

# ÄLYKKÄÄN MOOTTORIKESKUKSEN MODERNISOINTI- SUUNNITELMA

Toni Toikka

Opinnäytetyö

Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

2025

Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Toni Toikka	<b>Vuosi</b>	2025
<b>Ohjaaja</b>	DI Jussi Suopajarvi		
<b>Toimeksiantaja</b>	Lapin ammattikorkeakoulu Oy		
<b>Työn nimi</b>	Älykkään moottorikeskuksen modernisointisuunnitelma		
<b>Sivumäärä</b>	44		

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli saada Lapin ammattikorkeakoulun Kemin kampuksen sähkövoimalaboratoriossa sijaitseva MNS-iS-moottorikeskus toimimaan jälleen opetuskäytössä. Jotta tämä oli mahdollista, tehtiin keskukselle laaja vikakartoitus, jonka pohjalta voitiin arvioida mitä resursseja keskuksen toiminnallisuuden palauttaminen vaati. Lisäksi pohdittiin, kuinka keskuksen huoltovarmuutta voitaisiin parantaa.

Tutkimustyö toteutettiin perustaen alan kirjallisuudesta, laitevalmistajan materiaalista ja avoimesti verkosta saatavilla olevaan, ajantasaiseen tietopohjaan. Osana tutkimusta käytiin keskusteluja laitevalmistajan edustajien kanssa, niistä saatiin uusia näkökulmia vianetsintään.

Tämä opinnäytetyö saavutti sille määritetyt tavoitteet. MNS-iS-keskuksen ongelmat saatiin ratkaistua. Työn tuloksena saatiin laadittua muutosehdotus, jota noudattamalla keskus toimii opetuskäytössä entistä huoltovarmempana vuosien ajan. Työn pohjalta voidaan toteuttaa MNS-iS-keskuksen muutostyöt.

Avainsanat

taajuusmuuttajat, sähkömoottorikäytöt, teollisuusautomaatio, ohjauksjärjestelmät

Electrical and automation engineering  
Bachelor of engineering

---

<b>Author</b>	Toni Toikka	<b>Year</b>	2025
<b>Supervisor(s)</b>	Jussi Suopajarvi, MSc (Tech)		
<b>Commissioned by</b>	Lapland University of Applied Sciences		
<b>Title</b>	Intelligent Motor Control Center's Modernization Plan		
<b>Number of pages</b>	44		

---

The purpose of this thesis was to get the MNS-iS-motor control center located in the electric power laboratory of the Kemi campus of Lapland University of Applied Sciences back into operation for educational purposes. To make this possible, extensive troubleshooting was carried out for the center. Based on that troubleshooting it was possible to assess what resources were required to restore the center's functionality. In addition, it was also considered how the center's maintenance reliability could be improved.

The research work was carried out based on the literature in the field, the manufacturer's material and an up-to-date knowledge that is openly available on the internet. As part of the research, discussions were held with the equipment manufacturer's representatives, which provided new perspectives on troubleshooting.

This thesis achieved the objectives set for it. The problems with the MNS-iS-center were solved. As a result of the work, a modification proposal was made. By following it, the center will operate in educational use with greater maintenance reliability for years to come. Based on the work, modifications to the MNS-iS-center can be implemented.

Keywords

frequency converters, electric motor drives, industrial automation, control systems

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	MOOTTORIKESKUKSET JA NIIDEN KOMPONENTIT .....	8
2.1	MNS iS .....	10
2.1.1	Älykäs moottorikeskus .....	13
2.1.2	Profibus .....	15
2.2	Moottorilähdöt.....	16
2.2.1	Suoralähtö ja suunnanvaihtolähtö.....	17
2.2.2	Pehmokäynnistin .....	18
2.3	Taajuusmuuttaja .....	20
2.4	Käynnistysmenetelmien vertailu .....	22
2.5	Taajuusmuuttajien ohjaussovellukset .....	23
2.5.1	DriveStudio.....	23
2.5.2	DriveWindow .....	25
2.5.3	Drive Composer.....	25
2.6	Tuotesarjojen elinkaari.....	27
2.7	Älykkäiden moottorilähtöjen kehitys .....	29
3	LAITTEISTON NYKYTILA .....	30
3.1	DOL- ja REV-tyypin moduulit.....	30
3.2	Pehmokäynnistimet .....	31
3.3	Taajuusmuuttajat .....	33
3.4	Ongelmat nykytilassa.....	34
4	ESISELVITYS .....	35
4.1	Taajuusmuuttajat .....	35
4.2	MView .....	36
5	MUUTOSEHDOTUS .....	38
6	POHDINTA.....	40
	LÄHTEET .....	42

## ALKUSANAT

Haluan esittää lämpimät kiitokseni Lapin ammattikorkeakoulu Oy:lle, joka tarjosi työn vaatimat resurssit ja tukea kirjoitusprosessin aikana. Erityiskiitokset ansaitsee ohjaajani Jussi Suopajarvi hienosti hoidetusta ohjaustyöstä ja hänen panoksestaan työn valmistumisen eteen. Yleisellä tasolla haluan kiittää jokaista, joka on auttanut tämän matkan aikana.

Oulussa 21.04.2025

Toni Toikka

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

DOL Suoralähtö (direct on line)

REV Suunnanvaihtolähtö (reversing)

## 1 JOHDANTO

Tämän työn toimeksiantajana toimii Lapin ammattikorkeakoulu Oy. Nykyisellä nimellään yhtiö on toiminut vuodesta 2014 ja sillä on kampukset Rovaniemellä, Kemissä ja Torniossa. Lapin ammattikorkeakoulussa opiskelee noin 6000 opiskelijaa ja yhtiö työllistää yhteensä hieman yli 400 henkilöä. Yksi Lapin ammattikorkeakoulun tarjoamista koulutuksista on sähkö- ja automaatioinsinöörin tutkinto, johon opetusta tarjotaan Kemissä. (Lapin ammattikorkeakoulu Oy 2025.)

Käytännönläheinen laboratorioharjoittelu on tärkeä osa sähkö- ja automaatioinsinöörin koulutusta. Kemin kampuksen sähkövoimalaboratoriossa on havaittu ongelma. Laboratoriossa sijaitsevan MNS iS-moottorikeskuksen taajuusmuuttajien ohjaus ei toimi, kuten pitäisi. Lisäksi ongelmia on keskuksen ohjauspaneelin kanssa. Näiden syiden seurauksena keskuksen opetuskäyttö on vajavaista, eikä sillä voida tehdä tärkeitä harjoitustöitä.

Tämän opinnäytetyön keskeisin tutkimuskysymys ja sitä tukevat tutkimuskysymykset ovat:

- Miten MNS iS-keskus voidaan palauttaa toimivaksi?
- Mitkä ovat MNS iS-keskuksen ongelmat nykytilassa ja mikä ne aiheuttaa?
- Mitä resursseja MNS iS-keskuksen toimivuuden palauttaminen vaatii ja onko huollettavuutta mahdollista parantaa samalla?
- Kuinka vastaavanlaiset ongelmat pyritään välttämään tulevaisuudessa?

Kysymyksiin etsitään vastaukset perustaen laitevalmistajan materiaalista, alan kirjallisuudesta ja standardeista saatavaan faktatietoon. Työ aloitetaan laatimalla esiselvitys, jossa tuodaan esille vaihtoehtoja keskuksen toiminnallisuuden palauttamiseksi. Esiselvityksen pohjalta laaditaan muutosehdotus. Mikäli päättävä taho hyväksyy ehdotuksen, alkavat MNS iS-keskuksen muutostyöt.

## 2 MOOTTORIKESKUKSET JA NIIDEN KOMPONENTIT

Moottorikeskus on osa teollisuuden sähkönjakelua. Tyypillisesti moottorikeskukset sisältävät moottoreiden ohjaus- ja suojalaitteita. Moottorikeskuksen kiskostoon syötetään sähköä laitoksen jakelujärjestelmästä ja keskuksen moottorilähtöjen avulla syötetään sähköä moottoreille. Moottorilähtöjen komponenttien avulla on mahdollista määrittää moottoreille syötettävän sähkön laatu. Kuvio 1 on erään valmistajan moottorikeskus.



Kuvio 1. Moottorikeskus (Siemens 2025)

Moottorikeskuksen komponentit sekä suojaavat keskusta ja sen ympäröivää verkkoa vikatilanteissa että syöttävät halutunlaista sähköä moottoreille. Moottorikeskuksista usein löytyviin komponentteihin kuuluvat erilaiset releet, kytkimet, mittarit ja kontaktorit.

Releen ja kontaktorin merkittävin ero on se, että kontaktorit ohjaavat suurempaa kuormaa päälle ja pois kuin releet. Kontaktorit toimivat kytkinlaitteena päävirtapiirissä ja releet ohjausvirtapiirissä. Kontaktoreihin asennetaan usein apukoskettimia, jotka kertovat käyttäjälle, mikäli kontaktorin asento vaihtuu. Kontaktorin valinta on varsin suoraviivaista seuraten valmistajan taulukoita. (Hietalahti 2013, 172–174.)

Suojareleitä käytetään suojaamaan moottoria. Se on laite, joka toimii tietyllä mitasuureen arvolla ja havahtuu kun mitattava suure ohittaa sille määritetyn asetusarvon. Kun suojarele havahtuu, antaa se katkaisijalle virikkeen toimia. Moottorin suojauksessa tyypillinen suojarele on ylikuormitusrele ts. lämpörele. Se tarkkailee moottorin verkosta ottamaa virtaa ja havahtuu mikäli se nousee liian suureksi. (Hietalahti 2013, 163.) Kuviossa 2 on erään valmistajan ylikuormitusrele.



Kuvio 2. Ylikuormitusrele (Ahlsell 2025)

Katkaisijoilla voidaan toteuttaa sulakkeeton suojaus. Niitä käytetään keskuksissa lähtöjen suojaamiseen sekä kuormituksen avaamiseen ja sulkemiseen. Pienjännitejärjestelmissä käytetään ilma- ja kompaktikatkaisijoita. Johdonsuojakatkaisijoita voidaan käyttää moottorin ohjauspiirin suojaamiseen. Johdonsuojakatkaisijan laukaisukäyrän on hyvä olla K-tyyppiä, sillä ne kestävät hyvin induktiivista kuormaa. Moottorinsuojakytkimiä voidaan käyttää pienitehoisissa järjestelmissä. Teollisuuden sovelluksissa usein moottorisuojakytkimen kanssa toimii kontaktori. (Hietalahti 2013, 161–162.)

Keskuksset voidaan jaotella rakenteensa perusteella kenno-, kotelo- ja kaappikeskuksiin. Kennokeskukset ovat usein valmistajan ennen asennusta mitoittamia metallirunkoisia keskuksia. Niissä on pää- ja haarakiskoihin jaettu jakelu. Syöttö tuodaan kaapelilla tai kiskosillalla. Haarakiskoilla syötetään lähtökennoja. Lähdet etukojeineen sijaitsevat erillisissä kennoissa. Keskuksen apupiireillä ohjataan pääpiirejä ja mitataan niistä eri suureita galvaanisesti erotettujen muuntajien kautta. Muuntajat muuttavat suureet mittalaitteille sopiviksi, jonka jälkeen niitä voi

tulkita mittalaitteilta. (Hietalahti 2013, 198–202.) Kuvio 3 havainnollistaa erään valmistajan kennokeskusta.



Kuvio 3. Kennokeskus (Utu Group 2024)

Kotelokeskukset ovat usein 400 V:n jännitteellä toimivia kosketussuojattuja alatai ryhmäkeskuksia. Ne soveltuvat hyvin käytettäväksi vaikeissa olosuhteissa, sillä niiden IP-luokka on yleensä korkeampi kuin kennokeskuksilla. Kaappikeskus on usein lattialla seisova keskus, jossa on yksi tai useampia lähtökenttiä. Kaappikeskuksia käytetään taajuusmuuttajien tai muiden laitteiden kotelointiin. Keskuksen oveen voidaan asentaa kytkimiä, merkkilamppuja ja ohjauspaneeleita. Tällöin ovi voi toimia prosessin ohjauspaikkana. (Hietalahti 2013, 203.)

## 2.1 MNS iS

MNS iS on ABB:n valmistama älykäs modulaarirakenteinen moottorikeskus (Kuvio 4). Keskusta voidaan kutsua myös kennokeskukseksi, sillä jokaisen lähdön etukojeet ovat omissa kennoissaan. Keskus voidaan asentaa takaosa seinään päin, kaksi keskusta takaosat vastakkain tai duplex-asennuksella, kun halutaan varmistaa jonkin kriittisen toiminnon jatkuminen tai minimoida yksittäisen vian aiheuttamat seuraukset. Duplex-asennuksessa keskuksilla on yhteinen pääkiskosto. (ABB Oy 2020, 12.)



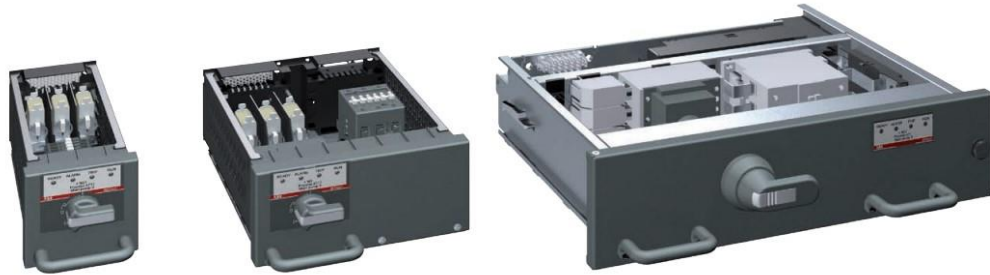
Kuvio 4. MNS iS-keskus (ABB Oy 2020, 13)

Keskus koostuu moduuleista, joiden sisällä on jokaisen lähdön komponentit erillisenä piirinä. Keskukseen on saatavilla erilaisia käynnistysvaihtoehtoja, kuten suoria-, suunnanvaihto- ja tähtikolmiokäynnistyksiä. Moduuleista, jotka sisältävät lähdön etukojeet käytetään nimeä MStart. (ABB Oy 2020, 18.)

Moduulirakenne on hyvä verrattuna kiinteästi asennettuihin lähtöihin esimerkiksi vikatilanteessa, sillä vikaantunut moduuli voidaan poistaa keskuksesta ja laittaa sen tilalle heti samanlainen varamoduuli. Näin toimien tuotanto ei keskeydy ja vikaantunut moduuli voidaan huoltaa rauhassa varamoduulin toimiessa sen paikalla.

MStart-moduuleja on saatavilla useaa eri kokoa. Kuvio 5 on MStart-moduuleja ulosvedettynä keskuksesta. Kuvion moduulit ovat pienimmästä suurimpaan: 6E/4, 6E/2 ja 6E. Ohjattavan moottorin tehon kasvaessa myös etukojeiden koko kasvaa, joten pienitehoisia moottoreita ohjataan pienillä moduuleilla ja suuritehoisia moottoreita suuremmilla moduuleilla. Taajuusmuuttajille tarkoitettu

moduuli on kokoa 12E. Kokoluokitus määräytyy MStartin ohjaaman moottorin tehon ja etukojeiden vaatiman tilan mukaan. (ABB Oy 2020, 8–9, 15.)



Kuvio 5. MStart-moduulit (ABB Oy 2020, 18)

MStart-moduuleissa on valintakytkin, jonka asentojen kuvaukset ovat esillä Kuvio 6. Kytkimestä voi kääntää lähdön päälle ja pois sekä testata. Kääntämällä kytkimen 6E/4 ja 6E/2 malleissa kello viiteen ja muissa malleissa kello yhdeksään moduuli tulee 30 mm ulos keskuksesta ja on eristetty jännitteettömäksi. Kello kuuteen kääntämällä, voi moduulin vetää ulos keskuksesta.

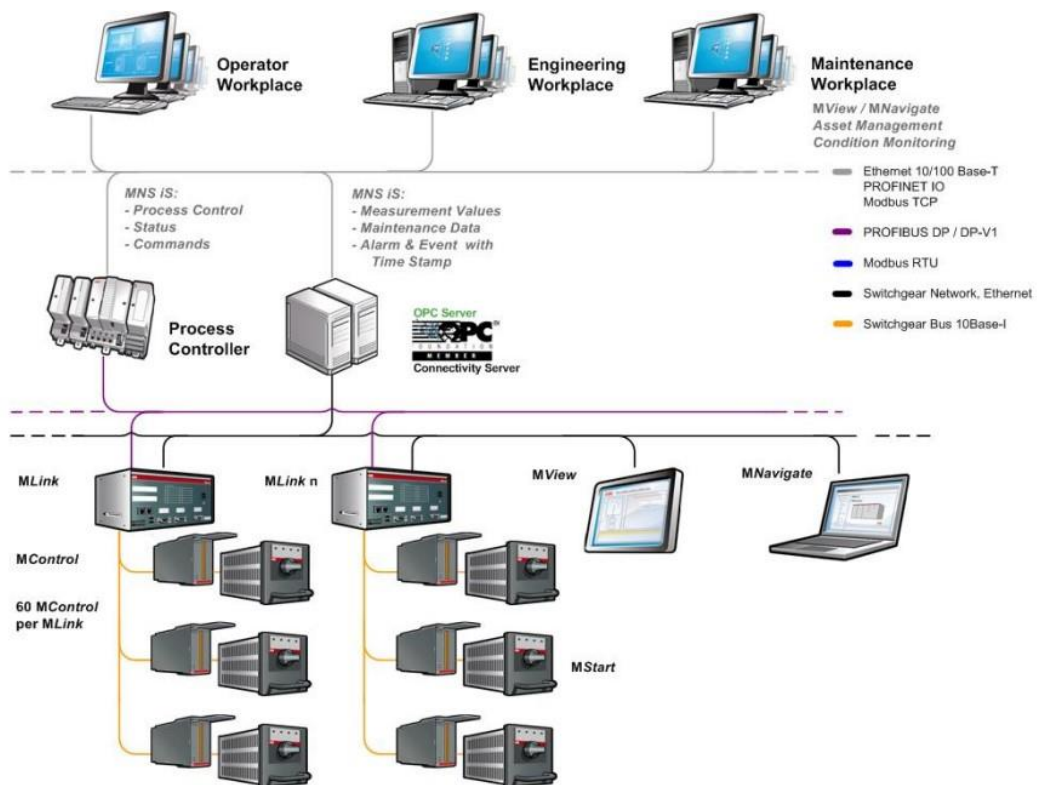
Position		Designation	Mechanical status		Electrical status		
6E/4, 6E/2	6E...24E		Module interlocked	Padlock possible	Withdrawable contacts	Main switch	Control circuit
		ON position (I)	✓	---			
		OFF position (O)	✓	✓		Y	Y
		Test position	✓	✓		Y	
		Disconnected position (Isolated position)	✓ 30 mm withdrawn	✓	○	Y	Y
		Moving Position (Withdrawn position)	--- removal possible	---	or Y	Y	Y

Kuvio 6. Valintakytkimen asennot (ABB Oy 2020, 53)

### 2.1.1 Älykäs moottorikeskus

MNS iS-keskuksen kaikissa MStart -moduuleissa on moduulikohtaiset mittaukset virralle, jännitteelle ja lämpötilalle. Nämä sekä ohjaus- ja suojalaitteet on kytketty tiedonkeruulaitteelle (MLink), joka kerää kaikki kojeiston tiedot ja jakaa ne käyttäjälle luettavaksi. Tietoja voidaan hyödyntää esimerkiksi prosessinohdollisiin tai sähkötekniisiin tarpeisiin. (ABB Oy 2025c.)

Kuvio 7 avaa hieman lisää laitteiden välistä kommunikaatiota. MControl kerää mittausarvot MStart-moduulista MLink-laitteelle, joka lähettää tiedot käyttäjälle. Yhteen MLink-laitteeseen voidaan kytkeä 60 MControl-laitetta. (ABB Oy 2011b, 21.)



Kuvio 7. MNS iS -laitetekunikaatio (ABB Oy 2011b, 21)

Tämä MNS iS-keskuksen valvontajärjestelmä tarjoaa monia etuja perinteiseen moottorikeskukseen nähden. Mittausten avulla alkava vika voidaan havaita ajoissa ja täten suorittaa ennakoivia huoltotoimia joiden ansiosta käyttökatkokset vähenevät. Älykäs moottorikeskus tarjoaa myös ohjauksen useasta paikasta, kuten MView-laitteelta, tietokoneelta tai laitteen omalta ohjauspaneelilta.

Kuvio 8 esittää MView-laitteen ohjauspaneelia. MView on kosketusnäytöllä toimiva HMI-laite, jolla voidaan ohjata siihen kytkettyjä laitteita. Laitteen sisällä on Web-selain, jolla pääsee käsiksi MLink-laitteen sisältämään serveriin. MView:in näytöltä voi tarkistaa myös MStart-lähtöjen tilan, diagnostiikkatiedot, hälytykset ja paikantaa MStart-lähdön. Tieto MLink-laitteen ja MViewin välillä kulkee ethernet-kaapelia pitkin. (ABB Oy 2011b, 21.)



Kuvio 8. MView-paneeli (ABB Oy 2025d)

Kuvio 9 on esitetty MControl-laite. MControl on ohjausyksikkö, joka kerää mittaus- ja tilatiedot lähdöltä ja välittää ne tiedonkeruulaitteelle MLink. Laitteen sisällä on mikroprosessoripohjainen pääkortti, joka suorittaa suojaus-, ohjaus- ja valvontatoiminnot. MControl kommunikoi väylää pitkin MStart- ja Mfeed-moduulien kanssa. Yksikössä on indikointiledit 1,2,3 ja 4, jotka viestivät profibus yhteyden-, MLink yhteyden- ja laitteen tilasta. (ABB Oy 2011a, 24.)



Kuvio 9. MControl-laite (ABB Oy 2025b)

Myös taajuusmuuttajien ohjaukseen on oma moduulinsa MNS iS-keskuksessa. Tästä käytetään nimeä MSpeed. MSpeed-moduulin avulla taajuusmuuttaja voidaan liittää osaksi MNS iS-keskuksen valvontajärjestelmää. MSpeed-moduuli ei tarvitse omaa MControl-laitetta vaan se voidaan kytkeä suoraan profibus-kaapelia käyttäen osaksi järjestelmää. MSpeed-moduuli mahdollistaa taajuusmuuttajan ohjauksen MView-laitteelta. (ABB Oy 2011a.)

### 2.1.2 Profibus

MNS iS-keskuksen laitekommunikaatiossa käytetään profibus-väylää. Profibus on maailmanlaajuisesti käytössä oleva kenttäväyläratkaisu. Vuoden 2022 lopussa profibus-laitteita oli melkein 70 miljoonaa. Profibus perustuu standardiin IEC 61158, mikä takaa yhteensopivuuden useiden laitetoimittajien kanssa. Standardi määrittelee teolliset tiedonsiirtoprotokollat ja niiden OSI- (open systems interconnection) kerrokset. (Profibus & Profinet International 2025.)

Profibusesta on kaksi eri versiota DP ja PA. DP:tä käytetään usein moottorinohjauksen ja taajuusmuuttajien kanssa ja PA:ta esimerkiksi lähettimien ja toimilaitteiden kanssa. Profibusväylässä saa olla enintään 126 liittijää ja kahden päätevastuksen välissä 32 liittijää. Päätevastusten väleissä käytetään termiä segmentti. DP:n maksimi tiedonsiirtonopeus on 12 megabittiä sekunnissa ja PA:n 31.25 kilobittiä sekunnissa. (ABB Oy 2025e.)

Väylän olisi hyvä kulkea laitteelta toiselle, eli välttää esimerkiksi T-haarojen tekoa, sillä niistä signaali voi heijastua takaisinpäin väylässä ja täten aiheuttaa ongelmia. Profibusväylässä käytetään häiriösuojattua parikaapelia, joka mahdollistaa 12 Mbit/s tiedonsiirtonopeuden. Kuvio 10 näyttää kaapelin liittiminen.



Kuvio 10. Profibuskaapeli ja liitin

## 2.2 Moottorilähdöt

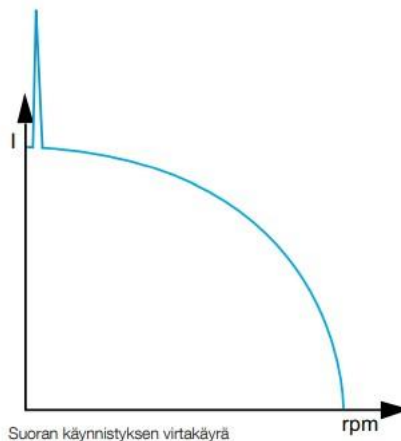
Sähkömoottorit, ennen kaikkea yleisimmin teollisuudessa käytössä olevat oikosulkumoottorit ottavat käynnistyessään suuren virtapiikin. Tällainen virtapiikki voi aiheuttaa ongelmia moottoria ympäröivälle sähköverkolle.

Käynnistysvirtapiikki on yleisimmin 4–8 kertaa nimellisvirran suuruinen mutta voi olla vielä isompikin. Käynnistymisen aikana virran tehokerroin  $\cos \varphi$  on pieni, noin 0.2–0.45, johtuen koneen ottamasta runsaasta loistehosta. Kun moottori on kiihtynyt nimelliseen pyörimisnopeuteensa, on myös  $\cos \varphi$  nimellisarvossaan. (Hietalahti 2013, 43.)

Virtapiikin rajoittamiseen ja moottorin ohjaukseen on saatavilla useita vaihtoehtoja. Lapin ammattikorkeakoulun MNS iS-keskuksessa on, suorija- ja suunnanvaihtolähtöjä sekä pehmokäynnistin- ja taajuusmuuttajalähtöjä.

### 2.2.1 Suoralähtö ja suunnanvaihtolähtö

Suora käynnistys on helppo ja yksinkertainen käynnistysratkaisu. Suoran lähdön komponentit ovat ainoastaan pääkontaktori sekä lämpörele tai elektroninen ylikuormitusrele. Suoran käynnistuksen haittana on se, että käynnistysvirtapiikki ei pienene ollenkaan (Kuvio 11). Lisäksi käynnistuksen magnetointihuippu voi olla yli 20-kertainen nimellisvirtaan nähden, sillä moottori ei ole käynnistuksen alussa jännitteinen. (ABB Oy 2011b, 13.)



Kuvio 11. Suoran käynnistuksen virtakäyrä (ABB Oy 2011b, 13)

Riippuen syöttävästä verkosta suoraa käynnistystä voi käyttää pienissä ja keski-suurissa moottoreissa. Suurien moottorien kohdalla käynnistysvirta ja vääntömomentin heilahtelut ovat jo niin huomattavia, että niistä seuraava jännitteenalennema haittaa muiden samaan verkkoon kytkettyjen laitteiden toimintaa. (Hietalahti 2013, 129–130.)

Suunnanvaihto kytkentää sovelletaan esimerkiksi ohjaamaan jotakin tiettyä kuljetinta edestakaisin. Menetelmä ei rajoita käynnistysvirtapiikkiä, joten siihen pätee samat lainalaisuudet kuin suoralähtöön. Suunnanvaihdon toiminta perustuu siihen, että moottorin pyörimissuuntaa muutetaan vaihtamalla kahden vaiheen paikkaa keskenään. Tämä toteutetaan kontaktoreilla, joista toisen vetäessä moottori pyörii eteenpäin ja toisen vetäessä taaksepäin. Kontaktorit tulee lukita ristiin apukoskettimien avulla, etteivät ne pääse vetämään samanaikaisesti. (Hietalahti 2013, 209.)

### 2.2.2 Pehmökäynnistin

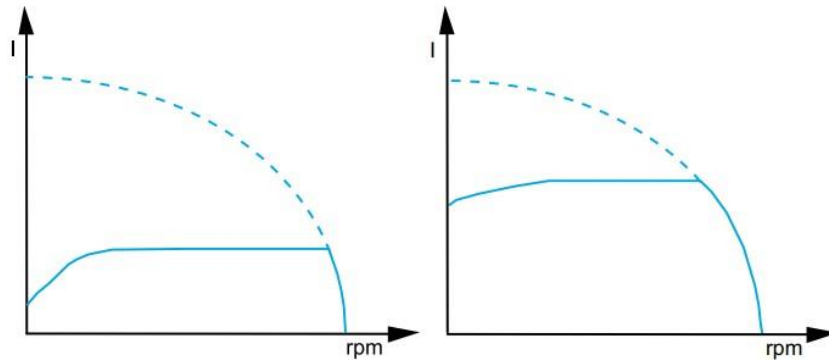
Pehmökäynnistin eroaa siten taajuusmuuttajasta, että se ei muuta taajuutta vaan rampittaa moottorille syötetyn jännitteen hiljalleen nimellisjännitteen suuruiseksi. (ABB Oy 2011b, 18.) Kuvio 12 on erään valmistajan pehmökäynnistin.



Kuvio 12. Pehmökäynnistin (Sähkönumerot 2025)

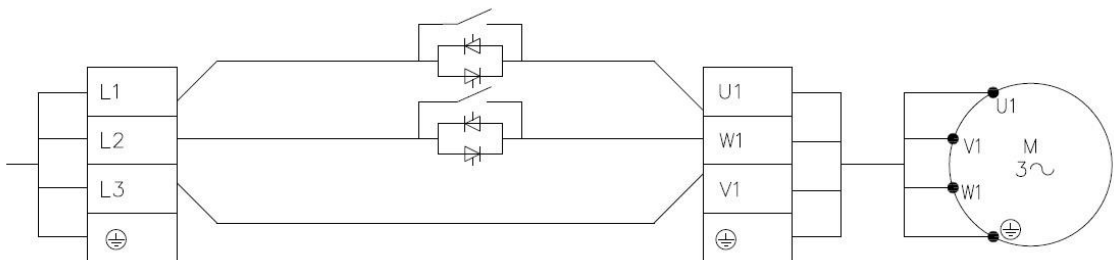
Aluksi moottorille syötetään sen verran jännitettä, että moottorin ohjaaman laitteiston rattaat tai vetohihnat kiristyvät. Tällä tavoin vältetään tarpeettomilta nytkähdyksiltä käynnistettäessä. Yksi pehmökäynnistimen eduista on momentin säätömahdollisuus tarpeen mukaan, riippumatta kuormasta. Pehmökäynnistimen avulla pienennetään käynnistysvirtapiikkiä ja käynnistysmomenttia. Pehmökäynnistimellä, kuten taajuusmuuttajallakin voidaan toteuttaa pehmeä jarrutus, joka vähentää mekaanista rasitusta. (ABB Oy 2011b, 18.)

Kuvio 13 on pehmokäynnistimen virtakäyrät, kun moottoria käynnistetään. Vasemmalla on pienellä kuormalla toteutettu käynnistys ja oikealla suuremmalla kuormalla. Katkoviivalla piirretty kuvaaja esittää käynnistysvirtaa ilman pehmokäynnistimen rajoittavaa vaikutusta.



Kuvio 13. Pehmokäynnistimen virtakäyrät (ABB Oy 2011b, 19)

Pehmokäynnistimen toiminta perustuu vaihesiirtokulman säätämiseen. Säätämällä vaihesiirtokulmaa, jännite saadaan rampitettua halutulla tavalla. Pehmokäynnistin käyttää vaihesiirtokulman säätämiseen tyristöreita. Yksinkertaistettuna kytkentä käynnistimen sisällä on Kuvio 14 kaltainen.



Kuvio 14. Pehmokäynnistimen kytkentä (mukaillen Hietalahti 2013, 211)

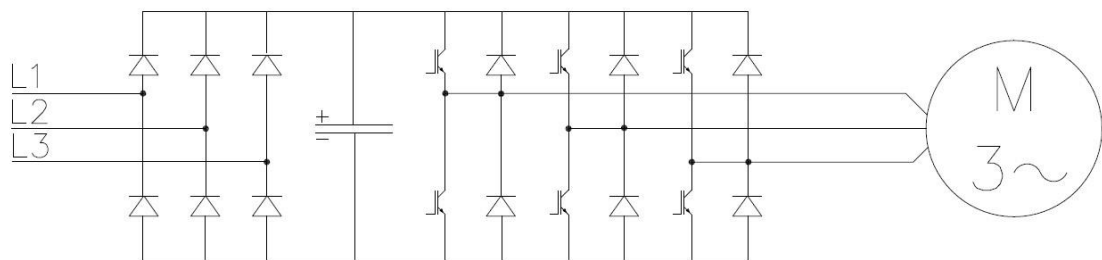
Tyristori on lämpenevä komponentti, joten usein pehmokäynnistimissä on termistoriohjattu jäähdytys, joka aktivoituu tietyssä lämpötilassa. Jotta tyristorit eivät turhan takia lämpenisä liikaa, pehmokäynnistimiin on rakennettu ohituskytkentä, joka ohittaa tyristorit kun moottori pyörii nimellisa nopeudellaan.

Yhdellä pehmokäynnistimellä voidaan joissain sovelluksissa käynnistää useampi moottori. Moottorit voidaan käynnistää joko saman aikaisesti tai porrastetusti. Mikäli moottorit halutaan käynnistää samanaikaisesti (rinnan) niin

pehmokäynnistimen on pystyttävä käsittelemään kaikkien moottoreiden yhteenlaskettua nimellis- ja käynnistysvirtaa. Mikäli ohituskontaktori on käytössä niin vain käynnistysvirtaa, siihen saakka, kunnes nimellinopeus on saavutettu. (Hietalahti 2013, 191.)

### 2.3 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja on sähköinen laite, joka muuttaa syöttämänsä sähkön taajuutta ja jännitettä, ohjaten näin esimerkiksi oikosulkumoottoria. Yleisesti taajuusmuuttajia käytetään pumpeissa ja puhaltimissa sekä kuljettimissa. Tyypillisin tapaus on sellainen, jossa yhdellä taajuusmuuttajalla ohjataan yhtä sähkömoottoria, Kuvio 15 havainnollistaa tällaista tilannetta. Myös useamman moottorin ohjaus on mahdollista yhdellä taajuusmuuttajalla, tällöin moottorit toimivat kaikki samalla tavalla. (Hietalahti 2013, 75.)



Kuvio 15. Moottorin ohjaus taajuusmuuttajalla (mukaillen Hietalahti 2013, 75)

Taajuusmuuttaja koostuu tasasuuntaajasta, välipiiristä ja vaihtosuuntaajasta. Tasasuuntaaja muuntaa vaihtovirran tasavirraksi ja vaihtosuuntaaja takaisin vaihtovirraksi. Välipiirin tehtävä on tasoittaa vaihtosähkön aaltoisuutta. Taajuusmuuttajalla saadaan minimoitua käynnistysvirtapiikki sekä muutettua tarvittaessa moottorin pyörimisnopeutta helposti. Taajuusmuuttaja myös suojaa moottoria esimerkiksi ylikuormitukselta ja jumeilta. (ABB Oy 2011b, 16.)

Taajuusmuuttaja on oikea ratkaisu sovelluksiin, joissa jatkuva nopeudensäätely on tarpeellista. Joissain sovelluksissa taajuusmuuttajaa käytetään vain käynnistykseen ja pysäyttämiseen, tällöin kyseessä on turhan kallis ratkaisu, sillä halvemmalla samanlainen toiminta onnistuu pehmokäynnistimellä. Taajuusmuuttajasta aiheutuu myös väkisin jonkin verran harmonisia yliaaltoja

verkkoon, vaikka suotimet ja suojatut kaapelit niitä rajoittavatkin. (ABB Oy 2011b, 17.)

Taajuusmuuttajan käyttöönotto aloitetaan syöttämällä sille moottorin parametrit, kuten nimellisvirta, -teho ja nopeus. Käyttöönotto vektorisäädetyissä taajuusmuuttajissa tehdään identifioimalla. Identifioidessaan taajuusmuuttaja itse selvittää moottorin parametrit ja luo niistä itselleen sijaiskytkennän, jonka avulla se ohjaa moottoria. Taajuusmuuttajan räjäytyskuvasta nähdään laitteen pääosat (Kuvio 16).



Kuvio 16. Taajuusmuuttaja (mukaillen Sähkönet 2025)

Taajuusmuuttajalla tehtävä jarrutus voidaan hoitaa eri tavoin. Tarve jarrutukselle voi ilmetä esimerkiksi silloin, kun kuorma pyrkii pyörittämään moottoria. Tällainen tilanne voi ilmetä esimerkiksi kuormaa laskevassa nostimessa. Yleisin tapa jarruttaa on vastusjarrutus. (Hietalahti 2013, 75.)

Vastusjarrutuksen toiminta perustuu siihen, kun moottori lähtee pyörimään nopeammin kuin taajuusmuuttaja on määrännyt, se muuttuu generaattoriksi ja syöttää sähköä taajuusmuuttajan välipiiriin. Välipiirin kohonnut jännite kytkee tasasuuntaajan pois käytöstä. Tämä huomataan ohjauselektronikalla, joka kytkee jarrutusvastuksen välipiiriin. Jarrutusvastusta ohjataan jarrukatkojalla, joka avautuu ja sulkeutuu tarvittavan jarrutuksen vaatimalla taajuudella. Jarruvastuksen toiminta muuttaa pyörimisenergian hukkalämmöksi. (Hietalahti 2013, 75.)

Taajuusmuuttajat täytyy mitoittaa käytön mukaan. Seuraavaksi kerrotaan joitakin peruseriaatteita taajuusmuuttajan mitoituksesta.

Ensiksi valitaan moottori, prosessin vaatimusten mukaan. Kun moottori on tiedossa etsitään sille sopiva taajuusmuuttaja. Taajuusmuuttajan manuaaliseksi mitoittamiseksi on laskettava kuormitusmomentin perusteella moottorin virrat. Taajuusmuuttajan ylikuormitettavuus on pienempi kuin moottorin, joten se usein joudutaan mitoittamaan suurimman käytössä esiintyvän virran perusteella. Joillekin taajuusmuuttajille sallitaan hetkellinen ylikuormitus (esimerkiksi 150 % minuutin ajan tietyin välein). Ylikuormitusmahdollisuutta käytetään hyväksi esimerkiksi käynnistyksen yhteydessä suuren irrotusmomentin luomiseksi. (Hietalahti 2011, 21.)

Oikean laitteen valitsemisen helpottamiseksi taajuusmuuttajien valmistajilla on taulukoita, joiden avulla on helppoa valita oikea taajuusmuuttaja moottorille. Laitetoimittaja voi myös toimittaa käytön valmiina pakettina, jolloin heidän asiantuntijansa valitsevat oikeat laitteet, jotka toimivat keskenään ja palvelevat käyttötarkoitusta vallitsevissa olosuhteissa.

#### 2.4 Käynnistysmenetelmien vertailu

Mainituista käynnistysmenetelmistä alhaisimmat keskimääräiset asennuskustannukset ovat suoralla käynnistyksellä mutta kyseinen menetelmä ei rajoita korkeaa käynnistysvirtapiikkiä. Lisäksi pehmeä jarrutus ei onnistu suoralla käynnistyksellä, joka voi aiheuttaa paineiskuja putkistossa mikäli sovellus olisi pumppukäytössä. Suoralla käynnistyksellä oleva moottori myös luistattaa enemmän hihnoja ja altistaa ne täten katkeamiselle toisia käynnistysmenetelmiä enemmän. (ABB Oy 2011b, 20.)

Pehmökäynnistimen ja taajuusmuuttajan hankinta- ja asennuskustannukset ovat huomattavasti suuremmat mutta niiden tarjoamat edut maksavat hintaa takaisin elinkaaren aikana. Pehmökäynnistin ja taajuusmuuttaja rajoittavat käynnistysvirtapiikin pois, täten ympäröivä sähköverkko ei kärsi samalla lailla kuin suorasta käynnistyksestä. Lisäksi käyttäen pehmoa tai taajuusmuuttajaa, äkillisestä pysähdyksestä koituvat haitat, kuten kuljettimien osien vauriot, tavaroiden rikkoutuminen ja paineiskut ovat poisluetut. (ABB Oy 2011b, 20.)

Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että pehmokäynnistin riittää sellaisiin sovelluksiin, joissa ei tarvita käytön aikaista nopeuden säätöä. Päinvastoin taajuusmuuttaja on hyvä sellaisiin sovelluksiin, joissa nopeussäätö on yleistä.

## 2.5 Taajuusmuuttajien ohjaussovellukset

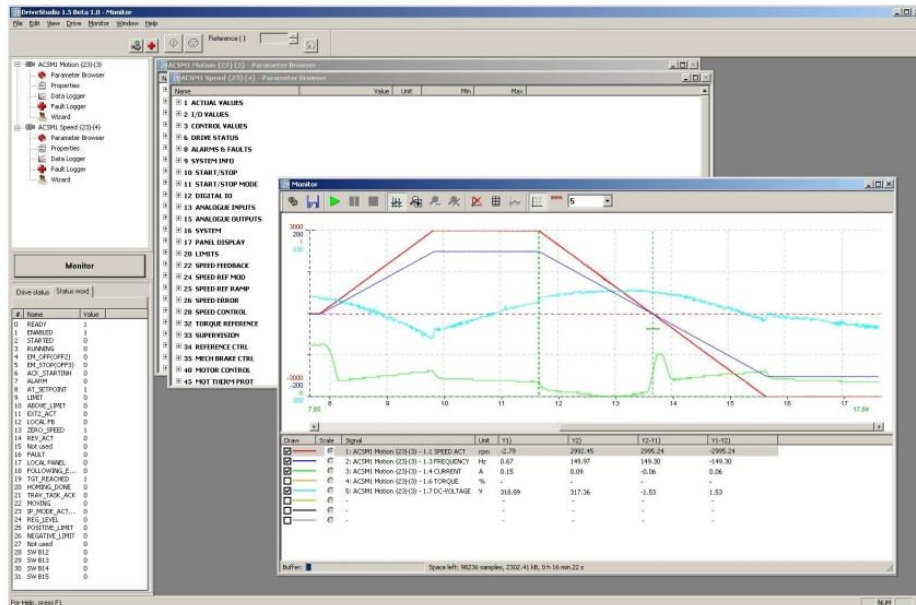
Moderneita taajuusmuuttajia on mahdollista parametroida ja ohjata tietokonetta käyttäen. Tällaiseen ohjaukseen tarvitsee tietokoneelle olla ladattuna taajuusmuuttajan ohjaussovellus. MNS iS-keskuksen kanssa samanikäisille taajuusmuuttajatuoteperheille on ABB:llä saatavilla kaksi erilaista ohjaussovellusta: DriveStudio ja DriveWindow.

Ohjaus tietokoneelta tapahtuu uusimpien taajuusmuuttajien kanssa monesti etäyhteydellä esimerkiksi bluetoothilla mutta langallistakin yhteyttä käytetään. Langallinen yhteys on jopa turvallisempi vaihtoehto. MNS iS-keskuksen taajuusmuuttajia ohjataan tietokoneelta langallisesti. Taajuusmuuttajan ohjauspaneelin takaa löytyy liitin, johon kytketään OPCA-02-kaapeli, jonka toinen pää on tietokoneen com-portissa.

### 2.5.1 DriveStudio

DriveStudio on muun muassa ACS850-sarjan taajuusmuuttajien ohjaukseen kehitetty ohjelmisto. Sillä voi hoitaa tarvittavia tehtäviä taajuusmuuttajan koko elinkaaren aikana, kuten parametointia ja tilan tarkkailua.

Kuvio 17 havainnollistaa miltä näyttää, kun DriveStudio on käytössä. DriveStudio mahdollistaa työskentelyn useamman taajuusmuuttajan kanssa yhdenaikaisesti, esimerkiksi siten, että yksi taajuusmuuttaja on master-laite ja sillä on tietty määrä slave-taajuusmuuttajia. DriveStudio toimii ainakin Windows-2000, -xp, -vista tai -7 käyttöjärjestelmissä. (ABB Oy 2012a, 6.)



Kuvio 17. DriveStudio (ABB Oy 2012a)

Drive-list-paneelistä selviää helposti taajuusmuuttajakäytön tila. Vihreä moottorin kuvake indikoi, käytön olevan käynnissä (Kuvio 18). Mikäli käyttöön tulee häiriö, tekstin tausta muuttuu punaiseksi, hälytyksestä oranssiksi ja yhteyden katkeamisesta harmaaksi. Tekstin tausta muuttuu mustaksi mikäli ohjelma havaitsee toisen käytön samalla port/node-kombinaatiolla. (ABB Oy 2012a, 26.) Data logger ja monitorointi-ikkunat ovat apuvälineitä, jotka piirtävät käyrämuodossa visuaalisen esityksen käytön mitta-arvoista. Data loggeria on kätevä käyttää vaikkapa vianetsintään tai diagnostiikkatietojen tarkasteluun. Monitorointi ikkunaa voi käyttää apuna vaikkapa prosessin valvonnassa. (ABB Oy 2012a, 42.)

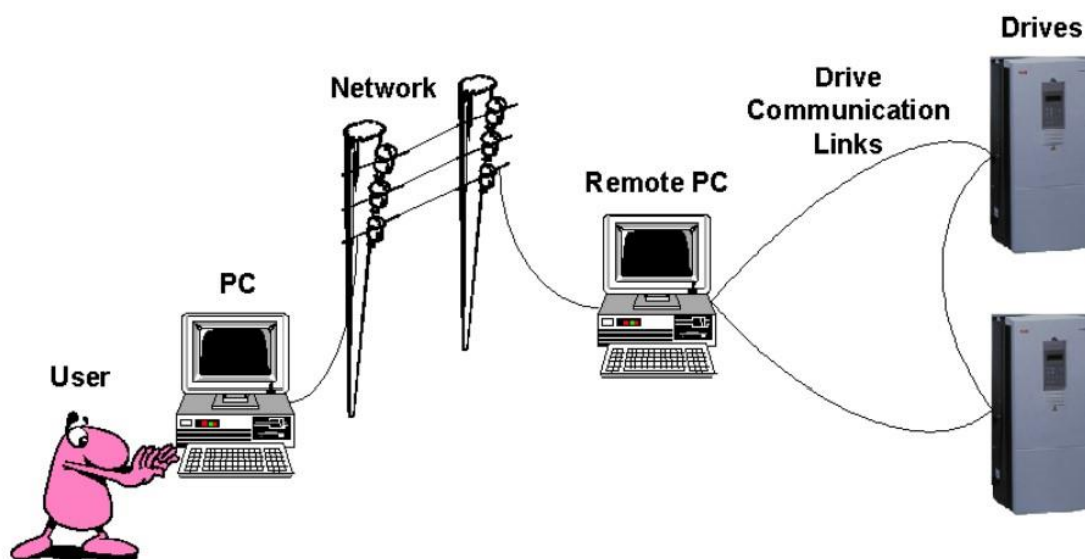


Kuvio 18. Drive-list (ABB Oy 2012a, 26)

### 2.5.2 DriveWindow

DriveWindow on pien- ja keskijännitesovelluksissa käytettävien taajuusmuuttajien yhteydessä käytettävä ohjelmisto. Sovellus on yhteensopiva muun muassa ACS800-sarjan taajuusmuuttajien kanssa. DriveWindow on ABB:n taajuusmuuttajille käyttöönotto- ja ylläpitosovellus. Sen 64-bittinen versio on saatavissa ainakin Windowsin käyttöjärjestelmiin: vista, 7 ja 8. (ABB Oy 2012b, 8.)

DriveWindow on OPC (Open platform communications) pohjainen sovellus, jolla on paljon samoja ominaisuuksia kuin DriveStudiolla mutta sitä voi käyttää myös netin välityksellä etänä (Kuvio 19). Turvallisuussyistä kuitenkin paikallinen käyttö on suositeltua. (ABB Oy 2012b, 17.)



Kuvio 19. DriveWindow etäkäyttö (ABB Oy 2012b, 17)

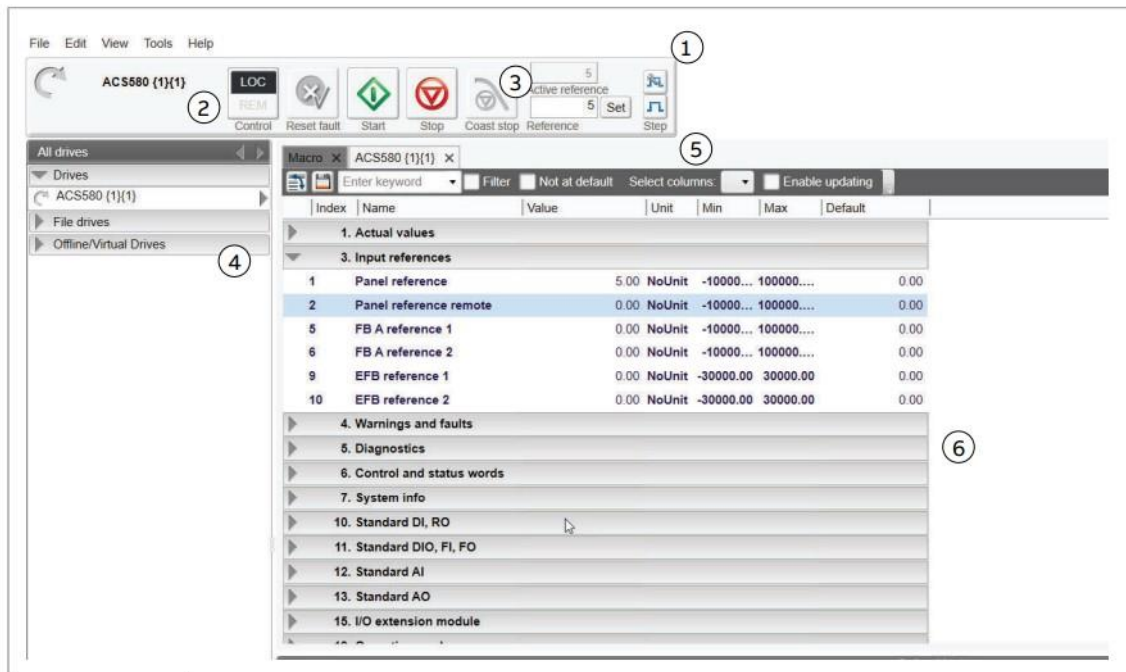
DriveWindowilla voi asetella parametreja, monitoroida taajuusmuuttajan arvoja ja tarkkailla käytön tilaa. Keskeisin ero DriveStudion ja DriveWindowin välillä on, että DriveWindow on pääasiallisesti tarkoitettu toimimaan ACS800-sarjan taajuusmuuttajien kanssa ja DriveStudio ACS850-sarjan kanssa. ACS850-sarjan taajuusmuuttajat ovat tehoiltaan 1,1–500 kW ja ACS800 0,55–5600 kW.

### 2.5.3 Drive Composer

Drive Composeria voidaan pitää DriveStudion ja DriveWindowin uudempana versiona. Drive Composer on yhteensopiva esimerkiksi uuden sukupolven

acs880- ja acs580-sarjan taajuusmuuttajien kanssa ja tukee windows 10 ja 11 käyttöjärjestelmiä. Ohjelmistosta on saatavilla ilmainen entry-versio ja lisenssin vaativa pro-versio. Lisäksi älypuhelimeen ladattava Drivetune-sovellus mahdollistaa bluetoothin kautta käytävän vuorovaikutuksen taajuusmuuttajien kanssa. Tällä tavoin voi älypuhelimella muuttaa parametrejä ja monitoroida taajuusmuuttajan tilaa. (ABB Oy 2024a, 82.)

Drive Composerin entry-ilmaisversiolla pääsee pitkälle mutta pro versiossa tulee käyttöön esimerkiksi laajemmat back-up-ominaisuudet, muokattavat parametriikkunat ja taajuusmuuttajan ohjauksen lohkokaaviot. Taajuusmuuttajamallista riippuen voidaan ne ketjuttaa CAT5-kaapelilla, ja täten luoda väylä, jonka ohjaaminen ja monitorointi on mahdollista Drive Composerilla. (ABB Oy 2024b.) Kuvio 20 näyttää yleiskuvan sovelluksen käytöstä.

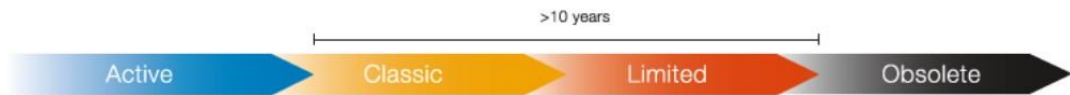


Kuvio 20. Drive Composer (ABB Oy 2024c, 56)

Kuviossa numeroidut osat ovat 1: otsikkotaulu, 2: valikkoikkuna, 3: taajuusmuuttajan kontrollipaneeli. Numero 4 on taajuusmuuttajalista, joka näyttää käytön tilan indikointisymbolein. 5 on status-paneeli ja 6 työalue, johon käyttäjä voi tuoda analysointi-ikkunan, kontrollidiagrammit ja muita ikkunoita. (ABB Oy 2024c, 56.)

## 2.6 Tuotesarjojen elinkaari

ABB jakaa tuotteidensa elinkaaren neljään vaiheeseen (Kuvio 21). Varaosien saatavuus on taattu kolmessa ensimmäisessä vaiheessa, aktiivisessa-, klassisessa ja rajoitetussa vaiheessa. Rajoitetussa vaiheessa varaosien saantia täydennetään varaosien korjaus- ja kunnostuspalveluilla. Varaosien tuki jatkuu 10 vuoden ajan siitä, kun tuote on siirtynyt klassiseen vaiheeseen. (ABB Oy 2025a.)



Kuvio 21. Tuotteiden elinkaari (ABB Oy 2025a)

Aktiivinen vaihe alkaa, kun tuote tulee markkinoille ja sitä aletaan myydä uusiin projekteihin. Aktiivisessa vaiheessa tuotteen kehitys on aktiivista ja uusia toimintamahdollisuuksia luodaan. Klassiseen vaiheeseen kuuluu vaihe, jossa kunnossapito rajoittuu tuotteiden vaihtoon komponenttien saatavuuden tai toimintaongelmien takia. Klassisessa vaiheen lopussa myös tuotteen myynti päättyy mutta käytössä olevia tuotejärjestelmiä voidaan päivittää, uuden kehityksen mukaiseksi. (ABB Oy 2025a.)

Kolmas vaihe on rajoitettu vaihe. Silloin tuotevastuu siirtyy palveluorganisaatiolle. Tyypillisesti palveluorganisaatio vastaa kenttäpalveluiden tarjoamisesta, korjaamotyöstä ja kunnostettujen varaosien toimituksesta. Kolmannessa vaiheessa käyttäjää kehoitetaan siirtymään uuteen tekniikkaan, ennen tuotetuen päättymistä. Elinkaaren viimeinen vaihe on vanhentunut-vaihe, jolloin palveluorganisaatio toteaa tuotetuen antamisen olevan teknisesti mahdotonta tai taloudellisesti epäkannattavaa. Käyttäjää informoidaan 6kk ennen vanhentunut-vaiheeseen siirtymistä. (ABB Oy 2025a.)

Jokaisella ABB:n taajuusmuuttajalla on siis jokin neljästä statuksesta: aktiivinen, klassinen, rajoitettu tai vanhentunut. Seuraavaksi kerrotaan muutama esimerkki taajuusmuuttajista eri elinkaaren vaiheissa.

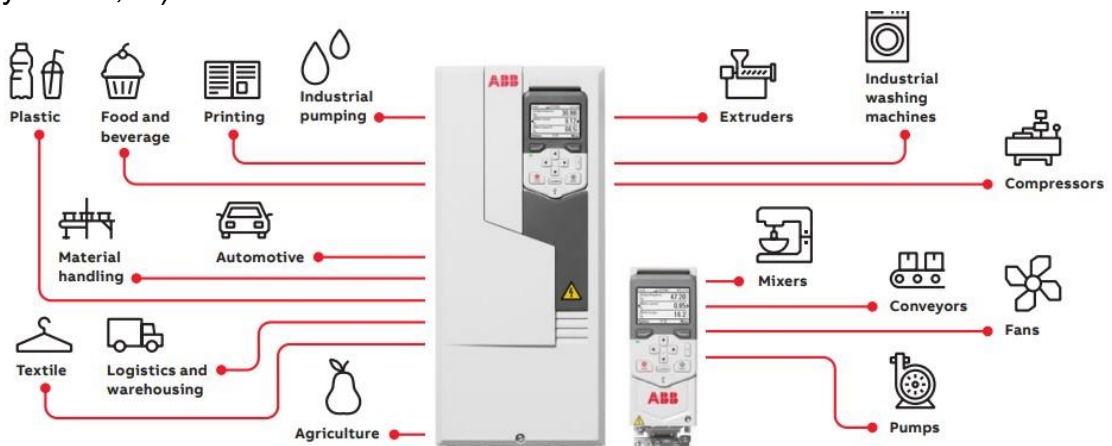
Vedoten ABB:n tuotteiden elinkaareen sarjan ACS850 taajuusmuuttajat on siirretty elinkaaren neljänteen vaiheeseen, eli vanhentunut-vaiheeseen. Siirtymä on

tapaukset 01.01.2023. ABB suosittelee käyttäjää vaihtamaan ACS850-sarjan taajuusmuuttajat pois käytöstä. Uudemman sukupolven korvaavia tuotteita ovat esimerkiksi ACS380-, ACS580- tai ACS880-sarjan laitteet. (ABB Oy 2023.)

Spesifisti teollisuuteen tarkoitetuista taajuusmuuttajista aktiivisessa vaiheessa on 880-sarja. Sarjassa on laitteita 0,55 kilowatista aina 3,2 megawatin tehoille asti. Sarjan laitteissa on esimerkiksi irrotettava muistiyksikkö, johon voi tallentaa ohjelmia toisessa taajuusmuuttajassa käytettäväksi. Lisäksi sarjan laitteissa on joitakin ohjelmia valmiina käytettäväksi, tämä säästää aikaa käyttöönottovaiheessa. ACS880-sarjan ohjauspaneelilla voidaan samaan aikaan ohjata useampaa taajuusmuuttajaa. Jos halutaan samat parametrit useampaan laitteeseen, tätä voi käyttää hyödyksi. (ABB Oy 2015, 4, 25.)

DTC-tilassa 880-sarjan taajuusmuuttajat säätävät suoraan moottorin momenttia. Tällä tavoin moottori ohjataan pysähdyksistä nimellinopeuteensa ja moottorin nopeutta säädellään ilman tarvetta takaisinkytkentäanturille. Tämä mahdollistaa suuren ylikuormitettavuuden ja suuren käynnistysmomentin. Sarjan taajuusmuuttajat on koestettu ABB:n atex-moottorien kanssa, täten ne sopivat myös räjähdysvaarallisiin tiloihin. (ABB Oy 2015, 24.)

Yleisen käyttötarkoituksen taajuusmuuttajista aktiivisessa vaiheessa on ACS580 sarja. Sarjaa on saatavilla 0,75 kilowatista 500 kilowatin tehoille. Kuvio 22 esittää ACS580 sarjan laitteita käyttökohteineen. Sarjan taajuusmuuttajiin on saatavilla esimerkiksi bluetoothilla yhdistettävä kontrollipaneeli käyttöönottoon ja monitorointiin Drive Composerin kanssa sekä muita edistyksellisiä ominaisuuksia. (ABB Oy 2024b, 4.)



Kuvio 22. ACS580 (ABB Oy 2024b, 4)

## 2.7 Älykkäiden moottorilähtöjen kehitys

Moottorilähdöissä käytettävä tekniikka on kehittynyt merkittävästi kohti tekoälyä ja digitaalista valvontaa tukevia ratkaisuja. Älykkäissä moottorilähdöissä hyödynnetään nykyisin IoT-teknologiaa, koneoppimista ja reaaliaikaista datan analysointia. Tämä helpottaa ennen kaikkea laitteiston kunnossapitoa.

IoT-teknologiaa käyttävät moottorilähdöt varustetaan esimerkiksi lämpötila-, värinä- ja virta-antureilla, joiden mittaustiedot siirretään pilvipalveluun tai paikalliseen valvontajärjestelmään. Tämän ansiosta käyttäjä voi seurata ja etähallita käyttöjä mobiilisovelluksella, esimerkiksi ABB Drivetunella. (SEW Eurodrive 2025.)

Koneoppimisen keinoin pystytään parantamaan moottorilähtöjen kunnossapidon tehokkuutta. Sen avulla voidaan ajoittaa huollot optimaalisesti. Koneoppimista tukevat käytöt oppivat normaalit käyttöolosuhteet ja analysoi moottorin värähtelyt, lämpötilan ja virrankulutuksen. Laite antaa itse hälytyksen, mikäli se havaitsee trendissä poikkeaman. Koneoppimisen avulla laite myös havaitsee osien kulumisen, jolloin huolto voidaan ennakoida ja välttyä turhilta seisokeilta. (VTT 2025.) ABB:n Ability-järjestelmä tukee edellä esiteltyä tekniikkaa ja siihen voi liittää esimerkiksi ACS880 sarjan taajuusmuuttajia.

Teollisuus 4.0 on käsite, jolla tarkoitetaan teollisuuden digitaalista muutosta. Puhutaan neljänneestä teollisesta vallankumouksesta, joka muokkaa teollisuuden valmistus ja liiketoimintamalleja digitalisoimalla ja uudella teknologialla. Teollisuus 4.0:ssa tehtaiden koneet kehittyvät yhä älykkäimmiksi ja tehtaot tehokkaammiksi. Kokonaisuuteen liittyy muun muassa tekoäly, pilvilaskenta, IoT ja älykkäät anturit. (Saarela 2025.)

Älykkäiden moottorilähtöjen kehitys tukee teollisuus 4.0:n tavoitteita ennakoivan kunnossapidon, etävalvonnan ja optimoinnin keinoin. Nämä tarjoavat tehokkaamman ja kestävämmän tuotannon.

### 3 LAITTEISTON NYKYTILA

Kuvio 23 havainnollistetaan sähkövoimalaboratorion MNS iS-keskusta. Vasemmalla näkyy MView-näyttö. Tämän oikealla puolella ovat tumman väriset MStart-moduulit, joihin lukeutuu neljä suoraa lähtöä, neljä suunnanvaihtolähtöä, kolme pehmokäynnistintä ja kolme taajuusmuuttajaa. Lähtöjen oikealta puolelta aukeaa ovi, jonka takana on keskuksen kiskosto ja syöttökaapelit.

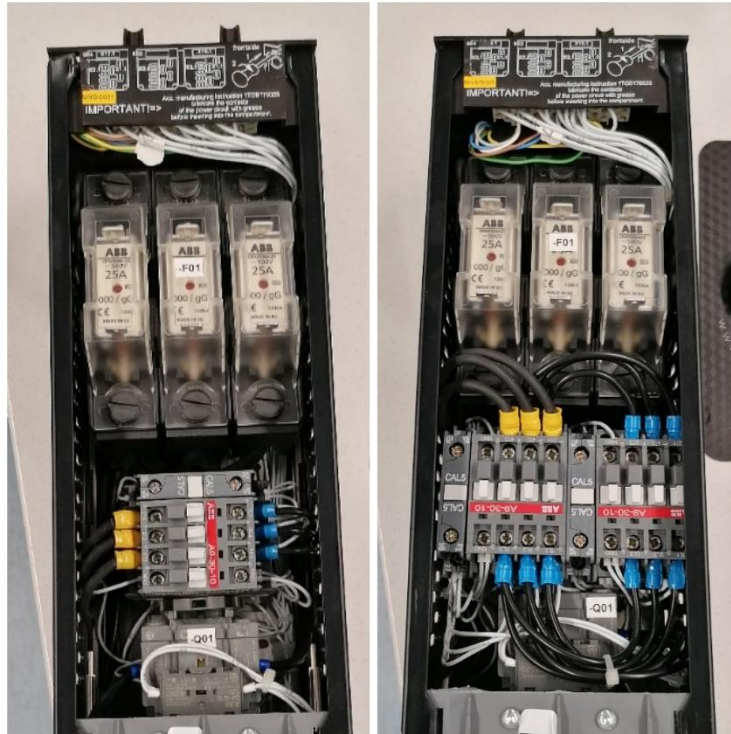


Kuvio 23. MNS iS-keskus

#### 3.1 DOL- ja REV-tyypin moduulit

MNS iS-keskuksessa on suoraa lähtöjä (DOL) neljä kappaletta. Näistä kolme on 0,55–4 kW:n ja yksi 5,5 kW:n teholle. Suorat lähdöt ovat keskuksen positioissa MNS iS011, -021, -022 ja -031. Suunnanvaihtolähtöjä (REV) on sama määrä samalla tehoalueella kuin suoraa lähtöjä. Suunnanvaihtolähdöt sijaitsevat positioissa MNS iS012, -023, -024 ja -032. Kullekin DOL- ja REV-moduulille on omat MControl-yksikkönsä.

Nämä lähdöt ovat rakennetut koon 6E/4 moduuleihin. Kuvio 24 näyttää moduulien sisällön. Oikealla puolella kuviota on suunnanvaihtolähdön moduuli ja vasemmalla suorakäynnistyksen moduuli. Molemmat ovat pienemmälle, eli 0,55–4 kW:n tehoalueelle. Suunnanvaihtolähdön moduulissa näkyy kaksi kontaktoria, joilla moottorin pyöriminen mahdollistetaan joko eteen tai taaksepäin.



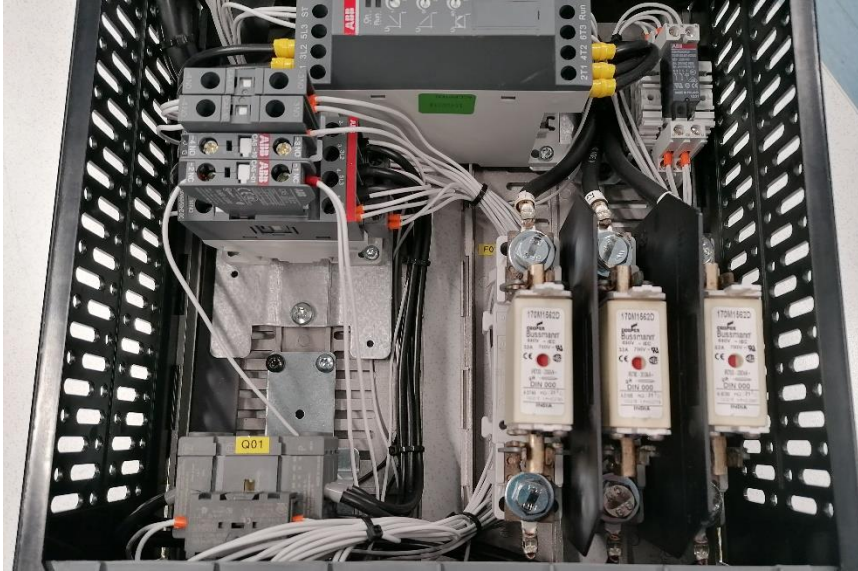
Kuvio 24. DOL- ja REV-moduulit

Lähdöt sisältävät 25 A:n kahvasulakkeet, kontaktorin, apukoskettimen ja kuormakytkimen, jota käytetään moduulin valintakytkimestä. Lisäksi molemmissa on älykkään moottorikeskuksen mittauksiin liittyviä johtimia. 5,5 kW:n lähdöt eroavat näistä siten, että niissä on 32 A:n sulakkeet ja suuremman nimellisvirran omaavat kontaktorit.

### 3.2 Pehmokäynnistimet

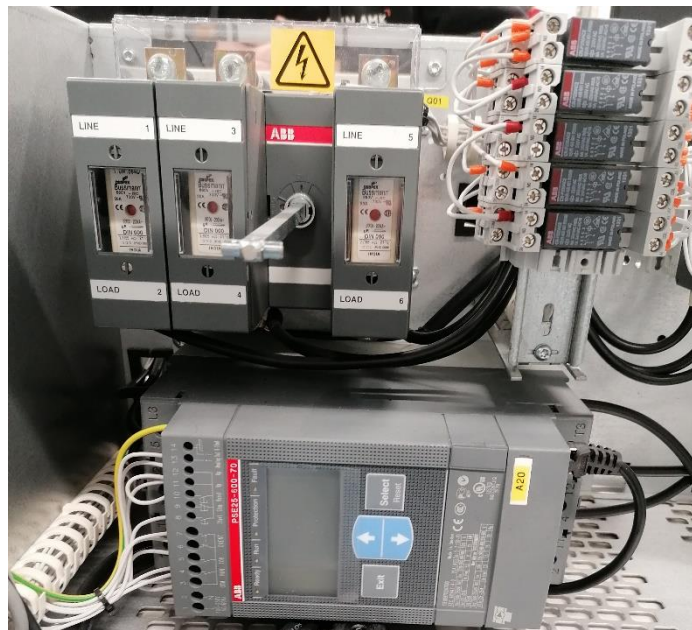
Pehmokäynnistimiä on kolme kappaletta, kaksi 5,5 kW:n teholle ja yksi 11kW:n. 5,5 kW:n pehmokäynnistimet ovat positioissa MNS iS041 ja -042. Positiossa MNS iS05 sijaitsee 11 kW:n pehmokäynnistin.

5,5 kW:n pehmokäynnistimet ovat mallia PSR12-600-70 ja ne ovat nimellisvirraltaan 12A. Moduulin sisältö näkyy Kuvio 25. Kuvion ylälaudassa on itse pehmokäynnistin, sen alapuolella kontaktori apukoskettimiseen, kahvasulakkeet ja ylivirtarele. Lisäksi kuvion alalaidassa on valintakytkimellä ohjattava kuormakytkin.



Kuvio 25. 5,5 kW:n pehmokäynnistimen moduuli

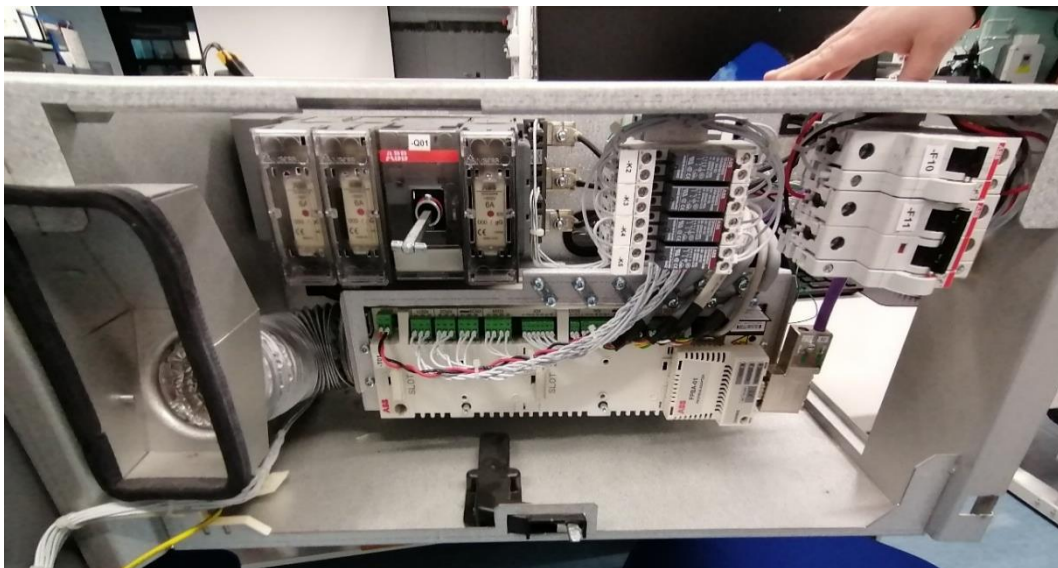
Keskuksen 11 kW:n pehmokäynnistin on mallia PSE25-600-70 nimellisvirralla 25A. Tätä 11 kW:n pehmokäynnistintä voidaan monitoroida paikalliselta Pseek-paneelilta. Pehmokäynnistintä kuormakytkimineen ja sulakkeineen esittää Kuvio 26.



Kuvio 26. 11 kW:n pehmokäynnistin

### 3.3 Taajuusmuuttajat

Sähkövoimalaboratorion MNS-iS-keskuksen taajuusmuuttajat ovat sarjaa ACS850, niiden ohjauksen MView:ltä mahdollistaa MSpeed-laite. Taajuusmuuttajien tehoalueet ovat 1,5 kW, 5,5 kW ja 11 kW. Ne sijaitsevat positioissa MNS iS06, -07 ja -08. Kuvio 27 esittää yhden taajuusmuuttajamoduulin ulosvedettynä keskuksesta. Edestä on poistettu pelti, jossa sijaitsee taajuusmuuttajan oma ohjauspaneeli. Vasemmalla oleva suulakemainen komponentti on taajuusmuuttajan jäähdytysputki, jonka kautta raitis ilma pääsee jäähdyttämään laitetta.



Kuvio 27. Taajuusmuuttajan moduuli

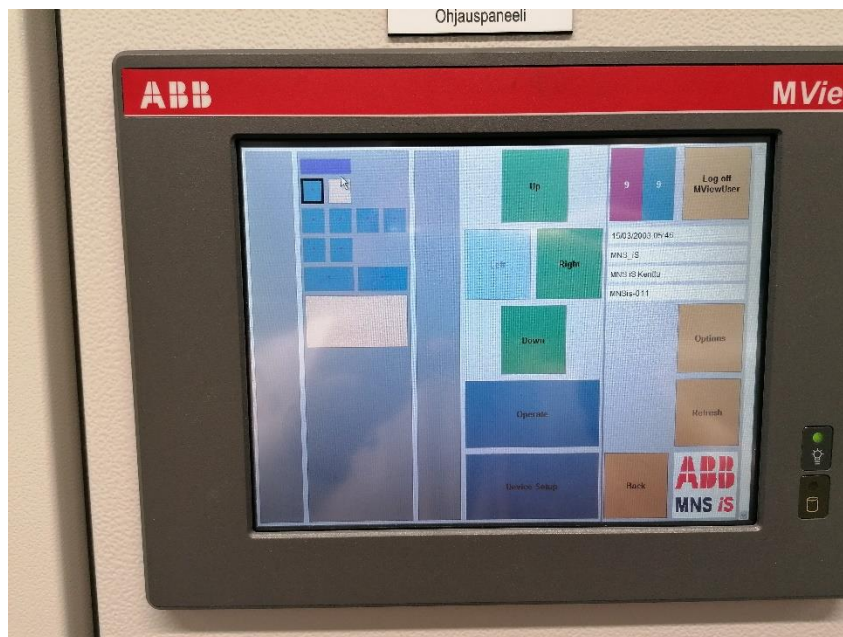
Kuvio 27 etualalla on taajuusmuuttajan kuormakytkin, releitä ja suojalaitteet. Profibus-kaapeli on kytketty taajuusmuuttajan jäähdyttimen vastaiseen päähän. Lisäksi moduulin sisällä on muita komponentteja, kuten kontaktori ja lämpötilaa valvova termistorirele cm-mss.

Sähkövoimalaboratorion taajuusmuuttajien ohjaus tapahtuu paikallisesti paneeliohjauksena tai tietokoneelta käsin käyttäen OPCA-02 kaapelia. Taajuusmuuttajien ohjauksessa ei ole hyödynnetty MViewin tarjoamaa mahdollisuutta ohjata niitä.

### 3.4 Ongelmat nykytilassa

Ongelmana on, ettei taajuusmuuttajien ja tietokoneen yhteys toimi. Ongelma on samankaltainen käyttäen joko DriveWindowia tai DriveStudiota. Ohjelmat käyvät tietokoneen com-portit lävitse mutta eivät löydä taajuusmuuttajia, vaikka ne ovat ohjeiden mukaan kytketyt tietokoneeseen. Ongelma ilmeni tietokoneen Windows-käyttöjärjestelmän päivityksen yhteydessä. Tietokoneen nykyinen järjestelmäversio on Windows 10 education.

Lisäksi MView-laitteen kanssa on ongelmia. Laite toimii todella hitaasti tai ei ollenkaan. Laitteelta ei pysty enää ohjaamaan siihen kytkettyjä lähtöjä. MView-laitteelle kytketyistä lähdöistä osa on hävinnyt pois ohjausnäkyvästäkin ja näkyvät näytöllä beigeinä nelikulmioina (Kuvio 28).

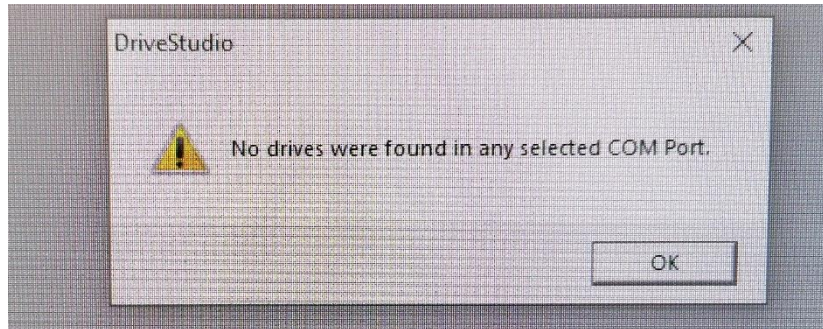


Kuvio 28. Kaksi hävinnyttä lähtöä

Kuitenkin esimerkiksi niiden lähtöjen osalta, jotka ovat jäljellä, paikannustoiminto toimii normaalisti. Eli yhteys lähtöihin toimii mutta niitä ei pysty ajamaan. MView-laitteen toimiessa hitaasti, kosketusnäyttöä käytettäessä viive on useita sekunteja, mikä tekee käytöstä erittäin vaivalloista, ellei mahdotonta.

## 4 ESISELVITYS

Esiselvitys aloitettiin kahdella tapaamisella sähkövoimalaboratoriossa, joissa selvitettiin MNS iS-moottorikeskuksen kokoonpano ja nykytila. Samalla yritettiin käyttää laitteistoa ja todennettiin ongelmat käytännössä. Todettiin samat ongelmat, jotka määritettiin ennen työn aloitusta. Taajuusmuuttajien ohjaukseen tarkoitetut sovellukset eivät löydä taajuusmuuttajia (Kuvio 29).



Kuvio 29. DriveStudio ei löydä käyttöä

Kun moottorikeskuksen komponentit ja ongelmat olivat tiedossa, lähestyttiin ABB:n Suomen osastoa ja kysyttiin heidän mielipidettään asiasta. Selvyyden vuoksi tästä eteenpäin on hyvä jakaa MViewin ja taajuusmuuttajien ongelmat erikseen.

### 4.1 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttajiin liittyvien ongelmien kanssa lähestyttiin ABB:n Suomen osastoa. Hyvin nopeasti päädyttiin siihen, että pitkällä tähtäimellä toimintavarmin ratkaisu olisi hankkia uudet taajuusmuuttajat. Acs-850 sarjan ollessa obsolete-vaiheessa sen elinkaari ei yletä kovin kauas tulevaisuuteen.

Keskustellessa, esiin nousi ainakin sarjat acs-880 ja acs-580. Selvisi kuitenkin, ettei näihin ole saatavilla sopivaa retrofit-pellitystä. Retrofit-pellityksellä tarkoitetaan sellaista ratkaisua, jossa vanhan tekniikan tilalle voi vaihtaa uutta tekniikkaa, joka sopii suoraan vanhan paikalle. Kaikki asennusratkaisut tulisi siis nyt soveltaa itse.

Yhteydenotoista huolimatta, asia ei tämän jälkeen edennyt mihinkään ja aikaa kului paljon. Onneksi saatiin kuitenkin erään toisen asiantuntijan yhteystiedot

käsiin ja oltiin häneen yhteydessä puhelimitse. Hänen neuvomanaan kokeiltiin kaikkia kampukselta löytyviä kaapeleita tietokoneen ja taajuusmuuttajan välillä. Kokeiltiin myös Drive Composer -ohjelmistoa mutta yhteyttä ei senkään avulla saatu.

Taajuusmuuttajien hankintaprosessi kesti kuukausia, eikä lopputuloksena saatu kyselyistä huolimatta minkäänlaista tarjousta, joten oli pakko toimia itse hyödyntäen verkosta löytyvää tietopohjaa.

## 4.2 MView

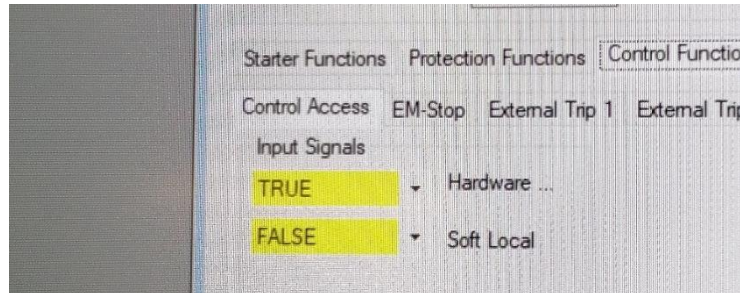
MView on tuotteena sen verran vanha (markkinoille 2012), että Suomessa ei enää tukea sille ole. Onneksi tukea kuitenkin löytyi saksalaisilta ABB:n asiantuntijoilta.

Ongelma esiteltiin heille sähköpostin välityksellä, johon vastattiin toimintaohjeilla, sekä lisäkysymyksillä. Asiantuntijat esittivät joitain tarkentavia kysymyksiä, kuten onko MViewiä uudelleenkäynnistetty, montako MLink- ja MView-laitetta kohteessa on ja onko laitteistosta saatavilla kokoonpanopiirroksia. Asiantuntijat halusivat myös tarkentavia kuvia laitteistosta ja MNavigate-projektin tarkasteltavakseen.

Asiantuntijoiden mielestä oli järkevä kokeilla käyttää MViewin selainta läppäriin kautta kosketusnäytön sijaan. Täten saataisiin selville, onko hitaan toiminnan ja viiveiden syy itse MView-laite. Käyttö onnistui asettamalla MLinkin LAN2-portin ja läppäriin IP-osoitteet samaan verkkoon ja kirjoittamalla MLinkin LAN-2 portin IP-osoite läppäriin selaimen hakukenttään. Tällöin läppäriin näytölle avautui MViewin aloitusnäyttö. Samat toiminnot onnistuttiin suorittamaan läppärillä kuin MViewin näytöltäkin ja käyttö oli sujuvampaa sekä nopeampaa.

Seuraavaksi yritettiin saada offline-tilassa olevia lähtöjä takaisin onlineen. Näillä lähdöillä tarkoitetaan aiemmin mainittuja beigen värisenä näkyviä lähtöjä. Tähän käytettiin MViewin selaimen lisäksi MNavigate-sovellusta. Pehmokäynnistin saatiin takaisin onlineen ongelmitta mutta toiset lähdöt tuottivat ongelmia.

Yritettäessä parametroida lähtöjä, yhteys niihin katkeili, eikä niitä saatu online-tilaan. Lähdöille ei saatu myöskään ladattua parametrejä, josta indikoi Kuvio 30 keltainen parametrin tausta. Yritettäessä ladata parametrejä tai muuttamalla lähtöjen tilaa onlineen ohjelmisto antoi "SGBM server error"-nimistä virhettä, joka todennäköisesti on osasy toimimattomuudelle.



Kuvio 30. Parametrit eivät lataudu

Yritettiin käyttää koko keskusta jännitteettömänä, tarkasteltiin liitäntöjä ja yritettiin käyttää laitteistoa MViewin selaimen ja MNavigaten avulla. Tilanne siis tällä hetkellä oli se, että lähdöt mns is011 ja -012 olivat jumissa offline-tilassa, MLink-laitteelle syttyi vikavalvonta ja MViewillä samat ongelmat kuin aluksi.

Lopuksi lähetettiin asiantuntijoille heidän pyytämänsä materiaalit ja tarkempi kuvaus ongelmista sähköpostitse. Kyselyistä ja yhteydenotoista huolimatta asia ei tämän enempää edennyt, joten saavutetusta edistyksestä oli tehtävä omat johtopäätökset ja edettävä niiden perusteella aikataulun kiristyessä.

## 5 MUUTOSEHDOTUS

Esiselvityksessä tehdyn kartoituksen ja hankitun tiedon perusteella on laadittu seuraavanlainen muutosehdotus: Haluttaessa käyttää keskuksen lähtöjä MView-laitteen kautta, tapahtuu se erillisellä tietokoneella selaimessa. Tähän voidaan käyttää jotakin tiettyä tietokonetta tai mitä tahansa tietokonetta, jolla saa yhteyden internettiin.

Tämänlainen menettely ei tuo ongelmia opetuksen suhteen tai ole huonompi kuin laitteen omalta kosketusnäytöltä tapahtuva käyttö. Sen sijaan MView-laitteen esitellyt ongelmat korjaantuvat. Tietokoneen kautta käyttö sujuu viiveettä ja nopeammin. Offline-tilassa olevia lähtöjä tämä ei kuitenkaan palauta online-tilaan.

Opinnäytetyön tekijä ehdottaa, että vanhojen taajuusmuuttajien tilalle hankitaan uudet saman tehoiset, samalla virta-arvolla olevat laitteet ABB:n ACS-380-sarjasta. Ne asennetaan olemassa oleviin moduuleihin ja vanhat puretaan pois. Osaltaan ehdotus perustuu siihen seikkaan, että 380-sarjan laitteet ovat fyysisiltä mitoiltaan pienempiä kuin 880, tai 580 sarjan vastaavat tuotteet, ollen täten helpommin asennettavissa moduuliin. Mikäli asennukseen tarvitaan joitain tukia, kiinnikkeitä tai muuta vastaavia tarvikkeita, niiden valmistus voidaan hoitaa kampusen laitteistolla, mikäli tarvittavan laista osaa ei ole muutoin saatavilla. Asennus pitäisi olla kuitenkin kohtuullisen suoraviivaista.

Acs-380 sarjan laitteet soveltuvat opetuskäyttöön ja ovat suunnitellut toimimaan vähintään 10-vuotta ilman suurempia toimenpiteitä. Niiden IP-luokitus ilman moduulia on IP20, joka on riittävä puhtaisiin laboratorio-olosuhteisiin. Erona, acs380-laitteet eivät tue profibus-väylää, vaan esimerkiksi profinetiä, joten siltä osin keskusta tarvitsee hieman päivittää. Profibus- ja profinet-laitteet voi saada toimimaan yhdessä, esimerkiksi väylämuuntimien avulla.

Spesifisti korvaavat laitteet ovat 1,5 kW:n taajuusmuuttajalle acs380-040s-04A0-4, 5,5kW:n taajuusmuuttajalle acs380-040c-12A6-4 ja 11kW:n taajuusmuuttajalle acs380-040c-25A0-4. Uusia taajuusmuuttajia tullaan ohjaamaan käyttäen esimerkiksi Drive Composer -ohjelmistoa. Tämänlaisen päivitystyön pitäisi turvata keskuksen toiminnallisuus opetuskäytössä useaksi vuodeksi eteenpäin. Li-

säksi opiskelijat pääsevät tekemisiin uudemman teknologian kanssa kuin aiemmin, mikä on etu oppimisen kannalta. Lisäksi huollettavuus paranee, sillä aktiivisessa ja klassisessa vaiheessa oleville laitteille on hyvät huolto- ja tukipalvelut ABB:ltä.

## 6 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön keskeisin tavoite oli saada Lapin ammattikorkeakoulun Kemmin kampuksen sähkövoimalaboratoriossa sijaitseva MNS iS-keskus toimimaan jälleen opetuskäytössä. Ensiksi tehtiin kartoitus keskuksen ongelmista ja niiden syistä. Jotta toiminnallisuuden palauttaminen oli mahdollista, aihetta lähestyttiin täydentävin kysymyksiin, kuten mitä resursseja tarvitaan toiminnallisuuden palauttamiseksi ja miten vastaavanlaiset ongelmat vältetään tulevaisuudessa. Lisäksi pohdittiin, kuinka huollettavuutta voidaan parantaa.

Keskus saadaan todennäköisesti toimimaan jälleen opetuskäytössä hankkimalla vanhojen taajuusmuuttajien tilalle uudet. Työssä ehdotetaan ABB:n sarjan ACS-380 laitteita. MView-laitetta tullaan opetuskäytössä käyttämään tietokoneen avulla, jolloin se toimii normaalisti. Resurssivaade on siis vain uudet taajuusmuuttajat ja niiden asentamiseksi tarvittavat asennustarvikkeet.

Lähitulevaisuudessa vastaavanlaisilta ongelmilta vältytään ABB:n elinkaaripalveluiden tarjoaman tuen ansiosta, laitteisto pitäisi olla turvattu ainakin seuraavaksi kymmeneksi vuodeksi. (ABB Oy 2025a.)

Näihin johtopäätöksiin päädyttiin perustaen alan kirjallisuuteen ja avoimesti verkosta saatavilla oleviin laitevalmistajien materiaaliin. Puhelin- ja sähköpostikeskustelut laitevalmistajan edustajien kanssa toivat osaltaan pientä lisätietoa.

Työn alussa määritettyihin tavoitteisiin päästiin mielestäni hyvin. Ehdotettujen muutostöiden jälkeen MNS iS-keskus tulee todennäköisesti toimimaan opetuskäytössä usean vuoden ajan. Uudessa kokoonpanossa siis acs-380 taajuusmuuttajia ajetaan tietokoneelta Drive Composer -ohjelman kautta. MViewiä voidaan käyttää miltä tahansa tietokoneelta selaimessa.

Tässä opinnäytetyössä saavutettuja tuloksia voidaan pitää luotettavina, sillä ne on saavutettu yhdistämällä alan kirjallisuudesta, laitevalmistajan materiaalista ja alan asiantuntijoilta saatua tietoa. Työn tuloksia voi hyödyntää Kemmin kampuksen sähkövoimalaboratorion MNS iS-keskuksen modernisointi- / muutostöissä.

Mahdollisia jatkotutkimuksia voi tehdä MView-laitteeseen. Tutkimuksissa selvitetäisiin, saako laitteen toimimaan vielä normaalisti, eli omalta näytöltään ilman viivettä ja miten offline-tilaan jumittuneet lähdöt saisi takaisin online-tilaan.

## LÄHTEET

ABB Oy 2025a. Hajautettujen ohjausjärjestelmien Lifecycle policy-ohjelma. Viitattu 23.01.2025 <https://new.abb.com/control-systems/fi/palvelut/elinkaarenhallinta>.

–2025b. MControl. Viitattu 23.01.2025 <https://new.abb.com/products/1TGE120011R2201/mcontrol>.

–2025c. MNS iS. Integrated itelligence to the core. Viitattu 20.01.2025 <https://new.abb.com/low-voltage/products/switchgear/mcc-and-iec-low-voltage-switchgear/mns-is>.

–2025d. MView. Viitattu 21.01.2025 <https://new.abb.com/products/fi/1TGE120028R0010/mview>.

–2025e. Profibus. Viitattu 05.02.2025 <https://new.abb.com/control-systems/fi/system-800xa/hajautettu-800xa-ohjausjarjestelma/kenttavaylaprotokollat/profibus>.

ABB Oy 2024a. ACS-AP-I, -S, -W and ACH-AP-H, -W Assistant control panels. Users manual. Viitattu 07.02.2025 <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AUA0000085685&LanguageCode=en&DocumentPartId=1&Action=Launch>.

–2024b. ABB general purpose drives. ACS580, 0.75 to 500kW. Viitattu 23.01.2025 <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AUA0000145061&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>.

–2024c. Drive composer start-up and maintenance pc tool. Users manual. Viitattu 07.02.2025 <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AUA0000094606&LanguageCode=en&DocumentPartId=1&Action=Launch>.

ABB Oy 2023. Product life cycle statement. ACS850-04. Viitattu 23.01.2025 <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=4FPS10000613016&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>.

ABB Oy 2020. MNS iS motor control center. System guide. Viitattu 20.01.2025 <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107680A5076&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>.

ABB Oy 2015. ABB:n teollisuustaaajuusmuuttajat. ACS880-taajuusmuuttajat 0,55–3200 kW. Tuoteluettelo. Viitattu 06.02.2025 [https://library.e.abb.com/public/cb0da58246ba4a62aaae948d808fcc7d/FI\\_ACS880\\_single\\_drives\\_3AUA0000124140\\_RevJ.pdf](https://library.e.abb.com/public/cb0da58246ba4a62aaae948d808fcc7d/FI_ACS880_single_drives_3AUA0000124140_RevJ.pdf).

ABB Oy 2012a. DriveWare. User manual. DriveStudio. Viitattu 21.01.2025 <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AFE68749026&LanguageCode=en&DocumentPartId=1&Action=Launch>.

–2012b. DriveWare. User manual. DriveWindow 2. Viitattu 21.01.2025  
<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3BFE64560981&LanguageCode=en&DocumentPartId=1&Action=Launch>.

ABB Oy 2011a. MNS iS Motor Control Center. System setup and operation quick guide. System release V6.0. Viitattu 21.01.2025 [https://library.e.abb.com/public/f0108931167e4ac0ac726ad6095bce1f/1TGC910809M0202%20MNS%20iS%20Quick%20Guide\\_Rel.\\_V6.0\\_110803.pdf](https://library.e.abb.com/public/f0108931167e4ac0ac726ad6095bce1f/1TGC910809M0202%20MNS%20iS%20Quick%20Guide_Rel._V6.0_110803.pdf).

–2011b. Pehmökäynnistinopas. Viitattu 17.01.2025 [https://library.e.abb.com/public/d11f99611045fef8c125796e00473a8a/OPAS%20Pehmokaynnistys%20FI12\\_01.pdf](https://library.e.abb.com/public/d11f99611045fef8c125796e00473a8a/OPAS%20Pehmokaynnistys%20FI12_01.pdf).

Ahlsell 2025. ABB. Lämpörele ABB TF42. Viitattu 04.02.2025  
<https://www.ahlsell.fi/products/sahko/teollisuustuotteet-232736-3886-1/37-moottorilahtokomponentit/lamporeleet/lamporeleet/3706120>.

Hietalahti, L. 2011. Säädetyt sähkömoottorikäytöt. Tampere: Amk-kustannus Oy Tammertekniikka.

Hietalahti, L. 2013. Teollisuuden sähkökäytöt. Tampere: Amk-kustannus Oy Tammertekniikka.

Lapin ammattikorkeakoulu Oy 2025. Tietoa Lapin AMKista. Viitattu 27.04.2025.  
<https://lapinamk.fi/lapin-amk/tietoa-lapin-amkista/>.

Profibus & Profinet International 2025. Profibus. Viitattu 05.02.2025  
<https://www.profibus.com/technologies/profibus>.

Saarela, M. 2025. Kohti neljättä teollisuuden vallankumousta. Oulun yliopisto. Viitattu 14.02.2025 <https://www.oulu.fi/fi/blogit/kerttu-saalasti-instituutin-blogi/kohti-neljatta-teollisuuden-vallankumousta>

SEW Eurodrive 2025. Teollinen IoT (IIoT). Viitattu 14.02.2025 <https://www.sew-eurodrive.fi/tuotteet/ohjelmisto/condition-monitoring-predictive-maintenance/industrial-iiot.html>.

Siemens 2025. tiastar low-voltage motor control centers. Viitattu 27.04.2025.  
<https://www.siemens.com/us/en/products/energy/low-voltage/low-voltage-motor-control-centers.html>.

Sähkönet 2025. Taajuusmuuttajat. Viitattu 06.02.2025  
<https://blogit.gradia.fi/sahkonet/sahko-ja-automaatioasennukset/oppimistehtavat/teollisuuden-sahkoasennukset/moottori-kaytot/taajuusmuuttajat/>.

Sähkönumerot.fi 2025. Pehmökäynnistin. Viitattu 20.01.2025 <https://www.sahkonumerot.fi/3800334/>.

Utu group 2024. Sähkökeskukset 2024. Kestävää ja kotimaista sähkökeskustuotantoa. Viitattu 04.02.2025  
[file:///C:/Users/35850/Downloads/02006\\_category\\_leaflet\\_original%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/35850/Downloads/02006_category_leaflet_original%20(1).pdf).

VTT 2025. Älykäs ennakoiva kunnossapito. Viitattu 14.02.2025  
<https://www.vttresearch.com/fi/palvelut/alykas-ennakoiva-kunnossapito>.