

# Taajuusmuuttajien toiminnallinen turvallisuus

## Pienjännite- taajuusmuuttajien lisääntyvä merkitys koneturvallisuuden varmistamisessa

# Taajuusmuuttajien toiminnallinen turvallisuus

## Sisällys

### Osa 1 Toiminnallinen turvallisuus: Taajuusmuuttajan toiminnoilla turvallisemmat moottorijärjestelmät

- 1.1 Johdanto
- 1.2 Koneturvallisuuden riskien hallinta
- 1.3 Toiminnallisen turvallisuuden integroiminen taajuusmuuttajaan
- 1.4 Helpompaa turvallisuutta elektroniikan ja standardien avulla
- 1.5 Taajuusmuuttajien toiminnallinen turvallisuus teollisuuden järjestelmissä
- 1.6 Tavallisimpia taajuusmuuttajien turvallisuustoimintoja

### Osa 2 Lait, standardit ja taajuusmuuttajan toiminnallisen turvallisuuden tiekartta

- 2.1 Eurooppalainen konedirektiivi ja yhdenmukaistetut lait ja standardit
- 2.2 Taajuusmuuttajien turvallisuussuunnittelussa noudatettavat yhdenmukaistetut standardit
- 2.3 Tiekartta vaatimustenmukaisuuteen
- 2.4 Lisätietoja yhdenmukaistetuista standardeista

### Osa 3 ABB:n taajuusmuuttajien toiminnallisen turvallisuuden ratkaisut

- 3.1 Taajuusmuuttajan toiminnallinen turvallisuus
- 3.2 Safe Torque Off (STO) -toimintoon perustuvaa turvallisuutta
- 3.3 Kolme esimerkkiä
- 3.4 Esimerkki 1: perinteinen turvallisuusratkaisu: taajuusmuuttaja, valvontalaite, anturi ja kontaktorit
- 3.5 Esimerkki 2: taajuusmuuttajaan integroidut turvallisuustoiminnot
- 3.6 Esimerkki 3: usean taajuusmuuttajan järjestelmän valvontaratkaisu taajuusmuuttajien ja ohjelmoitavan turvalogiikan toiminnoilla
- 3.7 Toiminnallisen turvallisuuden suunnittelutyökalu FSDT-01

#### Yhteenveto

#### Viite

#### Sanasto

#### Yhteystiedot

## Osa 1. Toiminnallinen turvallisuus: Taajuusmuuttajan toiminnoilla turvallisemmat moottorijärjestelmät

### 1.1 Johdanto

Uusi taajuusmuuttajateknologia tekee moottorijärjestelmien turvallisuuden varmistamisesta huomattavasti entistä helpompaa. Viimeaikaiset tekniset edistysaskeleet ovat yksinkertaistaneet turvajärjestelmiä ja avanneet samalla uusia mahdollisuuksia parantaa tuottavuutta ja vähentää käyttökatkoja.

Tässä asiakirjassa kerrotaan, miten taajuusmuuttajien uusimmat turvajärjestelmät parantavat käyttäjien, moottorien ja ympäristön yleistä turvallisuutta. Kehitystyön tavoitteena on helpottaa moottorien turvallisuuden varmistamista erityisesti taajuusmuuttajan turvallisuustoimintojen kautta.

Käsitlemme asiaa kolmessa osassa. Ensimmäisessä osassa tarkastellaan, mitä mahdollisuuksia taajuusmuuttajien integroidut turvallisuustoiminnot tuovat moottorien ja sovellusten näkökulmasta. Toisessa osassa käydään läpi moottorien toiminnallista turvallisuutta koskevia määräyksiä (eurooppalainen konedirektiivi sekä yhdenmukaistetut lait ja standardit). Kolmannessa osassa on esimerkkejä ABB:n pienjännitetaajuusmuuttajien turvallisuustoiminnoista ja niiden käytöstä yhdessä muiden turvalaitteiden kanssa.

### 1.2 Koneturvallisuuden riskien hallinta

Kun teollisessa prosessissa syntyy virhetilanne, koneet on aina voitava saada nopeasti turvalliseen tilaan. Yleensä tämä tarkoittaa koneiden pysäyttämistä. Kun koneet on pysäytetty, ne eivät saa käynnistyä odottamatta. Koneita voidaan lisäksi joissakin sovelluksissa joutua ajoittain käyttämään tavallista hitaammalla nopeudella. Vika koneen ohjauslaitteistossa voi johtaa vaaratilanteisiin ja loukkaantumiseen tai jopa kuolemaan. Tällaiset tilanteet ovat erittäin vahingollisia yritykselle, sen henkilökunnalle ja julkisuuskuvalle.

Koneiden ja laitteistojen rakentajien vastuulla on varmistaa, että asiakkaalle toimitettavat tuotteet tai koneet ovat turvallisia. Järjestelmät on suunniteltava turvallisuusperiaatteiden mukaisesti, ja niiden on täytettävä direktiiveissä, standardeissa ja laeissa annetut ehdot. Konetta käyttävän asiakasyrityksen vastuu ulottuu järjestelmän koko käyttöiän ajalle. On siis erittäin tärkeää, että turvallisuusnäkökohdat otetaan huomioon kaikkien koneiden suunnitteluprosessissa alusta alkaen. Tällöin turvallisuudesta tulee luonnollinen osa koneiston toimintaa sen sijaan, että turvallisuusominaisuuksia yritettäisiin lisätä muuten valmiiseen järjestelmään.

Taajuusmuuttajien toiminnallinen turvallisuus, jolla tarkoitetaan taajuusmuuttajille suunniteltuja moottorien turvallisuutta parantavia aktiivisia toimintoja, yksinkertaistaa tätä työtä valmiiksi sertifioitujen ja taajuusmuuttajajärjestelmään integroitujen turvallisuustoimintojen kautta.

Turvallisuus on tärkeä tekijä kaikissa teollisuuden sovelluksissa, jotka sisältävät moottoreita, taajuusmuuttajia ja ohjelmoitavia logiikoita (PLC). Hyvä koneturvallisuus saavutetaan tunnistamalla riskit ja pienentämällä niitä hyväksyttävälle tasolle. Riskejä pienennetään suunnittelemalla laitteistot mahdollisimman turvallisiksi sekä toteuttamalla riskejä pienentäviä suojauksia.

Oikein tehtyinä suojaukset voivat olla joustavia, luotettavia ja helppokäyttöisiä. Ne myös parantavat tuottavuutta ja vähentävät käyttökatkoja riskittömällä tavalla, mikä tuo selkeää taloudellista hyötyä.

### 1.3 Toiminnallisen turvallisuuden integroiminen taajuusmuuttajaan

Koneiden turvallisuusjärjestelmien toteuttaminen on helpottunut kolmen taustatekijän ansiosta.

Ensinnäkin uusi elektroniikka mahdollistaa turvallisuustoimintojen integroinnin suoraan taajuusmuuttajan turvalogiikkaan; toiminnallisesta turvallisuudesta tulee näin taajuusmuuttajan vakio-ominaisuus. Toiseksi lainsäädäntö on seurannut teknologian edistymistä, ja uusissa standardeissa määritetään koneturvallisuudelle asetetut vaatimukset ja annetaan ohjeita. Kolmanneksi ABB:n kaltaiset teknologiyhtiöt ovat kehittäneet laajan valikoiman turvallisuutta parantavia laitteita ja ratkaisuja, jotka on helppo integroida teollisiin sovelluksiin parantamaan niiden turvallisuutta ja toimintoja ja vähentämään käyttökatkoja.

Nämä kolme tekijää ovat mahdollistaneet uudenlaiset ratkaisut, jotka ovat entistä edullisempia ja luotettavampia ja estävät onnettomuuksia tehokkaasti. Lisäksi ne voidaan sovittaa monenlaisiin sovelluksiin helpommin kuin aiemmat langoitettut sähkömekaaniset järjestelmät.

Tulos: sähkömekaaniset turvallisuusjärjestelmät voidaan korvata elektronisilla toiminnoilla. Toiminnot rakennetaan suoraan taajuusmuuttajan turvalogiikkaan, ja ne toimivat saumattomasti yhteen normaalien säätötoimintojen kanssa.

### 1.4 Taajuusmuuttajien toiminnallinen turvallisuus teollisuuden järjestelmissä

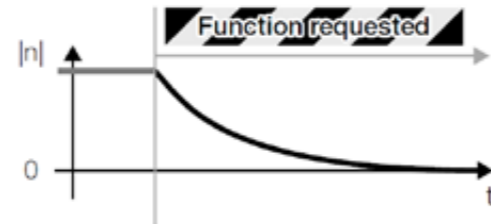
Taajuusmuuttajien tehtävä on hieman yksinkertaistettuna säätää moottorien nopeutta ja vääntömomenttia teollisissa sovelluksissa, esimerkiksi hihnakuljettimissa ja nostureissa. Teollisuusautomaation järjestelmät ovat yhä monimutkaisempia ja koostuvat erilaisista moduuleista. Tämän kehityksen myötä taajuusmuuttajien toiminnallisesta turvallisuudesta on nopeasti tulossa keskeinen osa teollisten prosessien yleistä turvallisuussuunnittelua.

Kun taajuusmuuttaja havaitsee vaaratilanteen, se voi reagoida usealla eri tavalla. Se voi esimerkiksi käynnistää hätäpysäytyksen käyttäjän komennosta. Se voi myös tunnistaa esimerkiksi liian suuren nopeuden ja pysäyttää prosessin hallitusti.

Jos järjestelmässä on useita taajuusmuuttajia, koko turvallisuusjärjestelmää voidaan hallita ohjelmoitavalla turvalogiikalla, joka aktivoi taajuusmuuttajien turvallisuustoimintoja järjestelmän tarpeiden mukaan.

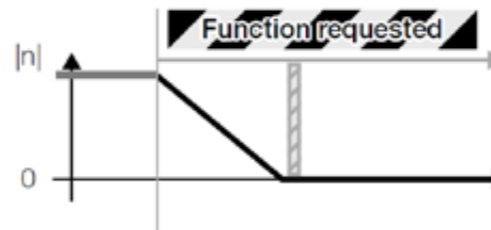
### 1.5 Tavallisimpia taajuusmuuttajien turvallisuustoimintoja Safe torque off (STO)

STO-toiminto on taajuusmuuttajien toiminnallisen turvallisuuden välttämätön kulmakivi, sillä se tuo taajuusmuuttajan turvallisesti tilaan, jossa vääntömomenttia ei ole. STO-toimintoa käytetään tavallisesti estämään koneiden odottamaton käynnistyminen (EN 1037) tai toteuttamaan luokan 0 hätäpysäytys (SFS-EN 60204-1).



Kuva 1. Kun STO-toiminto aktivoidaan, se katkaisee heti virransyötön taajuusmuuttajasta moottoriin. Tämän jälkeen moottori pysähtyy vapaasti pyörien.

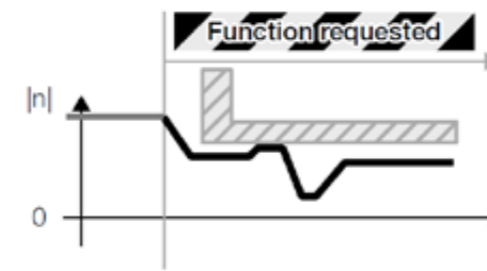
**Turvallinen pysäytys 1 (SS1)** pysäyttää moottorin turvallisesti hallitun pysäytysrampin avulla ja aktivoi sitten STO-toiminnon. SS1-toimintoa käytetään tavallisesti valssuamoiden kaltaisissa sovelluksissa, joissa liike on pysäytettävä hallitusti ennen siirtymistä momentittomaan tilaan. Prosessien turvallisen pysäyttämisen lisäksi SS1-toimintoa voidaan käyttää toteuttamaan luokan 1 hätäpysäytys (SFS-EN 60204-1).



Kuva 2. Kun SS1-toiminto aktivoidaan, se hidastaa moottorin nopeutta, pysäyttää sen ja aktivoi sitten STO-toiminnon.

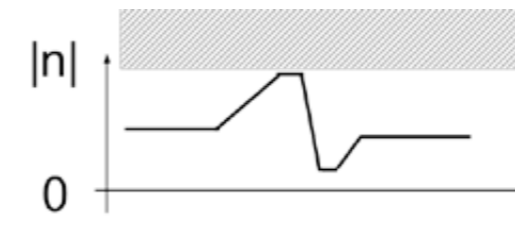
**Turvallinen hätäpysäytys (SSE)** on suunniteltu erityisesti hätäpysäytysten tekemiseen. SSE-toiminto voidaan määrittää toteuttamaan joko STO- tai SS1-toiminto sen mukaan, kumpi sopii järjestelmään paremmin. Esimerkkejä näistä toiminnoista on kuvissa 1 ja 2.

**Nopeuden turvarajoitus (SLS)** estää moottoreita ylittämästä valittua nopeusrajoitusta. SLS-turvatoimintoa voidaan käyttää esimerkiksi dekantterien, sekoittimien, kuljettimien tai paperikoneiden kaltaisissa sovelluksissa, joissa suuret nopeudet voivat olla vaarallisia esimerkiksi kunnossapito- tai puhdistustoimien aikana.



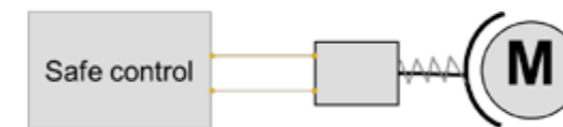
Kuva 3. Kun SLS-toiminto aktivoidaan, se valvoo, ettei moottorin nopeus ylitä määritettyä tasoa. Jos määritetty nopeus ylittyy, SLS-toiminto pysäyttää taajuusmuuttajan aktivoimalla STO- tai SSE-toiminnon.

**Turvallinen enimmäisnopeus (SMS)** on SLS-turvatoiminnon muunnos. Se suojaa moottoria jatkuvasti estämällä sitä ylittämästä valittua enimmäisnopeutta.



Kuva 4. Kun SMS-toimintoa käytetään, se on jatkuvasti toiminnassa ja varmistaa, ettei sallittu enimmäisnopeus ylity.

**Turvallisen jarrunohjauksen (SBC)** signaali varmistaa mekaanisen jarrun toiminnan. Tällainen turvatoiminto on välttämätön poraussovelluksissa, nostureissa, vinsseissä, nostolaitteissa, pystysuuntaisissa kuljettimissa ja hisseissä, joissa on käytössä ulkoinen jarrujärjestelmä. SBC-toimintoa käytetään tavallisesti, kun taajuusmuuttaja on sammutettu STO-toiminnolla ja moottoriin kohdistuu aktiivinen kuorma (esimerkiksi nosturin tai vintturin riippuva kuorma).



Kuva 5. SBC-toiminnon ohjaussignaali varmistaa mekaanisen jarrun toiminnan.

## Osa 2. Lait, standardit ja taajuusmuuttajan toiminnallisen turvallisuuden tiekartta

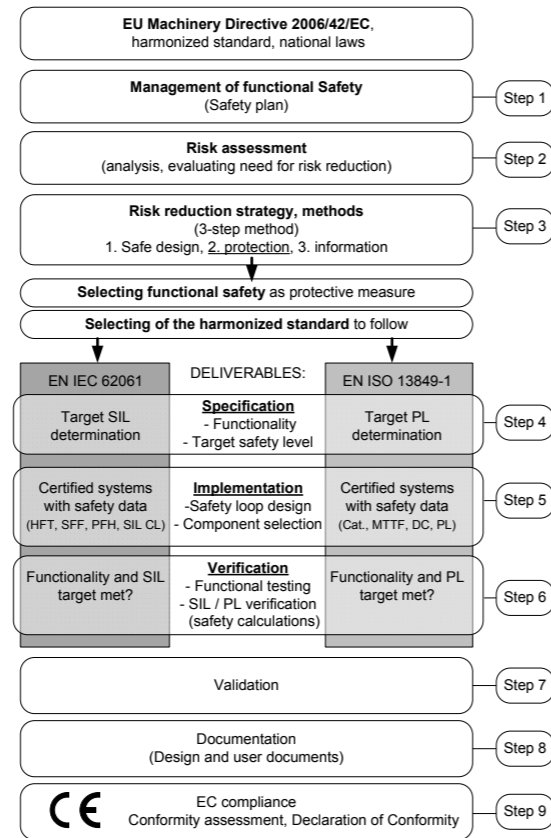
### 2.1 Eurooppalainen konedirektiivi ja yhdenmukaistetut lait ja standardit

Direktiivien sekä kansallisten ja alueellisten lakien ja määräysten mukaan loppukäyttäjät sekä koneiden ja laitteistojen rakentajat ovat vastuussa koneiden ja järjestelmien yleisestä turvallisuudesta. Tässä osassa viitataan pääasiassa Euroopan unionin lainsäädäntöön, joka perustuu maailmanlaajuisiin IEC/ISO-standardeihin.

Kaikkien Euroopan unionissa myytyjen koneiden on täytettävä eurooppalaisen konedirektiivin 2006/42/EY olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Näiden vaatimusten täyttämistä varten laiterakentajan on hyvä seurata vaiheittaista turvallisuussuunnittelun tiekarttaa. Selkeä tiekartta auttaa täyttämään CE-merkinnän vaatimukset ja helpottaa teknisen dokumentaation luomista.

EU:n toiminnallista turvallisuutta koskevat säädökset koostuvat kahdesta osasta: konedirektiivistä ja yhdenmukaistetuista turvallisuusstandardeista. Yhdenmukaistetuissa standardeissa kuvataan ne tekniset keinot ja menettelyt, joilla konedirektiivin vaatimukset voidaan täyttää.

Eurooppalaiset standardointilaitokset CEN, CENELEC ja ETSI ovat yhdenmukaistaneet kansainvälisiä IEC/ISO-standardeja, jotta niitä voidaan käyttää apuna konedirektiivin noudattamisessa. Tuotestandardi SFS-EN/IEC 61800-5-2 keskittyy nimenomaan taajuusmuuttajien toiminnalliseen turvallisuuteen. Standardissa määritellään esimerkiksi Safe torque off -toiminto, turvallinen pysäytys 1 sekä nopeuden turvarajoitus.



Kuva 6. Toiminnallisen turvallisuuden tiekartta

### 2.2 Taajuusmuuttajien turvallisuussuunnittelussa noudatettavat yhdenmukaistetut standardit

Yhdenmukaistetut turvallisuusstandardit ovat konedirektiivissä lueteltu kokoelma ISO- ja IEC-standardeja sekä eurooppalaisia standardeja. EN-etuliitteellä merkityt yhdenmukaistetut standardit ovat voimassa kaikissa Euroopan unionin jäsenvaltioissa, ja niitä käytetään valtioiden lainsäädännön pohjana. EU:n ulkopuolella samojen standardien UEC/ISO-merkityt versiot muodostavat kehyksen koneiden suunnittelulle.

Seuraavassa luvussa luetellaan tavallisimmat yhdenmukaistetut standardit, jotka laiterakennus- ja järjestelmäsuunnitteluyritysten turvallisuusasiantuntijoiden tulee tuntea.

### 2.3 Tiekartta vaatimustenmukaisuuteen

Konedirektiivi vaatii, että laitevalmistajat (tai heidän edustajansa) suorittavat ja dokumentoivat riskienarvioinnin. Arvioinnin tulokset on otettava huomioon laitteiden suunnittelussa, ja riskit on pienennettävä hyväksyttävälle tasolle. Tämä tehdään joko tekemällä koneen suunnitteluun riskiä pienentäviä muutoksia tai lisäämällä suojauskeinoja, kuten taajuusmuuttajan turvatoimintoja.

Kun riskit on saatu hyväksyttävälle tasolle, käyttöoppaisiin kirjataan varoituksia ja ohjeita, joiden avulla jäljelle jääneitä riskejä voidaan hallita.

Turvallinen suunnittelu ja vaatimustenmukaisuus varmistetaan yleensä noudattamalla turvallisuusjärjestelmän toteutuksessa asianmukaisia standardeja. Kun standardeja noudatetaan, voidaan olettaa, että laitteisto on konedirektiivin olennaisten terveys- ja turvallisuusvaatimusten mukainen.

Sertifioidut turvalaitteet yksinkertaistavat turvallisuusjärjestelmän suunnittelua ja validointia huomattavasti. Laitteiden kyky saavuttaa tarvittava turvallisuustaso on varmistettu, ja SIL- ja PL-laskelmissa tarvittavat turvallisuustiedot on määritetty niille valmiiksi.

Moottorien ulkoinen sertifiointi ei yleensä ole tarpeen. Valmistajat voivat ilmoittaa direktiivin vaatimusten täyttymisestä asianmukaisen suunnittelun ja dokumentaation, vaatimustenmukaisuusarvion ja CE-merkinnän perusteella (katso kuvan 6 toiminnallisen turvallisuuden tiekartta ja sen päävaiheet).

Yhdenmukaistetut standardit antavat yhtenäiset ohjeet riskien analysointiin ja pienentämiseen hyväksyttävälle tasolle (SFS-EN ISO 12100). Toiminnallisen koneturvallisuuden suunnittelu onnistuu parhaiten noudattamalla kyseisen konetyypin yhdenmukaistettuja standardeja, jos sellaiset on saatavana, tai yleisiä konesovellusstandardeja SFS-EN/IEC 62061 tai SFS-EN ISO 13849-1.

### 2.4 Lisätietoja yhdenmukaistetuista standardeista

Lisätietoja toiminnallisen turvallisuuden toteuttamisesta yhdenmukaistettujen standardien avulla on ABB:n teknisessä oppaassa nro 10, Functional Safety.

## Osa 3. ABB:n taajuusmuuttajien toiminnallisen turvallisuuden ratkaisut

### 3.1 Taajuusmuuttajien toiminnallinen turvallisuus

Toiminnallinen turvallisuus voidaan helposti saavuttaa turvalaitteilla, jotka on valmiiksi sertifioitu tarvittavien toiminnallisen turvallisuuden standardien mukaisesti. ABB:n taajuusmuuttajissa on useita sertifioituja turvallisuustoimintoja sekä vakiona että lisävarusteina. Saatavana on esimerkiksi TÜV-sertifioitu turvatoimintomoduuli, joka on yhteensopiva ABB:n ACS880-teollisuustaajuusmuuttajien kanssa.

### 3.2 Safe torque off (STO) -toimintoon perustuvaa turvallisuutta

ABB on painottanut voimakkaasti turvallisuustoimintoja taajuusmuuttajiensa kehityksessä. Taajuusmuuttajiin ja ohjelmoitaviin logiikkaohjaimiin on saatavana kustannustehokkaita turvaratkaisuja. Lisäksi tarjolla on kattava valikoima turvalaitteita ja -kontaktoreja, hätäpysäytyskytkimiä ja muita turvalaitteita. Ratkaisu voi kattaa tarpeen mukaan vain yhden taajuusmuuttajan tai kokonaisen taajuusmuuttajajärjestelmän.

Kuten 1. osassa mainittiin, Safe torque off -toiminto on taajuusmuuttajien toiminnallisen turvallisuuden perusta. Monissa ABB:n taajuusmuuttajissa on tämän vuoksi STO-toiminto vakiovarusteena. Joihinkin taajuusmuuttajasarjoihin se on saatavana lisävarusteena.

Aina yhteensopivat ACS880-teollisuustaajuusmuuttajat, joissa STO-toiminto on vakiovarusteena, ovat parhaiten varusteltu ja nykyaikaisin esimerkki integroidusta taajuusmuuttajien toiminnallisesta turvallisuudesta. Niiden avulla voidaan saavuttaa paras koneturvallisuus, joka täyttää SIL 3- ja PL e -tasojen vaatimukset.

STO-toimintoa voidaan täydentää muilla turvallisuustoiminnoilla, kuten nopeuden turvarajoituksella, joka varmistaa, ettei taajuusmuuttaja ja siten myöskään käytettävä moottori ylitä valittua nopeutta.

Kun turvallisuustoiminnot on integroitu taajuusmuuttajaan, ei tarvita kalliita lisäkomponentteja, kuten kontaktoreja ja turvalaitteita. Integroituja toimintoja käytettäessä asennus on helpompaa ja kustannukset pienempiä, kun mukana on vähemmän komponentteja, joiden on täytettävä tarvittavan SIL- tai PL-tason vaatimukset.

### 3.3 Kolme esimerkkiä

Tässä osassa tarkastellaan kolmea erilaista tapaa toteuttaa ABB:n taajuusmuuttajan toiminnallinen turvallisuus. Esimerkkinä on teollisuuslaitoksen hihnakuuljetin.

Kuvitteellisessa esimerkissä oletetaan, että työntekijät käyttävät hihnakuuljetinta jatkuvasti asettaen sille materiaaleja ja poimien niitä pois. Kuljettimen riskianalyyssissä on todettu, että sen on pysyttävä jännitteettömänä aina, kun se pysäytetään esimerkiksi puhdistusta varten. Odottamaton käynnistyminen on siis tunnistettu riskiksi, eikä moottorin pidä saada momenttia pysäytettynä ollessaan.

Kuljettimen on pysähdyttävä turvallisesti aina, kun punaista hätäpysäytyspainiketta painetaan. Aina, kun kuljetinhihnan suojahäkin sisällä on työntekijöitä, kuljettimen nopeuden on oltava riittävän alhainen, jotta materiaalien käsittely on turvallista.

### Tässä kuvatuissa esimerkeissä riskejä pienennetään käyttämällä kolmea turvatoimintoa:

1. Odottamattoman käynnistymisen esto (POUS)
2. Hätäpysäytys
3. Nopeuden turvarajoitus (SLS)

Käytössä on kaksi taajuusmuuttajan turvatoimintoa: Safe torque off ja nopeuden turvarajoitus. STO-toimintoa käytetään sekä hätä-seis-painikkeella tehdyn hätäpysäytyksen toteutukseen että odottamattoman käynnistymisen estoon, jossa moottorin käynnistyminen estetään esimerkiksi lukittavalla on/off-kytkimellä.

Moottorin turvallisuusjärjestelmä voidaan rakentaa ABB:n tehokkailla turvalaitteilla näiden esimerkkien mukaisesti.

### 3.4 Esimerkki 1: perinteinen turvallisuusratkaisu: taajuusmuuttaja, valvontalaite, anturi ja kontaktorit

Turvajärjestelmä on perinteisesti rakennettu kytkemällä taajuusmuuttajaan rajakytkimet, releet / ulkoinen valvontalaite sekä kontaktorit

(katso kuva 7).



Kuva 7. Valvontalaitteet vastaanottavat signaaleja ja lähettävät ne taajuusmuuttajaan. Turvalaitteita ja kytkentöjä tarvitaan enemmän kuin integroitua taajuusmuuttajan toiminnallista turvallisuusratkaisua käytettäessä (katso kuva 8).

Kun kuljettimen suojahäkin ovi aukeaa, rajakytkin tunnistaa sen. Taajuusmuuttaja saa signaalin, jonka perusteella se pienentää nopeutta. Samaan aikaan lähtee signaali myös ulkoiseen valvontalaitteeseen (turvalogiikka), joka muodostaa yhdessä nopeusanturin kanssa nopeutta valvovan SLS-turvallisuustoiminnon.

Työntekijät voivat nyt tehdä työnsä hitaasti liikkuvan kuljettimen ääressä turvallisesti. Kun työntekijä lähtee kuljettimen äärestä ja sulkee suojahäkin oven, valvontalaite on kuitattava painikkeesta. Kuljetin palaa normaalinopeuteen vasta tämän jälkeen.

Jos vika saa kuljettimen kiihdyttämään vauhtia nopeasti, vaikka nopeuden turvarajoitus on käytössä, valvontalaite havaitsee ylinopeuden ja aktivoi moottorin kontaktorin, joka katkaisee virransyötön taajuusmuuttajasta moottoriin. Kuljetin pysähtyy.

### Perinteisen sähkömekaanisen turvallisuusjärjestelmän etuja:

- Ratkaisu voidaan toteuttaa myös silloin, kun käytössä on taajuusmuuttaja, jossa ei ole integroituja turvatoimintoja.

### 3.5 Esimerkki 2: taajuusmuuttajaan integroidut turvallisuustoiminnot

Taajuusmuuttajan toiminnallista turvallisuutta hyödynnettäessä moottorin turvallisuus varmistetaan taajuusmuuttajan toiminnoilla. Tällöin ei tarvita erillisiä ulkoisesti kytkettyjä turvalaitteita, kuten valvontalaitteita, kaapelointeja ja anturia (katso kuva 9).



Kuva 8. Taajuusmuuttajaan integroitu turvalogiikka. Turvalaitteita ja kytkentöjä tarvitaan vähemmän kuin perinteistä turvallisuusratkaisua käytettäessä (katso kuva 7).

Taajuusmuuttajaan integroidut turvallisuustoiminnot yksinkertaistavat turvallisuusuunnittelua. Ne myös pienentävät kokonaiskustannuksia, koska osia ja kaapelointeja on vähemmän; kokoonpano on yksinkertaisempi ja asennustyötä vähemmän.

Perinteiseen turvallisuusratkaisuun verrattuna toiminnot ovat samat, mutta ne on rakennettu valmiiksi taajuusmuuttajaan. Toimintojen perustana on taajuusmuuttajan Safe torque off -piiri, joka katkaisee turvallisesti taajuusmuuttajan tehoasteen toiminnan. Moottorikontaktoria ei tällöin tarvita.

STO-toiminto on vakiovarusteena ABB:n ACS880-, ACS580-, ACS850-, ACS355-, ACQ810-, ACSM1- ja MicroFlex e150 -pienjännitetaajuusmuuttajissa. STO-toiminto on saatavana lisävarusteena ACS800-taajuusmuuttajiin.

Jos taajuusmuuttajaan halutaan integroida lisäturvallisuustoimintoja, ACS880-taajuusmuuttajissa voidaan käyttää valinnaista TÜV-sertifioitua turvatoimintomoduulia.

Turvatoimintomoduuli toimii saumattomasti yhdessä aina yhteensopivan ACS880-taajuusmuuttajan kanssa, ja sitä voidaan käyttää SIL 3 / PL e -tasolle asti. Kompaktissa turvatoimintomoduulissa on mm. seuraavat toiminnot: turvallinen pysäytys 1 (SS1), turvallinen hätäpysäytys (SSE), turvallinen jarrunohjaus (SBC), nopeuden turvarajoitus (SLS), turvallinen enimmäisnopeus (SMS) ja odottamattoman käynnistymisen esto.

Turvatoimintomoduulia käytettäessä logiikkapiirin releiden, kuitaussignaalien ja kontaktorien kytkentäsuunnittelu jää kokonaan pois. Taajuusmuuttajan turvallisuustoiminnot ovat heti valmiina käyttöön otettavaksi. Taajuusmuuttajajärjestelmän käyttöönotto ja asetusten määrittäminen käy helposti ACS880-taajuusmuuttajasarjan Drive composer pro -PC-työkalulla.

### Taajuusmuuttajan toiminnallisen turvallisuusratkaisun etuja:

- Ei vaihdettavia tai huollettavia kuluvia osia.
- Vähemmän kaapelointia – säästää rahaa ja aikaa.
- Turvallisuustoiminnot on integroitu saumattomasti taajuusmuuttajan toimintaan.
- STO-toiminto on moottorin sammutuksessa kontaktoria nopeampi ja säästää rahaa, tilaa ja kunnossapitotyötä.
- STO-toimintoa käytettäessä odottamattoman käynnistymisen esto ei vaadi taajuusmuuttajan sammuttamista tai lähtökontaktorien käyttöä. Uudelleenkäynnistys käy tällöin nopeammin, ilman palautettavia kytkimiä.
- Ilman anturia toteutettu turvallisen nopeuden valvonta säästää tilaa ja kustannuksia sovelluksissa, joissa ei ole aktiivista kuormaa. Kun taajuusmuuttaja sammutetaan, moottorin vauhti hidastuu.
- Turvatoimintomoduulin asennus ja käyttöönotto on helppoa (vain ACS880-taajuusmuuttajat).
- Turvatoimintomoduuli on kompakti ratkaisu, jossa on useita turvallisuustoimintoja.
- Anturia ei käytetä; kaikki järjestelmän liikkeen valvonta tapahtuu taajuusmuuttajan sisällä. Muita logiikkajärjestelmiä tai lisäsuunnittelua ei tarvita.

### 3.6 Esimerkki 3: usean taajuusmuuttajan järjestelmän valvontaratkaisu taajuusmuuttajien ja ohjelmoitavan turvalogiikan toiminnoilla

Kun järjestelmässä on useita taajuusmuuttajia, niiden ohjaukseen voidaan käyttää ohjelmoitavaa turvalogiikkaa. Turvalogiikan (esimerkiksi ABB:n AC500-S) kanssa on mahdollista käyttää perinteisiä turvallisuusratkaisuja. Tällöin yhteinen ohjelmoitava turvalogiikkapiiri ohjaa kaikkia turvallisuustoimintoja.

Parempi ratkaisu saadaan kuitenkin, kun ohjelmoitava turvalogiikka yhdistetään taajuusmuuttajan sisäänrakennettuihin turvallisuustoimintoihin eli taajuusmuuttajan toiminnalliseen turvallisuuteen. Tässä vaihtoehdossa ohjelmoitava turvalogiikka (AC500-S) kytketään taajuusmuuttajaan turvallisuustoimintojen kenttäväyläsovitinmoduulilla, jossa on PROFIsafe-liitäntämahdollisuus.



**Kuva 9. Ohjelmoitavalla turvalogiikalla ohjattu turvallisuusjärjestelmä, jossa on sekä perinteisiä että taajuusmuuttajaan integroitua toimintoja.**

Taajuusmuuttajaan integroitua toiminnallista turvallisuutta sovellettaessa ohjelmoitava turvalogiikka ohjaa koko turvallisuusjärjestelmää kunkin taajuusmuuttajan (ACS880) turvatoimintomoduulin kautta. Järjestelmä toteuttaa turvallisuustoimintoja ja tuottaa tärkeää diagnostiikkatietoa. Taajuusmuuttajat huolehtivat paikallisesta valvonnasta ja ohjaavat moottorin nopeutta, momenttia ja pysäytystä.

Taajuusmuuttajia voidaan myös ryhmitellä eri turva-alueisiin. Esimerkiksi kuljetinsovelluksen yhden taajuusmuuttajan ylinopeus voi vaatia kaikkien taajuusmuuttajien pysäytyksen. Tämä tehdään aktivoimalla kaikkien taajuusmuuttajien STO-toiminnot. Samaan tapaan myös hätäpysäytyskomento pysäyttää yleensä kaikki taajuusmuuttajat, kun taas käynnistymisen estotoiminto voidaan määrittää pienemmille taajuusmuuttajaryhmille.

### Ohjelmoitavaan turvalogiikkaan kytketyn taajuusmuuttajien toiminnallisen turvallisuusratkaisun etuja:

- Vähemmän kaapelointia ohjelmoitavan logiikan (esimerkiksi AC500-S) ja taajuusmuuttajien välillä käytettäessä esimerkiksi PROFIsafe-kenttäväylää (FENA-11).
- ACS880-taajuusmuuttajien turvatoimintomoduuli tukee ohjelmoitavaa turvalogiikkaa tuottamalla diagnostiikka- ja turvallisuustietoa (esimerkiksi tietoa moottorin turvallisuudesta).
- Tilausprosessi helpottuu ja kustannukset pienenevät, kun kaikki turvalaitteet saadaan samalta toimittajalta.
- Yhteinen tuki lyhentää käyttökatkoja.
- Taajuusmuuttajia voidaan ryhmitellä tarvittavien toimintojen mukaan.

### 3.7 Toiminnallisen turvallisuuden suunnittelutyökalu FSDT-01

ABB:n toiminnallisen turvallisuuden suunnittelutyökalun (FSDT-01) avulla suunnittelija voi luoda turvallisuustoimintojen dokumentaation laitteiston turvallisuussuunnittelun avuksi. Työkalu on helppokäyttöinen ja opastaa käyttäjää valitsemaan laitekirjastoista oikeat laitteet – taajuusmuuttajat, ohjelmoitavat logiikkaohjaimet ja muut turvalaitteet. Työkalun avulla voidaan varmistaa, että laitteisto täyttää tarvittavan SIL/PL-tason vaatimukset. Tarpeelliset turvallisuustoiminnot ja SIL/PL-taso määritetään suunnittelijan tekemän riskienarvioinnin perusteella.

## Yhteenveto

ABB:n taajuusmuuttajien toiminnallinen turvallisuus tarjoaa valtavasti mahdollisuuksia laiterakentajille, suunnittelijoille ja turvallisuusammattilaisille.

Teolliset tuotantoympäristöt ovat täynnä liikkuvia konekomponentteja, jotka voivat aiheuttaa vaaratilanteita ja vakavia, usein pysyviä vammoja. Toiminnalliset turvallisuusratkaisut suojaavat käyttäjiä, aineellista omaisuutta ja ympäristöä estettävissä olevilta onnettomuuksilta. Tuotteiden turvallisuus on viime kädessä laitetoimittajien ja koneiden ja laitteistojen rakentajien vastuulla.

Moottorijärjestelmien turvallisuus varmistetaan noudattamalla asianmukaisia turvallisuusdirektiivejä ja -standardeja. Euroopan unionissa noudatetaan konedirektiivissä 2006/42/EY ja sen pohjalta yhdenmukaistetuissa standardeissa määritettyjä terveys- ja turvallisuusvaatimuksia. Euroopan ulkopuolella tarvittavat vaatimukset ja ohjeet annetaan yhdenmukaistettujen standardien IEC/ISO-merkityissä versioissa.

Taajuusmuuttajia on käytetty teollisuuden järjestelmissä jo vuosikymmenien ajan. Ennen automaatiojärjestelmissä tarvittiin suuri määrä ulkoisia turvallisuudesta huolehtivia lisälaitteita. Yhä laajenevat automaatoratkaisut ja samaan aikaan kehittyneet taajuusmuuttajien uudet sähkötekniset ominaisuudet ja ohjelmoitavat turvalogiikat ovat kuitenkin johtaneet siihen, että taajuusmuuttajilla on tärkeä rooli koko järjestelmän turvallisuuden varmistamisessa.

Uudet, parannetut turvallisuusratkaisut ja standardit integroivat turvallisuuden osaksi taajuusmuuttajan toimintoja. Taajuusmuuttajien toiminnallista turvallisuutta hyödynnetäessä liikkuvia komponentteja ohjaa taajuusmuuttaja, joka samalla suojaa käyttäjiä, aineellista omaisuutta ja ympäristöä.

ABB:n taajuusmuuttajissa on monia ominaisuuksia, joiden avulla suunnittelijan on helppo saavuttaa tarvittava turvallisuustaso kustannustehokkaasti.

## Kysy lisää

ABB:n taajuusmuuttajien toiminnallinen turvallisuus tarjoaa valtavasti mahdollisuuksia laiterakentajille, suunnittelijoille ja turvallisuusammattilaisille.

Taajuusmuuttajien toiminnallinen turvallisuus tarjoaa valtavasti mahdollisuuksia laiterakentajille, suunnittelijoille ja turvallisuusammattilaisille.

Lisätietoja saat osoitteesta **[www.abb.com/drives](http://www.abb.com/drives)**

## Vastuuvapauslauseke

ABB:n taajuusmuuttajien toiminnallinen turvallisuus tarjoaa valtavasti mahdollisuuksia laiterakentajille, suunnittelijoille ja turvallisuusammattilaisille.

Tämä asiakirja on tietoa tarjoava opas, jonka tarkoituksena on auttaa laitteistojen käyttäjiä, suunnittelijoita ja valmistajia ymmärtämään paremmin eurooppalaisen konedirektiivin vaatimuksia sekä sitä, mitä toimenpiteitä direktiivin ja siitä johdettujen yhdenmukaistettujen standardien vaatimusten täyttämiseen tarvitaan.

Asiakirjaa ei tule käyttää sanatarkkana ohjeena, vaan ainoastaan tietoa tarjoavana apuna. Oppaan sisältämät tiedot ja esimerkit on tarkoitettu vain yleisesitykseksi, eivätkä ne sisällä turvallisuusjärjestelmän rakentamisessa tarvittavaa yksityiskohtaista tietoa.

ABB Oy Drives ei missään olosuhteissa vastaa mistään menetyksistä tai vahingoista, jotka ovat suoraa tai epäsuoraa seurausta tämän asiakirjan tai siinä annettujen tietojen käyttämisestä, tai muuten liittyvät niihin.

ABB:n taajuusmuuttajien toiminnallinen turvallisuus tarjoaa valtavasti mahdollisuuksia laiterakentajille, suunnittelijoille ja turvallisuusammattilaisille.

## Viite

- ABB:n tekninen opas nro 10: Functional Safety

## Sanasto

ABB:n taajuusmuuttajien toiminnallinen turvallisuus tarjoaa valtavasti mahdollisuuksia laiterakentajille, suunnittelijoille ja turvallisuusammattilaisille.

**Taajuusmuuttajan toiminnallinen turvallisuus**  
Taajuusmuuttajaan suunnitellut aktiiviset koneturvallisuustoiminnot

**Taajuusmuuttajan turvallisuustoiminnot**  
Konedirektiivin mukaisen turvallisuussuunnittelun periaatteissa kuvatut turvallisuustoiminnot, jotka on toteutettu alimman tason turvallisuustoimintojen (STO) pohjalta ja joilla taajuusmuuttaja suojaa moottoria. Turvallisuustoimintoja ovat: STO, SLS, SS1; SMS, SBC, SSE.

**Toiminnallinen turvallisuus**  
Toiminnallinen turvallisuus on kokonaisturvallisuuden osa, joka varmistaa, että järjestelmä tai laite toimii saamiensa ohjaussignaalien mukaisesti.

**Yhdenmukaistettu standardi**  
Eurooppalainen standardi, joka on tehty Euroopan komission tai EFTA-sihteeristön pyynnöstä tukemaan direktiivin keskeisten vaatimusten toteutumista ja jonka noudattaminen on EU:n lainsäädännön mukaan pakollista.

**Vaara**  
Mahdollinen haitan lähde

PL (Performance Level)  
Tasomäärittely (a, b, c, d, e), joka ilmaisee turvallisuusjärjestelmän kyvyn tuottaa tietty turvallisuustoiminto ennakoitavissa olevissa olosuhteissa.

**Riski**  
Riski lasketaan haitan todennäköisyyden ja vakavuuden perusteella.

**Turvallisuustoiminto**  
Toiminto, jonka tarkoituksena on lisätä moottorin turvallisuutta sovelluksissa, joissa vikaantuminen johtaisi välittömään riskien suurentumiseen.

**SIL (Safety Integrity Level)**  
Tasomäärittely (1, 2, 3, 4), joka ilmaisee sähköisen turvallisuusjärjestelmän kyvyn tuottaa tietty turvallisuustoiminto ennakoitavissa olevissa olosuhteissa. Moottoreihin sovelletaan vain tasoja 1–3.

# Yhteystiedot

**Ere Jääskeläinen**

Marketing Manager

ABB Oy

PL 184

00381 Helsinki

Suomi

ere.jaaskelainen@fi.abb.com

**Pasi Pohjalainen**

Marketing Manager

ABB Oy

PL 184

00381 Helsinki

Suomi

pasi.pohjalainen@fi.abb.com

**Mikko Ristolainen**

Functional Safety Manager

ABB Oy

PL 184

00381 Helsinki

Suomi

mikko.ristolainen@fi.abb.com