



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Joni Harju

# ACS880 TOIMINNALLISUUS

Tekniikka ja liikenne  
2013

## **ALKUSANAT**

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun sähkötekniikan koulutusohjelmassa vuonna 2013. Työ tehtiin ABB:n Prosessiteollisuuden Electrifications-yksikölle. Työn ohjaavana opettajana Vaasan ammattikorkeakoulusta toimi Kari Jokinen. Kiitän yliopettaja Kari Jokista saamastani ohjauksesta. Kiitän myös ABB:n ohjaajiani projekti-insinööri Mikko Paloniemeä ja pääinsinööri Pasi Kaartoa saamastani opastuksesta ja ohjauksesta työtä tehdessäni. Tahdon myös kiittää projekti-insinööri Mikko Viljasta avusta ja opastuksesta liittyen taajuusmuuttajan parametroiintiin ja väyläkommunikointiin.

Vaasassa 19.4.2013

Joni Harju

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Joni Harju
Opinnäytetyön nimi	ACS880 toiminnallisuus
Vuosi	2013
Kieli	suomi
Sivumäärä	83 liitettä
Ohjaaja	Kari Jokinen

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää ACS880:n toiminnallisuus. Työssä tutkittiin ACS880:n ja ACS800 eroja ja niiden vaikutuksia projekteihin. Erityisesti tutkittiin turvallisuusfunktioiden, asennustilan vaatima tila ja lämpöhäviöiden tuomia eroja. Opinnäytetyö tehtiin ABB:n Prosessiteollisuuden yksikölle.

Työssä tutkittiin taajuusmuuttajien laitemanuaaleja ja tehtiin testejä toiminnallisuudelle Prosessiyksikön Demo-huoneessa. Toiminnallisuuden testejä tehtiin ohjelmointityökalulle, Profinet-väylälle ja kaukomonitorointityökalulle. ACS880:sta tehtiin tyyppikuva ABB:n piirikaaviokirjastoon.

Työssä saatiin selville ACS880:n ja ACS800:n erot, muutoksen tuomia etuja ja haittoja ja tarvittavat muutokset, mikäli ACS800 korvataan ACS880:lla. Työssä tehtiin myös katsaus kilpailijoiden tilanteeseen turvallisuustoimintojen ja väyläoptioiden osalta.

## ABSTRACT

Author	Joni Harju
Title	ACS880 functionality
Year	2013
Language	Finnish
Pages	83 Appendices
Name of Supervisor	Kari Jokinen

---

The aim of the thesis was to identify the functionality of the ACS880 frequency converter. The purpose was to find out differences between the new model ACS880 and the old model ACS800 and also to recognise the influences on the projects caused by the change. The observation was especially done for functional safety, space needed for installation and heat dissipation. The thesis was made for ABB Process Industry.

The drive manuals were studied and different tests for functionality were made. Functionality tests were made for programming tool, the Profinet fieldbus connection and for remote monitoring tool. The type drawing of ACS880 was made for ABB's document library.

As a result, the thesis discovered the differences between ACS880 and ACS800, the benefits and disadvantages and the changes brought by the replacing the ACS800 with the ACS880. There was also a review to competitors' products concerning safety functions and fieldbus options.

---

Keywords                      frequency converter, motor control, functionality

# SISÄLLYS

ALKUSANAT

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

LIITELUETTELO

LYHENTEET JA MERKINNÄT

JOHDANTO.....	12
1 YRITYSESITTELY .....	13
2 TAAJUUSMUUTTAJATEORIAA .....	16
2.1 Ohjaustavat .....	17
2.1.1 Skalaarisäätö.....	17
2.1.2 Vektorisäätö.....	18
2.1.3 Suora momentinsäätö (Direct Torque Control).....	20
2.1.4 Taajuusmuuttajalla saavutettavat edut .....	22
3 ACS880 TAAJUUSMUUTTAJAN ESITTELY .....	23
4 FUNCTIONAL SAFETY (TOIMINNALLINEN TURVALLISUUS).....	27
4.1 Safety Integrity Level (SIL).....	27
4.2 Performance level (PL).....	28
5 ACS880- VS. ACS800- TAAJUUSMUUTTAJA .....	30
5.1 Taajuusmuuttajien vertailu .....	30
5.1.1 ACS880 uudet runkokoot.....	30
5.1.2 Maksimi kaapelipituudet.....	31
5.1.3 Turvallisuusfunktiot.....	32
5.1.4 Tiedonsiirtoväylät .....	47
5.1.5 Optiot .....	49
5.2 Lämpöhäviöt .....	57
6 KILPAILIJOIDEN TILANNE.....	61
6.1 Vacon.....	61
6.2 Allen -Bradley.....	62
6.3 Siemens.....	63

7	ACS880:N VAIKUTUKSET KOJEISTON RAKENTEESEEN .....	66
8	TILANTARVE- JA LÄMPÖHÄVIÖLASKELMAT .....	70
	8.1 Pehmopaperitehdas Englannissa .....	70
	8.2 Sellutehdas Uruguayssa .....	74
	8.3 Cabinet-asennuksen tuoma tilansäästö .....	77
9	PERUSPARAMETROINTIOHJEEN JA PIIRIKAAVION LUONTI .....	79
	9.1 Perusparametrintiohje .....	79
	9.2 Piirikaavion luonti .....	79
10	YHTEENVETO .....	80
	LÄHTEET .....	81

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. ABB Suomen organisaatio.....	14
Kuvio 2. Prosessiteollisuuden tyypillinen toimituslaajuus .....	15
Kuvio 3. Jännitevälipiirillisen taajuusmuuttajan pääpiiri .....	17
Kuvio 4. Skalaariohjauksen lohkoesitys .....	18
Kuvio 5. Vääntömomentin muodostuminen .....	19
Kuvio 6. Vektorisäädön lohkoesitys .....	20
Kuvio 7. DTC-säädön täydellinen lohkoakaavio .....	21
Kuvio 8. Seinälle asennettava ACS880-taajuusmuuttajaperhe .....	23
Kuvio 9. Esimerkki SIL-luokituksen määrittämisestä.....	28
Kuvio 10. Esimerkki performance levelin määrittämisestä .....	29
Kuvio 11. ACS800 ja ACS880.....	30
Kuvio 12. STO:n vaikutus ohjauspiiriin .....	33
Kuvio 13. STO:n toiminta aktivoinnin jälkeen .....	33
Kuvio 14. Safe Stop 1 ajanseurannalla .....	34
Kuvio 15. Safe Stop 1 pysäytysrampin seurannalla .....	35
Kuvio 16. Safe Stop 1 SBC:n aktivoimalla nopeusrajoituksella.....	36
Kuvio 17. SSE:n toiminta STO:n kanssa .....	37
Kuvio 18. SSE:n toiminta ajanseurannalla.....	38
Kuvio 19. SSE pysäytysrampin seurannalla .....	39
Kuvio 20. SSE SBC:n asettamalla rajoitetulla nopeudella .....	40
Kuvio 21. SBC:n toiminta STO:n jälkeen.....	41
Kuvio 22. SBC:n toiminta ennen STO:n aktivointia .....	42
Kuvio 23. Safely Limited Speed nopeuden alituksen monitoroinnilla .....	43
Kuvio 24. SLS nopeuden ylityksen monitoroinnilla .....	44
Kuvio 25. SMS:ään asetetut ylä- ja alarajat .....	45
Kuvio 26. FSO-11 moduuli (+Q973) .....	46
Kuvio 27. Perinteinen ja edistynyt integroitu turvallisuustoteutus.....	46
Kuvio 28. Esimerkki käytöstä jossa on SLS, (STO).....	47

Kuvio 29. Kenttäväyläohjauksen peruseriaate .....	48
Kuvio 30. Jarruvastus Sace 15 RE 13.....	50
Kuvio 31. du/dt-suodin NOCH0016-60.....	52
Kuvio 32. Häiriöiden siirtyminen ympäristöön.....	53
Kuvio 33. Esimerkkejä häiriöitä vähentävästä kaapeloinnista.....	53
Kuvio 34 Esimerkki EMC/RFI-suodattimen rakenteesta .....	54
Kuvio 35. NETA-21 laiteikkuna .....	55
Kuvio 36. Käyttöjen liittäminen toisiinsa .....	55
Kuvio 37. Drive composerin parametri-ikkuna.....	56
Kuvio 38. Taajuusmuuttajien ketjuttaminen .....	57
Kuvio 39. Lämpöhäviövertailu 1,5-7,5 kW:n luokassa .....	59
Kuvio 40. Lämpöhäviövertailu 11-55 kW:n luokassa .....	59
Kuvio 41. Lämpöhäviövertailu 75-160 kW:n luokassa .....	59
Kuvio 42. Vacon 100.....	62
Kuvio 43. PowerFlex 4M-taajuusmuuttaja .....	63
Kuvio 44. Siemens Sinamics G120 .....	64
Kuvio 45. Pystyyn ja kyljelleen asennetun taajuusmuuttajan vaatima asennustila .....	66
Kuvio 46. Rungon rakenne.....	67
Kuvio 47. Kojeiston ilmanvaihdon periaate.....	69
Kuvio 48. Esimerkki ACS880:n vaikutuksista kojeiston rakenteeseen (MCC43) 71	
Kuvio 49. ACS880:n vaikutus kojeistoon (MCC43).....	72
Kuvio 50. Cabinet-asennuksen periaate.....	77
Taulukko 1. ACS880-01:n tekniset tiedot.....	25
Taulukko 2. ACS880-01:n yhteensopivuus asetuksien ja direktiivien kanssa.....	25
Taulukko 3. Ympäristön asettamat rajat .....	26
Taulukko 4. Taajuusmuuttajien runkokoot .....	31
Taulukko 5. Lämpöhäviövertailu.....	58
Taulukko 6. Siemensin mallistoon saatavat turvafunktiot .....	64
Taulukko 7. Kojeiston rakenteiden mitat .....	68
Taulukko 8. Taajuusmuuttajien vaatimat asennustilat.....	68
Taulukko 9. Muutos lämpöhäviöissä .....	73



Taulukko 10. Uruguayn sellutehtaan lämpöhäviövertailu .....	76
-------------------------------------------------------------	----

**LIITELUETTELO****1. LIITTEET POISTETTU TILAAJAN PYYNNÖSTÄ**

**LYHENTEET JA MERKINNÄT**

ABB	Asea Brown Boweri
EMC	Electromagnetic compatibility, elektronisen laitteen kyky toimia luotettavasti luonnollisessa toimintaympäristössään
FAT	Factory Acceptance Test, tehdaskoestus
HW	Hardware, laitteisto
Hz	Hertsi, taajuuden yksikkö
I/O	Inputs/Outputs, tulot ja lähdöt
kbit	Kilobitti
OPC	Open connectivity via open standards, avoin tiedonsiirto-standardi
PL	Performance Level, järjestelmän suorituskyky ennalta määrätyissä olosuhteissa
Profibus DB	Profibus Decentralized Peripherals, Profibus-väylän protokolla hajautetuille kenttälaitteille
Profinet	Teollisuus Ethernet-standardi
PWM	Pulse Width Modulation, pulssin leveys modulaatio
SIL	Safety Integrity Level, turvallisuustaso

## **JOHDANTO**

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on vertailla uuden ACS880:n taajuusmuuttajan ja edellisen sukupolven ACS800:n eroja ja selvittää erojen vaikutukset projekteihin. Opinnäytetyö tehtiin ABB Oy:n Prosessiteollisuuden yksikölle. Yksikkö on erikoistunut paperi- ja selluteollisuuden kokonaisprojekteihin.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli antaa tietoa ACS880:n uusista ja vanhasta ACS800 mallista eroavista ominaisuuksista, jotka täytyy ottaa huomioon projektia suunniteltaessa. Työssä tehtiin myös pieni katsaus kilpailevien valmistajien tilanteeseen, erityisesti tarkastelussa mukana olivat turvallisuustoiminnot ja väyläliittynyt.

Ominaisuuksien ja toiminnallisuuksien selvittämiseksi tutkittiin laitemanuaaleja, tehtiin haastatteluja muun muassa käyttöönottajille ja kojeistotehtaan suunnitteluosastolle.

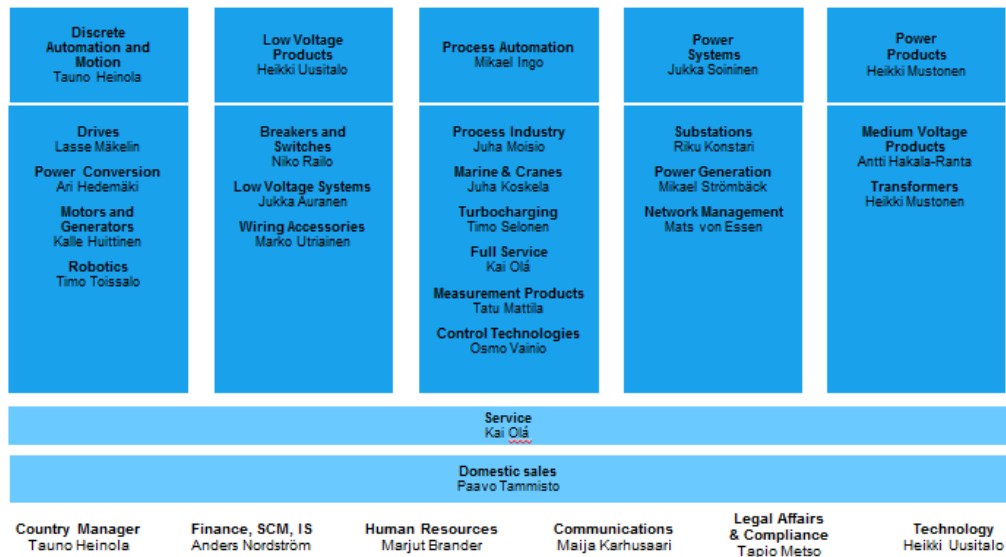
## 1 YRITYSESITTELY

ABB on sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, joka toimittaa tuotteita ja palveluita teollisuuden ja energiayhtiöiden tarpeeseen. ABB:n palveluksessa on noin 145 000 henkilöä ympäri maailmaa. /1/

ABB:n juuret Suomessa juontavat vuoteen 1889 kun Gottfried Strömberg perusti dynamoita ja valaistuskeskuksia valmistavan sekä asentavan Oy Strömberg Ab:n. Yritys nousi vuosien saatossa merkittävimpien suomalaisten yritysten joukkoon sekä sähköteknisen teollisuuden tiennäyttäjäksi. Strömberg Oy siirtyi ruotsalaisen ASEAn omistukseen vuonna 1987 ja vuonna 1988 ASEA ja sveitsiläinen Brown Boveri fuusioituivat muodostaen ABB:n. /1/

Vuonna 2012 ABB:llä henkilöstöä Suomessa 30 paikkakunnalla oli 6600 ja liikevaihtoa 2,4 mrd € Tutkimus- ja kehitystyöhön ABB panosti 184 miljoonaa euroa vuonna 2012. Suuret tehdaskeskittymät sijaitsevat Vaasassa ja Helsingissä. Kuviosta 1 nähdään Suomen ABB organisaatiokaavio vuonna 2012. /1/

## ABB Suomen organisaatio

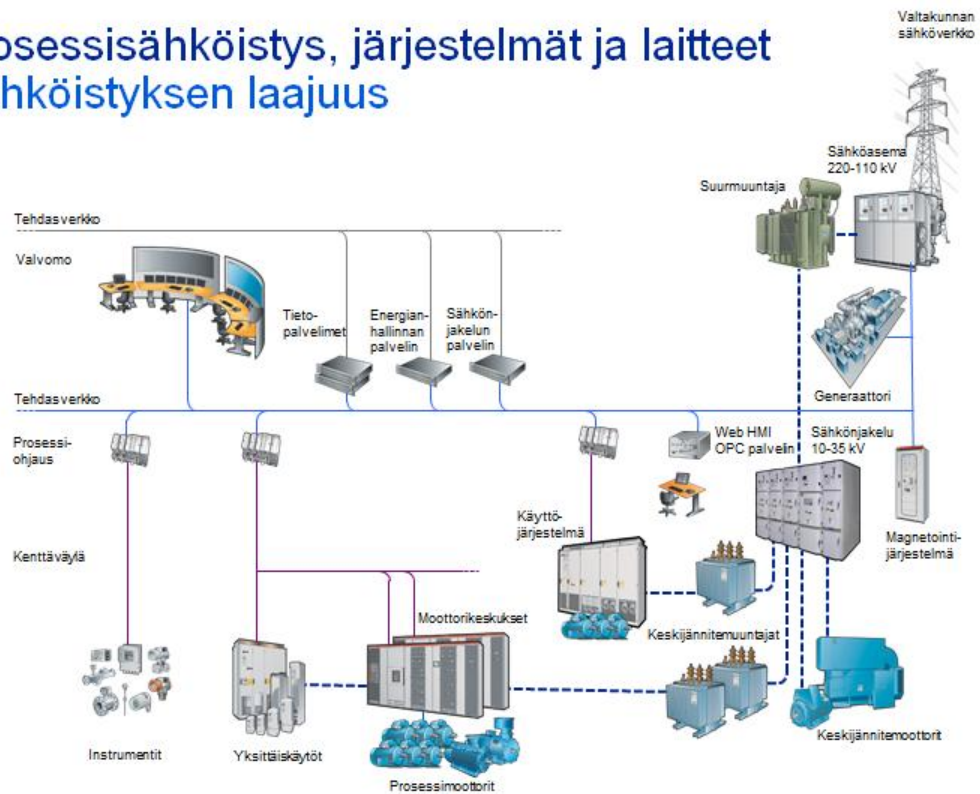


**Kuvio 1. ABB Suomen organisaatio /3/**

ABB:n Suomen toiminnot on jaettu viiteen liiketoimintadivisioonaan. Process Industry-yksikkö toimii prosessiautomaatiodivisioonan alaisuudessa. Process Industry-yksikkö toimittaa energianhallinta-, linjakäyttö-, sähköistys-, ja instrumentointiratkaisuja sekä tehdastietojärjestelmiä teollisuusasiakkaille maailmanlaajuisesti.

/2/, /3/

## Prosessisähköistys, järjestelmät ja laitteet Sähköistyksen laajuus



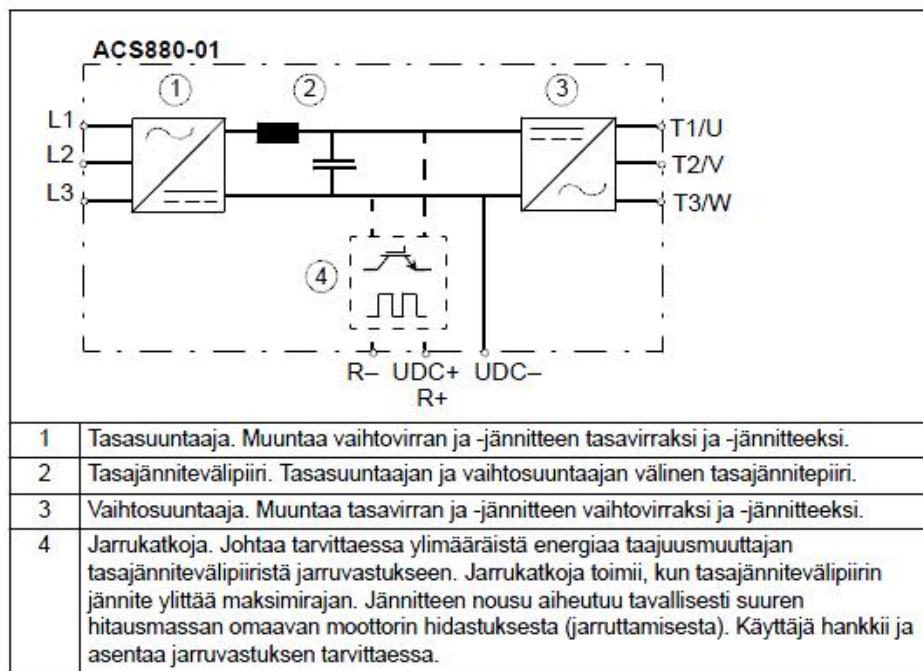
**Kuvio 2. Prosessiteollisuuden tyypillinen toimituslaajuus /23/**

Projektin toimituslaajuus voi sisältää laajimmillaan prosessin kaikki laitteet aina suurtehomuuntajista prosessimootoreihin asti. /2/

## 2 TAAJUUSMUUTTAJATEORIAA

Taajuusmuuttaja on laite jolla voidaan ohjata ja säätää sähkömoottorin pyörimisnopeutta tai momenttia. Vaihtosähkömoottorin pyörimisnopeus on riippuvainen siihen syötettävän sähkön taajuudesta.. Ensimmäisillä taajuusmuuttajilla epätahmoottoreissa ainoastaan pyörimisnopeuden säätö taajuuden avulla oli mahdollista, mutta nykyään myös vääntömomentin säätö pyörimisnopeuden pysyessä vakiona on mahdollista. Taajuusmuuttajan rakenne voidaan jakaa neljään osaan: tasasuuntaaja, välipiiri, vaihtosuuntaaja sekä näitä kolmea yksikköä ohjaava ohjauspiiri. Taajuusmuuttajan toimintaperiaate on yksinkertaistettuna seuraavanlainen: Ensimmäiseksi sähköverkosta taajuusmuuttajaan syötetty sinimuotoinen vaihtojännite tasasuunnataan eli muutetaan tasajännitteeksi. Tämä tasajännite on vielä epätasaista, joten se pitää suodattaa. Jännitteen tasoittaminen tapahtuu välipiirissä olevilla kondensaattoreilla, jotka tasoittavat jännitteen ja toimivat samalla energiavarastoina kommutointien yhteydessä, jolloin välipiirissä oleva DC-jännite pysyy vakaana. Viimeisenä vaihtosuuntausyksikkö muuttaa suodatetun tasajännitteen halutun taajuiseksi vaihtojännitteeksi, joka lopuksi syötetään ohjattavalle moottorille. /24/





**Kuvio 3. Jännitevälipiirillisen taajuusmuuttajan pääpiiri /7/**

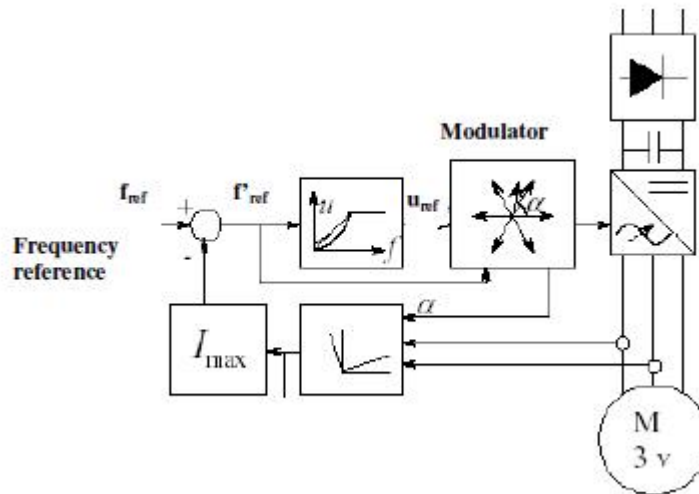
## 2.1 Ohjaustavat

Ohjauspiiri ohjaa taajuusmuuttajan puolijohteita ja kommunikoi sovelluksen laitteiden kanssa. Ohjauspiirille voidaan lähettää viestejä joko ylemmän tason ohjausjärjestelmästä, kuten logiikalta tai paikallisohjauksen paneelista. Taajuusmuuttajan säätötapoja ovat skalaariohjaus/-vektori- ja DTC-säätö

### 2.1.1 Skalaarisäätö

Skalaarisuure on suure jolla on ainoastaan suuruus, mutta ei suuntaa. Taajuusmuuttajakäytössä tämän kaltaisia suureita ovat jännite ja taajuus. Skalaariohjatussa käytössä ohjataan moottorin pyörimisnopeutta muuttamalla jännitettä ja taajuutta. Jännitettä ja taajuutta kasvatetaan samassa suhteessa ja näiden suhde pidetään vakiona jatkuvasti. Nimellisjännite saavutetaan nimellistaajuudella. Kun nimellisjännite on saavutettu, jännite pysyy vakiona taajuuden kasvaessa yli nimellistaajuuden, jolloin ollaan kentänheikennysalueella. Kentänheikennysalueella moottorin vääntömomentti pienenee. Kohtaa jossa vääntömomentti aloittaa pienemisen, kutsutaan kentänheikennyspisteeksi. Taajuus- ja jänniteohjeet annetaan

modulaattorille, joka muokkaa moottorille jännitteen. Tällä jännitteen perusaallolla on haluttu amplitudi ja taajuus.



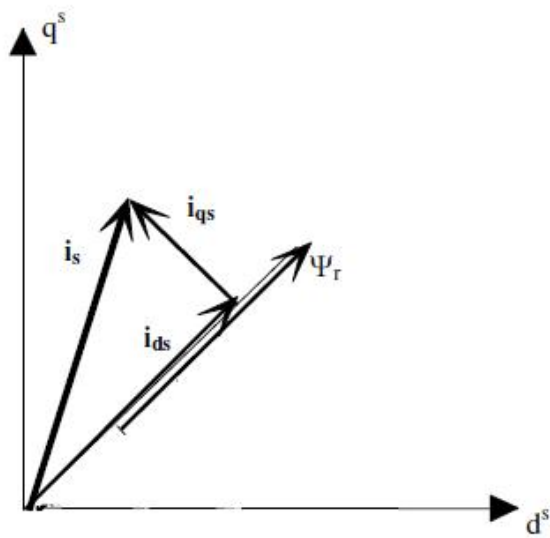
**Kuvio 4. Skalaariohjauksen lohkoesitys /17/**

Skalaariohjauksessa ei tarvita takaisinkytkentää, mutta säätö on epätarkka. Lisäämällä käyttöön takaisinkytkentä moottorilta, saadaan aikaan skalaarisäätö. Skalaarisäädössä virhe on pienempi kuin skalaariohjauksessa, mutta säätö reagoi hitaasti vääntömomentin askelmaisiiin muutoksiin. Muutoksen jälkeen käyttö siirtyy vähitellen uuteen toimintapisteeseen. Ohjaustapa sopii käytöille jotka eivät vaadi tarkkaa ohjausta, kuten pumppu- ja puhallinkäytöt. /17/

### 2.1.2 Vektorisäätö

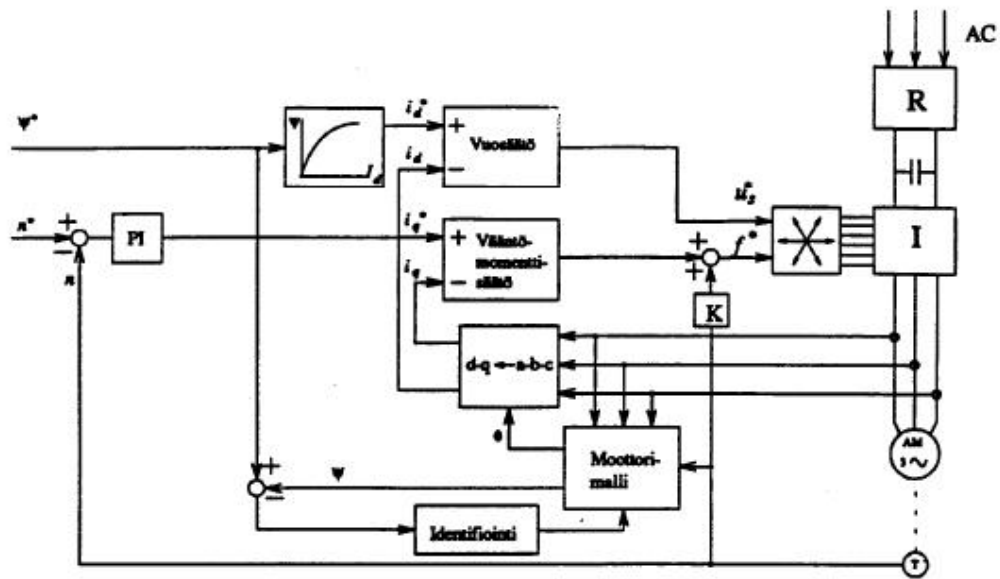
Vektorisäätö pystyy toimimaan nopeasti ja oikein myös muutostilanteissa. Vektorisäätöä käytetään sovelluksissa, jossa tarvitaan tarkkaa nopeudensäätöä ja nopeaa dynaamista käyttäytymistä. /17/

Oikosulkumoottorin vääntömomentti on päävuon ja roottorivirran vektoritulo. Vääntömomentin säätöä varten täytyy huomioida vektorin suunta. Vektorisäädössä moottorin virrasta taajuusmuuttaja laskee matemaattisesti roottorivuon suuntaisen, magneettivuota ylläpitävän loiskomponentin, ja sitä vastaan kohtisuoran vääntömomenttia aiheuttavan pätökomponentin. /17/



**Kuvio 5. Vääntömomentin muodostuminen /17/**

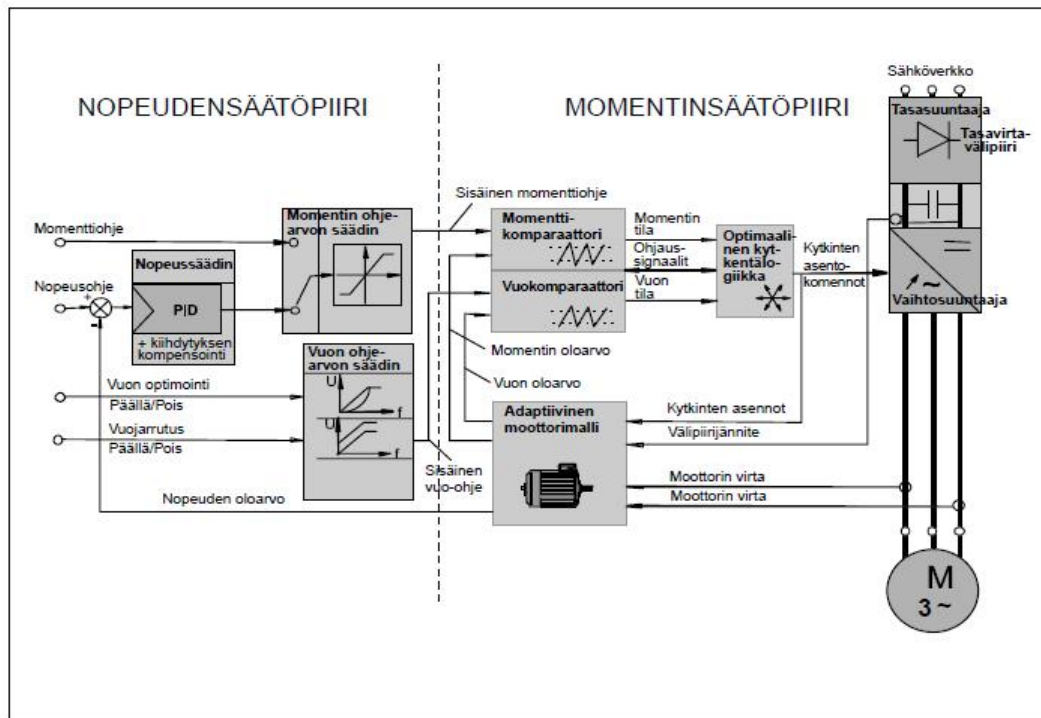
Taajuusmuuttajassa on pätö- ja loiskomponentille omat säätöalgoritminsä. Vuo-vektorisäädetyt käytön säädin luo sähköisiä suureita, kuten jännite, virta ja taajuus, jotka toimivat säätösuureina. Suuret syötetään modulaattorin kautta moottoriin jolloin momenttia säädetään epäsuorasti. Taajuusmuuttaja vaatii takaisinkytkennän takogeneraattorilta tarkkaa säätöä varten. /17/



Kuvio 6. Esimerkki vektorisäädön lohkokaaviosta /17/

### 2.1.3 Suora momentinsäätö (Direct Torque Control)

ACS880-tuotesarja käyttää ABB:n kehittämää suoraa momentin säätöä (DTC). DTC-tekniikkaa käytettäessä ei tarvita modulaattoria, takometriä tai asentoanturia moottorin akselin nopeuden tai asennon takaisinkytkentään. Käyttämällä nopeuden takaisinkytkentää, saadaan nopeussäädön dynaamisesta tarkkuudesta parempi verrattuna ilman takaisinkytkentää toteutettuun käyttöön. DTC-tekniikan tekniikan toimintaperiaate nähdään kuvista 7. /28/



**Kuvio 7. DTC-säädön täydellinen lohkokkaavio /28/**

DTC-säädön momentinsäätöpiiri mittaa virtaa moottorin kahdelta vaiheelta ja välipiirin jännitettä. Staattorivuo lasketaan integroimalla moottorin jännite vektoriavaruudessa. Moottorin momentti lasketaan staattorivuon ja staattorivirran vektoritulona. Momentinsäätöpiirissä käytetään hystereesisäätöä momentin ja vuon säätöön. Optimaalinen kytkentälogiikka tekee kytkentöjä ainoastaan silloin, kun momentti tai vuo ei ole hystereesin sisällä, jolloin kytkentätaajuus ei ole vakio. /17/, /28/

DTC-säädön nopeuden säätöpiiri muodostuu PID-säätimestä ja kiihdytyskompensaattorista. Käyttäjän määrittelemää nopeusohjetta verrataan moottorimallista laskettuun nopeuteen. Nopeusohjeen ja lasketun nopeuden eroarvo siirretään PID-säätimeen ja kiihdytyskompensaattoriin. Nopeudensäätöpiiristä lähtevä arvo on PID-säätimen ja kiihdytyskompensaattorin arvojen summa. /28/

DTC-säädössä ei tarvita modulaattoria jännitteen ja taajuuden säätöön, jonka vuoksi vaiheiden määrä säädössä vähenee, ja momenttivaste nopeutuu. DTC-säädössä momenttivaste on nopeampi kuin muilla säätötavoilla ja voidaan sanoa, että DTC-säätö on verrattavissa takaisin kytkettyyn tasavirtakäyttöön. /28/

Käyttämällä moottorin ID-ajoa moottoria käyttöönotettaessa, taajuusmuuttaja tunnistaa moottorin ja sen sähköiset ominaisuudet. Tämän avulla taajuusmuuttaja pystyy optimoimaan moottorikäytön suorituskyvyn. /28/

#### **2.1.4 Taajuusmuuttajalla saavutettavat edut**

Taajuusmuuttajalla saavutetaan suuria etuja käytöissä joissa prosessin tilaa täytyy muuttaa portaattomasti. Esimerkiksi virtauksen hiljentäminen kuristimella kuluttaa turhaa energiaa, kun taajuusmuuttajalla pumpun pyörimisnopeuden voi säätää halutulle tasolle ja tällöin moottori kuluttaa vain tarvittavan määrän energiaa. Myös suorien käynnistysten aiheuttamat mekaaniset rasitteet prosessille poistuvat taajuusmuuttajakäytöllä. Käytöissä joissa moottori pyörii koko ajan nimelliskoiteudella, ei ole mielekäästä asentaa taajuusmuuttajaa. Saavutettavat edut ovat taloudellisia ja määrällisiä, koska prosessien optimointi onnistuu paremmin taajuusmuuttajakäytöillä. Taajuusmuuttajaa käytettäessä vältytään suurelta käynnistysvirralta ja silti kyetään tuottamaan riittävä vääntömomentti. Ennen taajuusmuuttajien kehittymistä, ainoa vaihtoehto nopeussäädetylle käytölle oli tasavirtamoottori. /15/

### 3 ACS880 TAAJUUSMUUTTAJAN ESITTELY

ABB toi ACS880-taajuusmuuttajamalliston markkinoille vuonna 2012. Ensiksi vuoron sai 45 - 250 kW:n (380–500 V:n) mallisto, ja myöhemmin tulevat teollisuudessa yleisesti käytössä olevat 690 V:n nimellisjännitteellä toimivat taajuusmuuttajat. Taajuusmuuttajan saa tilattua yksittäisenä seinälle asennettavana mallina ja kojeistoon valmiiksi asennettuna apulaitteineen, jolloin johdottaminen helpottuu. ACS880:n R1-runkoa saadaan asennettua 6 kpl yhteen 600 mm:ä leveään kojeistomoduliin. Tällöin taajuusmuuttajat on asennettu kojeistoon vaakatasoon. ACS800:n pienimmällä rungolla (R2) yhteen moduliin saatiin asennettua ainoastaan 4 taajuusmuuttajaa. Taajuusmuuttajien eroja kojeistoon asentamista käsitelään laajemmin kohdassa kojeistoon asentaminen. /15/



**Kuvio 8. Seinälle asennettava ACS880-taajuusmuuttajaperhe /7/**

ACS880-taajuusmuuttajaan on mahdollista saada laaja kirjo turvallisuusfunktioita. STO-toiminto (Safe Torque-Off) on sisäänrakennettu kaikkiin malleihin jonka avulla laite saadaan kahdennetulla johdotuksella SIL 3-luokkaan. Hankkimalla lisäoption FSO-11 (Functional Safety Option(+Q973)) on mahdollista saada lisää turvallisuusfunktioita helpottamaan konfiguraatiota ja vähentämään tilaa asennus-

vaiheessa. ASC880 saadaan turvallisuusoptioilla SIL3-luokkaan. Turvallisuusfunktioihin syvennytään tarkemmin sekä functional safety kohdassa, että optioita käsittelevässä kappaleessa. /7/, /13/

ACS800:n siirrettävä muistiyksikkö tallentaa kaikki ohjelmat ja asetellut parametrit irroitettavissa olevaan erilliseen muistimoduuliin. Tämä mahdollistaa vioittuneen käytön vaihdon ilman parametrien asettelua vaihtamalla parametrit sisältävä muistimoduuli uuteen taajuusmuuttajaan. ACS880 tarjoaa toimintoja, kuten energian optimointi ja energia tehokkuusinformaatiota, jotka helpottavat energian säästämässä. Energian optimointi-toiminto säättää moottorin magneettikenttää alhaisemmaksi pienellä kuormalla, jolloin moottorin häviöt pienenevät. Tätä toimintoa käytetään lähinnä keskipakopumppu- ja puhallinsovelluksissa. Pumppu- ja puhallinsovelluksissa momentti on verrannollinen pyörimisnopeuden toiseen potenssiin, jonka vuoksi pienillä pyörimisnopeuksilla vastamomentti on pieni. Tällöin moottoria voidaan pyörittää pienemmällä jännitteellä eli pienemmällä vuolla, jolloin häviöt pienenevät. Sisäänrakennetut energiatehokkuuslaskurit auttavat prosessien analysoinnissa ja optimoinnissa. /7/, /26/

Vaasan kojeistotehtaalla aloitettiin vuonna 2011 sovitteiden teko ACS880-01 400 V:n tuotesarjalle. Keväällä 2012 saatiin tehtyä lämpötestit runkokokoon R7 asti ja R8 ja R9 runkokoolle lämpötestit saatiin tehtyä heinäkuussa 2012. Lämpötestaus kattoi taajuusmuuttajan apulaitteineen. Runkokoot R10 ja R11 tulevat markkinoille syksyllä 2013. /32/



Taulukoissa 1-3 nähdään ACS880-01 tekniset tiedot.

**Taulukko 1. ACS880-01:n tekniset tiedot /7/**

ACS800-01	
Mains connection	
jännite -ja tehoalue	3-phase, Un2=208 to 240 V, +10%/-15%(-01)
	3-phase, Un3=380 to 415 V, +10%/-15%(-01),±10% (-07)
	3-phase, Un5=380 to 500 V, +10%/-15%(-01),±10% (-07)
	3-phase, Un7=525 to 600 V, +10%/-15%(-01)
	0,55 to 250 kW
Frequency	50/60 Hz +-5%
Power factor	cos $\phi$ =0,98 (fundamental)
	cos $\phi$ =0,93 to 0,95 (total)
Efficiency (at nominal power)	98 %
Motor connection	
Voltage	3-phase output voltage 0 to Un3/Un5
Frequency	0 to ±500 Hz
Motor control	Direct torque control (DTC)
Torque control	Torque step rise:
Open loop	<5 ms with nominal torque
Closed loop	<5 ms with nominal torque
	Dynamic accuracy:
Open loop	±4 % with nominal torque
Closed loop	± 3 % with nominal torque
Speed control	Static accuracy:
Open loop	10% of motor slip
Closed loop	0,01% of nominal speed
	Dynamic accuracy:
Open loop	0,3 to 0,4% seconds with 100% torque step
Closed loop	0,1 to 0,2% seconds with 100% torque step

**Taulukko 2. ACS880-01:n yhteensopivuus asetuksien ja direktiivien kanssa**

/7/

Product compliance
- CE
- Low voltage directive 2006/95/EC
- Machinery Directive 2006/42/EC
- EMC Directive 2004/108/EC
- Quality assurance system ISO 9001 and Environmental system ISO 14001
- RoHS
- Functional safety: STO TÜV Nord certificate (-01)

**Taulukko 3. Ympäristön asettamat rajat /7/**

Environmental limits	
Ambient temperature	
Transport	-40 to +70 °C
Storage	-40 to +70 °C
Operation	
Air-cooled	-15 to +55 °C, no frost allowed (-01) 0 to +50 °C, no frost allowed (-07) +40 to 55 °C with derating of 1%/1 °C (-01) +40 to 50 °C with derating of 1%/1 °C (-07)
Cooling method	
Air-cooled	Dry clean air
Altitude	
0 to 1,000 m	Without derating
1,000 to 4,000 m	With derating of 1%/100 m
Relative humidity	5 to 95%, no condensation allowed
Degree of protection	
IP21	Standard (-01)
IP22	Standard (-07)
IP42, IP54	Option (-07)
IP55	Option (-01)
Contamination levels	No conductive dust allowed
Storage	IEC 60721-3-1, Class 1C2 (chemical gases), Class 1S2 (solid particles)
Transportation	IEC 60721-3-2, Class 2C2 (chemical gases), Class 2S2 (solid particles)
Operation	IEC 60721-3-3, Class 3C2 (chemical gases), Class 3S2 (solid particles)
Functional safety Standard	Safe torque-off (STO according EN 61800-5-2) IEC 61508 ed2: SIL 3, IEC 61511: SIL 3, IEC 62061: SIL CL 3, EN ISO 13849-1: PL e
With internal safety option	Safe stop 1 (SS1), safely-limited speed (SLS), safe stop emergency (SSE), safe brake control, (SBC) and safe maximum speed (SMS) IEC 61508 ed2: SIL 3, IEC 61511: SIL 3, IEC 62061: SIL CL 3, EN ISO 13849-1: PL e TÜV Nord certified
C = chemically active substances	
S = mechanically active substances	

Syöttökaapelin tai taajuusmuuttajan oikosulkusuojaukseen soveltuvat gG- ja aR-sulakkeet. Kumpikin sulaketyyppi toimii tarpeeksi nopeasti runkokoosta R1 runkokokoon R6. Runkokoosta R7 lähtien täytyy suojauksessa käyttää erittäin nopeita aR-sulakkeita. /7/

## **4 FUNCTIONAL SAFETY (TOIMINNALLINEN TURVALLISUUS)**

Konedirektiivi 2006/46/EC määrittelee, että uusien koneiden täytyy täyttää juridiset vaatimukset EU:n alueella. Konedirektiivin idea on varmistaa, että kone on suunniteltu ja valmistettu olemaan turvallinen, ja sitä voi käyttää, konfiguroida ja ylläpitää koko käyttöiän aikana minimoiden riskejä ihmisille tai ympäristölle. /30/

Turvallisuuden on tarkoitus suojata ihmisiä vaaroilta. Functional safety-toiminnot saavuttavat tämän päämäärän laitteistoilla jotka vähentävät epätoivottujen tilanteiden mahdollisuutta, minimoiden näin onnettomuudet. /30/

Kaksi uutta standardia EN ISO 13849-1 ja EN 62061 korvaavat vanhan EN 954-1. Konevalmistaja voi valita seuraako joko EN ISO 13849-standardia tai EN 62061-standardia koneen valmistamisessa. On kuitenkin suositeltavaa pysyä yhdessä ja samassa standardissa koko valmistumisjakson aikana. Alla on yksinkertaistetut esimerkit SILin ja PL:n määrittämisestä. Todellinen turvallisuusluokkien laskeminen vaatii tarkat määrittelyt vaaroista ja käytetyistä turvalaitteista. Standardi EN 61800-5-2 määrittää standardoidut turvatoiminnot sähkökäyttöille. Standardoituja turvatoimintoja on muun muassa STO (Safe torque off), SS1 (Safe stop 1), SBC (Safe brake control) ja SLS (Safely-limited speed). /30/

### **4.1 Safety Integrity Level (SIL)**

Standardi EN 62061 on standardi sähköisten turvatoimintojen suunnittelemista varten. EN 62061 kattaa koko turvaketjun ja määrittää kuinka määritellään Safety Integrity Level (SIL). SIL kuvastaa turvafunktioiden luotettavuutta. SILissä on 4 eri tasoa: 1, 2, 3 ja 4. SIL 4 on korkein ja SIL 1 matalin. Ainoastaan tasoa 1-3 käytetään konealalla. /30/

### How to determine the required SIL (EN 62061)

This process is as follows:

1. Determine the severity of the consequence of a hazardous event.
2. Determine the point value for the frequency and duration the person is exposed to harm.
3. Determine the point value for the probability of the hazardous event occurring when exposed to it.
4. Determine the point value for the possibility of preventing or limiting the scope of the harm.

Table 2.

Probability of occurrence of harm						
Fr Frequency, duration		Pr Probability of hazardous event		Av Avoidance		
<= hour	5	Very high	5			
> 1h <= day	5	Likely	4			
> day <= 2 wks	4	Possible	3	Impossible	5	
> 2 wks <= 1 yr	3	Rarely	2	Possible	3	
> 1 yr	2	Negligible	1	Likely	1	
Total: 5 + 3 + 3 = 11						
Severity of harm		SIL Class				
Se Consequences (severity)		Class CI				
		3-4	5-7	8-10	11-13	14-15
Death, losing an eye or arm	4	SIL2	SIL2	SIL2	SIL3	SIL3
Permanent, losing fingers	3			SIL1	SIL2	SIL3
Reversible, medical attention	2				SIL1	SIL2
Reversible, first aid	1	Other measures				SIL1
SIL2 safety function is required.						

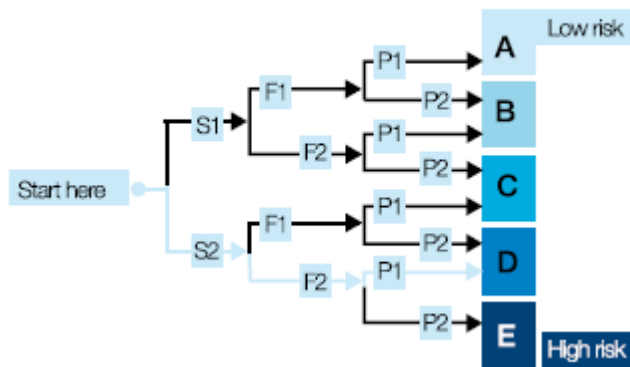
### Kuvio 9. Esimerkki SIL-luokituksen määrittämisestä /30/

Ensiksi määritellään vaaran esiintymisen taajuus eli kuinka usein vaaralle altistutaan päivän aikana. Esimerkissä kuvitellaan henkilön altistuvan vaaralle useasti päivän aikana. Tällöin tunnusluvuksi saadaan  $Fr=5$ . Sen jälkeen arvioidaan vaarallisen tapahtuman todennäköisyys. Tässä todennäköisyyden todetaan olevan mahdollinen eli tunnusluvuksi saadaan  $Pr=3$ . Vaaran välttämisen todetaan olevan mahdollista, joten tunnusluvuksi saadaan  $Av=3$ . Tämän jälkeen lasketaan tunnusluvut yhteen  $Fr+Pr+Av=5+3+3=11$ . Lopuksi määritellään vaaran seuraukset, tässä on todettu olevan pysyvä, jopa sormien menettäminen on mahdollista. Lopputulokseksi saadaan SIL 2-luokka. /30/

## 4.2 Performance level (PL)

Standardi ISO 13849-1 ohjeistaa konesuunnittelijoita tekemään koneista turvallisia. Ohjeistus sisältää suosituksia järjestelmän rakenteelle, integroinnille ja vali-

doinnille. ISO 13849-1 määrittää myös kuinka Performance Level (PL) määritellään. PL kuvaa kuinka hyvin turvallisuusjärjestelmä suoriutuu turvallisuusfunktioista ennalta määritetyissä olosuhteissa. PL:lle on viisi tasoa: a, b, c, d, ja e. Korkein taso on e-taso, ja matalin on a-taso. /30/



**Kuvio 10. Esimerkki performance levelin määrittämisestä /30/**

Ensimmäisellä tasolla määritetään vamman/vahingon vakavuus,

- S1=kevyt, yleensä kolaus
- S2= vakava, peruuttamaton vamma, sisältäen kuoleman.

Toisella tasolla määritetään vaaralle altistumisen taajuus ja kesto,

- F1= harvoin/usein ja/tai lyhyt altistuminen
- F2= säännöllisestä jatkuvaan ja/tai pitkä altistuminen

Kolmannella tasolla määritellään vaaran estämisen mahdollisuus

- P1= mahdollista tietyin ehdoin
- P2= tuskin mahdollista

Seurataan määrittelyjen määräämää polkua ja lopputulemana saadaan selville PL-luku. /30/

## 5 ACS880- VS. ACS800- TAAJUUSMUUTTAJA

ACS800-taajuusmuuttajaperhe on lanseerattu vuonna 2002 ja uusi ACS880-tuotepihe lanseerattiin markkinoille vuonna 2012. Julkaisujen välissä on 10 vuotta ja ACS880:aan on saatu joitain uusia ominaisuuksia. /15/



**Kuvio 11. ACS800 ja ACS880 /5/, /7/**

### 5.1 Taajuusmuuttajien vertailu

#### 5.1.1 ACS880 uudet runkokoot

ACS880:n myötä taajuusmuuttajan runkokoot ovat uudistuneet. Uuden ACS880:n runkokokoja ei voi verrata vanhan ACS800:n runkokokoihin. Esimerkiksi runkokoko R4, jossa tehoalue on sama molemmilla taajuusmuuttajilla, on uusi runko 37 mm:ä kapeampi ja 31 mm:ä matalampi. Myös tehoalueet ovat vaihtuneet. Uudessa taajuusmuuttajassa runkokokoja on lisätty R11:ta asti ja tehoalue on kapeampi runkokokoa kohti. /5/, /7/

**Taulukko 4. Taajuusmuuttajien runkokoot /5/, /7/**

ACS880 IP21 Un=400 V					ACS800 IP21 Un=400 V				
Runkokoko	Leveys/mm	Syvyys/mm	Korkeus/mm	Tehoalue/kW	Runkokoko	Leveys/mm	Syvyys/mm	Korkeus/mm	Tehoalue/kW
R1	155	226	405	1,5-5,5	-	-	-	-	-
R2	155	249	405	7,5-11	R2	165	226	405	1,5-5,5
R3	172	261	471	15-18,5	R3	173	265	471	7,5-15
R4	203	274	576	22-30	R4	240	274	607	22-30
R5	203	274	730	37-45	R5	265	286	739	37-75
R6	251	357	726	55-75	R6	300	399	880	75-160
R7	284	365	880	90-110	-	-	-	-	-
R8	300	386	963	132-160	-	-	-	-	-
R9	380	413,2	955	200-250	-	-	-	-	-

Runkojen kokoerot huomataan parhaiten pysyttäessä alle 45 kW:n taajuusmuuttajissa. Tällöin maksimi runkokoko on R5. Uusi runko R5 on 62 mm:ä kapeampi, 12 mm:ä pienempi syvyys ja 9 mm:ä matalampi kuin vastaava runko ACS800:ssa. /5/, /7/

### 5.1.2 Maksimi kaapelipituudet

ACS880:n maksimi moottorikaapelin pituus on 300 m, mutta ohjeistuksessa todetaan, että yli 150 metriä pitkät kaapelit eivät täytä välttämättä EMC vaatimuksia. ACS800:lla moottorin syöttökaapelin maksimipituudet on annettu erikseen runkokokojen, säätötavan ja mitoitusmenetelmän mukaan. Runkokoolla R2-R3 käytettäessä DTC-säätöä, johdon maksimipituus on 100 metriä. Runkokoolla R5-R6 maksimipituus on 150 metriä. Skalaarisäädöllä johtojen maksimipituudet ovat runkokoolla R2 150 metriä ja runkokoolla R3-R6 300 metriä. Jos ACS800:n asennuksessa käytetään yli 100 metrin kaapelia, EMC vaatimukset eivät välttämättä täyty. Käyttölämpötila asettaa myös osaltaan rajoitukset johtopituuksille. Yli 30 C° asteeseen asennetun taajuusmuuttajan tapauksessa johtopituudet putoavat puoleen. /5/, /7/

Maksimi kaapelipituuksien lyheneminen RFI-suotimilla varustetuilla taajuusmuuttajilla ja yli 30 C° asteen käyttölämpötilassa johtuu kaapeleiden kapasitanssien aiheuttamista virtapulsseista, jotka lämmittävät RFI-suodinta ja taajuusmuuttajaa. /5/, /7/, /26/

### 5.1.3 Turvallisuusfunktiot

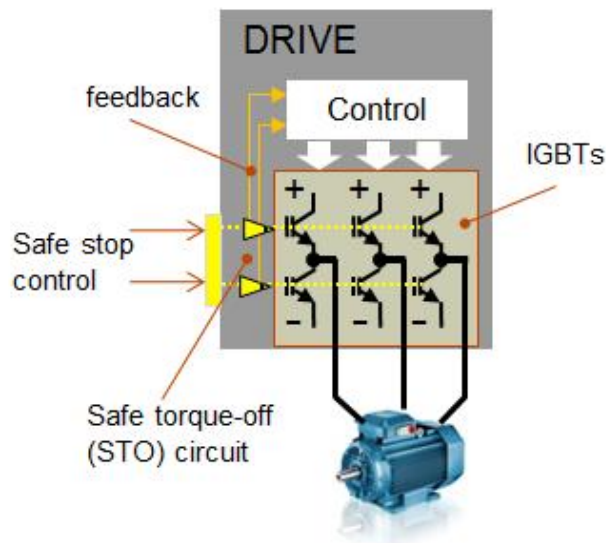
Tärkein ACS880:aan lisätty ominaisuus on sisäänrakennettu STO (Safe Torque Off)-toiminto, joka estää odottamattoman käytön ja toimii yhdessä muiden pysäytysfunktioiden kanssa mahdollistaen turvallisen moottorin käytön ja huollon. Lisäksi ACS880:n on mahdollista hankkia Functional Safety Option, FSO-11-lisämoduuli (+Q973), jonka avulla moottorikäyttö saadaan SIL 3-turvallisuusluokkaan. Tällä hetkellä integroidulla STO-toiminnolla pystytään toteuttamaan jopa 99 %:ia prosessiteollisuus-yksikön toimittamista kokonaisprojekteista. /5/, /13/

FSO-11 lisämoduuliin voidaan parametroida käyttöönottovaiheessa käyttöön otettavat turvatoiminnot. /10/, /13/

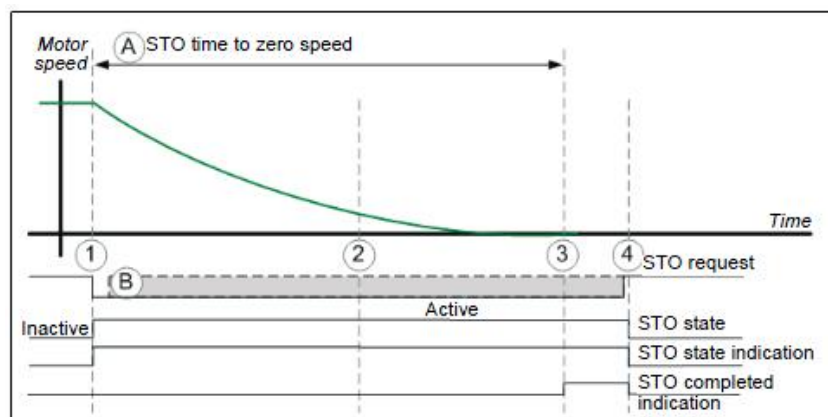
#### **Turvatoimintoja ovat:**

- STO (Safe torque off) poistaa vääntömomentin moottorilta ja estää tahattoman käynnistyksen. STO poistaa moottorin väännön sammuttamalla ohjauselektronikan sähkönsyötön. /13/





Kuvio 12. STO:n vaikutus ohjauspiiriin /14/



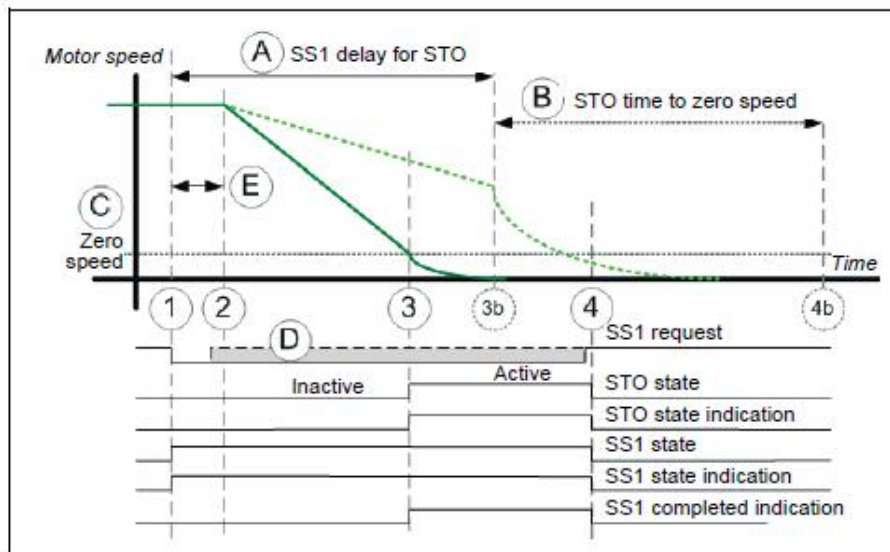
ID	Description
A	Time to zero speed: Time from the STO activation to the moment when the acknowledgement becomes allowed. Configured to the estimated time in which the motor coasts to a stop from the maximum speed.
B	STO request removal allowed (shaded area). The STO request must be active for at least 10 ms. The STO request must be removed before the acknowledgement is accepted.
1	STO activated after the STO request has been received (for example from the I/O)
2	Acknowledgement is not allowed before the motor is presumably stopped.
3	After the time to zero speed (A) has elapsed, the STO is completed and the acknowledgement is possible as soon as the STO request has been removed.
4	After the acknowledgement (manual or automatic), the STO is deactivated.

Kuvio 13. STO:n toiminta aktivoinnin jälkeen /13/

STO:lla saavutetaan luokan 0 pysäytys (EN 60204-1). Safe torque off-toiminnon myötä moottorikontaktori voidaan jättää pois piiristä. Tämä vähentää kustannuk-

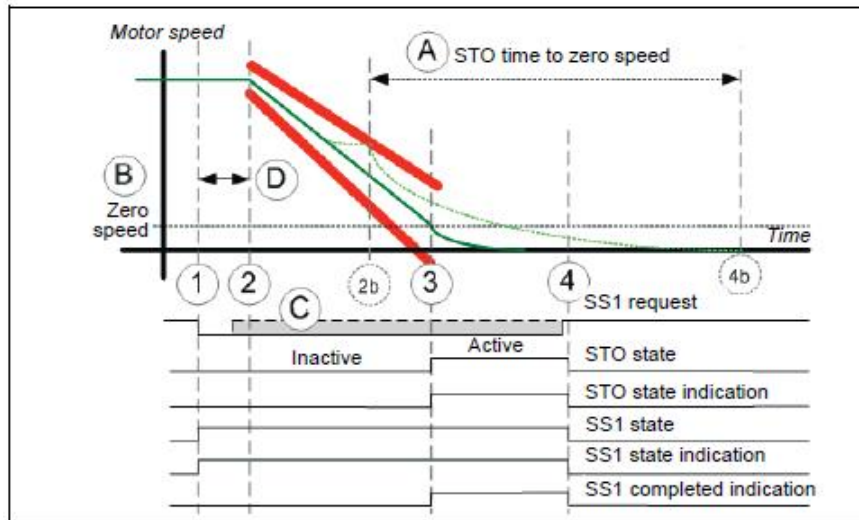
sia ja asennustilan tarvetta. Myös STO:n ohjauselektronikka avaa piirin nopeammin kuin mekaanisesti toimiva kontaktori. /13/

- Safe Stop 1 (SS1) pysäyttää moottorin asetellun pysäytysrampin mukaisesti. Nopea ja hallittu moottorin pysäytys jota käytetään esimerkiksi sahaus-, murskain-, ja nosturisovelluksissa. SS1:llä saavutetaan pysäytysluokka 1 (EN 60204-1): kontrolloitu pysäytys rampilla, jonka jälkeen STO aktivoituu. /13/



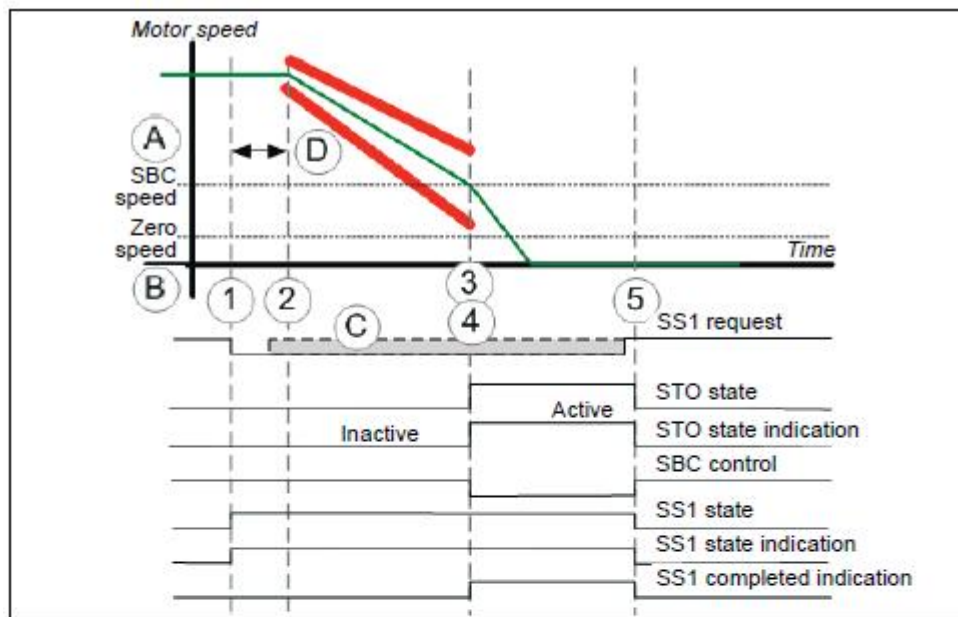
ID	Description
A	SS1 delay for STO: Time after which the STO is activated regardless of the speed.
B	Time to zero speed: Time from the STO activation to the moment when acknowledgment becomes allowed. Configured to the estimated time in which the motor coasts to a stop from the maximum speed. Relevant only if 3b occurs.
C	Zero speed: Speed limit for activating the STO
D	SS1 request removal allowed (shaded area). The SS1 request can be removed after a minimum down time. It must be removed before the acknowledgement is accepted.
E	Safety function response time
1	SS1 request received (for example from the I/O)
2	After the safety function response time, ramping down is started.
3	Speed goes below the defined zero speed limit, and the STO is activated.
3b	If the drive has not ramped down fast enough when the delay for STO (A) has elapsed, the STO is activated now and the time to zero speed (B) is started.
4	After the acknowledgement (manual or automatic), the STO and SS1 are deactivated.
4b	If the drive had not ramped down fast enough at 3b, acknowledgement would become allowed now.

**Kuvio 14. Safe Stop 1 ajanseurannalla /13/**



ID	Description
A	Time to zero speed: Time from the STO activation to the moment when the acknowledgment becomes allowed. Configured to the estimated time in which the motor coasts to a stop from the maximum speed. Relevant only if 2b occurs.
B	Zero speed: Speed limit for activating the STO.
C	SS1 request removal allowed (shaded area). The SS1 request can be removed after a minimum down time. It must be removed before the acknowledgement is accepted.
D	Safety function response time
1	SS1 request received (for example from the I/O)
2	After the safety function response time, ramping down with SAR1 monitoring is started.
2b	If the drive has not followed the ramp, the STO is activated now and the time to zero speed (A) is started.
3	Speed goes below the defined zero limit, the SAR monitoring is stopped and the STO is activated
4	After acknowledgement (manual or automatic), the STO and SS1 are deactivated, and the control is given back to the drive, which is allowed to modulate again.
4b	If the drive had not followed the ramp at 2b, acknowledgement would become allowed now.

**Kuvio 15. Safe Stop 1 pysäytysrampin seurannalla /13/**

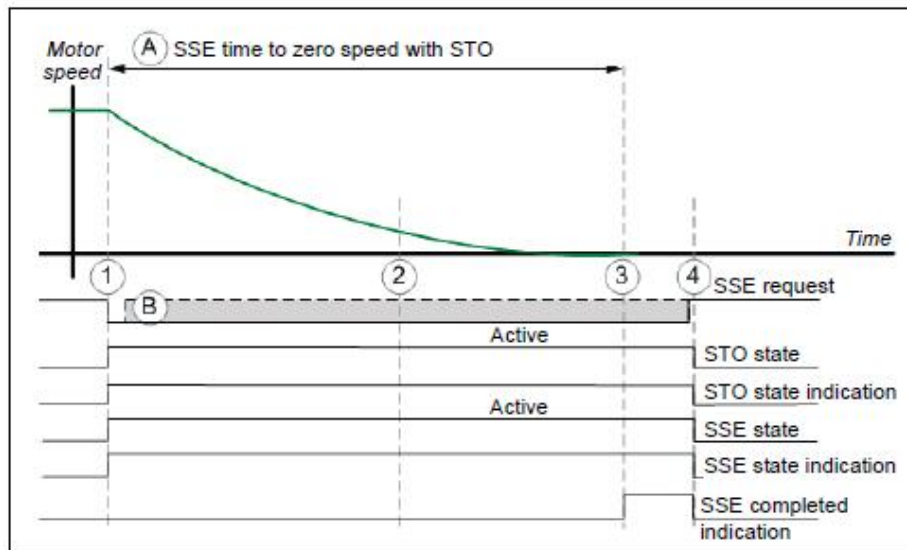


ID.	Description
A	SBC speed: Speed below which the brake is activated while ramping
B	Zero speed: Speed limit for activating the STO
C	SS1 request removal allowed (shaded area). The SS1 request can be removed after a minimum down time. It must be removed before the acknowledgement is accepted.
D	Safety function response time
1	SS1 is requested (for example from the I/O).
2	After the safety function response time, ramping down with SAR0/SAR1 monitoring is started.
3	Speed is below the SBC speed; the SAR monitoring is stopped and the brake is activated
4	STO is activated after brake activation.
5	After acknowledgement (manual or automatic), the STO and the brake are deactivated, and the control is given back to the drive, which is allowed to modulate again.

**Kuvio 16. Safe Stop 1 SBC:n aktiivimalla nopeusrajoituksella /13/**

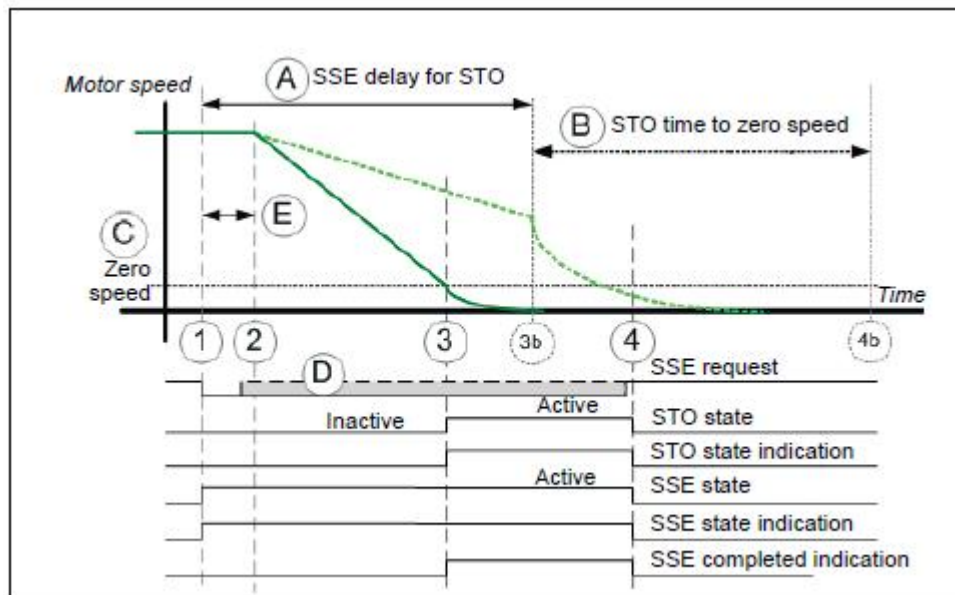
- Safe stop emergency (SSE) voidaan konfiguroida toimimaan heti STO:n kanssa (luokan 0 pysäytys) tai aloittaa moottorin nopeuden vähentäminen ja pysähtymisen jälkeen kytkeä STO päälle (luokan 1) pysäytys. /13/





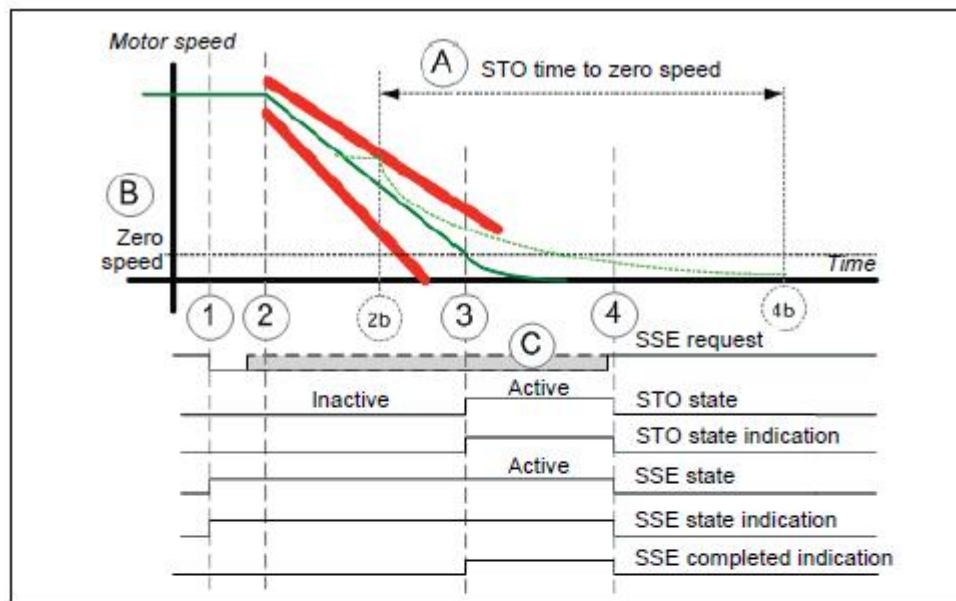
ID	Description
A	SSE time to zero speed with STO: Time from the STO activation to the moment when the acknowledgment becomes allowed. Configured to the estimated time in which the motor coasts to a stop from the maximum speed.
B	SSE request removal allowed (shaded area). The SSE request can be removed after a minimum down time. It must be removed before the acknowledgement is accepted.
1	STO activated after the SSE request has been received (for example from the I/O).
2	Acknowledgment not yet allowed before the motor is presumably stopped.
3	After the time to zero speed (A) has elapsed, the acknowledgement is possible as soon as the STO request has been removed.
4	After the acknowledgement, the STO and SSE are deactivated, and the control is given back to the drive.

Kuvio 17. SSE:n toiminta STO:n kanssa /13/



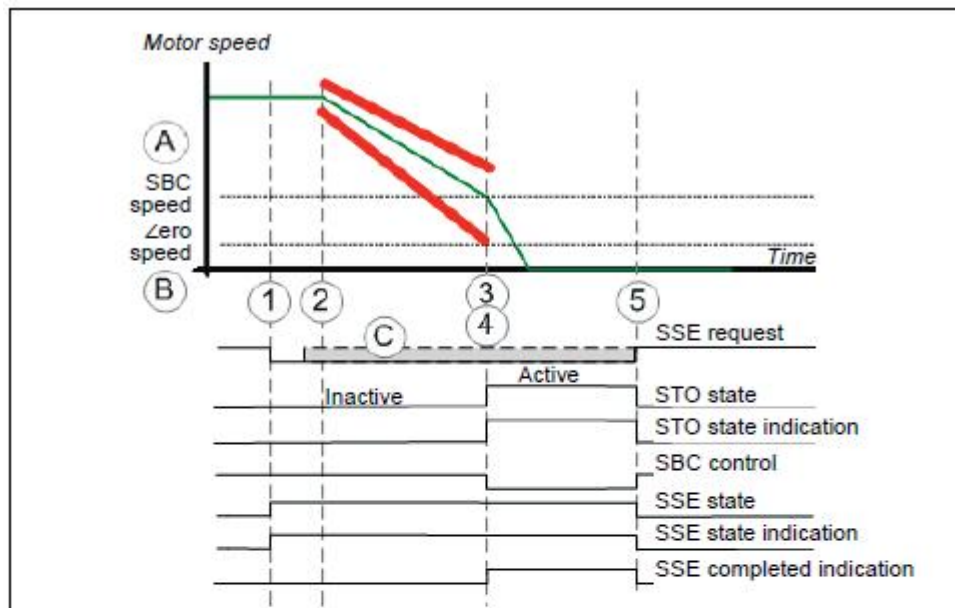
ID	Description
A	SSE delay for STO: Time after which the STO is activated regardless of the speed.
B	STO time to zero speed: Time from the STO activation to the moment when acknowledgment becomes allowed. Configured to the estimated time in which the motor coasts to a stop from the maximum speed. Relevant only if 3b occurs.
C	Zero speed: Speed limit for activating the STO
D	SSE request removal allowed. (shaded area) The SSE request can be removed after a minimum down time. It must be removed before the acknowledgement is accepted.
E	Safety function response time
1	SSE request received (for example from the I/O)
2	Ramping down is started.
3	Speed goes below the defined zero speed limit and the STO is activated.
3b	If the drive has not ramped down fast enough when the delay for STO (A) has elapsed, the STO is activated now and the time to zero speed (B) is started.
4	After acknowledgement (manual or automatic), the STO and SSE are deactivated.
4b	If the drive had not ramped down fast enough at 3b, acknowledgement would become allowed now.

Kuvio 18. SSE:n toiminta ajanseurannalla /13/



ID	Description
A	Time to zero speed. Time from the STO activation to the moment when the acknowledgement becomes allowed. Configured to the estimated time in which the motor coasts to a stop from the maximum speed. Relevant only if 2b occurs.
B	Zero speed: Speed limit for activating the STO.
C	SSE request removal allowed (shaded area). The SSE request can be removed after a minimum down time. It must be removed before the acknowledgement is accepted.
1	SSE request received (for example from the I/O)
2	After the safety function response time, ramping down with SAR0 monitoring is started.
2b	If the drive has not followed the ramp, the STO is activated now and the time to zero speed (A) is started.
3	Speed goes below the defined zero limit, the SAR monitoring is stopped and the STO is activated.
4	After the acknowledgement (manual or automatic), the STO and SSE are deactivated, and the control is given back to the drive, which is allowed to modulate again.
4b	If the drive had not followed the ramp at 2b, acknowledgement would become allowed now.

Kuvio 19. SSE pysäytysrampin seurannalla /13/

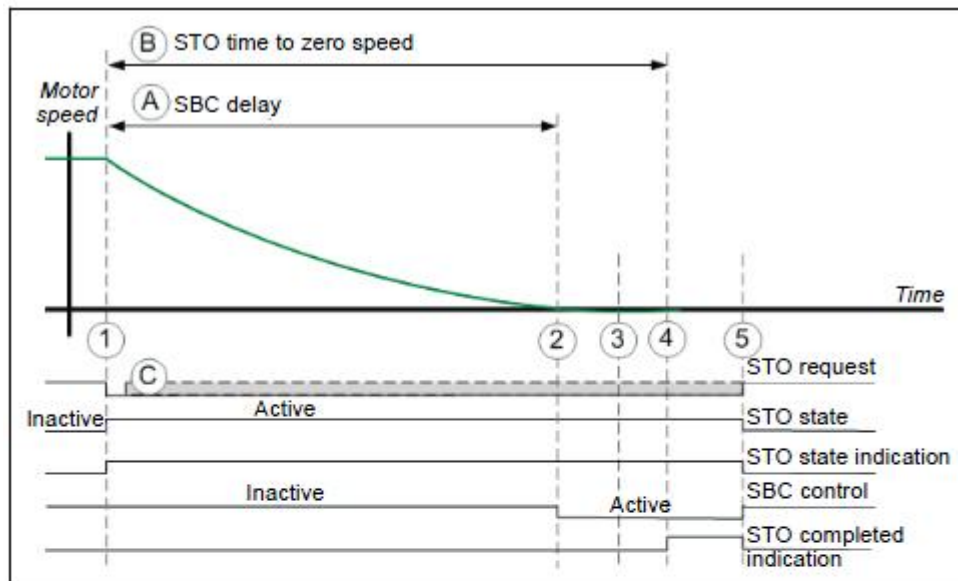


ID.	Description
A	SBC speed: Speed below which the brake is activated while ramping
B	Zero speed: Speed limit for activating the STO
C	SSE request removal allowed (shaded area). The SSE request can be removed after a minimum down time. It must be removed before the acknowledgement is accepted.
1	SSE is requested (for example from the I/O).
2	Ramping down with SAR0 monitoring is started.
3	Speed is below the SBC speed; the SAR monitoring is stopped and the brake is activated
4	STO is activated after the brake activation.
5	After the acknowledgement (manual or automatic), the STO and the brake are deactivated, and the control is given back to the drive.

**Kuvio 20. SSE SBC:n asettamalla rajoitetulla nopeudella /13/**

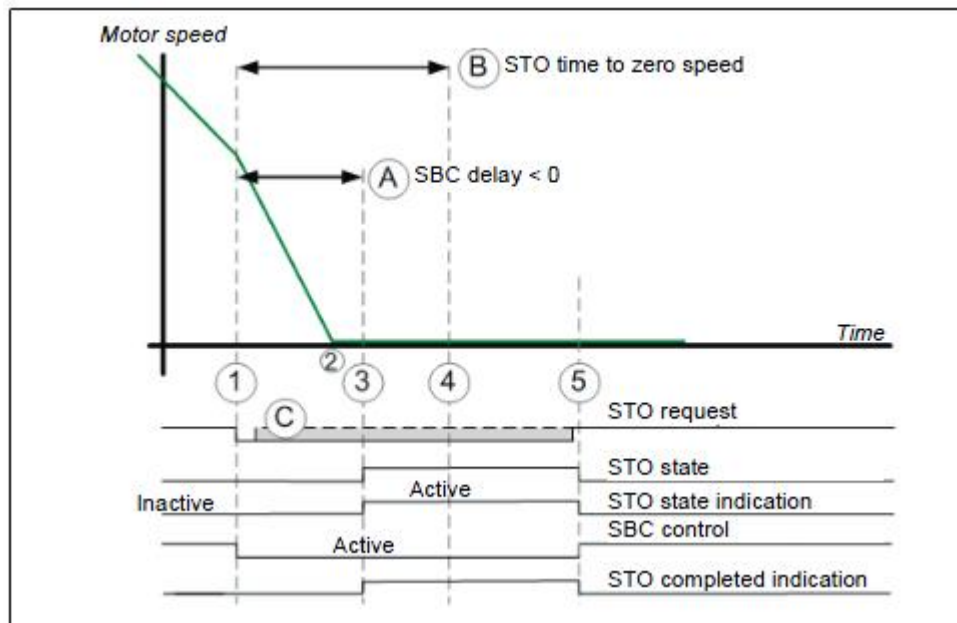
- Safe brake control (SBC) voi ohjata moottorin ulkoisia jarruja yhdessä STO:n kanssa. SBC voidaan konfiguroida toimimaan ennen STO:ta, yhtä aikaa STO:n kanssa tai STO:n jälkeen. /13/





ID	Description
A	SBC delay: Time from the STO activation to the moment when the mechanical brake is active (on). Configurable.
B	Time to zero speed: Time from the STO activation to the moment when the acknowledgment becomes allowed. Configured to the estimated time in which the motor coasts to a stop from the maximum speed.
C	STO request removal allowed (shaded area). The STO request can be removed after a minimum down time. It must be removed before the acknowledgement is accepted.
1	STO activated after the STO request has been received (for example from the I/O)
2	SBC is activated
3	Acknowledgement is not allowed before the motor is presumably stopped.
4	After the time to zero speed (B) has elapsed, the STO is completed and the acknowledgement is possible as soon as the STO request has been removed.
5	After the acknowledgement (manual or automatic), the STO and SBC are deactivated, and the control is given back to the drive, which controls the brake from now on.

Kuvio 21. SBC:n toiminta STO:n jälkeen /13/

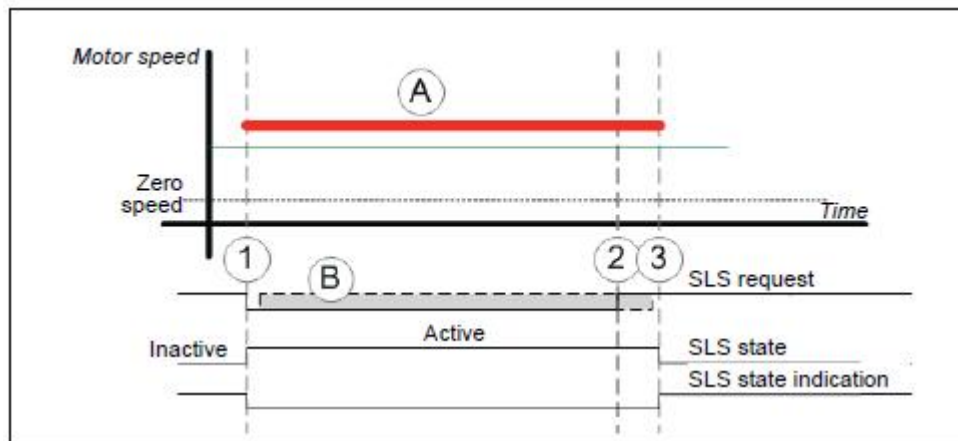


ID	Description
A	SBC delay: Time from the STO activation to the moment when the mechanical brake is active (on). Value negative.
B	Time to zero speed: Time from the STO activation to the moment when the acknowledgement becomes allowed. Configured to the estimated time in which the motor coasts to a stop from the maximum speed.
C	STO request removal allowed (shaded area). The STO request can be removed after a minimum down time. It must be removed before the acknowledgement is accepted.
1	SBC activated after the STO request has been received (for example from the I/O)
2	Braking has ended and the motor is at a standstill.
3	STO activated after the SBC delay (A) has elapsed.
4	After the time to zero speed (B) has elapsed, the acknowledgement is possible as soon as the STO request has been removed.
5	After the acknowledgement (manual or automatic), the STO and SBC are deactivated, and the control is given back to the drive, which controls the brake from now on.

**Kuvio 22. SBC:n toiminta ennen STO:n aktivointia /13/**

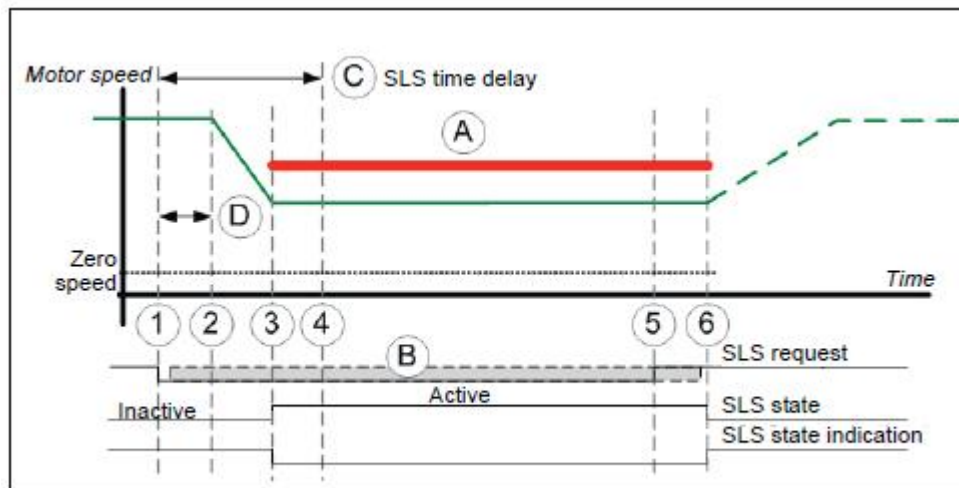
SBC:n toiminnan tarkoituksena on saada mekaaninen jarru suljettua juuri ennen (tai yhtä aikaa) STO:n aukeamista.

- Safely-limited speed (SLS) varmistaa, ettei määriteltyä nopeutta aliteta. Käytetään prässäys- ja murskainsovelluksissa. /13/



ID	Description
A	SLS upper trip limit
B	SLS request removal allowed (shaded area). The SLS request can be removed after a minimum down time. It must be removed before the acknowledgement is accepted.
1	SLS is requested, the speed is below the SLS upper trip limit and so the monitoring is started.
2	SLS request is removed, but the monitoring is still on if manual acknowledgement is configured. If automatic acknowledgement is configured, the monitoring is also ended.
3	SLS is acknowledged (manually) and the monitoring is ended.

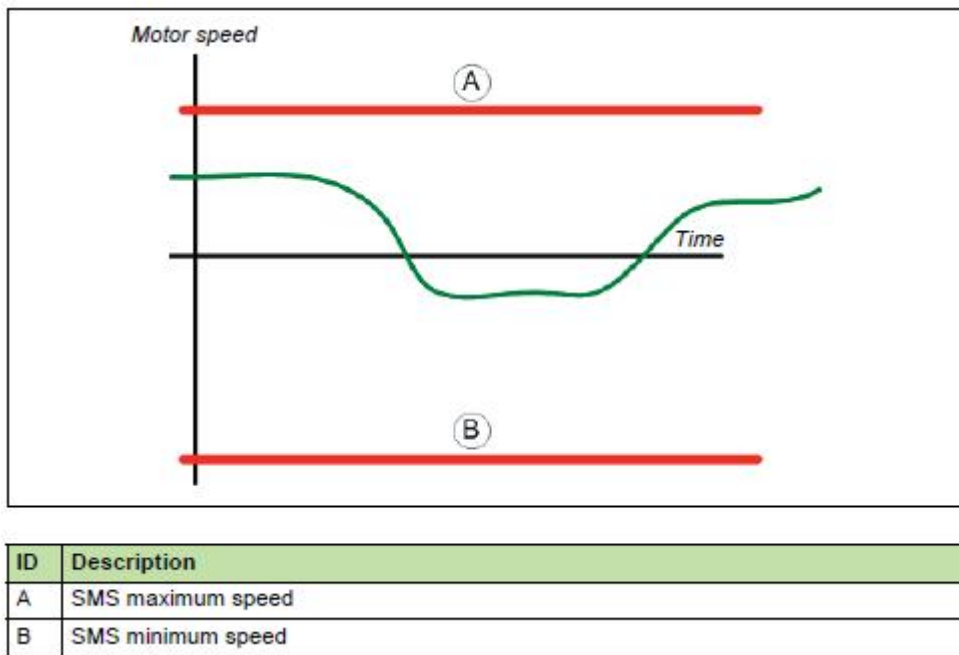
**Kuvio 23. Safely Limited Speed nopeuden alituksen monitoroinnilla /13/**



ID	Description
A	SLS upper trip limit
B	SLS request removal allowed (shaded area). The SLS request can be removed after a minimum down time. It must be removed before the acknowledgement is accepted.
C	SLS time delay: Delay for forcing to start SLS monitoring when time monitoring is in use.
D	Safety function response time
1	SLS is requested but the speed is above the SLS upper trip limit.
2	The drive starts to ramp down. If ramp monitoring were in use, the SAR1 ramp would be used from here until the speed would go below the SLS upper trip limit. If time monitoring were in use, the ramp defined by the drive parameters would be used from here until the speed would go below the SLS upper trip limit.
3	Speed is below the SLS upper trip limit and the monitoring of the SLS is started.
4	The FSO-11 would start the SLS monitoring at the latest here, that is, after the SLS time delay has elapsed.
5	SLS request is removed, but the monitoring is still on.
6	SLS is acknowledged (manually or automatically) and the monitoring is ended. When the SLS is removed, the drive continues with the previously set speed.

#### Kuvio 24. SLS nopeuden ylityksen monitoroinnilla /13/

- Safe maximum speed (SMS) valvoo, ettei moottori ylitä konfiguroitua nopeusrajaa. /13/

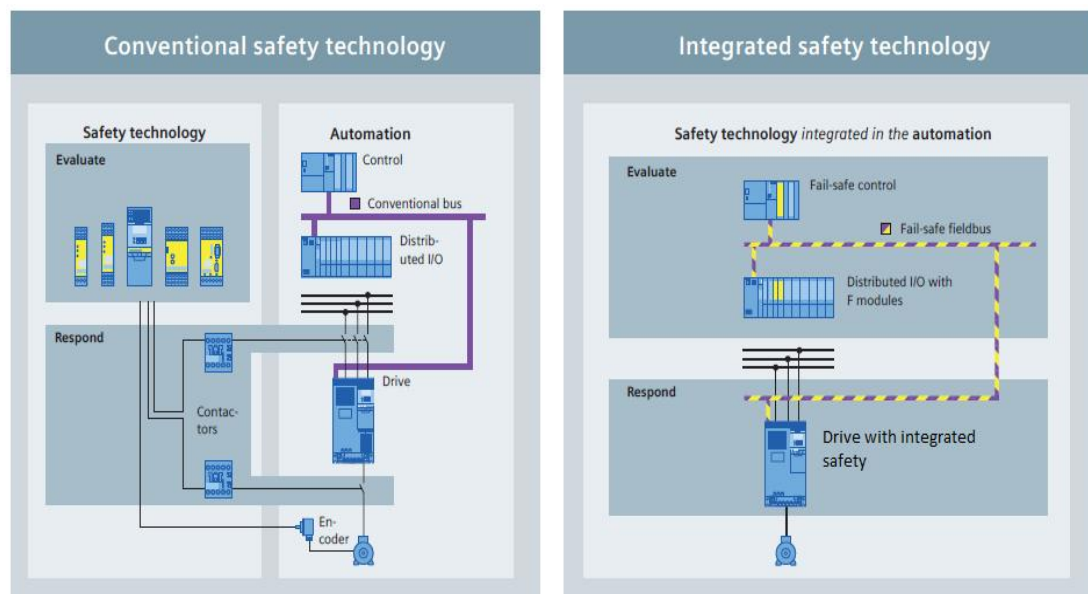


Kuvio 25. SMS:ään asetetut ylä- ja alarajat /13/





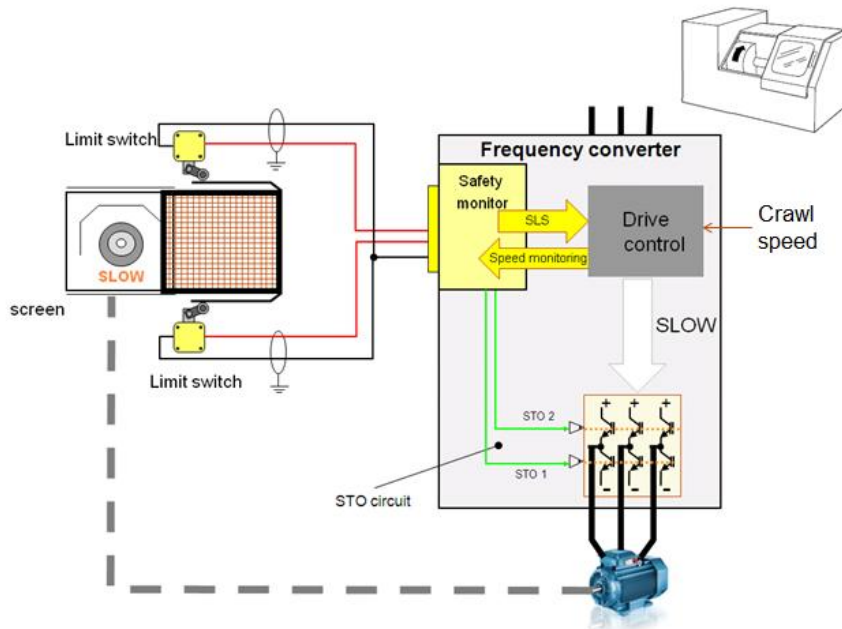
**Kuvio 26. FSO-11 moduuli (+Q973) /13/**



**Kuvio 27. Perinteinen ja edistynyt integroitu turvallisuustoteutus /27/**

Integroitujen turvatoimintojen myötä voidaan luopua turvareleistä. Esimerkkinä kuvion 28 turvapiiri. Perinteisellä ratkaisulla toteutettuna ACS800:n piiri olisi vaatinut erillisen STO-kortin, turvareleen rajakytkimiä varten, nopeuden takaisin-

kytkennän logiikalle nopeuden valvontaan ja kontaktorin moottorin irti kytkemiseen. Integroiduilla turvafunktioilla voidaan näistä kaikista luopua.

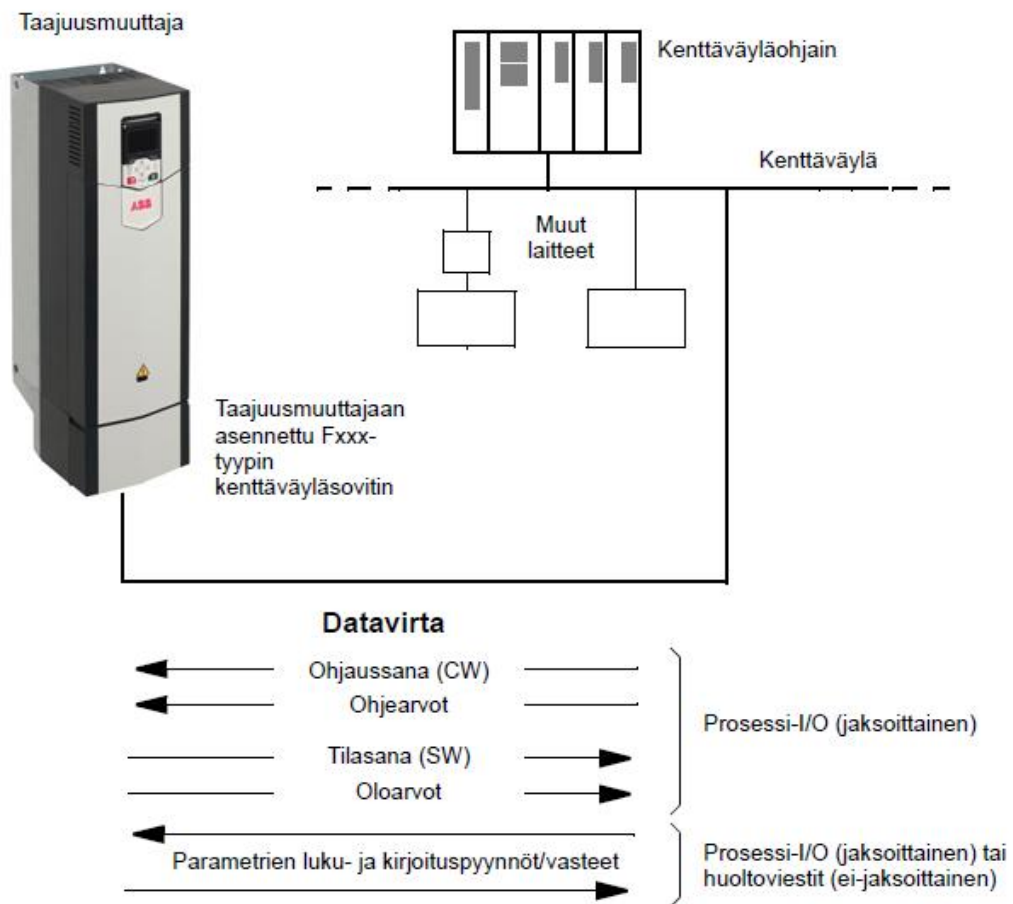


**Kuvio 28. Esimerkki käytöstä jossa on SLS, (STO) /14/**

ASC800:ssa ei ollut mitään aikaisemmin mainituista turvafunktioista integroituna. Aikaisemmin ACS880:ssa integroituna olevat turvafunktiot on jouduttu toteuttamaan erillisillä laitteilla jotka ovat vieneet asennustilaa ja – aikaa. Nyt tarvitsee ainoastaan kiinnittää moduuli taajuusmuuttajaan, johdottaa kytkimet ja anturit ja parametroida funktiot Drive composer Pro PC-työkalulla. Johdotusten väheneminen nähdään kuviossa 27. ACS800:ssa joidenkin turvaoptioiden lisääminen jälkikäteen oli mahdotonta, kun taas ACS880:een turvafunktioiden lisääminen myöhemmin on mahdollista.

#### 5.1.4 Tiedonsiirtoväylät

Taajuusmuuttajaa voidaan ohjata ulkoisella ohjausjärjestelmällä sarjaliikenneliitännän kautta kenttäväyläsovittimen avulla. Kuviossa 29 nähdään väyläohjauksen periaate.



**Kuvio 29. Kenttäväyläohjauksen perusperiaate /8/**

Tällä hetkellä PROFIBUS DB on hallitseva kenttäväylä prosessiteollisuuden toimittamissa projekteissa, mutta PROFINET tulee tulevaisuudessa mukaan, kunhan yhteensopivien laitteiden määrä kasvaa. PROFINET on ethernet-pohjainen protokolla. PROFINET on joustava väylätopologian suhteen. Tiedonsiirtoväylä voi olla topologialtaan väylä, rengas tai tähti. Koska protokolla perustuu täysin peruset-hernet-tekniikkaan, myös langaton tiedonsiirto on mahdollista WLAN:in avulla.

/18/

ACS880 tukemia sarjaliikenneprotokollia ovat:

- Profibus DB(FPBA-01-sovitin (+K454))
- CANopen (FCAN-01-sovitin (+K457))
- DeviceNet (FDNA-01-sovitin (+K451))
- Ethernet/IP™ (FENA-11-sovitin (+K473))



- EtherCAT<sup>®</sup> (FECA-01-sovitin (+K469))
- Powerlink (FEPL-02-sovitin (+K470))
- Modbus RTU (FSCA-02-sovitin (+K458)).

Verrattaessa ACS880 ja ACS800 väyläliitännäsoptioita, voidaan todeta uudemman mallin tukevan samoja väyläprotokollia kuin edeltäjänsäkin pois lukien hitaammat tiedonsiirto-protokollat, kuten InterBUS-S (500 kbit/s) ja Lon Works (78 kbit/s) ovat poistuneet ACS880:n väyläprotokolla valikoimista. /5/, /7/

ACS880 tukee kahden optiokortin liittämistä taajuusmuuttajaan. Tämän hetkiselällä ohjelmaversiolla toinen väylä on vain monitorointiin, mutta kahden väylän käyttö ohjaukseen pitäisi olla mahdollista tulevilla ohjelmaversioilla. Väylän kahdentaminen tuo varmuutta kriittisiin prosesseihin. Myös toisen väylän käyttäminen turvaväylän tiedonsiirtoon voisi olla mahdollinen sovellus. /8/

### 5.1.5 Optiot

#### Jarrukatkojat/-vastukset

Taajuusmuuttajan moottorin jarrutus tapahtuu taajuutta pienentämällä jolloin synkroninopeus pienenee kaavan 1 mukaisesti.

$$n_s = f/p, \quad (1)$$

jossa

$n_s$  = synkroninopeus 1/s

$f$  = taajuus 1/s

$p$  = napapariluku

Tällöin moottorin akseli pyörii nopeammin kuin pyörivä magneettikenttä. Tällöin momentti on vastakkainen pyörimissuuntaan nähden ja täten moottori hidastaa. Momentin ollessa vastakkainen pyörimissuuntaan nähden, moottori toimii generaattorina ja syöttää pätötehoa verkkoon päin. Isoilla käytöillä on suuri hitausmomentti, tällöin myös liike-energia on suuri, kaavan 2 mukaisesti. /16/

$$W = \frac{1}{2} J \omega^2, \quad (2)$$

jossa

$J$  = hitausmomentti  $\text{kg} \cdot \text{m}^2$

$\omega$  = moottorin kulmanopeus  $\text{rad/s}$

Normaaleissa taajuusmuuntajissa on 6-pulssinen diodisilta, joka ei pysty syöttämään jarrutuksessa syntyvää energiaa verkkoon, vaan energia kulutetaan välipiirin häviöihin ja välipiirin kondensaattorin sähkökentän energian kasvuun, jolloin välipiirin jännite nousee. Jos jännite nousee liian korkeaksi, taajuusmuuttajan suoja-toiminnot laukaisevat moottorin irti taajuusmuuttajasta. /16/

Jarrukatkoja on laite, joka estää välipiirin jännitteen nousemasta liian suureksi. Jarrukatkojalla voidaan johtaa moottorin jarrutuksessa syntyvän sähköenergian ulkoisen jarruvastukseen. Katkoja kytkee jarruvastuksen vaihtovirtavälipiiriin aina, kun välipiirin jännite ylittää ohjausohjelmassa määritetyn enimmäisarvon. /16/



**Kuvio 30. Jarruvastus Sace 15 RE 13 /24/**

ACS880:ssa runkokoot R1-R4 sisältävät sisäänrakennetun jarrukatkojan. Runko-koosta R5 ylöspäin integroitu jarrukatkoja on saatavissa lisävarusteena optiokoodilla +D150. Jarruvastukset kaikkiin malleihin ovat saatavissa jälkiasennussarjana. /7/

ACS880-01:n R1 runkokoolla on omat jarruvastuksensa, pienemmille kokoluokille 5,6 A:in asti jarruvastus on JBR-01 ja siitä suuremmilla JBR-03. Siirryttäessä runkokokoon R2 jarruvastukset ovat samoja kuin edellisen sukupolven ACS800:ssa. /20/

Jarrukatkoja täytyy sijoittaa tilaan jossa on hyvä ilmanvaihto jäähdytyksen vuoksi. Jarrukatkojen kaapelin enimmäispituus on 10 m:ä ja kaapelina käytetään samantyyppistä kaapelia kuin taajuusmuuttajan syöttökaapeli, jotta taajuusmuuttajaa syöttävät sulakkeet suojaavat myös jarruvastuksen kaapelia. /7/

### **du/dt-suotimet**

Taajuusmuuttajan moottorille syöttämä jännite muodostuu jännitepulsseista joiden nousuaika on erittäin lyhyt. Tämän vuoksi jännitepulsseja täytyy käsitellä kulkuaaltona. Moottoria voidaan pitää katkoksenä kulkuaallolle, jolloin heijastumiskerroin  $\rho = 1$ . Pulssin saavuttaessa moottorin navat, pulssi heijastuu samansuuruisena takaisin jolloin pulssi kaksinkertaistuu. Taajuusmuuttaja voidaan kuvata oikosuluksi kulkuaallolle jolloin heijastumiskerroin  $\rho = -1$ . Lyhyillä kaapeleilla taajuusmuuttajasta heijastunut vastakkaismerkinen pulssi ehtii pienentämään moottorista heijastuneen pulssin suuruutta eikä jännite pääse kasvamaan liian suureksi, mutta pitkillä kaapeleilla jännitepulssi pysyy hetkellisesti kaksinkertaisena. /18/

Jännitepulssi etenee myös moottorin käämeissä kulkuaaltona, mikä voi aiheuttaa kahden käämin välille pulssin maksimiarvon suuruisen potentiaalieron. Tämä aiheuttaa räsitusta moottorin ja moottorikaapelien eristykselle. Tätä räsitusta varten on kehitetty du/dt-suodin, joka hidastaa pulssin muutosnopeutta. Suotimet ovat erikseen asennettavia. /18/



**Kuvio 31. du/dt-suodin NOCH0016-60 /9/**

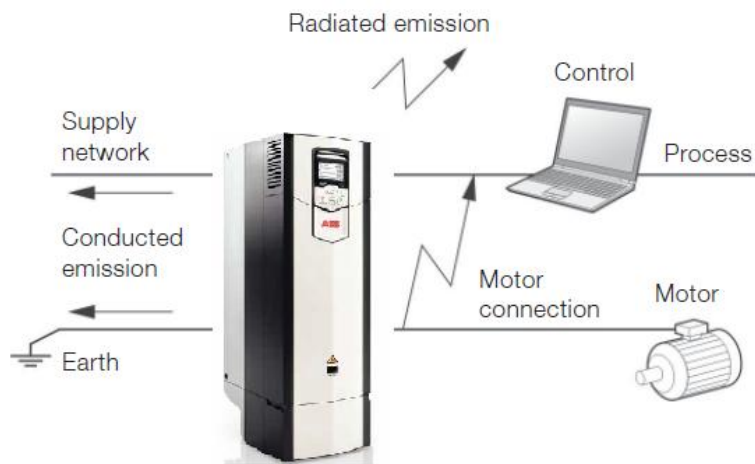
ACS880:ssa käytetään samoja du/dt-suotimia kuin vanhemmassa ACS800 mallissa, joten niiden mitoittaminen ja valinta eivät aiheuta muutoksia suunnittelussa.

/26/

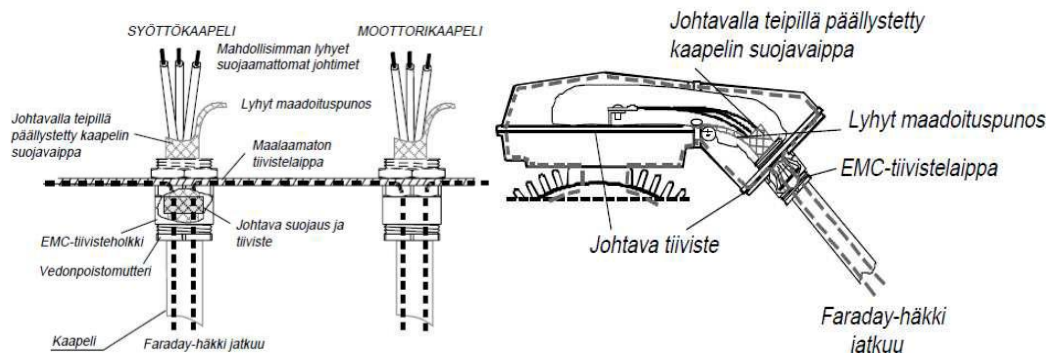
ACS880:n ja ACS800:n vaatimustaulukko koskien du/dt-, common mode-suodattimia ja moottorin N-pään laakereiden eristystä, on yhtenevä. /5/, /7/

### **EMC/RFI-suotimet**

Taajuusmuuttajasta säteilee ja johtuu ympäristöön korkeataajuisia häiriöitä. Tämä johtuu taajuusmuuttajan korkean kytkentätaajuuden omaavista IGP-transistoreista ja ohjauselektronikasta. Tämän kaltaisia häiriöitä varten on kehitetty EMC/RFI-suotimet. Suodatin tarjoaa vaarattoman reitin häiriövirralle, eikä se pääse kiertämään syöttöverkossa ja maadoituksissa. /18/

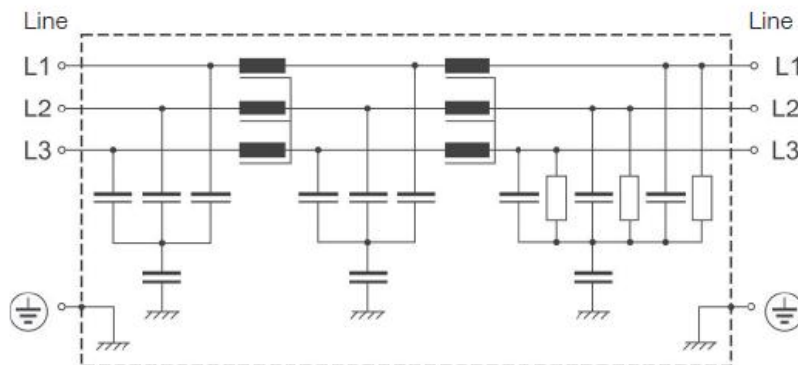


**Kuvio 32. Häiriöiden siirtyminen ympäristöön /29/**



**Kuvio 33. Esimerkkejä häiriöitä vähentävästä kaapeloinnista /18/**

Häiriövirtojen pääsyä ympäristöön voidaan ehkäistä käyttämällä suojattuja moottorikaapeleita. Tällöin täytyy muistaa oikeaoppiset maadoitustavat, kuten 360°:en maadoitusyhteys ja mahdollisimman lyhyet maadoitusjohtimet asennuksen molemmissa päissä. /18/

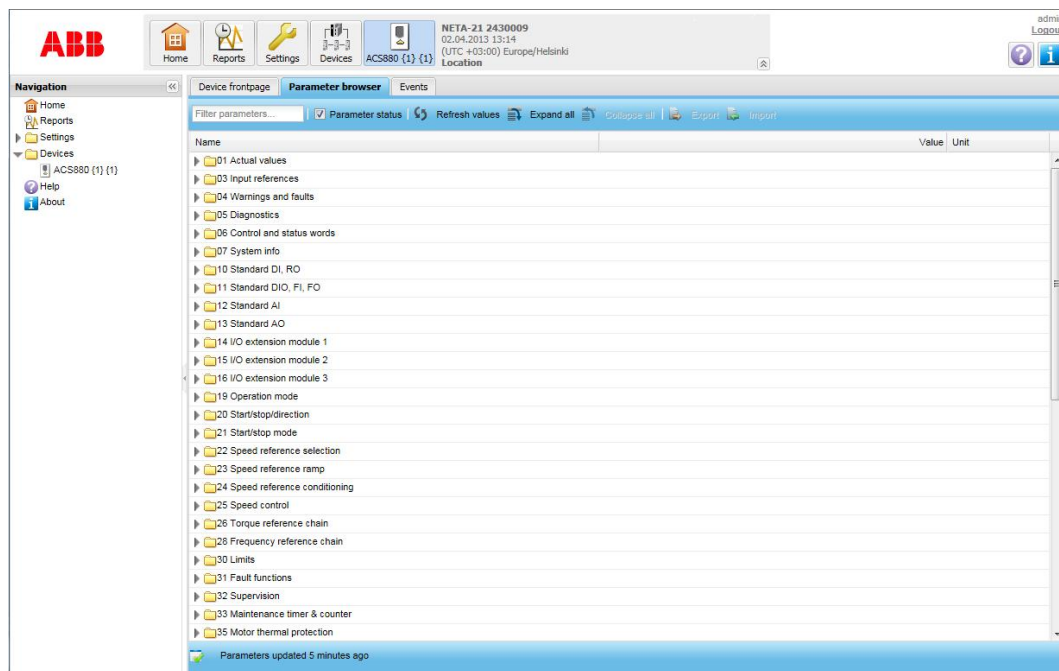


**Kuvio 34 Esimerkki EMC/RFI-suodattimen rakenteesta /29/**

ACS880:ssa ja ACS800:ssa käytetään samoja EMC/RFI-suodattimia. /24/

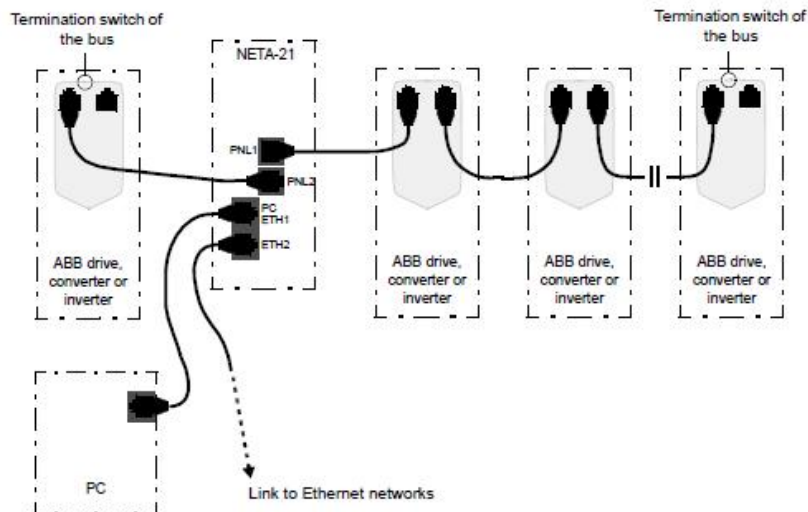
### **NETA-21 kaukomonitorointityökalu**

NETA-21 mahdollistaa kaukomonitoroinnin internetin välityksellä. NETA-21 on erikseen asennettava moduuli jolla voidaan monitoroida käyttöjä ja tehdä jotain parametrimuutoksia mistä tahansa internetin välityksellä. NETA-21:llä ei voi ohjata käyttöä eikä tehdä käyttöönottoa. Moduuliin on mahdollista liittää 20 monitoroitavaa laitetta (10/portti). NETA-21 voidaan ohjelmoida lähettämään raportteja sähköpostiin tai tallentamaan tiedot laitteen muistikortille. Taajuusmuuttajien hälytyksiä voidaan kuitata jos hälytyksen aiheuttanut vika on poistunut. /19/



**Kuvio 35. NETA-21 laiteikkuna /15/**

Käytöt yhdistetään toisiinsa etupaneelin alla sijaitsevilla RJ45-liittimillä. Viimeisen taajuusmuuttajan väylä täytyy katkaista paneelin yläosasta löytyvällä katkaisijalla. /19/

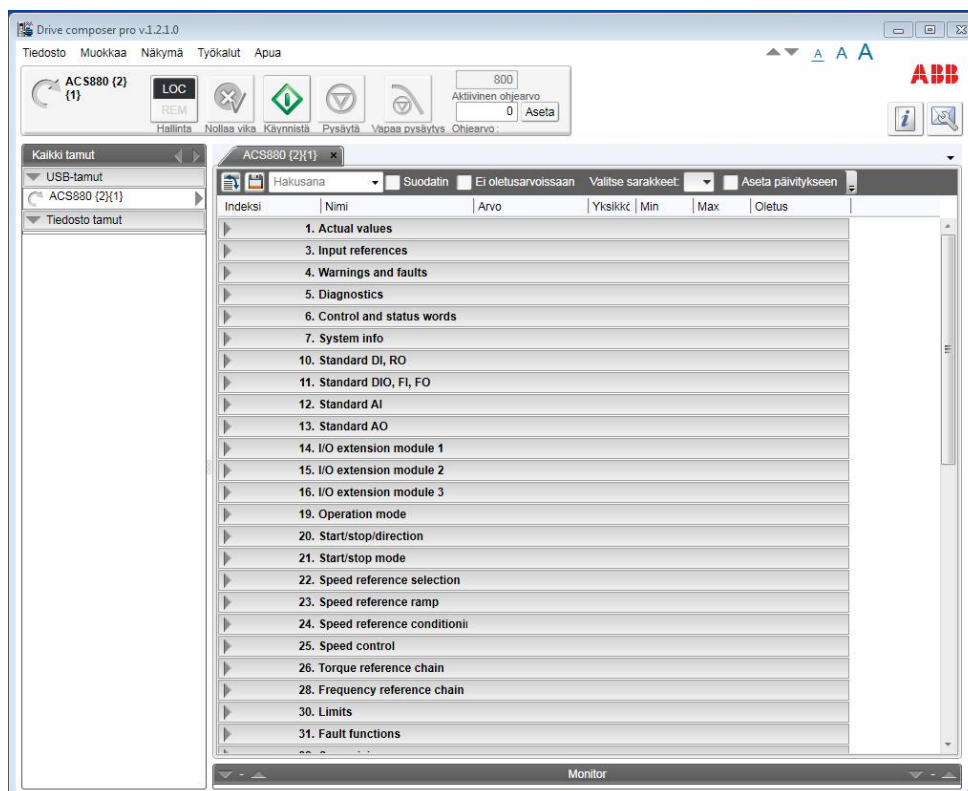


**Kuvio 36. Käyttöjen liittäminen toisiinsa /19/**

Testikäytössä todettiin, että paikallisen ohjauspaneelin käyttö ei ole mahdollista, kun NETA-21 on kytketty taajuusmuuttajaan. /15/

## Drive composer

Drive composer tool on muun muassa ACS880-tuoteperheen parametointi- ja monitorointityökalu. Ohjelma toimii myös esimerkiksi ACS580-tuoteperheen kanssa. Drive composer:sta on kaksi versiota, Pro ja Entry. Molemmilla ohjelmissä on mahdollista ohjata, parametroida ja monitoroida käyttöä. Eri ohjaustoimintoja ovat: start, stop, suunnanvalinta ja nopeuden, vääntömomentin ja taajuuden ohjearvojen muuttaminen. Drive composer Pro-versiolla on mahdollista myös työkennellä usean käytön kanssa yhtä aikaa, luoda ja toteuttaa macro scripteitä, näyttää käytön ohjauspiirejä asetuksien ja diagnostiikan tekemistä varten. Pro-versiota voidaan käyttää myös OPC-pohjaisena väylärajapintana käyttöönoton ja huollon työkaluna. Ainoastaan Drive composer Prolla on mahdollista tehdä muutoksia parametreihin ja ottaa käyttöön turvallisuusoptio FSO-11 ominaisuudet.



**Kuvio 37. Drive composerin parametri-ikkuna**

Drive composer muodostaa automaattisesti yhteyden PC:hen liitettyyn taajuusmuuttajaan. Liitetty laite näkyy aloitusikkunan vasemmassa laidassa. Valitsemalla



haluttu laite, voidaan kyseisen laiteen parametreja muuttaa tai tehdä varmuuskopio laitteesta jo olevista parametreista. Parametri-ikkunat aukeavat selkeinä alavetovalikkoina. Valitsemalla haluttu parametri aktiiviseksi, voidaan parametria muuttaa. /15/

Usean käytön yhtäaikainen parametointi on mahdollista kytkemällä taajuusmuuttaja RJ45-liittimellä suoraan PC:hen, ja ketjuttamalla muut taajuusmuuttajat ohjauspaneelin liittimillä toisiinsa. Toinen mahdollisuus on kytkeä PC ja kaikki halutut laitteet samaan ethernet-kytkimeen. /10/



**Kuvio 38. Taajuusmuuttajien ketjuttaminen /10/**

ACS800-taajuusmuuttajan ohjelmointityökalu on DriveWindow. Drive composer ja DriveWindow ovat samankaltaisia ohjelmia, mutta uudessa Drive composer:ssa on mahdollisuus olla yhteydessä useaan taajuusmuuttajaan yhtä aikaa ketjuttamalla käytöt yhteen paneelin RJ45-liittimillä. /8/, /10/, /11/

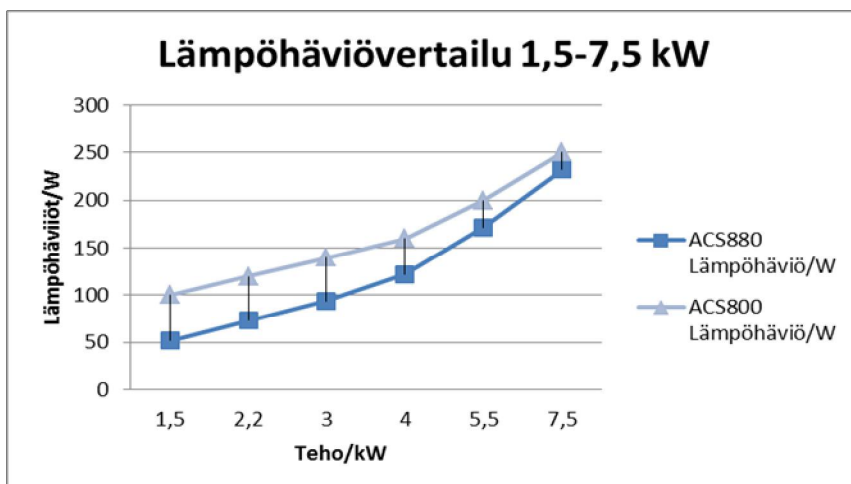
## 5.2 Lämpöhäviöt

Taajuusmuuttajan tehoelektronikassa tapahtuu lämpöhäviöitä jotka ovat verrannollisia kuormitukseen. Laitteessa kehittynyt lämpö täytyy saada poistettua kojeistosta tai tilasta jossa taajuusmuuttaja sijaitsee. Käytännössä tämä tarkoittaa ilmas-

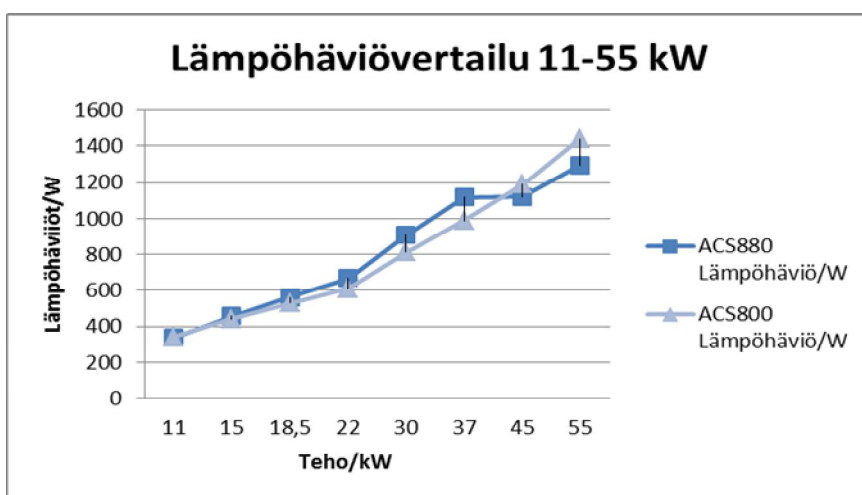
toinnin tehostamista. ACS880-taajuusmuuttajan uuden ja kehittyneemmän tekniikan ansiosta lämpöhäviöt ovat pienemmät kuin vanhassa ACS800 mallissa. /15/

**Taulukko 5. Lämpöhäviövertailu /5/, /7/**

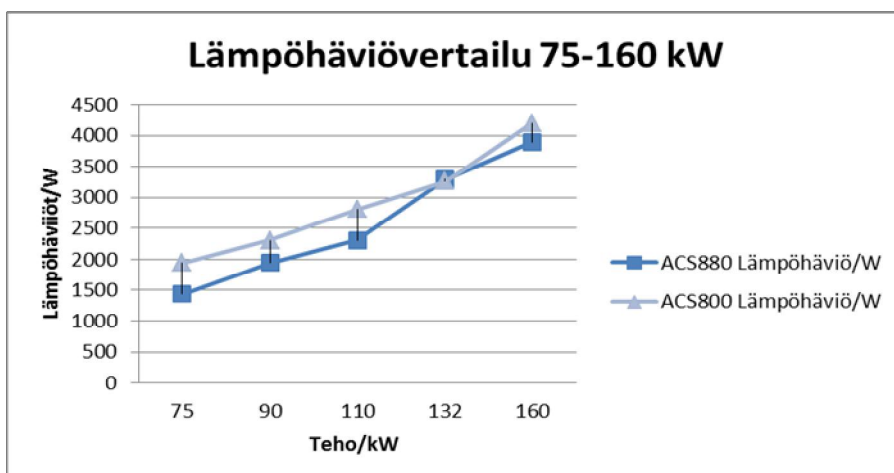
ACS880-01-					ACS800-01-					
Malli	Runkokoko	IN/A	Lämpöhäviö/W	Virtaus/m3/h	Malli	Runkokoko	IN/A	Lämpöhäviö/W	Virtaus/m3/h	PN/kW
02A4-3	R1	2,4	30	44	-	-	-	-	-	0,75
03A3-3	R1	3,3	40	44	-	-	-	-	-	1,1
04A0-3	R1	4	52	44	0003-3	R2	4,7	100	35	1,5
05A6-3	R1	5,6	73	44	0004-3	R2	5,9	120	35	2,2
v07A2-3	R1	7,2	94	44	0005-3	R2	7,7	140	35	3
09A4-3	R1	9,4	122	44	0006-3	R2	10,2	160	35	4
12A6-3	R1	12,6	172	44	0009-3	R2	12,7	200	35	5,5
017A-3	R2	17	232	88	0011-3	R3	18	250	69	7,5
025A-3	R2	25	337	88	0016-3	R3	24	340	69	11
032A-3	R3	32	457	134	0020-3	R3	31	440	69	15
038A-3	R3	38	562	134	0025-3	R4	41	530	103	18,5
045A-3	R4	45	667	134	0030-3	R4	50	610	103	22
061A-3	R4	61	907	280	0040-3	R5	69	810	250	30
072A-3	R5	72	1117	280	0050-3	R5	80	990	250	37
087A-3	R5	87	1120	280	0060-3	R5	94	1190	250	45
105A-3	R6	105	1295	435	0075-3	R5	141	1440	405	55
145A-3	R6	145	1440	435	0070-3	R6	132	1940	405	75
169A-3	R7	169	1940	450	0100-3	R6	155	2310	405	90
206A-3	R7	206	2310	450	0120-3	R6	184	2810	405	110
246A-3	R8	246	3300	550	0135-3	R6	220	3260	405	132
293A-3	R8	293	3900	550	0165-3	R6	254	4200	405	160
363A-3	R9	363	4800	1150	0205-3	-	-	-	-	200
430A-3	R9	460	6000	1150	-	-	-	-	-	260



Kuvio 39. Lämpöhäviövertailu 1,5-7,5 kW:n luokassa



Kuvio 40. Lämpöhäviövertailu 11-55 kW:n luokassa



Kuvio 41. Lämpöhäviövertailu 75-160 kW:n luokassa

Yllä olevista kuvioista voidaan todeta, että ACS880:n lämpöhäviöt ovat pienissä kokoluokissa huomattavat, jopa puolet pienemmät kuin ACS800:ssa. Keskiluokassa etu kääntyy ACS800:lle ja suuremmilla taajuusmuuttajilla uuden mallin häviöt ovat jopa 500 W:ia pienemmät kuin vanhan ACS800:n. /15/

## **6 KILPAILIJOIDEN TILANNE**

Taajuusmuuttajamarkkinoilla on useita eri valmistajia ja vertailu ACS880:n ja kilpailijoiden vastaavien mallien kanssa on aiheellista. ABB:n suurimpia kilpailijoita tällä sektorilla on saksalainen Siemens, suomalainen Vacon ja yhdysvaltalainen Allen-Bradley. Eri yritysten valmistamissa taajuusmuuttajissa on vain pieniä eroja ja tässä vertailussa on perehdytty ainoastaan Functional Safety-toimintoihin, energiatehokkuuteen ja väyläratkaisuihin. Taajuusmuuttajan sähköisiin ominaisuuksiin ei oteta kantaa. Tuotetietojen lähteenä on käytetty yhtiöiden julkaisemia tuote-esitteitä. /15/

### **6.1 Vacon**

Vacon 100-taajuusmuuttajaa saa 0,55–160 kW:n tehoalueella. Vacon 100:n on sisäänrakennettu Safe torque off (STO)- ja Safe Stop-turvafunktiot ja sisältää samankaltaiset energialaskurit kuin ABB:n valmistama ACS880. Vacon 100:ssa on myös energialaskurit ja energiankäytön optimointi, kuten myös ACS880:ssa. /31/



**Kuvio 42. Vacon 100 /31/**

## **6.2 Allen -Bradley**

Allen-Bradley:n valmistamissa PowerFlex-tuoteperheen taajuusmuuttajia on markkinoilla 0,4-1400 kW:n tehoalueelta. Mahdollisia integroitua turvallisuus-funktioita ovat STO ja Safe Speed Monitor (SSM), ja nämä ovat mahdollista saada vain tiettyihin malleihin. PowerFlex-tuoteperheellä ei ole sisäänrakennettuja energiatehokkuuslaskureita. Väyläprotokollien tuki vaihtelee malleittain, mutta yleisimmät, kuten Ethernet/IP<sup>TM</sup> ja Profibus<sup>TM</sup> DB ovat tuettuja jokaisessa mallissa. /21/



**Kuvio 43. PowerFlex 4M-taajuusmuuttaja /21/**

### **6.3 Siemens**

Siemensin Sinamics-tuoteperhe on vertailuun valituista lähimpänä ABB:n ACS880-tuoteperhettä. Kaikissa malleissa on sisäänrakennettu Safe torque Off (STO)-toiminto ja energiansäästölaskurit. Muuten integroidut turvallisuusfunktiot vaihtelevat malleittain (Taulukko 6). Väyläliitännät ovat pääosin samat kuin ACS880:ssa, mutta muutama lisäys ABB:hen verrattuna, kuten USS, BacNet ja MS/TP-protokollat löytyvät Sinamics G120-sarjasta. /27/



**Kuvio 44. Siemens Sinamics G120 /27/**

**Taulukko 6. Siemensin mallistoon saatavat turvafunktiot /27/**

Malli	Saatavilla olevat turvafunktiot
SINAMICS G120C	STO
SINAMICS G120	STO, SS1, SLS, SDI, SSM
SINAMICS G120D	STO, SS1 SLS
SINAMICS G130/150	STO, SS1
SINAMICS S110	STO, SS1, SS2, SOS, SBS, SLS, SDI, SSM
SINAMICS S120 Booksize and Blocksize	STO, SS1, SS2, SOS, SBS, SLS, SDI, SSM
SINAMICS S120 Chassis and Cabine Modules	STO, SS1, SS2, SOS, SLS, SSM
SINAMICS S150	STO, SS1, SS2, SOS, SLS, SSM
SINAMICS SM150	STO

Tämän vertailun tuloksena voidaan todeta kaikkien taajuusmuuttajien olevan lähes samankaltaisia. Väyläliitännöissä ei ole mainittavia eroja valmistajien välillä. Energialaskurit puuttuivat ainoastaan Allen-Bradleyn PowerFlex-taajuusmuuttajista.

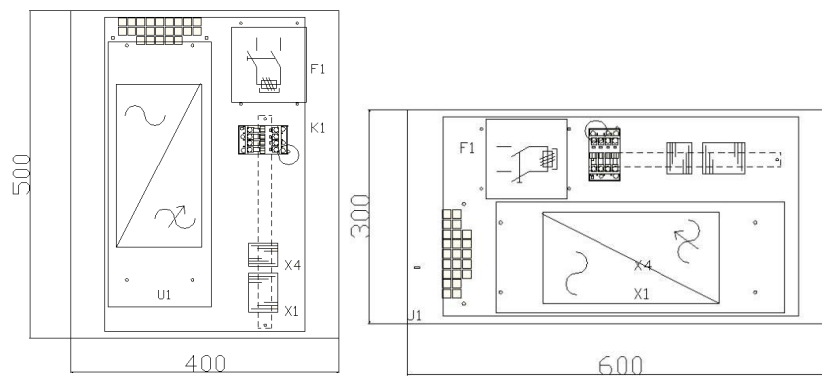
ACS880:n selvänä etuna kilpailijoihin nähden on kaikkien turvallisuusfunktioiden saatavuus kaikkiin kokoluokkiin. Tästä ominaisuudesta on hyötyä myös silloin, kun käytön tilannut asiakas tekee muutoksia moottorilähtöön, on käytön vaatimat uudet turvallisuusfunktiot helppo lisätä FSO-11 turvamoduuliin Drive composer Pron avulla. Tämä vähentää muutosten vaatimia kustannuksia ja nopeuttaa työtä. Jonkun muun valmistajan laitteella, joka sisältää vain tietyt turvallisuusfunktiot,



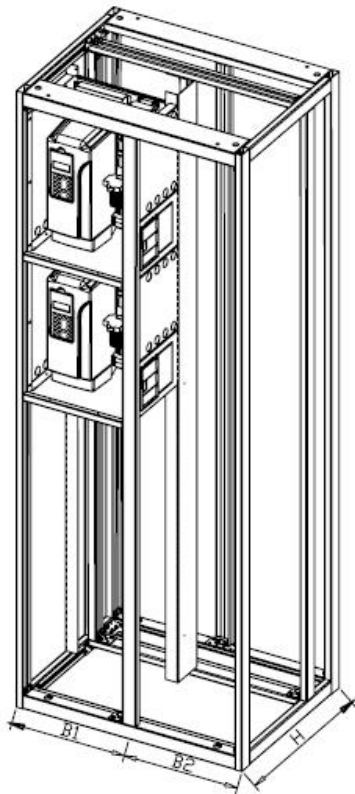
saatetaan joutua rakentamaan käytön vaatimat turvallisuustoiminnot erillisillä laitteilla. /15/

## 7 ACS880:N VAIKUTUKSET KOJEISTON RAKENTEeseen

ACS880:n uusien runkokokojen myötä myös kojeistojen rakenteeseen on jouduttu tekemään muutoksia. Huolimatta uusien runkojen eri ulkomitoista, vaadittava kojeistotila kilowattia kohti ei ole muuttunut merkittävästi. Suurimman muutoksen on tuonut ACS880:n R1 ja R2 runkokokojen kyljelleen asennus. Aiemmin pienemmillä teholuokilla (1,5–11 kW:a) asennustilaa vaadittiin 400x500 mm:ä, mutta kyljelleen asennus mahdollistaa nykyään asennuksen 600x300 mm:n tilaan. Tämä tuo tilan säästöä projekteissa joissa on käytössä paljon pienen teholuokan taajuusmuuttajia. /6/



**Kuvio 45. Pystyyn ja kyljelleen asennetun taajuusmuuttajan vaatima asennustila /6/**



**Kuvio 46. Rungon rakenne /6/**

Kojeistoon asennettu taajuusmuuttaja vaatii lähes aina vierelleen kaapelitilan. Jos johdotus tapahtuu kojeiston alakautta, on R4-R6 runkokoon taajuusmuuttajat mahdollista saada ilman kaapelikuilua. Kaapelitiloja saa kahdella eri leveydellä, 200 ja 400 mm:nä. Jos moottoria syöttäviä kaapeleita on paljon, suositetaan 400 mm:n levyisiä kaapelitiloja helpomman asennuksen vuoksi

**Taulukko 7. Kojeiston rakenteiden mitat /6/**

Runkokoko	Kaapelointi suunta	Leveys B1/mm	Leveys B2/mm	Syvyys H/mm
R1		400 tai 600	200 tai 400	600
R2		400 tai 600	200 tai 400	600
R3		400 tai 600	200 tai 400	600
R4	Alas	400	200 tai 400	600
R4	Ylös	400	200 tai 400	600
R5	Alas	400	200 tai 400	600
R5	Ylös	400	200 tai 400	600
R6	Alas	400	-	600
R6	Ylös	400	200 tai 400	600
R7	Alas	400	-	600
R7	Ylös	400	200 tai 400	600
R8	Alas	800	-	600
R8	Ylös	800	200 tai 400	600
R9	Alas	1000	-	600
R9	Ylös	1000	200 tai 400	600

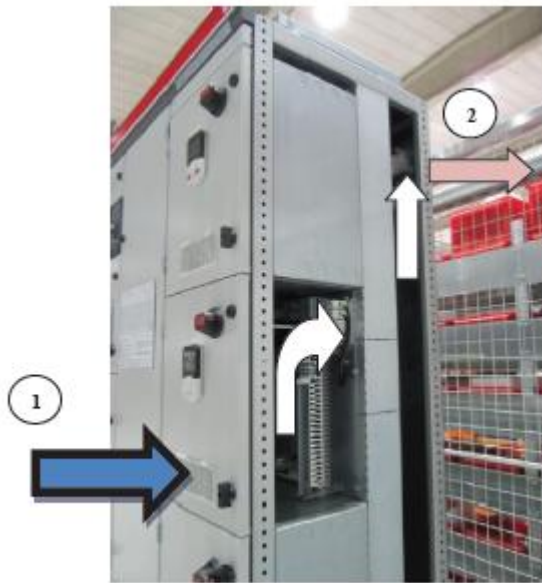
**Taulukko 8. Taajuusmuuttajien vaatimat asennustilat /4/, /6/**

Teho	ACS800-04		Runkokoko	ACS880-01				
	Runkokoko	Asennustila: leveys x korkeus/mm		Moduulin lev. 400 mm Asennustila: leveys x korkeus/mm	Moduulin leveys 600 mm Asennustila: leveys x korkeus/mm	Moduulin leveys 800 mm Asennustila: leveys x korkeus/mm	Moduulin leveys 1000 mm Asennustila: leveys x korkeus/mm	
0,75	-	-						
1,1	-	-						
1,5	R2	400x500	R1	400x500	600x300	-	-	
2,2		400x500		400x500	600x300	-	-	
3		400x500		400x500	600x300	-	-	
4		400x500		400x500	600x300	-	-	
5,5		400x500		400x500	600x300	-	-	
7,5		R3		400x600	R2	400x500	600x300	-
11	400x600		400x500	600x300		-	-	
15	400x600		R3	400x600		600x600	-	-
18,5	-	400x600		600x600	-	-		
22	R4	400x600	-	-	-	-		
22		400x1000	R4	400x1000	-	-	-	
30		400x1000		400x1000	-	-	-	
37		R5	400x1400	R5	400x1400	-	-	-
45			400x1400		400x1400	-	-	-
55			400x1400	R6	400x2125	-	-	-
75	400x1400		400x2125		-	-	-	
75	R6	400x2125	-	-	-	-		
90		400x2125	R7	400x2125	-	-	-	
110		400x2125		400x2125	-	-	-	
132		400x2125	R8	-	-	800x2125	-	
160		600x2125		-	-	800x2125	-	
110		600x2125	-	-	-	-	-	
132	R7	600x2125	-	-	-	-		
160		600x2125	-	-	-	-		
200		1200x2125	R9	-	-	-	1000x2125	
250	1200x2125	-		-	-	-	1000x2125	

Taulukko 8 katsoessa, voidaan todeta joidenkin ACS880:n mallien vievän enemmän kojeistotilaa kuin ACS800:n vastaavan teholuokan mallien. Eritoten 132 kW:n taajuusmuuttajan moduulikoko on 400 mm:ä leveämpi kuin edeltäjänsä

korkeuden ollessa molemmilla 2125 mm:ä. 250 kW:n teholuokassa taas ACS880:n asennustila on 200 mm:ä kapeampi kuin ACS800:n korkeuden ollessa molemmilla 2125 mm:ä.

Kojeiston tuuletus on ACS880:n tapauksessa samanlainen kuin ACS800:ssa.



**Kuvio 47. Kojeiston ilmanvaihdon periaate /6/**

Kojeiston etuseinässä on tuuletusaukko josta viileä korvausilma pääsee sisään (1). Taajuusmuuttajan oma tuuletin puhalttaa lämpimän ilman kojeiston takatilan kautta ulos (2).

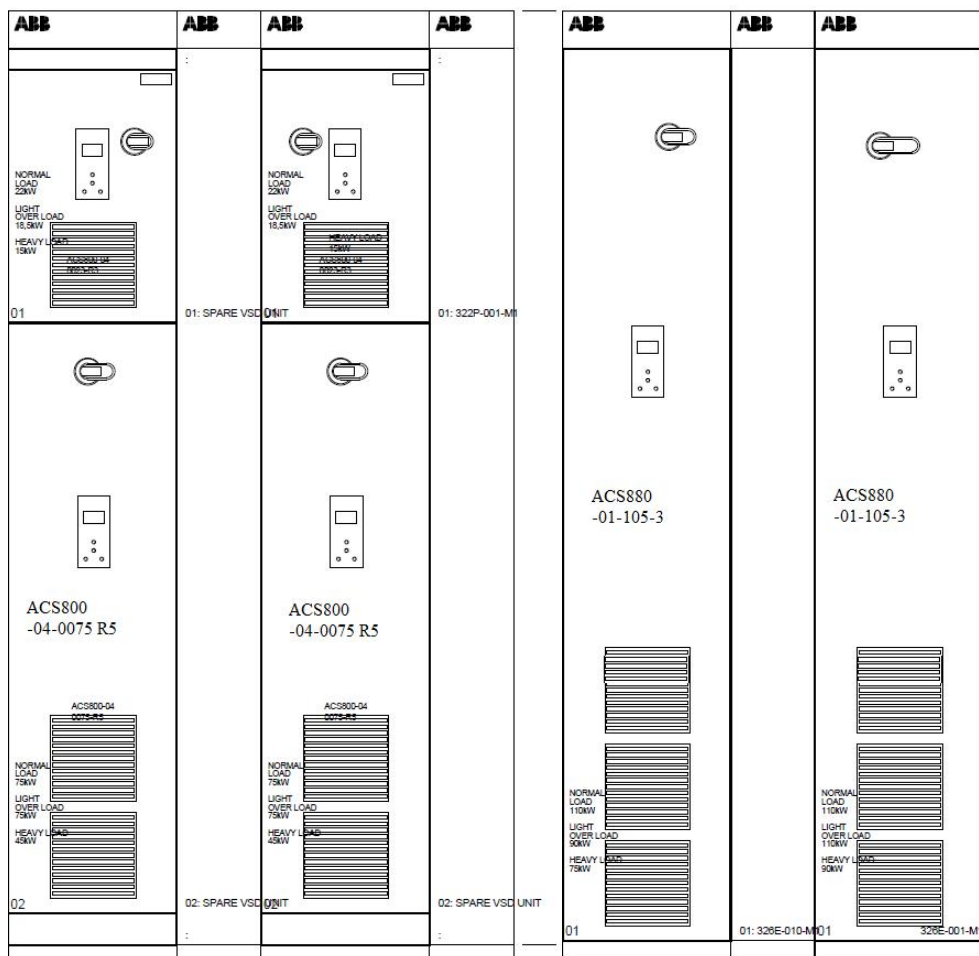
## 8 TILANTARVE- JA LÄMPÖHÄVIÖLASKELMAT

Tehdään tarkastelu kahteen erikokoiseen projektiin ja tarkastellaan vaikutuksia projektien tilantarpeeseen ja taajuusmuuttajien tuottamiin lämpöhäviöihin.

### 8.1 Pehmopaperitehdas Englannissa

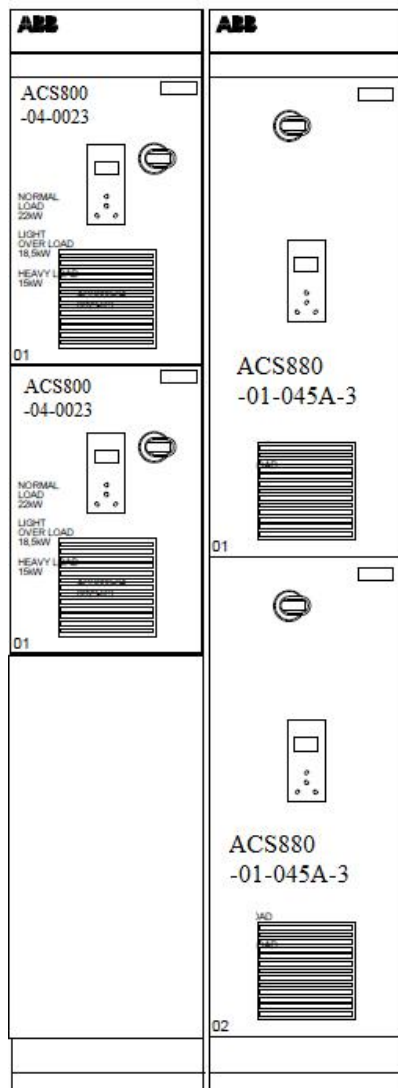
Laskelman esimerkkiprojektina toimii Englannissa toimivan pehmopaperitehtaan keskuksien uusiminen. Projektin haasteena oli saada mahtumaan kaikki laitteet vanhaan sähkötilaan, joka oli kooltaan pieni. Aikaisemmin sähkötiloissa oli 5 moottorikeskusta, nyt sama laitemäärä on saatu puristettua kahteen keskukseen, MCC43:een ja MCC453:een. Toimitus sisälsi 37 taajuusmuuttajaa, 35 kappaletta 400 V:n jännitteellä toimivia ja 2 kappaletta 690 V:n jännitteellä toimivia. 690 V:n laitteet jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, koska ACS880:n 690 V:n taajuusmuuttajaperhe ei ole tullut vielä markkinoille kokonaisuudessaan. Laskelmassa tutkittiin olisiko ACS880:lla syntynyt säästöä asennustilassa ja lämpöhäviöissä. Taulukko 9 nähdään kojeistoon asennetut ACS800-mallit ja vastaavat ACS880-mallit lämpöhäviöineen. Taulukko 8 nähdään taajuusmuuttajien vaatimat asennustilat.

Tarkastelussa selvisi, että uudella ACS880:llä toteutettuna projektin kojeistojen yhteenlaskettu kokonaispituus olisi kasvanut 200 mm:llä. Kojestojen vaatiman tilan kasvu johtuu pääosin MCC43:ssa sijaitsevista R5 runkokoon taajuusmuuttajista, kahdesta ACS800-04-0075:sta ja yhdestä ACS800-04-0060:sta. Näiden taajuusmuuttajien vaatima asennustila on 400x1400 mm:ä moduulia kohti. Kun nämä kolme taajuusmuuttajaa korvataan ACS880:lla, joudutaan tilalle asentamaan R6 runkokoon taajuusmuuttajat, joiden vaatima asennustila on 400x2125 mm:ä.



**Kuvio 48. Esimerkki ACS880:n vaikutuksista kojeiston rakenteeseen (MCC43)**

Yllä olevasta kuviosta huomataan, että ACS880:lla koko moduulin korkeus täyttyy ja yllä oleville R3 koon taajuusmuuttajille täytyy löytyä toinen asennuspaikka. Kahden ACS800-04-0023 (R3) korvaaminen kahdella ACS880-01-045A-3:lla (R4) vaatii kokonaan yhden 400 mm:ä leveän moduulin. Kun ACS800:n mallit mahtuivat 400x600 mm:n tilaan, ACS880 vaatii 400x1000 mm:ä asennustilaa.



**Kuvio 49. ACS880:n vaikutus kojeistoon (MCC43)**

Kuviossa 49 vasemmalla nähdään ACS800 taajuusmuuttaja 22 kW:n kuormitukseen runkokoolla R3. Oikealla kuviossa on ACS880 22 kW:n kuormitukseen runkokoolla R4. MCC43 moottorikeskukseen ACS800:n korvaaminen ACS880:lla toisi 800 mm:ä lisää pituutta kojeistoon.

MCC453:ssa on 10 kpl runkokoon 2 ACS800-04-0003:a. Näiden korvaaminen ACS880:01-02A4-3:lla toisi 600 mm:ä tilansäästön. Tämä säästö syntyy, kun asennetaan 6 kpl taajuusmuuttajia kyljelleen yhteen 600 mm:ä leveään moduuliin ja loput 4 kpl pystyyn asennettuna 400 mm:ä leveään moduuliin. Alkuperäisellä ratkaisulla taajuusmuuttajat vaativat 3x400 mm:ä moduulitilaa ja tähän lisätään



vielä 2 kpl 400 mm:ä johtokuiluja. Uudella ratkaisulla tilavaatimukset olisivat 400 mm+600 mm=1000 mm:ä moduulitilaa johon lisätään 400 mm:n johtokuilu. Tämän kojeisto-osion alkuperäinen leveys oli 2000 mm:ä, ACS880:n myötä leveys olisi 1400 mm:ä.

Taulukosta 9 voidaan todeta lämpöhäviöiden laskevan 13 %:ia taajuusmuuttajavaihdon myötä. Taajuusmuuttajat ovat merkittävä lämmönlähde sähkötiloissa ja 13 %:n pienennys lämpöhäviöissä tarkoittaa ilmastointitarpeen pienenemistä.

### Taulukko 9. Muutos lämpöhäviöissä

Alkuperäinen ACS800-	Runkokoko	Lämpöhäviöt/W	Korvaava ACS880-	Runkoko	Lämpöhäviöt/W
04-0135-3	R6	3260	01-206A-3	R7	2310
04-0120-3	R6	2810	01-206A-3	R7	2310
04-0120-3	R6	2810	01-206A-3	R7	2310
04-0120-3	R6	2810	01-206A-3	R7	2310
04-0075-3	R5	1440	01-105A-3	R6	1295
04-0075-3	R5	1440	01-105A-3	R6	1295
04-0075-3	R5	1440	01-105A-3	R6	1295
04-0060-3	R5	1190	01-105A-3	R6	1295
04-0050-3	R5	990	01-087A-3	R5	1120
04-0040-3	R5	810	01-061A-3	R4	907
04-0030-3	R4	610	01-045A-3	R4	667
04-0023-3	R3	520	01-032A-3	R3	457
04-0023-3	R3	520	01-038A-3	R3	562
04-0020-3	R3	440	01-032A-3	R3	457
04-0020-3	R3	440	01-032A-3	R3	457
04-0020-3	R3	440	01-032A-3	R3	457
04-0020-3	R3	440	01-032A-3	R3	457
04-0020-3	R3	440	01-032A-3	R3	457
04-0020-3	R3	440	01-032A-3	R3	457
04-0016-3	R3	340	01-025A-3	R2	337
04-0016-3	R3	340	01-025A-3	R2	337
04-0006-3	R2	160	01-09A4-3	R1	122
04-0005-3	R2	140	01-07A2-3	R1	94
04-0003-3	R2	100	01-04A0-3	R1	52
04-0003-3	R2	100	01-04A0-3	R1	52
04-0003-3	R2	100	01-02A4-3	R1	30
04-0003-3	R2	100	01-02A4-3	R1	30
04-0003-3	R2	100	01-02A4-3	R1	30
04-0003-3	R2	100	01-02A4-3	R1	30
04-0003-3	R2	100	01-02A4-3	R1	30
04-0003-3	R2	100	01-02A4-3	R1	30
04-0003-3	R2	100	01-02A4-3	R1	30
04-0003-3	R2	100	01-02A4-3	R1	30
04-0003-3	R2	100	01-02A4-3	R1	30
04-0003-3	R2	100	01-02A4-3	R1	30
04-0003-3	R2	100	01-02A4-3	R1	30
04-0003-3	R2	100	01-02A4-3	R1	30
04-0003-3	R2	100	01-02A4-3	R1	30
04-0003-3	R2	100	01-02A4-3	R1	30
	yht=	25470		yht=	22169

## 8.2 Sellutehdas Uruguayssa

Prosessiteollisuus-yksikkö on toimittanut sellutehtaan Uruguayhin. Tarkastelun tarkoituksena on selvittää ACS880:n mahdollisesti tuomia tilasäästöjä projektissa jossa on satoja taajuusmuuttajia. Tarkastelussa ovat ainoastaan 400 V:n taajuusmuuttajat. Toimitetussa projektissa keskuksien jännitteenä käytettiin 690 V:a ja 400 V:n taajuusmuuttajia syötettiin taajuusmuuttajakohtaisilla muuntajilla. Näiden muuntajien viemää tilaa ei otettu huomioon tarkastelussa. Asiaa tarkasteltiin keskuskohtaisesti ja tarkastelussa otetaan kantaa ainoastaan keskuksiin joihin taajuusmuuttajavaihdolla olisi vaikutusta.

### **WTP +402-40-101**

Kojeistossa on 19 kpl 1,5–11 kW:n ja 400 V:n taajuusmuuttajia. ACS800:lla niiden asentamiseen tarvittiin tilaa 2400 mm:ä ja asentamalla osan ACS880-taajuusmuuttajista kyljelleen tilaa tarvitaan 2200 mm:ä. Tilansäästö 200 mm:ä.

### **WWTP-keskus +403-40-102**

Vedenkäsittelyprosessi WWTP:ssä on 24 kpl 1,5–11 kW:n ja 400 V:n taajuusmuuttajia. ACS800:lla niiden asentamiseen tarvittiin tilaa 3200 mm:ä ja asentamalla ACS880 kyljelleen tilaa tarvitaan 3000 mm:ä. Tilansäästö 200 mm:ä.

### **WSP-keskus +150-86-301**

WSP-keskuksessa on 6 kpl taajuusmuuttajia, 4 kpl 55 kW:n, yksi 30 kW:n ja yksi 22 kW:n. 55 kW:n ACS800:n taajuusmuuttajien korvaaminen ACS880:n vastavilla ei lisää projektissa käytettyä lattiatailaa, vaan tällöin jouduttaisiin ottamaan käyttöön ACS800:lla yli jääneet varapaikat. Tämä johtuu ACS880:n R6 runkoon vaatimasta asennustilasta, joka on 400x2125 mm:ä. Pienempien taajuusmuuttajien vaihdosta ei synny muutosta tilan tarpeeseen.

### **Pulp Drying L1 ja L2-keskus +220-40-151**

Kojeistossa on 6 kpl 2,2–7,5 kW:n taajuusmuuttajaa, jotka voidaan korvata ACS880:n R1 ja R2 kokoluokan laitteilla. Kojeistossa on myös 6 kpl 11–18,5

kW:n taajuusmuuttajaa, jotka voidaan korvata ACS880:n R3 kokoluokan laitteilla. Taajuusmuuttajavaihdosta syntyvä säästö 200 mm:ä.

#### **Recovery boiler-keskus +252-86-311**

Keskuksessa on 6 kpl 1,5 kW:n taajuusmuuttajaa. Kun nämä korvataan kyljelleen asennetuilla ACS880:lla, tilasäästöä syntyy 200 mm:ä.

#### **BFWTP-keskus +256-40-101**

Keskuksessa on 5 kpl 1,5 kW:n taajuusmuuttajaa. Kun nämä korvataan kyljelleen asennetuilla ACS880:lla, tilasäästöä syntyy 200 mm:ä.

#### **Chemical Preparation-keskus +354-40-101**

Keskuksessa on 6 kpl R1-runkokoon taajuusmuuttajaa koko luokassa 1,5-3 kW:a. Kun nämä korvataan kyljelleen asennetuilla ACS880:lla, tilasäästöä syntyy 200 mm:ä.

Näillä kojeistoihin tehdyillä muutoksilla säästettäisiin lattiatilaa 1,2 metrin verran 400 V:n laitteilla. ACS800-aajuusmuuttajien korvaaminen ACS880:lla 55–75 kW:n teholuokassa olisi syönyt taajuusmuuttajien päälle jääneet varatilat. Suuremman teholuokan laitteet oli toteutettu 690 V:n laitteilla joten niiden vaihdon vaikutusta ei tässä tarkastelussa voida todeta.

**Taulukko 10. Uruguayn sellutehtaan lämpöhäviövertailu**

Keskus	ACS800	ACS880	Erotus	%
+403-40-102	2640	1458	1182	44,77
+100-40-151	920	820	100	10,87
+150-86-301	7360	6964	396	5,38
+210-40-151	4330	4383	-53	-1,22
+220-40-151	4010	3993	17	0,42
+252-86-301	3750	2735	1015	27,07
+252-86-311	600	312	288	48,00
+256-40-101	500	260	240	48,00
+300-40-151	1180	934	246	20,85
+354-40-101	660	375	285	43,18
+402-40-101	1980	1072	908	45,86
+402-86-301	880	778	102	11,59
+150-40-151	4040	3928	112	2,77
Loput PDS	23270	20125	3145	13,52
<b>Yhteensä</b>	<b>56120</b>	<b>48137</b>	<b>7983</b>	<b>14,22</b>

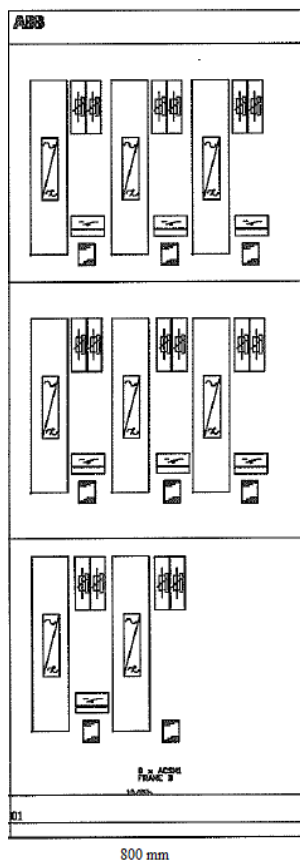
Yllä olevan taulukon perusteella voidaan todeta, että lämpöhäviöt laskevat 14,2 %:lla jos ACS800-mallit korvattaisiin ACS880:lla. Tarkastelu on tehty keskuskohtaisesti niille keskuksille joihin vaihdon on todettu tuovan tilansäästöä. Niiden keskuksien lämpöhäviöt joihin ei tullut tilansäästöä taajuusmuuttajavaihdon myötä, käsitellään taulukon kohdassa *Loput PDS*. Taulukosta nähdään myös lämpöhäviöiden nousevan jossain keskuksissa, kuten keskuksella +210-40-151 lämpöhäviöt nousevat 1,2 %:a vaihdoksen myötä. Täytyy ottaa huomioon, että tarkastelussa on ainoastaan sellutehtaan 400 V:n taajuusmuuttajat.

Kahden erikokoisen laitoksen esimerkkilaskelmien perusteella voidaan todeta, että ACS880:n tuoma tilansäästö on käytännössä olematon. Kojeiston täytyisi sisältää todella suuri määrä pieniä taajuusmuuttajia, että tilansäästöä syntyisi merkittävästi. Suuremmilla taajuusmuuttajilla uusi malli vie jopa enemmän tilaa, kuin ACS800. Pysyttäessä normaalikäytössä teholuokassa 11 kW:n ja sen alapuolella jolloin runkokokona on R1 tai R2, niin tilansäästöjä syntyy kyljelleen asennuksen myötä. Kyljelleen asennettuna taajuusmuuttajan vaatima asennustila on 300x600 mm. Vastaavan kokoluokan ACS800-taajuusmuuttajalla, vaadittu asennustila on 500x400 mm:ä. Teholuokissa 15–45 kW:a ja 90–110 kW:a tilantarve on sama ACS800:lla ja ACS880:lla. Teholuokissa 55–75 kW:a ja 132–160 kW:a ACS800:n tilantarve (400x1400 mm) on pienempi kuin ACS880:n (400x2125

mm). Teholuokassa 160–250 kW:a ACS880:n kojeistotila (1000x2125 mm) on 200 mm:ä pienempi kuin ACS800:n vaatima tila (1200x2125 mm). /15/

### 8.3 Cabinet-asennuksen tuoma tilansäästö

Kojeiston rakenne voi olla malliltaan niin sanottu cabinet-asennus. Cabinet-asennuksessa asennetaan useita taajuusmuuttajia yhden oven taakse 800 mm:ä leveään kenttään. Cabinet-asennustyyppistä kojeistoa ei ole toteutettu ACS800:lla eikä ACS880:lla. Jäljempänä tulevat arviot kojeistoon asennettavien taajuusmuuttajien määristä ovat arvioita, eikä niitä ole testattu käytännössä. /32/



#### Kuvio 50. Cabinet-asennuksen periaate

Esimerkkikuvassa on käytetty ACSM1:n B-runkokoon taajuusmuuttajia, mutta niiden tilalla voitaisiin käyttää ACS880:n R1 ja R2 runkokoon taajuusmuuttajia. Tällöin tehoalue olisi normaalikäytössä 0,75–11 kW:a. Cabinet-asennus mahdol-

listaisi 9 taajuusmuuttajan asennuksen yhteen 800 mm:ä leveään kenttään. Projektissa jossa on paljon pieniä taajuusmuuttajia, saavutettaisiin säästöä kojeiston vaatimassa tilassa. Esimerkiksi Uruguayihin rakennetun sellutehtaan WWTP-keskus +403-40-102, jossa on 24 kpl pieniä taajuusmuuttajia. Jos 18 kpl näistä asennettaisiin kahteen 800 mm:ä leveään cabinet-kojeistoon ja jäljelle jääneet 6 kpl kyljelle, saataisiin taajuusmuuttajat asennettua 2600 mm:ä leveään kojeistoon sisältäen johtokuilut. Verrattuna normaaliin asennukseen, tilasäästöä syntyy jo tällä kojeisto-osuudella 400 mm:ä. /15/

## **9 PERUSPARAMETROINTIOHJEEN JA PIIRIKAAVION LUONTI**

Opinnäytetyöhön kuului myös taajuusmuuttajan perusparametrintiohjeen tekeminen ja tyyppikuvan luonti ABB:n tyyppikaaviokirjastoihin.

### **9.1 Perusparametrintiohje**

Perusparametrintiohjeen tarkoituksena on helpottaa ja nopeuttaa taajuusmuuttajien parametrintia käyttöönottovaiheessa. Taajuusmuuttajan parametreilla voidaan määrittellä taajuusmuuttajan suorittamat toiminnot eri tilanteissa ja määrittää nopeus- ja momenttiohjeet. Tässä työssä paneudutaan väyläliitäntöjen parametrimuutoksiin Profinet-protokollan osalta. Parametrintiohjeen avulla saadaan luotua ohjausyhteys taajuusmuuttajan ja ohjelmoitavan logiikan välille. Profinetin parametrintiohje esitetään liitteessä 4.

### **9.2 Piirikaavion luonti**

ABB:n tyyppikaaviokirjastoon luotiin tyyppipiirikaavio ACS880:sta, johon on liitetty FSO-11 turvallisuusoptio. Tyyppipiirikaaviota käytetään piirikaaviosuunnittelun lähtökohtana, johon voidaan lisätä projektikohtaisia optioita. Piirikaavio tehtiin E3-suunnittelujärjestelmällä. Tyyppikaaviossa esitetään taajuusmuuttajan liittynät muihin järjestelmiin. ACS880:n tyyppikaavio on esitetty liitteessä 5.

## 10 YHTEENVETO

Opinnäytetyön teko oli haastavaa, koska se vaati tarkkaa paneutumista kahden eri taajuusmuuttajan manuaaleihin ja ohjelmointioppaisiin. Työtä tehdessäni opin monia uusia asioita taajuusmuuttajista ja niiden parametroinnista ja ohjainohjelmista. Myös functional safety-osuus vaati suurta paneutumista, sillä aihe oli täysin uusi.

Vaativin osuus opinnäytetyössä teossa oli saada uusi laite toimimaan kahden väylän kanssa, koska se vaati kaikkien ohjelmien päivittämistä uusiin versioihin. Etätyökalun käyttö aiheutti myös ongelmia. Ongelmaksi muodostui ohjainpaneelin käyttö etämonitorointityökalun kanssa, ennen kuin todettiin näiden yhtäaikaisen käytön olevan mahdotonta.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin tietoa ACS880:n toiminnallisuudesta ja siihen kuuluvista lisälaitteista. Näiden lisäksi huomattiin, että uuden laitteen tuoma tilansäästö oli odotettua pienempi. ACS880 ei juuri eroa perustoiminnaltaan ja ominaisuuksiltaan ACS800:sta. Eroja syntyi lähinnä turvallisuusfunktioissa, kojeistoon syntyneistä muutoksista ja uusituissa optiokorteissa, joiden liitännät ja muotoilu oli uudistunut päivityksen myötä.



## LÄHTEET

/1/ ABB lyhyesti. Viitattu 20.2.2013.

<http://www.abb.fi/cawp/fiabb251/657dfdcf6e344cc7c1256b20003149ae.aspx>

/2/ ABB Oy, Process Industry. Viitattu 20.1.2013.

<http://www.abb.com/cawp/fiabb251/c6854499eded9f38c1257961003edcec.aspx>

/3/ ABB:n Suomen organisaatio. Viitattu 20.2.2013.

<http://www.abb.com/cawp/fiabb251/0b5e2755355c156dc12579bb003910a4.aspx>

/4/ ACS800:n mitoitus taulukko. Viitattu 11.3.2013. ACS800 4FT.xls

/5/ ACS800-01-laiteopas, ABB. Viitattu 15.1.2013. FI\_ACS800-01\_HW\_Ref\_J\_screen.pdf

/6/ ACS880:n mitoitus taulukko. Viitattu 11.3.2013.

ACS880\_mitoitus taulukko.pdf

/7/ ACS880-01-laiteopas, ABB. Viitattu 29.1.2013. FI\_ACS880-01\_Wall\_mounted\_0.55to250kW\_HW\_E.screen.pdf.

/8/ ACS880-01-perusohjelmointiopas, ABB. Viitattu 15.1.2013. FI/ACS880 primary control program FW C/screen.pdf

/9/ AOCH & NOCH du/dt-suodattimet, ABB. Viitattu 4.3.2013.

EN\_AOCH\_NOCH\_HW\_G.pdf

/10/ Drive composer manual, ABB. Viitattu 26.2.2013. DC start-up and maint\_PC tool UM\_REV C\_commenting enabled.pdf

/11/ Drive window-manuaali, ABB. Viitattu 10.4.2013. Users\_Guide\_English.pdf

/12/ Fohc-du/dt-suotimet, ABB. Viitattu 4.3.2013. EN\_FOCH\_HW\_D.pdf

/13/ FSO-11 turvamoduulin käyttöohje, ABB. Viitattu 29.1.2013.

EN\_FSO\_11\_UM\_c.pdf

- /14/ Functional Safety, ABB. Viitattu 15.3.13. EDT\_2012\_Functional safety.ppt
- /15/ Harju, J. 2013. Viitattu 10.4.2013.
- /16/ Jokinen, K, Moottorikäyttöjen ohjaus ja suojaus 2012 kurssin luentomateriaali. Viitattu 26.2.2013. MoottKäyttOhjSuoj\_13.pdf
- /17/ Jokinen, K, Moottorikäyttöjen säätö 2012 kurssin luentomateriaali. Viitattu 26.2.2013. Moottorikäyttöjen\_säätö\_12.pdf
- /18/ Jokinen, K, Suuntaajatekniikan sovellutukset 2011 kurssin luentomateriaali. Viitattu 26.2.2013
- /19/ Neta-21 manuaali, ABB. Viitattu 10.4.2013. neta\_21 um\_rev b\_screen.pdf
- /20/ Optiotaulukko, ABB. Viitattu 4.3.2013. Common Pricing Tool.xls
- /21/ Power-Flex-tuote-esite, Allen-Bradley. Viitattu 19.2.2013.  
<http://www.ab.com/en/epub/catalogs/36265/1323285/>
- /22/ Profinet, Profibus foundation. Viitattu 19.3.2013.  
<http://www.profibus.com/technology/profinet/benefits/>
- /23/ Prosessiteollisuuden yksikön esittely. Viitattu 20.2.2013.  
ACK\_lyhyt\_esittely.pptx
- /24/ SACE 15 RE 13, ABB.  
<http://imagebank.abb.com/ABB.DocumentManagement.SitePages/DocumentViewPage.aspx?ID=9570&ListId=4ef91416-2d21-48b6-8f0d-f74390c80771>
- /25/ Safety and functional safety, ABB. Viitattu 5.2.2013. 1sfc001008b0201.pdf.
- /26/ Salminen, A, Tuotepäällikkö, ABB Drives. Sähköpostikeskustelu 14.3.2013
- /27/ Sinamics-esite, Siemens. Viitattu 19.2.2013. frequency-converter-sinamics-brochure.pdf
- /28/ Tekninen opas nro.1, ABB. Suora momentinsäätö. Viitattu 17.1.2013

/29/ Tekninen opas nro.3, ABB. EMC yhteensopiva-asennus. Viitattu 17.1.2013.  
technical\_guide\_no.3\_3afe61348280\_en\_rev.d.pdf

/30/ Toiminnallinen turvallisuus, ABB. Viitattu 5.2.2012. functional safety.pdf

/31/ Vacon-100-esite, Vacon. Viitattu 19.2.2013. <http://www.vacon.com/fi-FI/tuotteet/Taajuusmuuttajat/vacon-100/?source=products>

/32/ Välimäki, J, Tuotepäällikkö, ABB Low voltage systems. Haastattelu  
8.3.2013.

