobs at ABB.

Thesis was successful regarding balancing site and positive feedback has been got from users. Regarding testing site there was problems with timetable. Those were partly because defective timetable but also because of working assignments given to me by ABB outside of Oulu. Those issues made writing, installations and initializations little bit problematic. That's why it was decided not to include initialization of testing site to this thesis. Manuals and guidance for using new equipment and maintenance report, which are attachments, were concealed by ABBs' request.

---

Keywords: drives, electric motors, usability

# SISÄLLYS

ALKUSANAT .....	3
TIIVISTELMÄ.....	4
ABSTRACT .....	5
SISÄLLYS.....	6
1 JOHDANTO .....	9
2 SÄÄDETYT KÄYTÖT SEKÄ INDUKTIOMOOTTORI .....	10
2.1 Taajuusmuuttajat .....	10
2.2 Induktiomootorit .....	12
3 HUOLTOPROSESSI .....	13
3.1 Moottorin kirjaaminen järjestelmään .....	13
3.2 Moottorin purkaminen .....	13
3.3 Tasapainotus.....	14
3.4 Moottorin kasaaminen .....	15
3.5 Moottorinkoestus ja maalaus .....	15
3.5.1 Eristysresistanssimittaus .....	16
3.5.2 Käämiresistanssimittaus.....	17
3.5.3 Jännitteenkestokoe.....	17
3.5.4 Syöksyaaltokoe.....	18
3.5.5 Tyhjäkäyntikoestus ja värinämittaus .....	18
3.5.6 Aistinvarainen tarkastus .....	18
4 TASAPAINOTUSKENTTÄ .....	19
4.1 Tasapainotuskentän kriittisyys .....	19
4.2 Taajuusmuuttajan hankinta ja käyttöönotto .....	20
4.2.1 Suunnittelu ja hankinnat .....	20
4.2.2 Taajuusmuuttajan etäohjaus ja adaptiivinen ohjelmointi .....	21
4.2.3 Taajuusmuuttajan asennus .....	23
4.2.4 Taajuusmuuttajan parametroida .....	25
4.2.5 Moottorin ID- ja koeajo .....	25
5 KOESTUSKENTTÄ .....	27
5.1 Koestuskentän toiminnan kehittäminen .....	27
5.2 Moottorien ohjaus .....	27

5.3	Raportointi.....	27
6	JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET .....	29
7	YHTEENVETO .....	30
	LÄHTEET.....	31
	LIITTEET	

LIITE 1 Huoltoraporttipohja Sharepointissa

LIITE 2 Suunnanvaihdon toteutus seis painikkeella

LIITE 3 Taajuusmuuttajan parametri muutokset

LIITE 4 Tasapainotuskentän taajuusmuuttajan käyttöohje



# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehdään ABB Service Oulun yksikölle, se on osaksi jatkoa pari vuotta sitten tehdyille koestuskentän uudistusprojektille. Työssä tutustutaan ensin sähkömoottoreiden huoltoprosessiin ja erityisesti sen mahdollisiin pullonkaulakohtiin eli tasapainotus- ja koestuskentän toimintaan. Työssä keskitytään näiden kahden työpisteen käytettävyyden parantamiseen. Työ sisältää suunnittelun, hankinnat, asennukset ja käyttöönotot. Hankintojen kustannuksia tai tarjouspyyntöjä ei sisällytetä työhön niiden sisältämien asiakashintojen takia. Sähkökäyttöjä ja induktiomootoria esitellään niiden merkittävän roolin takia niin koestuskentällä kuin osaksi myös tasapainotuskentällä. Myös uudet kirjalliset käyttöohjeet päätettiin sisällyttää opinnäytetyöhön, mutta ABB:n toiveiden mukaisesti ne salattiin. Lopussa tarkastellaan myös työpisteiden jatkokehitysmahdollisuuksia.

ABB Group on yksi maailman suurimmista sähkövoima- ja automaatioteknologiayrityksistä maailmassa. Yritys syntyi, kun ruotsalainen ASEA ja sveitsiläinen Brown, Boveri & Cie fuusioituivat vuonna 1988. ABB:n pääkonttori sijaitsee Zurichissa Sveitsissä. ABB työllistää maailmanlaajuisesti noin 135 000 henkilöä neljän eri divisioonan alla. Nämä divisioonat ovat Electrification products, Robotics and Motion, Industrial Motion sekä Power Grids. (1.) Suomessa ABB:n historia alkaa vuodesta 1889, kun Gottfrid Strömberg perusti sähköalan yrityksen nimeltä ”Gottfrid Strömbergin sähköyhtiö”. Monien nimenmuutosten jälkeen yhtiö opittiin tuntemaan nimellä Strömberg Oy. Vuonna 1987 ASEA osti Strömberg Oy:n. Nykyään ABB työllistää Suomessa noin 5000 henkilöä. (2.)

ABB Service -palveluliiketoiminta kattaa kaikki divisioonat ja se vastaa ABB-tuotteiden huollosta ja ylläpidosta. Oulun moottorikorjaamo on yksi neljästä korjaamosta, jotka ovat vastuussa sähkömoottoreiden ja generaattorien huollosta Suomessa. Sen toiminta on jaettu kahteen osaan, korjaamoon ja kenttähuoltoon.

## 2 SÄÄDETYT KÄYTÖT SEKÄ INDUKTIOMOOTTORI

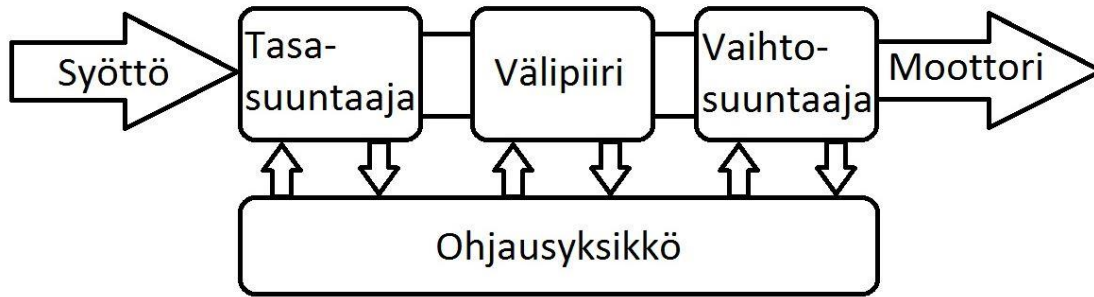
Säädetyiksi käytöiksi lasketaan kokonaisuudet, joissa sähkömoottoria tai generaattoria ohjataan tehoelektroniikan avulla. Säädetyillä käytöillä pyritään tarkkaan kierrosnopeuden ja/tai momentin säätöön sekä neliöllisten kuormien tapauksessa energian säästöön. Neliöllisissä kuormissa, kuten pumput ja kompressorit, kuorma kasvaa nopeuden neliöön. Vanhentunut tapa säätää virtausta on ollut kuristaa sitä venttiilin avulla, jolloin moottori pyörii koko ajan täydellä teholla. Yhden arvion mukaan käytössä olevilla taajuusmuuttajilla säästetään vuosittain noin 115 miljoonan kWh:n edestä sähköä maailmassa. (3.)

Säädetyt käytöt toimivat myös suojana sähkömoottorille ja useimmilla taajuusmuuttajilla ja tasasähkökäytöillä voidaan korvata täysin moottorinsuojakytkimet. Tällä saadaan poistettua useiden kojeiden ja laitteiden yhdistelmät, millä monesti saavutetaan säästöjä kustannuksissa ja saadaan tehostettua tilan käyttöä.

### 2.1 Taajuusmuuttajat

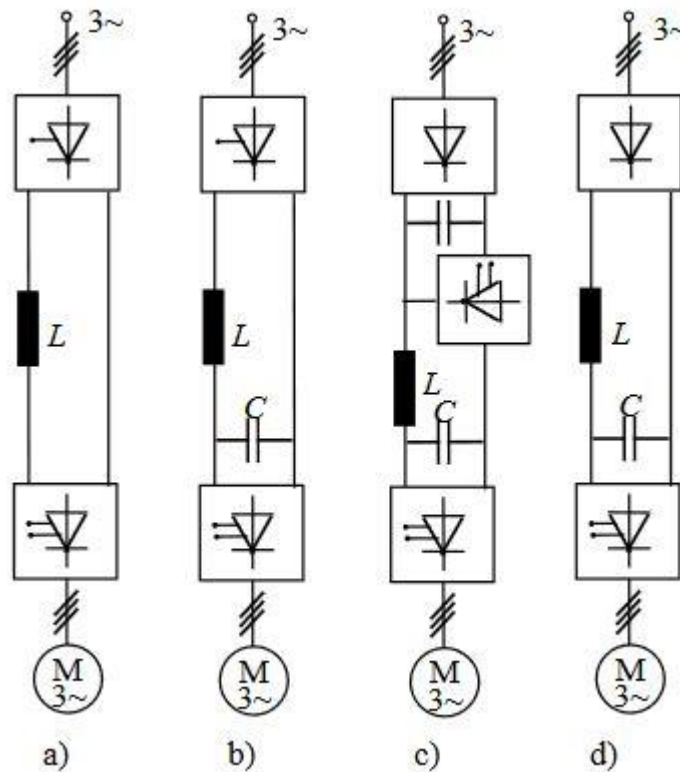
Taajuusmuuttajien avulla voidaan vaihtovirtamoottoreiden pyörimisnopeutta ja vääntömomenttia säätää portaattomasti säätämällä lähtötaajuutta ja lähtöjännitettä. Nykyaikaisilla taajuusmuuttajilla voidaan säätää nopeutta ja momenttia hyvin tarkasti. Tästä syystä halvat induktiomoottorit ovat syrjäyttäneet kalliit tasavirtamoottorit lähes kokonaan.

Taajuusmuuttaja koostuu neljästä pääkomponentista: tasasuuntaajasta, välipiiristä, vaihtosuuntaajasta ja ohjausyksiköstä. Tasasuuntaajalla vaihtovirta muunnetaan sykkiväksi tasajännitteeksi ja välipiirissä se muutetaan, riippuen sen rakenteesta, tasavirraksi, stabiloiduksi tasajännitteeksi tai muuttuvaksi tasajännitteeksi. Vaihtosuuntaaja muuttaa tasajännitteen takaisin vaihtojännitteeksi, jonka vaihtovirtamoottori vaatii pyöriäkseen. Vaihtosuuntaaja voidaan toteuttaa diodeilla, tyristöreilla, näillä molemmilla tai transistoreilla. Ohjausyksikkö ohjaa näiden kolmen komponentin toimintaa, kuten kuvasta 1 on nähtävissä. (4, s. 66–71.)



KUVA 1. Taajuusmuuttajan toimintaperiaate

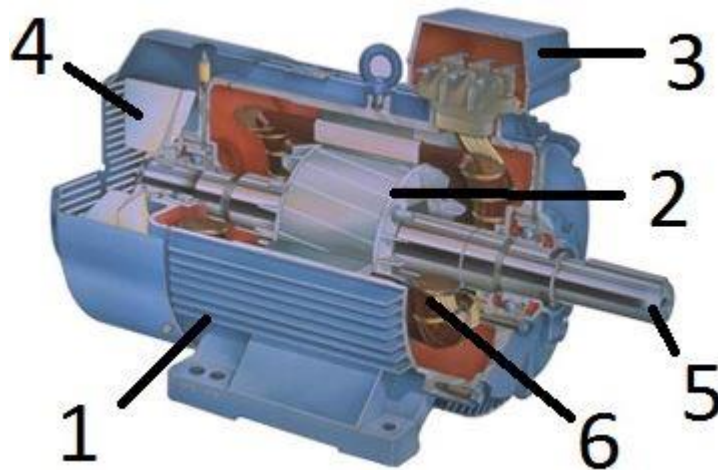
Välipiirin toteutus jakaa taajuusmuuttajat kahteen päätyyppiin. Eri välipiirin rakenteet näkyvät kuvasta 2. Välipiirin koostuessa pelkästään tasokuristimesta puhutaan tasavirtapiirillä varustetusta taajuusmuuttajasta, jonka rakenteen näkee kuvan 2 kohdasta a. Moottoria ohjataan virran avulla joko ohjatulla tasasuuntaajalla tai sarjaan kytketyllä tasavirtakatkojalla, jolloin moottorin napoihin saadaan haluttu jännite. Välipiirin sisältyessä LC-alipäästösuodatin, kutsutaan taajuusmuuttajaa tasajännitevälipiirillä varustetuksi. Näissä säätö toteutetaan muuttamalla pulssinleveyttä kuten kuvan 2 kohdassa d tai välipiirin jännitettä kuten kohdissa b ja c. Pulssin leveyden muuttamista kutsutaan pulssileveysmoduloinniksi, lyhennettynä PWM. (5, s. 17–19.)



KUVA 2. Taajuusmuuttajien erilaiset välipiirit a) tasavirtavälipiiri, b) ohjattu tasajännite, c) tasajännitteen ohjaus katkojalla d) pulssileveysmodulointi.

## 2.2 Induktiomootorit

Induktiomoottori, jota myös oikosulku- ja epätahtimoottoriksi kutsutaan, on teollisuuden yleisin sähkömoottorityyppi. Induktiomoottorin suosion selittää sen kestävä ja yksinkertainen rakenne, halpa valmistushinta sekä helppo säädettävyys taajuusmuuttajalla. Induktiomoottori koostuu yksinkertaisuudessaan pyörivästä osasta eli roottorista ja paikallaan pysyvistä osista eli staattorista. Kuvassa 3 on selitetty induktiomoottorin pääosat. (6.)



KUVA 3. Induktiomoottorin rakenne 1) runco 2) roottori 3) kytkentäkotelo 4) tuuletin 5) akseli 6) staattori käämitys

Induktiomoottorissa staattoreihin kytketty kolmivaihevirta aiheuttaa tasaisesti pyörivän magneettikentän, joka indusoi oikosuljettuun roottoriin roottorivirran, josta myös nimet induktiomoottori ja oikosulkumoottori tulevat. Roottorivirran ja staattorin aiheuttaman magneettikentän vuorovaikutuksesta roottori alkaa pyöriä ja pyrkii saavuttamaan moottoria syöttävän verkon taajuuden. Moottori ei kuitenkaan tätä saavuta, koska pyörimisnopeuden kasvaessa roottoriin indusoituva lähdejännite ja roottorivirta pienenevät. Tämä aiheuttaa sähköisen vääntömomentin pienenemisen, kunnes se on saman suuruinen kuormittavan vastamomentin kanssa. Roottori ei siis pyöri sitä syöttävän verkon taajuudella, vaan hieman sitä pienemmällä nopeudella. Tätä nopeuseroa kutsutaan jättämäksi, ja se on tyypillisesti koneen maksimikuormalla noin 2 - 5% staattorissa pyörivästä magneettikentän nopeudesta. (4, s. 34–36)

### **3 HUOLTOPROSESSI**

Seuraavaksi kuvataan, miten huoltoprosessi tapahtuu ABB:n Oulun sähkömoottorikorjaamolla. Huolto vaihtelee hieman moottorityypistä riippuen, mutta ylivoimaisesti suurin osa Oulun korjaamolle saapuvista moottoreista on oikosulkumoottoreita. Tämän takia työssä keskitytäänkin pelkääseen vaihtovirtamoottorin huoltoprosessiin.

#### **3.1 Moottorin kirjaaminen järjestelmään**

Moottorin saapuessa korjaamolle huoltoon siitä kirjataan ensin perustiedot, kuten kilpiarvot ja asiakkaan tiedot paperiselle lomakkeelle. Tiedot siirretään lomakkeelta SAP-järjestelmään ja moottori saa yksilöidyn laitenumeron. Laitenumbero on jokaiselle moottorille oma ja sitä voidaan käyttää uudelleen, jos moottori tulee myöhemmin huoltoon toistamiseen. Laitenumeron jälkeen tehdään palvelupyynnö, jolla määritellään moottorin tarvitsema huollon laatu asiakkaan antamien lähtötietojen perusteella ja suunnitellaan työn toteutus. Tämän jälkeen palveluassistentti avaa työnumeron, jolloin hankintojen ja työtuntien kirjaaminen kyseisen moottorin huollolle onnistuu. Työnumero, palvelupyynnö ja laitenumero ovat kaikki yhteydessä keskenään ja niitä pystytään muokkaamaan tarvittaessa esimerkiksi työn laadun muuttuessa. Huollettavasta moottorista avataan myös huoltoraportti SharePoint-pilvipalveluun. Liitteestä 1 nähdään perustiedot, jotka syötetään huoltoraporttiin sekä valikko, josta voidaan valita tarkemmin siihen sisältyvät osat.

#### **3.2 Moottorin purkaminen**

Fyysinen huoltoprosessi alkaa koneen purkamisella. Koneelle tehdään myös visuaalinen sekä sähköinen perustarkastus, jolla pyritään selvittämään moottorin tarvitsema huollon laatu. Jos se poikkeaa asiakkaan tilaamasta huollosta, ollaan asiakkaaseen yhteydessä ja annetaan hinta-arvio laajemmasta huollosta. Tämä voi sisältää esimerkiksi akselin hionnan, kytkentäkotelon vaihtamisen tai kääminän. Huoltoprosessin edelleen jatkuessa moottori pestään, millä parannetaan eristysvastusta ja pyritään palauttamaan jäähdysteho entiselleen. Kuivaamisen jälkeen moottori siirretään tasapainotuskentälle ja muut osat varastoidaan odottamaan kokoamista.

### 3.3 Tasapainotus

Roottorin tai muun kappaleen tasapainotuksessa kappaletta pyöritetään oman akselinsa ympäri tasapainotuskoneessa olevien rullien päällä. Kappaleen pyöritys toteutetaan taajuusmuuttajaohjulla moottorilla, ja voimansiirto tapahtuu hihnan välityksellä. Moottori näkyy kuvassa 4 tasapainotuskoneen takana. Koneessa olevat värinäanturit tunnistavat epätasapainon ja piirtävät siitä tarkat tiedot tietokoneen näytölle. Näiden tietojen perusteella tasapainottaja pystyy tasapainottamaan kappaleen, jos se ei ole toleranssien sisällä. Toleranssi riippuu kappaleen pyörimisnopeudesta, painosta, ulkomitoista ja käyttökohteesta. Itse tasapainotus toteutetaan lisäämällä tai poistamalla massaa tasapainotettavasta kappaleesta.



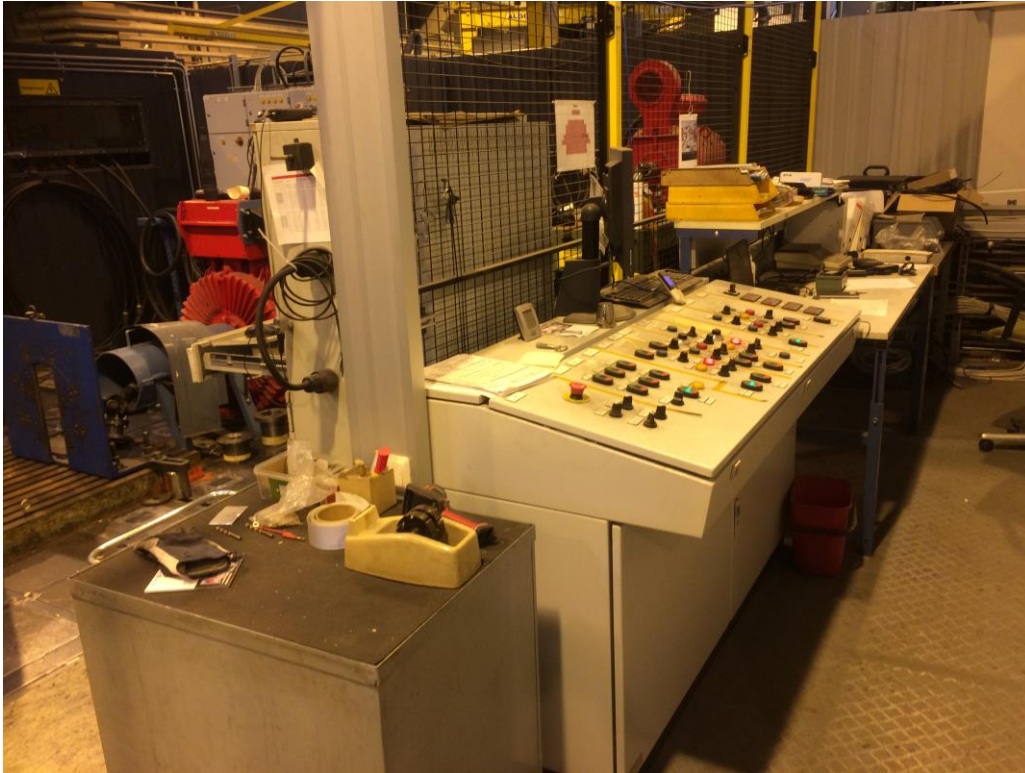
KUVA 4. Tasapainotuskone

### **3.4 Moottorin kasaaminen**

Tarpeellisten huoltojen ja pesujen jälkeen moottori voidaan kasata. Kasaus aloitetaan nostamalla roottori staattorin sisälle ja asentamalla laakerit. Kilvet asennetaan seuraavaksi. Yleensä ainakin toinen laakeri ja kilpi ovat tiukkoja, jotta ne pysyvät roottorin akselilla oikealla paikalla. Tällöin ne saadaan menemään akselille lämmittämällä laakeria tai kilpeä. Lämpölaajenemisesta johtuen ne saadaan laitettua akselille oikeaan kohtaa ja jäähtyessään tiukkenevat ja pysyvät paikallaansa. Moottorin ollessa uudelleen käämitty tehdään eristysvastusmittaus ennen kuin kone kasataan. Viakatilanteessa tällä säästetään aikaa ja turhaa työtä, kun mahdollinen vika havaitaan jo aikaisessa vaiheessa.

### **3.5 Moottorinkoestus ja maalaus**

Kasattu moottori koestetaan ja koeajetaan koestus kentässä. Koeajo tapahtuu tilanteen mukaan ACS800–7-, DCS800- ja ACS880–04-sähkökäyttöillä riippuen moottorin tyypistä ja koosta. Myös verkkoon suoraan kytkeminen on mahdollista, mutta tätä vaihtoehtoa harvemmin käytetään. Koestus kentässä varmistetaan, että huolto täyttää sille asetetut vaatimukset niin sähköisesti kuin mekaanisestikin. Suoritetut testit riippuvat asiakkaan toiveista ja moottorin tyypistä. Korjaamalla huolletaan eniten oikosulkumoottoreita ja niille tehdään vähintään seuraavat testit: eristysresistanssimittaus, käämiresistanssimittaus, jännitteenkestokoe, syöksyaaltokoe, moottorin tyhjäkäyntikoestus ja värinämittaus sekä aistinvarainen tarkastus. Jos moottori läpäisee testit, siirretään se seuraavaksi maalattavaksi. Koestaja maalaa moottorin tai useita moottoreita kerralla. Maalin kuivumisen jälkeen moottorit ovat valmiita ja ne siirretään odottamaan kuljetusta asiakkaalle.



KUVA 5. Koestuskenttä ja ohjauspulpetti

### 3.5.1 Eristysresistanssimittaus

Eristysresistanssimittauksessa kytketään 500 – 5000 V mukainen tasajännite käämitykseen, jolloin saadaan koneen rungon ja käämityksen välinen vastus tietoon. Tämä arvo muuttuu ajan kuluessa eristyksen varautumisesta johtuen, joten arvoja otetaan kahdella eri ajanhetkellä esimerkiksi 60s ja 600s kohdalta. Näiden osamäärää kutsutaan polarisaatioindeksiksi, joka saadaan kaavasta 1. (7, s.1, 3.)

$$\text{Polarisaatioindeksi} = \frac{Re(600s)}{Re(60s)},$$

KAAVA 1

missä

$Re(600s)$  on eristysresistanssi 600s kohdalla

$Re(60s)$  on eristysresistanssi 60s kohdalla



Eristysresistanssiarvosta saadaan selville eristyksen kunto ja polarisaatioindeksi kertoo käämityksen likaisuudesta tai kosteudesta. Alaraja eristysresistanssin 60 sekunnin arvolle, jolla moottori on vielä turvallista käynnistää, saadaan standardin IEEE 43 määrittämästä kaavasta 2 40 °C:ssa. (7, s.2.)

$$Re(60s) > 1 M\Omega + U_n/kV \times 1 M\Omega$$

KAAVA 2

missä

$Re(60s)$  on eristysresistanssi 60 sekunnin kohdalla

$U_n$  moottorin nimellisjännite

### 3.5.2 Käämiresistanssimittaus

Käämiresistanssissa mitataan jokaisen vaiheen käämityksen aiheuttama vastus. Mittaukset tehdään väleiltä U1 - V1, U1 - W1 ja V1 - W1. Jos kytkentäkoteloon on tuotu tähtipiste, mitataan arvot aina syöttöliittimen (U1, V1 ja W1) ja tähtipisteen väliltä. Käämien kunnosta saadaan hyvä kuva, kun arvoja verrataan keskenään. Hyväksyttävänä rajana pidetään 10 %:n eroa käämien resistanssien välillä. Jos tähtipiste on koneen sisällä, pidetään rajana 5 %:a. (8, s.1–3.)

### 3.5.3 Jännitteenkestokoe

Jännitteenkestokokeessa testataan käämityksen eristeen kestoa, joka on voinut heiketä esimerkiksi iän tai lämpötilan takia. Vaiheet kytketään yhteen, vaiheiden ja maan välille kytketään jänniteero. Staattorin käämityksen eristys joko kestää jännite-eron tai ei. Jos koneessa ilmenee maasulku, palaa se takaisin käämintään ja huoltoon. Käytettävä testijännite kasatulle koneelle lasketaan kaavasta 3. (9, s. 38)

$$U_t = 1,2 \times U_n + 400V,$$

KAAVA 3

missä

$U_t$  testijännite

$U_n$  moottorin nimellisjännite

### **3.5.4 Syöksyaaltokoe**

Syöksyaaltokokeessa, toiselta nimeltään toistoaltokoe, lähetetään käämitykseen syöksyaalto, joka generoi käämikierrosten välille pitkäikäistä jännite-eroa. Käämiin värähtely piirtyy testauslaitteeseen ja tätä piirtoa verrataan käämien kesken. Jos piirrot ovat samankaltaiset, ei käämeissä ole vikaa. Keskenään poikkeavat piirrot kertovat käämiviasta. Piirron muodosta ja poikkeamasta voidaan päätellä vian aiheuttaja. (10, s.1, 2.)

### **3.5.5 Tyhjäkäyntikoestus ja värähtelymittaus**

Tyhjäkäyntikoestuksessa moottoria pyöritetään nimellisjännitteellä sekä -pyörimisnopeudella noin 30 minuutin ajan. Vaiheiden ottamat virrat sekä moottorin pyörimisnopeus mitataan. Moottorin lämpötila mitataan D- ja N-päästä, rungosta sekä moottorin omista lämpötila-antureista, jos sellaiset on.

Nimellisellä pyörimisnopeudella mitataan moottorista värähtely D-päästä kolmesta kohtaa ja N-päästä kahdesta. Värähtelytaso saa olla maksimissaan 1,8 - 3,5 mm/s riippuen moottorin runko-koosta ja tasapainotusluokasta. Jos värähtely on yli näiden arvojen, syynä on luultavasti moottorin liiallinen epätasapaino ja se joudutaan tasapainottamaan uudelleen. (9, s. 43.)

### **3.5.6 Aistinvarainen tarkastus**

Vaikkakin aistinvarainen tarkastus perustuu hyvin pitkälle asentajan ammattitaitoon, on se silti tärkeä osa laadukasta huoltoprosessia. Aistinvaraista tarkastusta tehdään läpi huollon, myös koestusvaiheessa. Tilanteita, joissa aistinvaraisella tarkastuksella saadaan vika selville, voi olla esimerkiksi sähkökoneen pitämä erikoinen ääni, vialliselta näyttävä moottorin osa tai vaikkapa erilainen haju koestustilanteessa kuin tavallisesti.

## 4 TASAPAINOTUSKENTTÄ

### 4.1 Tasapainotuskentän kriittisyys

Pelkonen käsitteli opinnäytetyössään ”Korjaamon työprosessin kapeikkojen kartoitus” ABB:n Oulun moottorikorjaamon eri työvaiheiden tehokkuutta. Hän myös mittasi eri työvaiheiden ottamat ajat, jolloin niiden osuutta koko huoltoprosessista oli helpompi käsitellä. Keskimäärin tasapainotuksessa olleen kappaleen tasapainotus kesti 48 minuuttia. Tasapainotuskentän kriittisyys koko huoltoprosessille korostuu, koska tasapainotuksia voidaan tehdä nykyään korjaamalla vain yhdessä pisteessä. Koneiden purkamisia voidaan tehdä useammassa pisteessä ja purkujen määrä vaihtelee hyvin paljonkin. Pelkosen opinnäytetyössä oletettiin keskikentällä koneita purkamassa olevan tavallisesti kaksi henkilöä kerrallaan. Nykyään tilanne on, että keskikentällä koneita purkaa keskimäärin 3-4 henkilöä. Tasapainottajan vastuulle korjaamalla kuuluu myös suurin osa metallitöistä, joka vähentää tasapainotuksiin käytettävää kokonaisaikaa. Onkin siis tärkeää, että tasapainotustyöpisteen käytettävyys on hyvä ja työskentely tehokasta, jotta siitä ei muodostu pullonkaulaa huoltoprosessille. (11, s. 28–31.)

Tasapainotettavaksi tulevan kappaleen koko, paino ja muoto voivat vaihdella suuresti. Kun kappaletta kiihdytetään tasapainotusnopeuteen tai hidastetaan pysähdyksiin, täytyy huomioida, ettei se tapahdu liian nopeasti. Liian nopean kiihdytyksen tai hidastuksen johdosta voimansiirtona toimiva hihna voi alkaa luistaa. Tästä seuraisi kappaleen vapaa pyöriminen tasapainokoneella, kunnes se kitkan ja ilmanvastuksen vuoksi pysähtyisi. Kookkaat ja painavat kappaleet, joilla on suuri inertia, voivat vapaasti pyöriessään pyöriä jopa kymmenien minuuttien ajan ennen pysähtymistään. Varsinkin hätätilanteessa on tärkeää, että kappale saadaan pysäytettyä hallitusti, mutta kuitenkin mahdollisimman nopeasti. Myös itse tasapainotusprosessin aikana joudutaan kappaletta kiihdyttämään ja pysäyttämään useita kertoja, joten huoltoprosessin kannalta on toivottavaa, ettei kappale pääse vapaasti pyörimään.

## 4.2 Taajuusmuuttajan hankinta ja käyttöönotto

### 4.2.1 Suunnittelu ja hankinnat

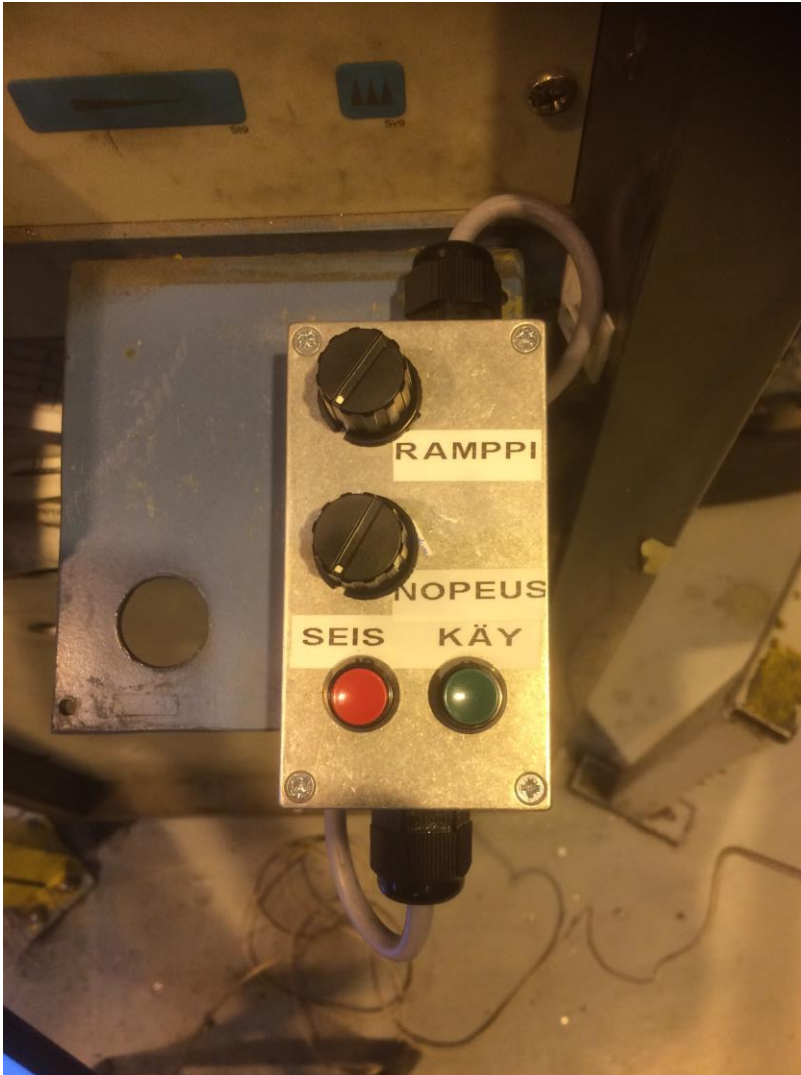
Työpisteen tärkein muutos oli taajuusmuuttajan uusiminen. Vanhan taajuusmuuttajan etäohjauspaneeli oli rikkoutunut eikä siihen ollut enää mahdollista saada varaosia. Uuden taajuusmuuttajan hankinnassa otettiin huomioon käytettävyys, varaosien saatavuus sekä pitkä käyttöikä vaativissa olosuhteissa. Taajuusmuuttajalla ohjattava moottori oli akseliteholtaan 22 kW, mikä määräsi taajuusmuuttajan kokoluokan. Hankinnassa päädyttiin ABB:n ACS880-01-0-072A-2 IP55-malliin. Kyseinen malli soveltui parhaiten käyttötarkoitukseen, eikä hintaero vanhempaan ACS800-malliin ollut kovinkaan suuri. Samalla suunniteltiin myös erillinen ohjauspaneeli taajuusmuuttajan ohjaimista varten, mihin tasapainottajan toiveiden mukaan sisällytettiin nopeuden ja kiihdytys- ja hidastusramppien säätö sekä käy- ja seis-painikkeet. Koeajojen aikana huomattiin myös pyörimissuunnan suunnanvaihdon tarpeellisuus. Suunnanvaihto toteutettiin siten, että painamalla kolme sekuntia seis-painiketta pohjassa pyörimissuunta vaihtuu.

Taajuusmuuttajalle hankittiin uusi jarruvastus, koska vanha ei ollut enää ABB:n omien suositusten mukainen kyseiselle mallille. Jarruvastukseen taajuusmuuttaja purkaa tehon, kun moottoria jarrutetaan ja se toimii generaattorina. ACS880-manuaali suositteli SAFUR 90 F 575-mallia ja se myös hankittiin. Kyseisen mallin jatkuva maksimiteho on 4,5 kW ja vastus 8 Ω. Hetkellinen maksimiteho on 90 kW. (12, s. 143, 144.)

Tasapainottaja ilmaisi myös huolensa hätä-seis painikkeiden uupumisesta tasapainokentän ulkopuolella. Pahimmassa tapauksessa tämä aiheuttaisi kymmenien metrien siirtymisen hätä-seis-painikkeelle ennen kuin henkilö pääsisi sitä painamaan hätätilanteessa. Tämän korjaamiseksi päädyttiin painikkeita sijoittamaan molempien tasapainokentälle tulevien ovien viereen.

#### 4.2.2 Taajuusmuuttajan etäohjaus ja adaptiivinen ohjelmointi

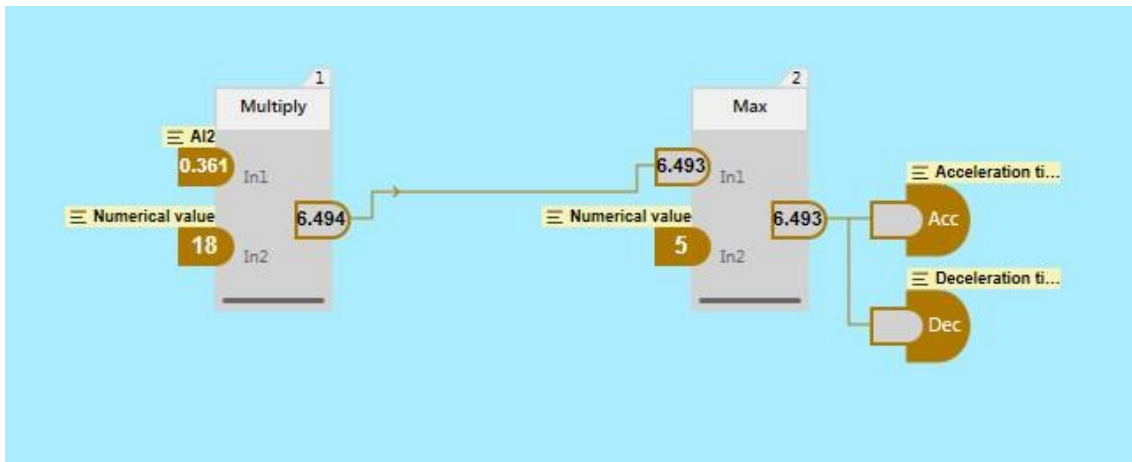
Uudella ohjauspaneelilla haluttiin nopeuttaa taajuusmuuttajan kiihdytys- ja hidastusramppien sekä nopeuden säätöä. Ohjauspaneeli rakennettiin alumiiniseen 250x100 jakorasiaan. Siihen asennettiin jousipalautteiset impulssinapit käy- ja seis-komennoille sekä potentiometrit nopeuden ja kiihdytysramppien säätöön.



KUVA 6. Tasapainotuskenttään tehty ohjauspaneeli.

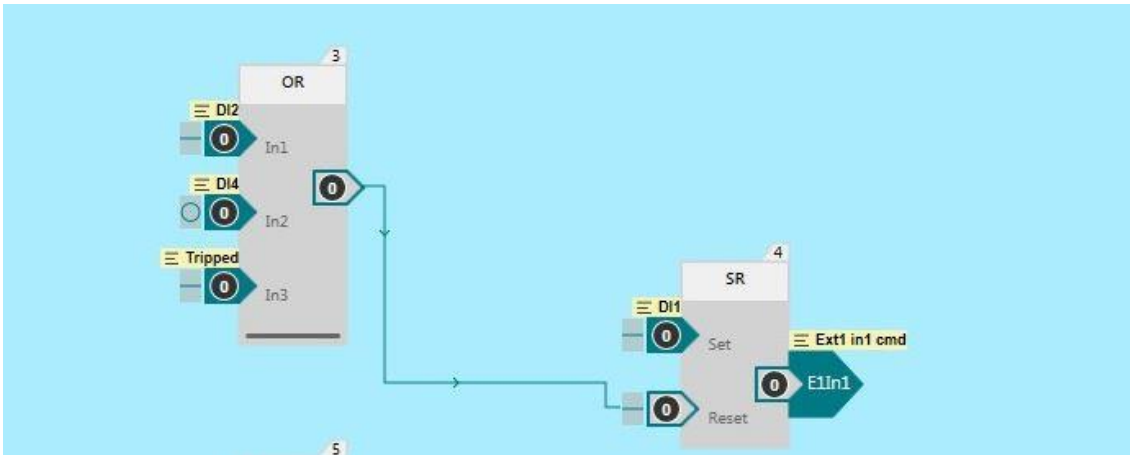
Kiihdytysramppien säätö ei onnistunut pelkillä parametrien muokkauksilla, vaan se tarvitsi lisäksi adaptiivisen ohjelman. Ohjelmointi suoritettiin Drive Composer pro -työkalulla. Kun haluttu ohjelma oli saatu valmiiksi, siirrettiin se tietokoneelta taajuusmuuttajalle USB-kaapeleilla. Analoginen säätö toteutettiin tässä tapauksessa 10 k $\Omega$ :in yksikierrospotentiometrillä, joka kytkettiin taajuusmuuttajassa "Analog Input 2" eli AI2-tuloon, kuten kuvassa 7 näkyy. Tulon syöttöjännite on +/- 10 V, joten

säätöjännitteeksi valittiin 0–10 V. Kiihdytys- ja hidastusrampin säädettäväksi väliksi päätettiin 5–180 sekuntia, jolloin 0 V vastasi 5 sekuntia ja 10 V 180 sekuntia. Tällä välillä rampin aika kulki lineaarisesti jännitteeseen nähden. Nopeusparametrin säätöön asennettiin samanlainen 10 kΩ:n yksikierrospotentiometri AI1–tuloon. ACS880:ssa AI1 säätää oletusarvoisesti nopeuden ohjausarvoa, joten sitä ei tarvinnut muokata. (13. s.103)



KUVA 7. Kiihdytys- ja hidastusrampin säätämisen potentiometrillä mahdollistava adaptiivinen ohjelma.

Digitaalisiin tuloihin tuotiin seis- ja käy-komennot sekä turvapiiri. DI1 on käy-komento, DI2 seis-komento ja DI4-turvapiiri, johon asennetut hätä seis-painikkeet oli kytketty. Kuvassa (8) "Ext1 in1 cmd" digitaalilähtö on käy-komento taajuusmuuttajalle. Kuvasta 8 näkee kun seis-komento, turvapiiri tai taajuusmuuttajalta tuleva tripped tieto on "ylhäällä", eli bitti on 1 asennossa, estää se taajuusmuuttajan käynnistymisen. Jos edellä mainituista mikään bitti ei ole päällä ja DI1 menee päälle, saa taajuusmuuttaja komennon käydä.



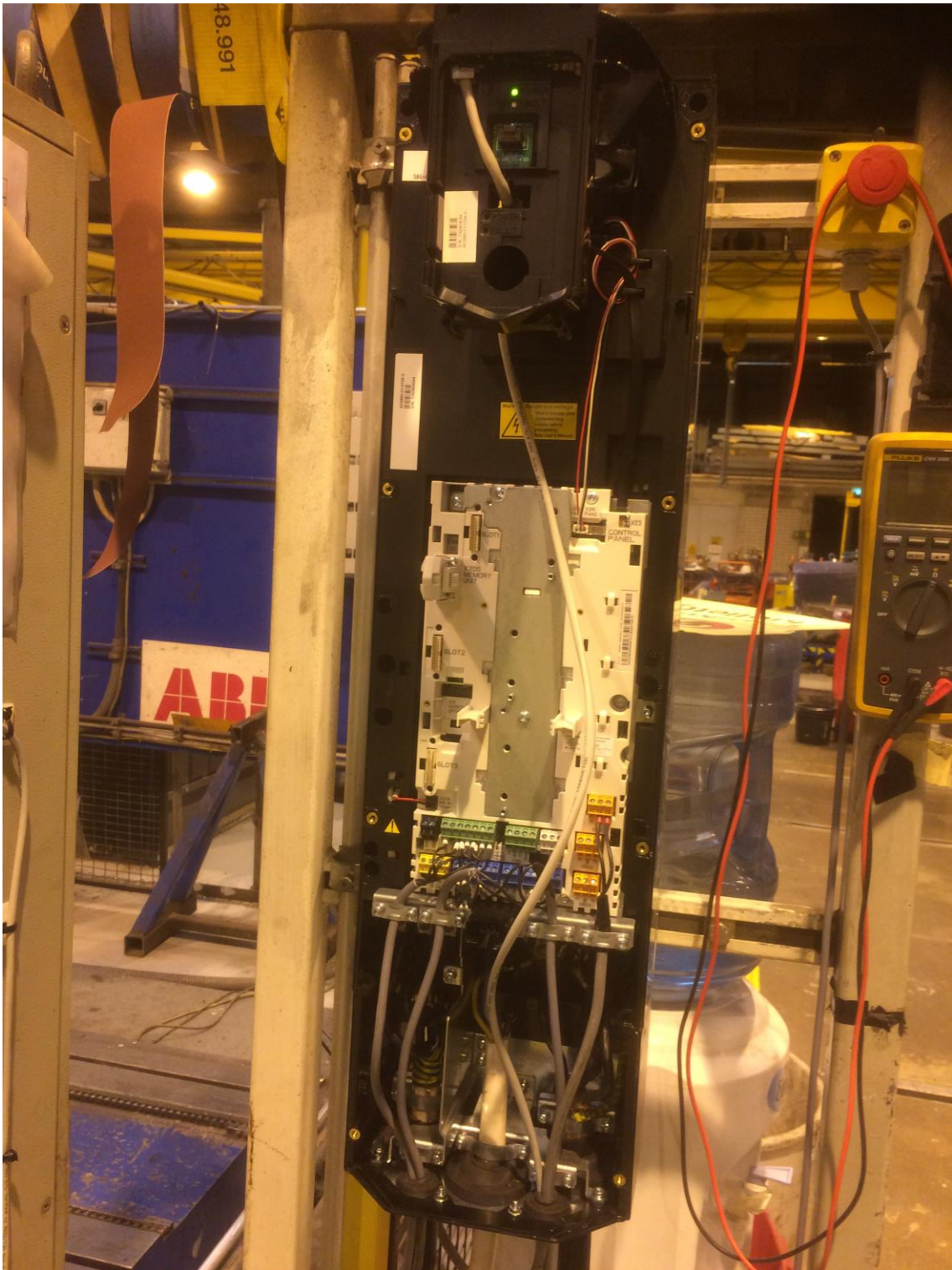
KUVA 8. Ohjauskäskyn digitaalipiiri

Suunnanvaihdon toteuttaminen oli kaikista vaativin osa taajuusmuuttajan ohjelmointia ja parametroitua. Sitä jouduttiin muokkaamaan useaan otteeseen ennen kuin se saatiin tarpeeksi toimintavarmaksi. Ongelman olisi myös voinut ratkaista rakentamalla uusi ohjauspaneeli, jossa olisi ollut suunnanvaihtopainike. Lopulta kuitenkin suunnanvaihdos saatiin toimimaan adaptiivisen ohjelman avulla. Toteutettu ratkaisu löytyy liitteenä 2.

#### 4.2.3 Taajuusmuuttajan asennus

Ensin tehtiin valmistelevat työt jonka jälkeen asennukset sekä käyttöönotto. Valmisteleviin töihin voidaan laskea adaptiivisen ohjelman tekeminen sekä asennuksista hätä-seis-painikkeiden asennus ja johdotus, etäohjauspaneelin ja ohjausyksikön koteloiden rakentaminen ja asennus. Nämä suoritettiin muutaman viikon aikana ennen varsinaista taajuusmuuttajan asennusta.

Toisessa vaiheessa suoritettiin itse taajuusmuuttajan asennus ja käyttöönotto. Tämä pyrittiin toteuttamaan yhdessä päivässä, jotta siitä olisi mahdollisimman vähän haittaa itse huoltoprosessille. Kuvassa (9) näkyy uusi taajuusmuuttaja asennettuna. Todellisuudessa asennus venyi kahdelle päivälle ja kolmannelle päivälle jäi moottorin koeajot. Asennus tehtiin ACS880-manuaalin mukaan.

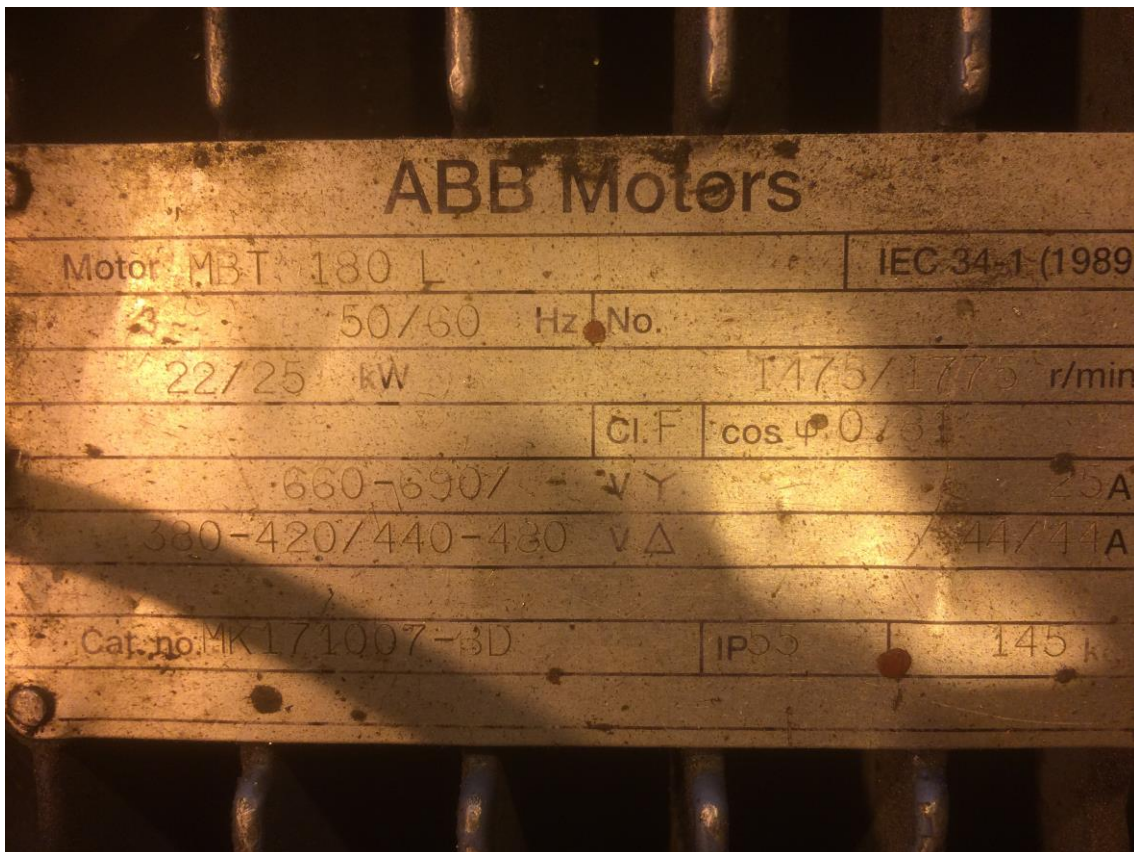


*KUVA 9. Tasapainotuskenttään asennettu uusi ACS880-taajuusmuuttaja*



#### 4.2.4 Taajuusmuuttajan parametointi

Parametointi aloitettiin täyttämällä ”99. Motor data” -parametrilohko. Tähän lohkoon tulee ohjattavan moottorin tiedot, jotka saatiin kuvassa (10) olevasta moottorin tyyppikilvestä. Parametria ”23.23 Emergency stop time” muutettiin ”Off1” -tilaan, jolloin hätä seis-ramppi tulee parametrasta ”23.12 Decleration time 1”. Tällöin siis Parametri ”21.5 Emergency stop source” laitettiin DI4, josta tehtiin turvapiiri taajuusmuuttajalle. Muut parametrimuutokset löytyvät liitteenä 3. (12, s. 212–213)



KUVA 10. Tasapainotuskentän moottorin kilpiarvot.

#### 4.2.5 Moottorin ID- ja koeajo

Moottorille suoritettiin parametroidin jälkeen identifointi, jonka avulla taajuusmuuttaja tunnistaa moottorin yksilölliset sähköiset ominaisuudet. Identifioinnin avulla saadaan sähköiset ominaisuudet, kuten staattoriresistanssin, hajainduktanssin ja roottoriaikavakion. Nämä näkyvät parametrilohkosta ”98. User motor parameters”, jotka löytyvät liitteenä 3.

Koeajoilla haluttiin varmistaa kokonaisuuden saumaton toiminta. Koeajoja monitoroitiin DriveComposer-työkalun avulla. Koeajoja suoritettiin kolme, pelkällä moottorilla, pienellä ja suurella kappaleella. Ajoista otettiin myös piirtoja taajuusmuuttajalta, joissa näkyivät esimerkiksi moottorin ottama virta, välipiirin jännite ja jarruvastukselle menevä teho. Näiden avulla pystyttiin toteamaan jarruvastuksen riittävä koko ja systeemin toiminta.

Koeajon aikana huomattiin pienien kappaleiden aiheuttama ongelma. Jos kappaleeseen pyöritysvoiman siirtävä hihna tuli halkaisijaltaan pienelle akselille tai kappaleen osalle, oli nopeudensäätö erittäin herkkä. Moottorin kierrosnopeuden lisäys tuli jopa yli kymmenkertaisena itse kappaleelle johtuen sähkömoottorin ja kappaleen akselien kokoerosta. Tasapainottajan kanssa kuitenkin todettiin kyseisiä kappaleita olevan verrattain vähän ja yksikierrospotentiometrin toimivan suurimmalla osalla kappaleista halutulla tavalla. Monikierrospotentiometrillä olisi tullut päinvastainen ongelma isoilla kappaleilla, jolloin potentiometrillä olisi tullut "laiska".

## **5 KOESTUSKENTTÄ**

### **5.1 Koestuskentän toiminnan kehittäminen**

Moottorin kokoamisen jälkeen suoritettavat tarkastusmittaukset sekä koeajo voidaan Oulun korjaamolla suorittaa vain yhdessä pisteessä, yksi moottori kerrallaan. Jotta koestuskentästä ei tulevaisuudessakaan muodostuisi pullonkaulaa huoltoprosessille, haluttiin koestuskentän toimintaa tehostaa. Helpottamalla koestajan päivittäistä toimintaa, saatiin tehostaminen aikaiseksi. Se toteutettiin kahdella erillisellä toimenpiteellä, jotka kuitenkin tukevat toisiaan.

### **5.2 Moottorien ohjaus**

Edellisen uudistuksen aikana taajuusmuuttajien ohjaamisessa ja parametroinnissa päädyttiin lopulta etäohjauspaneelin ja ohjauspulpetin yhteiskäyttöön. Tämä on vuosien saatossa osoittautunut hankalaksi yhdistelmäksi ja siitä muodostuikin tärkeä kehityskohde. Suunnitteluvaiheessa todettiin koestajalle helpoimmaksi tavaksi ohjata sekä parametreja taajuusmuuttajia ja tasavirtakäyttöä tietokoneen avulla. ABB:n omat työkalut Drive Composer ja DriveWindow antoivat hyvät ja selkeät työkalut ohjaukseen ja parametroiintiin. Lisäksi näillä ohjelmilla oli mahdollista saada ajon aikaista piirtoa esimerkiksi virtojen käyttäytymisestä tiheälläkin näytteenottotaajuudella, mikä mahdollistaa moottorin tarkemman analysoinnin. Näitä piirtoja voidaan myös liittää huoltoraportteihin, jolloin niiden laatu paranee.

Ohjausta varten hankittiin tehokkaampi tietokone, joka varmasti kykenee käsittelemään tiheänkin näytteenottotaajuuden. Koska tällä koneella ei ollut tarkoitus tehdä raporteja, päätettiin se jättää ilman internetyhteyttä. Tämä poisti huolen mahdollisista haittaohjelmista, jotka voisivat häiritä sen käyttöä.

### **5.3 Raportointi**

Raporttien ja raportoinnin kehittämisessä koestuskentässä lähdettiin ajatuksesta, että siitä pitää saada yksinkertaisempaa ja liikkuvampaa. Mittauksia ja koeajoja tehdään useita kertoja päivässä, joten on tärkeää, että raportointimahdollisuus on aina lähellä työskentelypaikkaa. Koestuskenttään

hankittiin tätä varten Microsoft Surface Pro 4 -tabletti. Se toimii niin kannettavana tietokoneena kuin tablettina. Sitä on helppo siirtää tarpeen mukaan ja sitä pystyy käyttämään apuna tarpeen vaatiessa esimerkiksi kenttähuoltotöissä raportointivälineenä. Jotta huoltoraporttipohjaa pystyi käyttämään vaivattomasti tablettitilassa, täytyi SharePointissa huoltoraporttipohjan painettavien ikonien kokoa kasvattaa.

Liikkuvuudesta huolimatta koestuskenttään haluttiin vakituinen raportointipiste, joka olisi mahdollisimman lähellä tietokonetta, jolla ohjataan taajuusmuuttajia. Koska SharePoint-tiedostoon pääsee käsiksi vain yhdellä laitteella kerrallaan, ei sitä voitu toteuttaa useamman laitteen yhdistelmällä. Tämän vuoksi päädyttiin Surface Pro 4:n näytön kloonaukseen Microsoftin WiDi-tekniikan avulla erilliseen näyttöön. Lisäksi hankittiin bluetooth-näppäimistö ja -hiiri, jolla pystytään langattomasti ohjaamaan Surface Pro 4:ää koestuskentän alueella. Kaikkien laitteiden kantama kattaa reilusti koestuskentän aidatun alueen, joten tällä ratkaisulla saatiin kiinteä työpiste raporttien tekemiseen sekä liikkuva työpiste, jota on helppo kuljettaa mukana.

Huoltoraportit SharePointissa tallentuivat ABB:n omalle serverille, johon ei pääse käsiksi kuin ABB:n verkossa olevalla koneella. Tämä kuitenkin aiheutti ongelman, sillä yrityksen ulkopuolelta tulleet laitteet eivät pääse ABB:n verkkoon. Erillisoikeuksien pyytäminen olisi ollut mahdollista Surface Pro 4:lle, mutta se olisi vaatinut erittäin paljon paperityötä, eikä oikeuksien saamisesta ollut takeita. Toinen ratkaisu oli siirtää huoltoraporttikanta sekä uusien raporttien tallennus pois yrityksen omalta serveriltä. Huoltoraporttien muokaus- ja katseluoikeudet määrittää SharePointin kannan pääkäyttäjä, joten tietojen vääriin käsiin joutumisenkaan ei ollut suuri riski. Lisäksi raporteissa ei ole kovin hyödyllistä tietoa mahdollisia tietoturvariskejä ajatellen.

Koko huoltoraporttikannan siirtäminen uudelle serverille olisi ollut massiivinen operaatio, joten päädyttiin ratkaisuun, jossa Oulun korjaamo siirtyy ennalta sovittuna päivämääränä käyttämään uutta kirjastoa uusien raporttien osalta. Tätä päivämäärää ei ollut vielä opinnäytetyön valmistumisen aikaan sovittu. Tämän päivämäärän jälkeen tulleiden moottoreiden huoltoraportit löytyvät uudesta huoltoraporttikannasta. Vanhat raportit löytyvät edelleen vanhasta huoltoraporttikannasta, johon ABB:n verkossa olevilla koneilla päästään käsiksi. Tarkka päivämäärä uuden kannan käytön aloittamiseen helpottaa raporttien etsimistä tulevaisuudessa, kun tiedetään, mistä päivästä lähtien raportit ovat uudessa kirjastossa.

## 6 JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET

Huoltoraportteja tehdään myös muistakin laitteista kuin moottoreista. Esimerkiksi muuntaja- ja kojeistohuollot suoritetaan monesti asiakkaan tiloissa paikan päällä ja niihin löytyy omat huoltoraporttipohjansa SharePointista. Nyt huoltoraporttien täyttäminen on yleensä jäänyt suoritettavaksi työn jälkeen, koska sopivia laitteita näiden täyttämiseen kentällä ei ennen ole ollut. Usein kenttähuoltotöissä kannettava tietokone on liian kömpelö ja riskialtis rikkoontumaan, joten iskusuojatuilla kuurilla varustettu tabletti toimisi mielestäni tällaisissa tilanteissa hyvin.

Koestuskentän kannalta jatkokehitysmahdollisuutena voidaan pitää enemmän automatisoitua mitausta ja koeajoa. Monet testilaitteista pystyttäisiin yhdistämään yhdeksi kokonaisuudeksi, jolloin vältyttäisiin monien eri testien ja testilaitteiden käyttämiseltä. Myöskin erilaisia testiajo-ohjelmia voitaisiin tehdä valmiiksi, jolloin taajuusmuuttaja ajaisi ennalta määrätyn ohjelman mukaan moottoria, asiakkaan toiveet toki huomioiden. Kaikkien näiden testien tulosten, piirtojen ja oloarvojen suora päivittäminen SharePointiin helpottaisi koestajan tehtävää huomattavasti. Sähkömoottoritehtailla automaatiota onkin viety paljon pidemmälle kuin korjaamoilla. Samalla on kuitenkin tiedostettava, että korjaamo on hyvin erilainen ympäristö tehtaaseen verrattuna. Korjaamolle tulevat moottorit eivät ole pelkästään ABB:n omia ja erot fyysisen koon, tehon ja käyttötarkoituksen välillä ovat suuria. Myös moottoreiden läpimienomäärät edustavat kahta ääripäätä. Tehtaassa koestuksia ja koeajoa voi olla jopa satoja ja korjaamolla parhaillaankin alle kymmenen päivässä.

Mitta- ja testilaitteiden yhdistäminen on myös hankalaa, koska samat laitteet palvelevat kenttähuoltoa. Kenttähuollossa tarvitaan mahdollisimman liikuteltavia laitteita ja laitteiden yhdistäminen isommaksi kokonaisuudeksi tarkoittaisi myös usein niiden fyysisen koon kasvamista. Mittalaitteiden kommunikaatio itse laitteen ja tietokoneen välillä on usein jo totta. Tästä hyvän esimerkin antaa sähköisiä mittausvälineitä valmistava Fluke langattomilla laitteillaan. Ongelmaksi kuitenkin muodostuu mittalaitteiden ja SharePointin kommunikointi keskenään. Sen toteuttaminen ainakin joiltain osin varmasti onnistuisi, mutta vaatisi laajan tutustumisen eri mittalaitteisiin ja niiden tiedonsiirtoon sekä SharePointiin.

## 7 YHTEENVETO

Tasapainokentän osalta kokemukset ovat olleet tähän mennessä positiivisia, varsinkin pienien korjausten jälkeen. Tasapainokentässä toimiminen on helpottunut ja tehostunut. Turvallisuuskin parani uusien hätä-seis-painikkeiden myötä, joita kuitenkin joudutaan onneksi äärimmäisen harvoin käyttämään. Tasapainottaja teki myös positiivisen turvallisuushavainnon pienenneestä melusta tasapainokentällä. Uusi taajuusmuuttaja on kymmeniä desibelejä hiljaisempi kuin vanha malli. Tätä ei ollut suunnittelussa otettu huomioon, vaan se oli mieluisa yllätys.

Koestuskentän tuloksia ei vielä ehditty saada käyttäjiltä, sillä uudistusten käyttöönotto jouduttiin jättämään opinnäytetyöstä pois aikataulullisten ongelmien vuoksi. Tablettia on kuitenkin käytetty jo kenttähuollon töissä huolto raporttien tekemiseen. Käyttäjien palautteet on näiltä osin ollut positiivisia. Huoltotilanne kentällä on toki erilainen kuin korjaamalla, mutta uskoisin tabletin toimivan raportoinnin apuna hyvin myös koestuskentällä. Kiinteä raportointipistekin löytyy koestuskentästä, joten tarpeen vaatiessa vanhaan tyyliinkin huolto raporttien täyttäminen onnistuu.

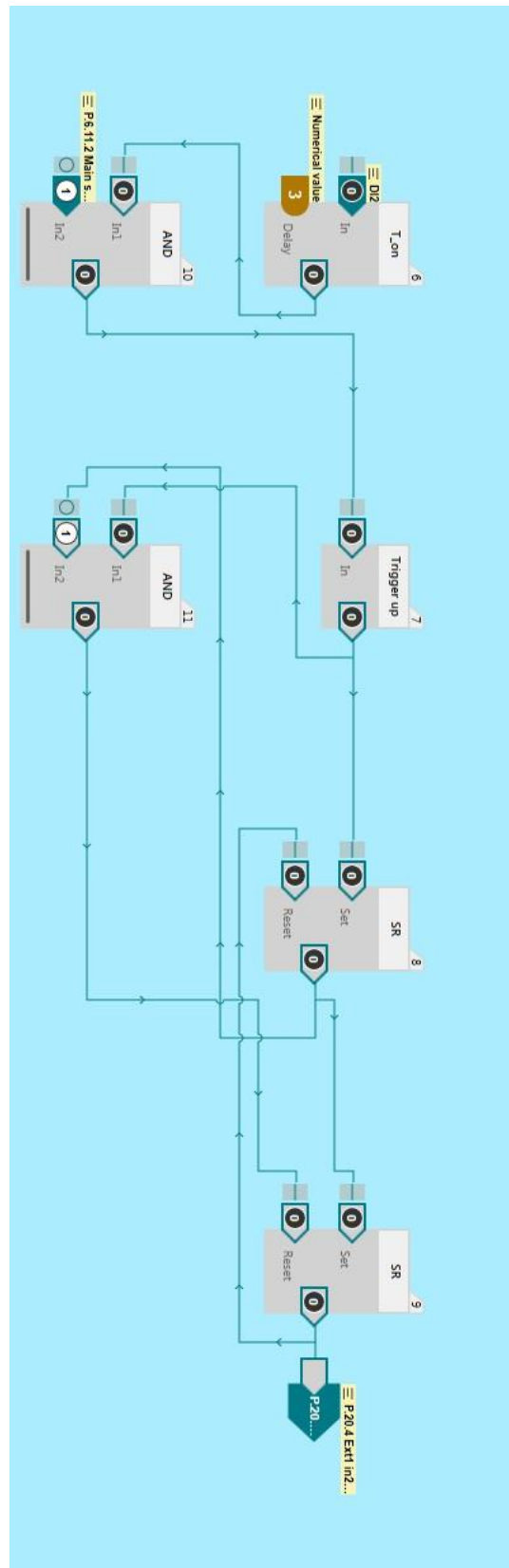
Taajuusmuuttajien ohjaamista ja parametointia tietokoneella on käytetty usein koestuskentässä, kun koeajosta on tarvittu tarkempaa analyysia ja koeajossa on ollut mukana huoltoinsinööri. Huoltoinsinöörin mielestä parametointi ja ohjaaminen on helpompi tehdä tietokoneella kuin taajuusmuuttajan omasta ohjauspaneelistä. Itse havaitsin saman asian, kun suoritin koeajoja tasapainotuskentän taajuusmuuttajalla. Uskoisin myös koestajien olevan samaa mieltä, kunhan heidät perehdytetään siihen tarpeeksi hyvin ja kattavasti ennen ohjauksen käyttöönottamista.

## LÄHTEET

1. About ABB: Our Business. ABB. Saatavissa:  
<http://new.abb.com/about/our-businesses>. Hakupäivä 29.1.2017.
2. Suomalaiset juuret. ABB. Saatavissa:  
<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia/suomalaiset-juuret>. Hakupäivä 29.1.2017.
3. Mikä on taajuusmuuttaja? ABB. Saatavissa:  
<http://www.abb.com/cawp/db0003db002698/d5b664f5dd909412c1257291003ef7cc.asx>.  
Hakupäivä 29.3.2017.
4. Hietalahti Lauri 2013. Teollisuuden sähkökäytöt. Vantaa: AMK-kustannus Oy Tammertekniikka.
5. Teknisiä tietoja ja taulukoita. 2000, 10. painos. ABB.
6. Motor School: Induction Motor School. LHP. Saatavissa:  
[http://www.lhp.co.in/index\\_without\\_right.php?file=motor\\_school](http://www.lhp.co.in/index_without_right.php?file=motor_school). Hakupäivä 29.3.2017
7. PSK 7704 2000. Kunnonvalvonnan sähköiset menetelmät. Pyörivät epätahtikoneet. Eristysvastusmittaus. PSK Standardisointi ry.
8. PSK 7705 2000. Kunnonvalvonnan sähköiset menetelmät. Pyörivät epätahtikoneet. Impedanssimittaukset. PSK Standardisointi ry.
9. Konttinen, Juha 2008. Vaihtosähkökoneen huolto ja koestus. Opinnäytetyö. Tampereen AMK, sähkötekniikan koulutusohjelma.
10. PSK 7706 2000. Kunnonvalvonnan sähköiset menetelmät. Pyörivät epätahtikoneet. Toistoaltomittaus. PSK Standardisointi ry.
11. Pelkonen, Juho 2012. Korjaamon työprosessin kapeikkojen kartoitus. Opinnäytetyö. Oulun seudun ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma.
12. ACS880 Hardware Manual. 2016. ABB
13. Firmware Manual: ACS880 primary control program. 2016. ABB.







2.21.2017 1:01

1 / 3

## Device Info

Tasapainokone  
 Type ACS880-01-072A-3+B056 (414)  
 Model ACS880  
 Serial AINF240x



## Drive parameters

Index	Name	Value	Unit	Min	Max	Default
5. Diagnostics						
4	Fan on-time counter	3	days	0	65535	0
7. System info						
40	IEC application Cpu usage peak	1.5	%	0.0	100.0	0.0
41	IEC application Cpu load average	1.5	%	0.0	100.0	0.0
10. Standard DI, RO						
24	RO1 source	Running	NoUnit			Ready run
12. Standard AI						
18	AI1 max	10.014	V	-22.000	22.000	10.000
19	AI1 scaled at AI1 min	10.000	NoUnit	-32768.000	32767.000	0.000
25	AI2 unit selection	V	NoUnit			mA
28	AI2 max	10.014	V	-22.000	22.000	20.000
29	AI2 scaled at AI2 min	5.000	NoUnit	-32768.000	32767.000	0.000
30	AI2 scaled at AI2 max	180.000	NoUnit	-32768.000	32767.000	100.000
20. Start/stop/direction						
3	Ext1 in1 source	Adaptive program	NoUnit			DI1
4	Ext1 in2 source	Adaptive program	NoUnit			DI2
21. Start/stop mode						
3	Stop mode	Ramp	NoUnit			Coast
5	Emergency stop source	DI4	NoUnit			Inactive (true)
6	Zero speed limit	1.00	rpm	0.00	30000.00	30.00
22. Speed reference selection						
14	Speed ref1/2 selection	Speed reference 1	NoUnit			Follow Ext1/Ext2 selection
22	Constant speed sel1	Not selected	NoUnit			DI5
23. Speed reference ramp						

2.21.2017 1:01

2 / 3



Index	Name	Value	Unit	Min	Max	Default
11	Ramp set selection	Acc/Dec time 1	NoUnit			D14
12	Acceleration time 1	6.499	s	0.000	1800.000	20.000
13	Deceleration time 1	6.499	s	0.000	1800.000	20.000
30. Limits						
13	Minimum frequency	0.00	Hz	-500.00	500.00	-50.00
17	Maximum current	70.40	A	0.00	30000.00	103.70
30	Oversvoltage control	Disable	NoUnit			Enable
31. Fault functions						
11	Fault reset selection	Not selected	NoUnit			D13
43. Brake chopper						
6	Brake chopper function	Enabled with thermal model	NoUnit			Disabled
8	Brake resistor thermal to	555	s	0	10000	0
9	Brake resistor Pmax cont	4.50	kW	0.00	10000.00	0.00
10	Brake resistance	8.0	Ohm	0.0	1000.0	0.0
46. Monitoring/scaling settings						
1	Speed scaling	85.86	rpm	0.10	30000.00	1500.00
95. HW configuration						
1	Supply voltage	380...415 V	NoUnit			Not given
98. User motor parameters						
2	Rs user	0.02257	p.u.	0.00000	0.50000	0.00000
3	Rr user	0.01278	p.u.	0.00000	0.50000	0.00000
4	Lm user	1.72847	p.u.	0.00000	10.00000	0.00000
5	SigmaL user	0.15212	p.u.	0.00000	1.00000	0.00000
9	Rs user SI	0.11846	Ohm	0.00000	100.00000	0.00000
10	Rr user SI	0.06708	Ohm	0.00000	100.00000	0.00000
11	Lm user SI	28.88	mH	0.00	100000.01	0.00
12	SigmaL user SI	2.54	mH	0.00	100000.01	0.00
99. Motor data						
6	Motor nominal current	44.0	A	0.0	6400.0	0.0

2.21.2017 1:01

3 / 3



Index	Name	Value	Unit	Min	Max	Default
7	Motor nominal voltage	400.0	V	0.0	800.0	0.0
8	Motor nominal frequency	50.00	Hz	0.00	500.00	0.00
9	Motor nominal speed	1475	rpm	0	30000	0
10	Motor nominal power	22.00	kW	0.00	10000.00	0.00
11	Motor nominal cos $\varphi$	0.81	NoUnit	0.00	1.00	0.00
200. Safety						
254	CRC of the configuration	100	NoUnit	0	65535	0







