



Hätäpysäytysjärjestelmän suunnitteluperiaatteet

Ilmari Jäppinen

OPINNÄYTETYÖ
Lokakuu 2019

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähkövoimatekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähkövoimatekniikka

JÄPPINEN, ILMARI:
Hätäpysäytysjärjestelmän suunnitteluperiaatteet

Opinnäytetyö 49 sivua, joista liitteitä 11 sivua
Lokakuu 2019

Opinnäytetyössä perehdyttiin hätäpysäytykseen, erilaisiin hätäpysäytysjärjestelmiin sekä järjestelmien suunnittelun lähtökohtiin. Hätäpysäytystä koskevia standardeja on useita, ja ne käsittelevät myös osaksi samoja asioita. Näiden lisäksi konekohtaiset standardit käsittelevät hätäpysäytystä ja siihen liittyviä konekohtaisia erityisvaatimuksia. Opinnäytetyöstä oli tarkoitus koota eri standardien vaatimuksia ja erilaisia hätäpysäytysjärjestelmien toteutustapoja esittelevä yhtenäinen tietopaketti hätäpysäytysjärjestelmien suunnittelun avuksi.

Työssä perehdyttiin aiheeseen liittyviin standardeihin, erilaisiin hätäpysäytysjärjestelmiin ja eri tavoilla toteutettuihin olemassa oleviin hätäpysäytystoteutuksiin erityisesti paperi- ja selluteollisuuden näkökulmasta. Hätäpysäytysjärjestelmien suunnittelun lähtökohtiin tutustuttiin hätäpysäytystä ja hätäpysäytysjärjestelmiä koskevien standardien kautta. Hätäpysäytysjärjestelmien tarkastelussa keskityttiin tällä hetkellä käytössä oleviin järjestelmiin. Työssä esitellään turvareiden ja turvalogiikoiden ominaisuuksia, niillä toteutettavien järjestelmien mahdollisuuksia sekä todellisia turvareille ja -logiikoilla toteutettuja hätäpysäytysratkaisuja.

Hätäpysäytysjärjestelmien suunnittelussa tulee muistaa, että hätäpysäytys on muita riskinpientämistoimenpiteitä täydentävä toiminto. Hätäpysäytykseltä vaadittava toiminta määräytyy riskinarvioinnin perusteella. Toiminnoiltaan samanlainen järjestelmä on usein mahdollista toteuttaa sekä turvareilla että -logiikoilla. Sopivaa järjestelmää valittaessa tulee ottaa huomioon useita asioita, kuten toteutettavat toiminnot, järjestelmän koko ja vanhojen osien liitettävyyden järjestelmään.

Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Pöyry Finland Oy:n kanssa ja erilaisten hätäpysäytysratkaisujen tarkasteluun käytettiin Pöyryn aiemmin toteuttamia projekteja. Työssä ei varsinaisesti ole tarkoitus antaa ohjeita oikean hätäpysäytysjärjestelmän valintaan, vaan keskittyä esittelemään erilaisten järjestelmien ominaisuuksia ja mahdollisia niillä toteutettavia ratkaisuja. Työ toimii suunnittelun apuna kompaktina tietopaketina hätäpysäytyksen standardeista ja erilaisten järjestelmien ominaisuuksista.

Asiasanat: hätäpysäytys, hätäpysäytysjärjestelmä

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering
Electrical Power Engineering

JÄPPINEN, ILMARI:
Design Principles for Emergency Stop System

Bachelor's thesis 49 pages, appendices 11 pages
October 2019

This bachelor's thesis dealt with the concept of emergency stop, emergency stop systems and the basics of emergency stop system design. There are several standards that concern emergency stopping, and some of them include the same requirements. In addition to these, machine standards also deal with machine-specific requirements for emergency stopping. The purpose of this thesis was to establish an information package to assist in emergency stop system designing by presenting the requirements of different standards and implementation of different emergency stop systems.

This study focused on emergency stop related standards, different emergency stop systems and real life examples of emergency stop system implementations, particularly from the perspective of paper and pulp industry. Design principles for emergency stop systems were introduced through the topic related standards. Moreover, the features of safety relays and safety logics, capabilities of different systems and real-life emergency stop solutions with safety relays and logics are introduced.

When designing emergency stop systems, it should be remembered that emergency stop is a complementary function to other risk mitigation measures. The action required for an emergency stop is determined by the risk assessment. A system with similar functions can often be implemented with both safety relays and logics. When choosing the right system, several things must be considered, such as the required safety functions, the size of the system and the connectivity of the old components.

This thesis was carried out in co-operation with Pöyry Finland Oy and the company's earlier projects were used to examine different emergency stop solutions. The focus was more on presenting features and possible solutions for different systems than giving direct guidance for choosing the right system. This thesis can be used as a compact information package on emergency stop standards, and features and capabilities of various emergency stop systems.

Key words: emergency stop, emergency stop system

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	8
	2.1 Standardit.....	8
	2.2 Turvallisuusvaatimukset.....	8
	2.2.1 Suoritustaso PL	11
	2.2.2 Turvallisuuden eheyden taso SIL	11
	2.2.3 Pysäytysluokat.....	13
	2.2.4 Turvaluokat.....	13
	2.3 Hätäpysäytys.....	16
	2.3.1 Hätäpysäytystoiminto	17
	2.3.2 Hätäpysäytyslaitteisto	17
	2.3.3 Hätäpysäytyslaite	18
	2.3.4 Hätäpysäytysvyöhyke	18
	2.3.5 Toimintavalmiuden palautus	19
	2.4 Paperiteollisuuden vaatimukset.....	19
3	HÄTÄPYSÄYTYSJÄRJESTELMÄT	21
	3.1 Toteutustavat	21
	3.2 Turvareleet.....	21
	3.2.1 Turvarele SICK UE10-3OS.....	22
	3.3 Turvalogiikat.....	24
	3.3.1 Siemens Simatic ET 200SP hajautettu järjestelmä.....	25
4	REFERENSSIPROJEKTIT	29
	4.1 Heinola Flutingtehtaan kartonkikoneen modernisointi	29
	4.1.1 Huuvan nosto-ovet	29
	4.1.2 Hätäpysäytyksen toteutus	29
	4.2 Gruvön Next Generation	31
	4.2.1 Hylkypulpperin sekoittimen moottori	31
	4.2.2 Kiekkosuodattimen päämoottori	33
	4.3 Toteutuksien eroavaisuudet	34
5	POHDINTA	36
	LÄHTEET	37
	LIITTEET	39
	Liite 1. Huuvan nosto-ovien valoverho	39
	Liite 2. Huuvan nosto-ovi 1	41
	Liite 3. Huuvan nosto-ovi 3	43
	Liite 4. Siemens Simatic hätäpysäytyslaitteisto.....	45

Liite 5. Hylkypulpperin sekoittajan moottoripiirikaavio	46
Liite 6. Sekoittajan hätäpysäytys.....	47
Liite 7. Kiekkosuodattimen päämoottorin piirikaavio	48
Liite 8. Kiekkosuodattimen hätäpysäytys	49

ERITYISSANASTO

DC _{avg}	keskimääräinen diagnostiikan kattavuus
DI	Digital Input, digitaalinen sisääntuloportti
DO	Digital Output, digitaalinen ulostuloportti
MTTF	keskimääräinen vikaantumisaika
MTTF _D	vaarallinen keskimääräinen vikaantumisaika
OSSD	turvalähtö, josta signaali lähtee varovirtapiiriin
PFH _D	vaarallisen keskimääräisen vikaantumisaajan todennäköisyys tuntia kohden
PL	suoritustaso
PL _r	vaadittava suoritustaso riskin pienentämiseen
PROFINET	Process Field Net, teollisuuden Ethernet väylä
PROFIBUS	Process Field Bus, teollisuusautomaation kenttäväylä
SIL	turvallisuuden eheyden taso

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on hätäpysäytysjärjestelmän suunnitteluperiaatteet. Työssä perehdytään standardien asettamiin vaatimuksiin sekä järjestelmien erilaisiin toteutustapoihin. Hätäpysäytysjärjestelmän suunnittelun lähtökohtiin perehdytään standardien asettamien vaatimusten kautta. Työssä tutustutaan sekä hätäpysäytykselle että turvallisuuteen liittyville ohjausjärjestelmille asetettuihin vaatimuksiin ja pyritään kokoamaan eri standardeissa esitettyjä vaatimuksia yhteen.

Työn päätavoitteena on tutustua hätäpysäytyksen erilaisiin toteutustapoihin ja niiden soveltuvuuteen erilaisissa kohteissa. Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda yleispätevä ohjeistus hätäpysäytysjärjestelmien suunnitteluun ja toteutukseen, tällä hetkellä käytössä olevilla järjestelmillä. Työssä tutustutaan erilaisiin tarjolla oleviin toteutustapoihin ja niillä toteutettujen järjestelmien ominaisuuksiin. Tässä opinnäytetyössä keskitytään hätäpysäytysjärjestelmien toteutusmahdollisuuksiin pääasiassa paperi- ja selluprojektien näkökulmasta. Työ toteutetaan Pöyry Finland Oy:lle ja eri toteutustapojen vertailussa käytetään Pöyryn aiemmin tekemiä projekteja referenssinä.

2 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

2.1 Standardit

Standardit asettavat suunnittelulle lähtökohdat. Tässä työssä käsitellään koneturvallisuuteen ja sähkölaitteisiin liittyvien standardien vaatimuksia hätäpysäytyksen ja sähköisten ohjausjärjestelmien turvallisuuden suhteen. ISO eli International Organization for Standardization on kansallisten standardisoimisjärjestöjen liitto, joka tuottaa kansainvälisiä standardeja. IEC eli International Electrotechnical Commission tuottaa kansainvälisiä sähköalan standardeja ja nämä toimivat pohjana eurooppalaisille EN standardeille. Suomessa SESKO eli Suomen sähköteknillinen standardisoimisyhdistys tuottaa kansallisia SFS (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry) standardeja ja edustaa Suomea ISO:ssa. Kansalliset standardit tehdään EN standardien mukaisiksi. (sesko.fi)

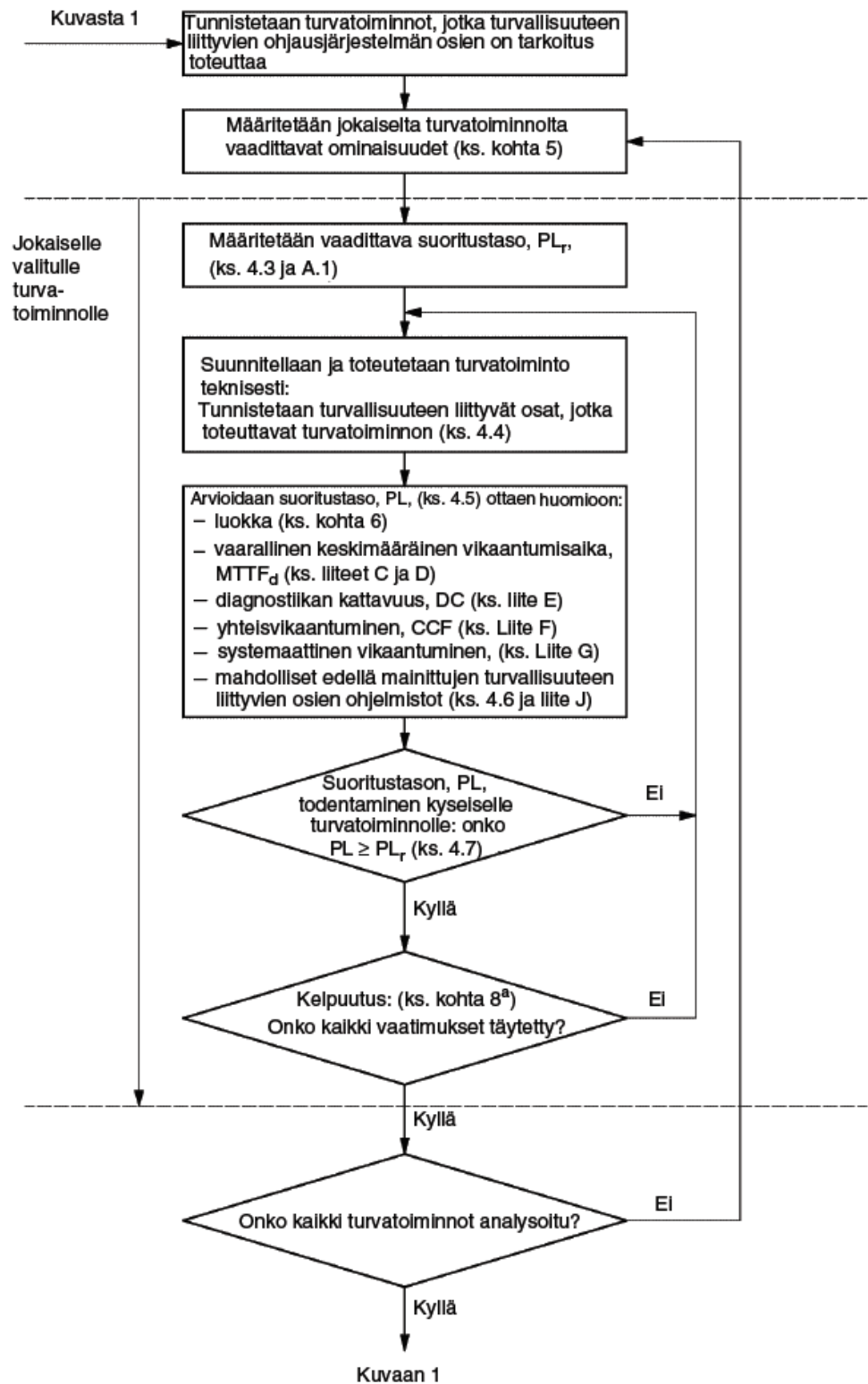
Standardit jakautuvat kolmeen luokkaan: A, B ja C. A-tyyppin standardit esittävät yleisesti kaikkiin koneisiin sovellettavia suunnitteluperiaatteita ja perusteita. B-tyyppin standardit ovat turvallisuuden ryhmästandardeja ja ne koskevat koneryhmäkohtaisia turvallisuusnäkökohtia ja suojausteknisiä laitteita. C-tyyppin standardit ovat konekohtaisia ja ne käsittelevät tietyn koneen turvallisuusvaatimuksia yksityiskohtaisesti. (SFS-EN ISO 13849-1:2015 s.6)

2.2 Turvallisuusvaatimukset

Hätäpysäytys on aina muita riskin pienentämistoimenpiteitä täydentävä toiminto ja sitä tarvitaan silloin, kun koneen aiheuttamia vaaroja ei ole muilla suojaustoimenpiteillä saatu pienennettyä riittävästi. Standardi SFS-EN ISO 12100 määrittelee koneturvallisuuden yleiset suunnitteluperiaatteet, sekä riskin arvioinnin ja pienentämisen. Tämä on A-luokan standardi ja toimii perustana B- ja C-tyyppin standardeille. Turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän suunnittelussa on noudatettava tämän standardin periaatteita.

Koneiden turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien suunnittelussa voidaan käyttää standardeja IEC 62061 ja ISO 13849-1. Nämä molemmat standardit käsittelevät koneiden turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien suunnitteluun ja toteutukseen liittyviä vaatimuksia. Standardit käyttävät eri menetelmiä, mutta kumpaa tahansa standardia käyttämällä ja oikein soveltamalla päästään vaadittuun riskin pienentämiseen. Standardit esittävät vaatimukset koneiden välittömässä läheisyydessä olevien tai koneita käyttävien henkilöiden tapaturman tai terveydellisen haitan riskin vähentämiseksi. Näiden standardien soveltamisen helpottamiseksi on lisäksi Suomen standardisoimisliiton tekninen raportti SFS 5974. Paperiteollisuuden turvallisuusvaatimuksiin ottaa kantaa Suomen standardisointiyhdistyksen standardi SFS-EN 1034 Koneturvallisuus. Paperi- ja paperin jälkikäsitteilykoneiden turvallisuusvaatimukset.

Turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän suunnittelussa täytyy ottaa huomioon vaadittu suoritustaso PL_r tai turvallisuuden eheyden taso SIL ja järjestelmältä vaadittu toimintavarmuus. Häätöpysäytystoiminto ei ole varsinainen turva-toiminto, joten sitä ei suoraan koske samat vaatimukset. Häätöpysäytystoiminto voidaan kuitenkin toteuttaa turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän osana, jolloin toiminnan suorittavien osien tulee olla ISO 13849-1 ja/tai IEC 62061 vaatimusten mukaisia. Standardissa ISO 13849-1 käsitellään erityisvaatimuksia turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmän osille, joissa käytetään ohjelmoitavia elektronisia järjestelmiä. Ohjausjärjestelmän suunnittelua edeltää vaarojen tunnistus sekä riskin suuruuden ja merkityksen arviointi. Kuva 1 esittää turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän suunnitteluprosessin vaiheita.



^a Standardissa ISO 13849-2 esitetään lisäohjeita kelpuutukseen.

KUVA 1. Turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän suunnittelu (SFS-EN ISO 13849-1:2015 4.2.2)

Osana koneen yleistä suunnittelua on turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien osien suunnittelu ja tällä aikaansaatuva riskien pienentyminen.

2.2.1 Suoritustaso PL

Standardissa ISO 13849-1 määritellään PL suoritustasot, jotka kertovat koneen vaarallisen vikaantumisen todennäköisyyden tuntia kohden. Turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien tapauksessa suoritustaso kertoo ohjausjärjestelmän osien kyvyn toteuttaa turvatoiminto (SFS-EN ISO 13849-1:2015 4.5.1). Näitä suoritustasoja on viisi, joista alin on PL a ja ylin PL e. Taulukossa 1 esitetään vaarallisen keskimääräisen vikaantumisen todennäköisyys tuntia kohden (PFHD) kullakin tasolla.

TAULUKKO 1. Vaarallisen keskimääräisen vikaantumisen todennäköisyys (SFS-EN ISO 13849-1:2015 4.2.2)

PL	Vaarallisen keskimääräisen vikaantumisen todennäköisyys tunnissa (PFHD)
a	$\geq 10^{-5} - < 10^{-4}$
b	$\geq 3 \times 10^{-6} - < 10^{-5}$
c	$\geq 10^{-6} - < 3 \times 10^{-6}$
d	$\geq 10^{-7} - < 10^{-6}$
e	$\geq 10^{-8} - < 10^{-7}$

Jokaiselle ohjausjärjestelmällä suoritettavalle turvatoiminnolle tulee määrittää vaadittava suoritustaso PL_r. Suoritustaso saadaan riskin arvioinnin tuloksena ja se kertoo turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien osien aikaansaaman riskin pienentämisen määrän. Vaadittu riskin pienentäminen määrittää osilta vaadittavan suoritustason. (SFS-EN ISO 13849-1:2015 4.3)

2.2.2 Turvallisuuden eheyden taso SIL

Standardissa SFS-EN 62061 sähköisten ohjausjärjestelmien turvallisuuden eheyttä määritetään turvallisuuden eheyden tasoilla eli SIL-tasoilla. Tasoja on neljä, joista taso neljä on korkein eheyden taso ja taso yksi matalin. Tasoa neljä ei kuitenkaan tarkastella standardissa, koska sillä ei standardin mukaan ole mer-

kitystä konesovelluksiin tavallisesti liittyvien vaatimusten yhteydessä. Turvallisuuden eheyden taso määräytyy vaarallisen vikaantumisen todennäköisyyden PFH_D mukaan taulukon 2 mukaisesti.

TAULUKKO 2. Turvallisuuden eheyden tasot (SFS-EN 62061:2005 5.2.4.2)

Turvallisuuden eheyden taso	Vaarallisen vikaantumisen todennäköisyys (PFH _D)
3	$\geq 10^{-8} - < 10^{-7}$
2	$\geq 10^{-7} - < 10^{-6}$
1	$\geq 10^{-6} - 10^{-5}$

Kuten suoritustaso PL_r, myös SIL-taso määritellään riskien arvioinnin perusteella ja jokaisen turvallisuuteen liittyvän ohjaustoiminnon turvallisuuden eheyden vaatimukset tulee määritellä. Taulukossa 3 osoitetaan PL- ja SIL-tasojen välinen suhde.

TAULUKKO 3. Suoritustason PL ja turvallisuuden eheyden tason SIL suhde. (SFS-EN ISO 13849-1:2015 4.5.1)

Suoritustaso (PL)	Turvallisuuden eheyden taso (SIL)
a	
b	1
c	1
d	2
e	3

Jos ohjaustoiminnolta vaadittava turvallisuuden eheyden taso on pienempi kuin SIL 1 tason vaatimus, tulee sen täyttää suoritustaso PL b:n vaatimukset. (62061:2005 5.2.4.2) Oikein sovellettuna voidaan käyttää kumpaa tahansa näistä standardeista vaadittavan riskin pienentämisen aikaansaamiseksi.

2.2.3 Pysäytysluokat

Pysäytysluokka määrittää, miten koneen pysäytys tapahtuu. Hätäpysäytyksessä käytetään vain pysäytysluokkia 0 ja 1. Oikea pysäytysluokka valitaan riskinarvioinnin perusteella.

Pysäytysluokassa 0 pysäytys tapahtuu katkaisemalla tehonsyöttö koneen toimilaitteisiin. Tämän lisäksi voidaan tarvittaessa käyttää jarrutusta. Pysäytys voi tapahtua esimerkiksi katkaisemalla sähkönsyöttö koneen sähkömoottorille tai hydraulisen tai pneumaattisen tehonsyötön sulkeminen. (ISO 13850:2015 4.1.3) Pysäytysluokassa 0 myös syötön erotuslaite voi toimia hätäpysäytyslaitteena, sillä ehdolla että se on helposti käyttäjän tavoitettavissa ja vaatimusten mukainen (SFS-EN 60204-1:2018 10.7.2). Tällöin myös värivaatimusten on täytyttävä, eli painikkeen tulee olla punainen ja sen takana välittömästi olevan taustan pitää olla keltainen (SFS-EN 60204-1:2018 10.2.1).

Pysäytysluokassa 1 koneen toiminnot pysäytetään säilyttäen tehonsyöttö pysähtymisen ajan, jonka jälkeen tehonsyöttö katkaistaan. Tämä mahdollistaa turvallisen pysähtymisen esimerkiksi hidastamalla liikettä ja suorittamalla mahdollisia suojaustoimintoja ennen pysäytystä. (ISO 13850:2015 4.1.3)

2.2.4 Turvaluokat

Standardi ISO 13849-1 määrittää viisi turvaluokkaa, joita käytetään vaadittavan suoritustason saavuttamiseen. Nämä luokat ovat B, 1, 2, 3 ja 4, joista B on perusluokka ja 4 on korkein turvaluokka. Luokka kertoo järjestelmältä vaaditun toiminnan suhteessa järjestelmän vikasietoisuuteen. Ohjausjärjestelmän osalle valittava luokka riippuu useasta seikasta, kuten esimerkiksi käytettävästä teknologiasta, PL_r tasosta, osan vikaantumisen aiheuttamasta riskistä, vikojen välttämisen mahdollisuudesta ja vikojen esiintymistodennäköisyydestä. Standardi määrittää eri luokkien vaatimukset seuraavasti:

Luokan B mukainen järjestelmä tulee suunnitella niin, että se kestää odotettavat käyttökuormitukset, käsiteltävien aineiden aiheuttamat vaikutukset ja muut ulkoiset tekijät, kuten värinän sekä sähkömagneettiset- ja tehonsyötön häiriöt. Näitä samoja vaatimuksia tulee noudattaa myös muissa luokissa. Luokassa B voidaan saavuttaa korkeintaan suoritustaso PL b. Luokan mukainen järjestelmän rakenne on kuvattu kuvassa 2. (SFS-EN ISO 13849-1:2015 6.2.3)



Selite

i_m Liitännäsvälineet

I Tuloyksikkö (esim. anturi)

L Logiikka

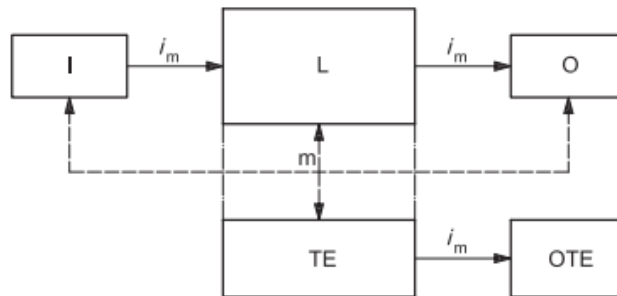
O Lähtöyksikkö (esim. pääkontaktori)

KUVA 2. Luokan B mukainen järjestelmän rakenne (SFS-EN ISO 13849-1:2015 6.2.3)

Luokka 1 voidaan saavuttaa suunnittelemalla ja rakentamalla järjestelmä hyvin koeteltuja komponentteja ja turvallisuusperiaatteita käyttäen ja noudattaen. Standardin mukaan hyvin koeteltu komponentti on laajasti käytetty, ja siitä on hyviä kokemuksia vastaavassa käytössä, tai se on valmistettu periaatteita noudattaen ja sen luotettavuus ja sopivuus on todennettu. Luokan mukainen rakenne vastaa B luokkaa (Kuva 2). (SFS-EN ISO 13849-1:2015 6.2.4)

Luokassa 2 vaaditaan 1 luokan vaatimusten lisäksi, että ohjausjärjestelmä tarkistaa osien toiminnot sopivin väliajoin. Tarkistuksen tulee tapahtua koneen käynnistyksessä ja riskin arvioinnin mukaan ennen mahdollisen vaaratilanteen alkamista. Tarkistuksen tulee sallia käyttö, jos vikoja ei löydy tai vian löytyessä saatava aikaan lähtösignaali tarvittavan ohjaustoiminnon käynnistämiseen. Luokassa suurin saavutettava suoritustaso on PL d. PL d luokan vaatimus on, että lähtösignaali käynnistää turvallisen tilan, joka pysyy päällä, kunnes vika on poistunut. Tätä alemmilla suoritustasoilla turvallinen tila on käynnistettävä mahdollisuuksien mukaan. Jos se ei ole käytännöllistä voi riittää, että signaali saa aikaan varoituksen. Vaarallisen keskimääräisen vikaantumisaajan ($MTTF_D$) tulee olla matalan ja korkean välillä suoritustasosta riippuen. Diagnostiikan keskimääräisen kattavuuden (DC_{avg}) tulee olla vähintään matala. Näitä laskettaessa huomioidaan

ainoastaan toiminnallisen kanavan lohkot. Luokan mukainen rakenne esitetään kuvassa 3. (SFS-EN ISO 13849-1:2015 6.2.5)



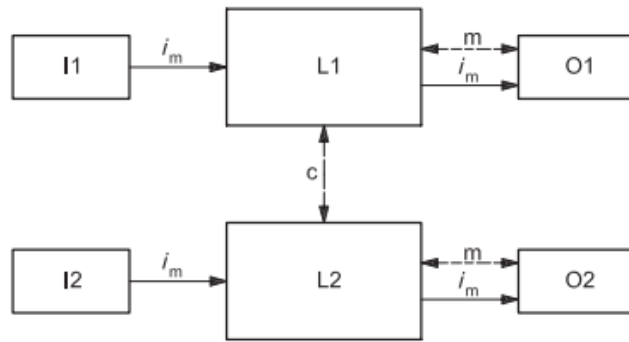
Selite

i_m	Liitännävälineet
I	Tuloyksikkö (esim. anturi)
L	Logiikka
m	Valvonta
O	Lähtöyksikkö (esim. pääkontaktori)
TE	Testauslaitteisto
OTE	Testauslaitteiston lähdöt

Katkoviivat esittävät kohtuudella mahdollista vikojen paljastamista

KUVA 3. Luokan 2 mukainen järjestelmän rakenne (SFS-EN ISO 13849-1:2015 6.2.5)

Luokan 3 mukainen ohjausjärjestelmä tulee suunnitella niin, ettei yksittäinen vika aiheuta turvatoiminnon menettämistä. Vian tulee paljastua turvatoiminnon seuraavan vaateen yhteydessä tai ennen sitä, mikäli se on kohtuudella mahdollista. DC_{avg} tason tulee olla vähintään matala ja $MTTF_D$ taso määräytyy vaadittavan suoritustason mukaan. Luokan 3 mukaisen järjestelmän käyttäytymiselle ominaista on turvatoiminnan jatkuva toiminta yksittäisestä viasta huolimatta, joidenkin muttei kuitenkaan kaikkien vikojen havaitseminen ja vikojen kerääntymisestä mahdollisesti johtuva turvatoiminnon menetys. Luokan 3 mukainen järjestelmän rakenne on kuvattu kuvassa 4. (SFS-EN ISO 13849-1:2015 6.2.6)



Selite

i_m	Liitännävälineet
c	Ristiinvalvonta
I1, I2	Tuloyksikkö (esim. anturi)
L1, L2	Logiikka
m	Valvonta
O1, O2	Lähtöyksikkö (esim. pääkontaktori)

Katkoviivat esittävät kohtuudella mahdollista vikojen paljastamista

KUVA 4. Luokan 3 mukainen järjestelmän rakenne (SFS-EN ISO 13849-1:2015 6.2.6)

Luokassa 4 edellytetään että yksittäinen vika paljastuu turvatoimintojen seuraavan vaateen yhteydessä tai ennen sitä. Lisäksi DC_{avg} ja $MTTF_D$ tasojen tulee olla korkeat. Luokassa 4 tavoitteena on, että yksittäiset viat paljastuvat ajoissa turvatoimintojen menettämisen estämiseksi ja paljastumattomien vikojen kerräntyminen otetaan huomioon. Järjestelmän rakenne on luokan 3 mukainen (Kuva 4). (SFS-EN ISO 13849-1:2015 6.2.7)

2.3 Hätäpysäytys

Hätäpysäytystä käytetään henkilöiden käyttäytymisestä tai odottamattomasta vaarallisesta tapahtumasta johtuvassa hätätilanteessa (ISO 13850:2015 4.1.1). Tällaisia tilanteita voivat olla esimerkiksi henkilön tuleminen koneen vaaravyöhykkeelle tai koneen suojaomintojen vikaantuminen. Hätäpysäytyksen avulla voidaan estää onnettomuuksia ja vähentää henkilöille sekä koneelle ja sen käsittelemille materiaaleille aiheutuvia vahinkoja.

Hätäpysäytystä käsitellään useassa standardissa, mutta näiden vaatimukset poikkeavat lähinnä esitystavoiltaan. Myös konekohtaiset standardit käsittelevät hätäpysäytystä ja hätäpysäytyslaitteita koskevia vaatimuksia. Hätäpysäytyksen

yleisiä suunnitteluperiaatteita käsittelee SFS-EN ISO 13850 Koneturvallisuus. Häätöäytys. Suunnitteluperiaatteet.

2.3.1 Häätöäytystoiminto

Häätöäytys on toiminto, jonka tavoitteena on estää uhkaavia tai vähentää jo olemassa olevia henkilöihin, koneisiin tai käynnissä olevaan työprosessiin kohdistuvia vaaroja ja vahinkoja. Häätöäytystoiminnon suorittaa ohjausjärjestelmän osana oleva häätöäytyslaitteisto, ja toiminnon tulee käynnistyä yhdellä ihmisen suorittamalla toiminnolla. Häätöäytys ei saa olla koneen ensisijainen pysäytyskeino normaalitilanteissa. (ISO 13850:2015 4.1.1.1)

Häätöäytystoiminnon on oltava koko ajan saatavilla ja toimintakuntoinen. Sen tulee olla myös ensisijainen muihin toimintoihin ja käyttötoimenpiteisiin nähden, eikä se saa heikentää muita suojaavia toimenpiteitä. Häätöäytystoiminnon on käynnistytksen jälkeen pysyttävä käynnissä, kunnes se kuitataan käsikäyttöisesti. Häätöäytystyksen pysäyttämien toimintojen käynnistyskäsky ei saa myöskään aiheuttaa käynnistystä häätöäytystoiminnon aikana. (ISO 13850:2015 4.1.1.2)

Häätöäytystoimintoa ei saa käyttää suojausteknisten- tai muiden toimintojen korvaajana vaan se toimii täydentävänä suojatoimintona. Häätöäytystoiminto ei saa myöskään heikentää muiden turvatoimintojen vaikutusta. Toiminto tulee suunnitella siten, että häätöäytyslaitteen käyttö pysäyttää koneen vaaralliset liikkeet ja toiminnot asianmukaisella tavalla aiheuttamatta lisää vaaroja, ilman että muita toimenpiteitä vaaditaan. (ISO 13850:2015 4.1.1.3 – 4.1.1.5)

2.3.2 Häätöäytyslaitteisto

Häätöäytyslaitteisto on häätöäytystoiminnon suorittava kokonaisuus. Laitteisto voi olla myös turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän osa. Häätöäytyslaitteiston osien tulee olla aiemmin esitettyjen standardien ISO 13849-1 ja/tai IEC 62061 turvallisuusvaatimusten mukaisia. Häätöäytystoiminnon tarkoitus

on otettava huomioon, kun määritetään laitteiston osille vaadittavaa suoritustasoa tai turvallisuuden eheyden tasoa. (SFS-EN ISO 13850:2015 4.1.5.1)

2.3.3 Hätäpysäytyslaite

Hätäpysäytyslaite on hätäpysäytystoiminnon käynnistävä hallintaelin. Hätäpysäytyslaite tulee olla käsin vaikutettava, kuten esimerkiksi painike, kahva tai naru, ja se tulee olla helposti tunnistettavissa ja käytettävissä. Hätäpysäytyslaitteiden sijainti tulee valita tapauskohtaisesti, kunkin kohteen riskit huomioiden. Koneiden sähkölaitteistojen yleisiä vaatimuksia käsittelevän standardin SFS-EN 60204-1:n mukaan hätäpysäytyslaite tulee sijoittaa kaikkiin paikkoihin, joissa voidaan vaatia hätäpysäytyksen aloitus. Sähköisen hätäpysäytyslaitteen toiminta perustuu pakkotoimiseen avautumiseen ja mekaaniseen lukitukseen, ja laitteen vaikuttamisen on aiheutettava pysäytyskäsky, vaikka lukittautumista ei syystä tai toisesta tapahtuisikaan. Pakkotoiminen avautuminen voi olla esimerkiksi sähköiset koskettimet, jotka avataan suoraan painikkeeseen tehdyn kytkennän avulla ilman joustavia osia kuten esimerkiksi jousia. Sähköisten pysäytyslaitteiden suunnittelua ohjaa standardi IEC 60947-5-5. (SFS-EN ISO 13850:2015 4.3)

2.3.4 Hätäpysäytysvyöhyke

Hätäpysäytysvyöhyke on koneen tai tuotantotilan alue, johon tietty hätäpysäytyslaite vaikuttaa. Hätäpysäytyslaitteen aikaansaaman toiminnon tulee lähtökohtaisesti vaikuttaa koko koneeseen. Poikkeuksena tähän on tilanteet, joissa kaikkien toisiinsa kytkettyjen koneiden pysäyttäminen voi aiheuttaa lisävaaroja tai vaikuttaa tuotantoon tarpeettomasti. Hätäpysäytysvyöhyke voi kattaa vain osan koneesta, koko koneen tai ryhmän koneita. Eri hätäpysäytysvyöhykkeet voivat olla myös osin päällekkäisiä. (SFS-EN ISO 13850:2015 4.1.2)

2.3.5 Toimintavalmiuden palautus

Hätäpysäytyslaitteeseen vaikuttamisen jälkeen vaikutuksen on jäätävä päälle, kunnes hätäpysäytys on palautettu takaisin toimintavalmiiksi. Palautus tulee olla ihmisen suorittama tarkoituksellinen toimenpide, ja palauttamisen tulee olla mahdollista ainoastaan siitä laitteesta, jolla pysäytyskäsky on saatu aikaan. Toimintavalmiuden palautus sallii koneen uudelleenkäynnistyksen, mutta ei saa suoraan käynnistää konetta uudelleen. (SFS-EN ISO 13850:2015 4.1.4)

2.4 Paperiteollisuuden vaatimukset

Paperi- ja paperin jälkikäsittelykoneiden konekohtaiset standardit määrittävät joidakin erityspiirteitä hätäpysäytyksen suunnittelun suhteen. Standardi SFS-EN 1034 Paperi- ja paperin jälkikäsittelykoneiden turvallisuusvaatimusten yleisistä vaatimuksista määrittää, että koneissa tulee olla hätäpysäytyslaite, joka on standardien EN 1034-1, EN ISO 13850 ja EN 60204 vaatimusten mukainen. Pysäytystoiminnon on vaikutettava kaikkiin koneen vaaraa aiheuttaviin liikkeisiin. (EN 1034-16:2010 5.4.1)

Standardin mukaan hätäpysäytyslaitteet tulee sijoittaa sellaisiin paikkoihin, että ne ovat käyttäjän ulottuvilla, ja etäisyys koneen kaikista kohdista on enintään 15 metriä. Tämän lisäksi hätäpysäytyslaite tulee olla koneen jokaisella käyttöpai- kalla, koneen käyttö- sekä hoitopuolella, konekuopissa sekä kaikilla koneen alu- eilla, jonne on päästävä käytön aikana. Paperikoneiden telojen aiheuttamat vaa- rat tulee myös ottaa huomioon hätäpysäytyslaitteita suunniteltaessa. Telojen nie- lujen avaaminen hätäpysäytyksen yhteydessä saa tapahtua vasta telojen pysäh- dyttyä, koska telojen erillään oleminen todennäköisesti lisää vaaroja ja nieluun joutumisen riskiä. (SFS-EN 1034-1:2010 5.7)

Ryhmäkäytössä toimivien koneiden hätäpysäytysjärjestelmän suoritustason tu- lee olla vähintään PL d tai turvallisuuden eheyden tason SIL 2. Koneissa, joissa on hydraulisia, pneumaattisia tai sähkötoimisia lineaarisesti liikkuvia tai kääntyviä osia, hätäpysäytysjärjestelmän osien tulee olla suoritustaos PL c tai turvallisuus- den tason SIL 1 mukaisia. (EN 1034-16:2010 5.4.3)

Koneissa tulee olla esimerkiksi mekaaniset tai sähködynaamiset jarrutuslaitteet, jotka toimivat hätäpysäytyksen toimiessa. Jarrutusajan tulee olla mahdollisimman lyhyt, kuitenkin aiheuttamatta vaaraa. Sähköistä jarrutusta käytettäessä hätäpysäytystoiminto tulee olla pysäytysluokan 1 mukainen. (EN 1034-16:2010 5.4.4)

Pulpperin ja sen lastauslaitteiston turvallisuusvaatimuksia käsittelee standardi SFS-EN 1034-4. Standardi määrittää, että hätäpysäytyslaitteiden tulee noudattaa standardin SFS-EN 1034-1 vaatimuksia. Tämän lisäksi pulpperin tyhjennyspumppua tulee pystyä käyttämään käsiohjauksella, ilman hätäpysäytyksen palautusta, pulpperin tyhjentämiseksi. Hätäpysäytyslaitteet tulee sijoittaa lähelle pulpperin lastauspaikkaa, sellaiselle etäisyydellä, että se on helposti ja nopeasti käytettävissä. Jos pulpperia lastataan jatkuvilla kuljettimilla, tulee vähintään lastauskuljettimen pysähtyä hätäpysäytyksen toimiessa. (SFS-EN 1034-4:2010 5.8)

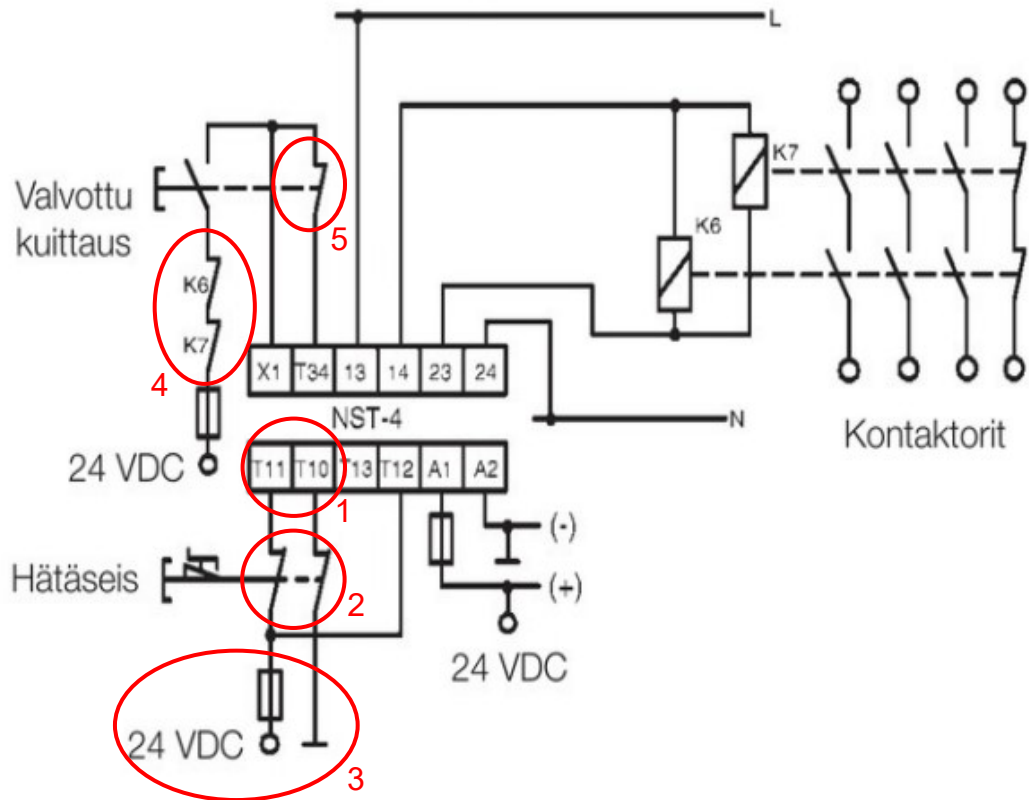
3 HÄTÄPYSÄYTYSJÄRJESTELMÄT

3.1 Toteutustavat

Hätäpysäytys voidaan toteuttaa perinteisillä releillä, turvareleillä tai turvalogikoilla. Perinteisillä releillä toteutettuja järjestelmiä tulee vastaan lähinnä vanhemmissa toteutuksissa. Nykyaikainen tapa järjestelmien toteutukseen on turvareleet ja -logiikat, jotka toimivat turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän osana.

3.2 Turvareleet

Turvareleet antavat normaalia reletekniikkaa laajemmat mahdollisuudet valvonnan ansiosta. Turvareleet olivatkin ensimmäisiä antureiden ja toimilaitteiden valvontaan käytettäviä komponentteja. Turvareleet sopivat parhaiten toteutuksiin, joissa on vähäinen määrä toteutettavia turvatoimintoja ja loogisia operaatioita. (Phoenix Contact) Turvareleellä voidaan valvoa esimerkiksi hätäseis-painikkeiden, turvarajakytkimien ja muiden turvalaitteiden toimintaa, turvapiirin oikosulkuja, jännitekatkoksia sekä releen omaa toimintaa. Kuvassa 5 on esitetty turvaluokan 4 mukainen esimerkkikytkentä turvareleellä.



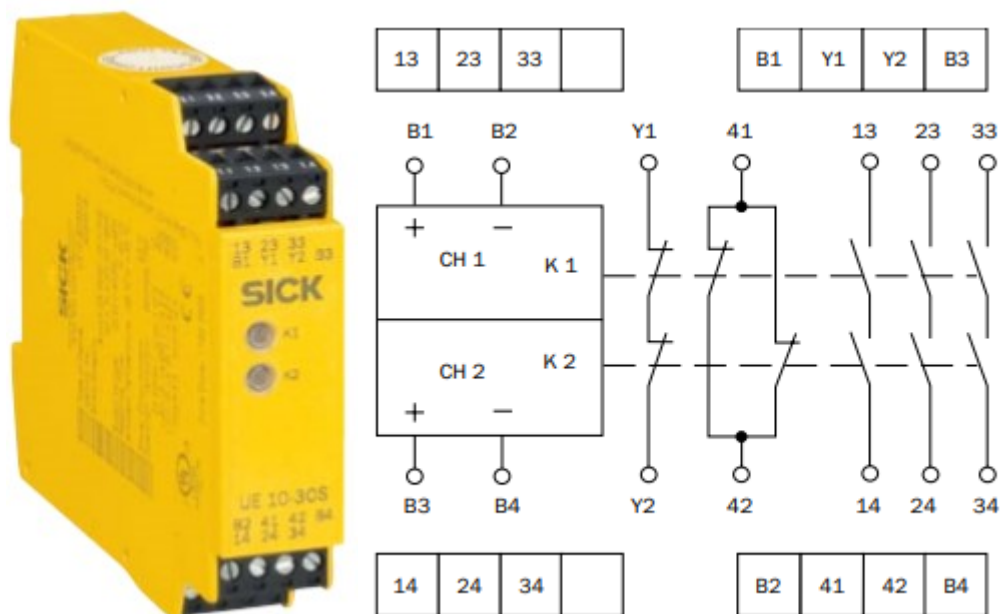
KUVA 5. Turvareleen turvaluokan 4 mukainen esimerkkikytkentä (OEM Automatic)

Kuvan esittämässä kytkennässä hätäseiskäskyä valvotaan kaksikanavaisella siisääntulokytkennällä (1). Molempien hätäpysäytyspainikkeen koskettimien tulee aueta ja sulkeutua ennen kuin rele voidaan kuitata toimintavalmiiksi (2). Turvapiirin oikosulkua tai hätäseis-painikkeen koskettimien ohitusta valvotaan käyttämällä hätäseis-painikkeen koskettimissa eri napaisuuksia (3). Kuittauspainiketta ennen lisätyt kontaktorin avautuvat apukoskettimet estävät kuittauksen, jos kontaktorin pääkoskettimet ovat hitsautuneet kiinni (4). Kuittauspainikkeen avautuvan koskettimen ansiosta varmistutaan, ettei kuittauspainiketta voida lukita pohjaan esimerkiksi teippaamalla, koska kuittaus toimii vasta päästettäessä painike (5). (OEM Automatic)

3.2.1 Turvarele SICK UE10-3OS

SICK UE10-3OS on SIL 3 ja PL e tason turvarele erityisesti sovelluksiin, joissa käytetään valosähköisiä turvalaitteita ja OSSD-lähdöillä varustettuja turvaoh-

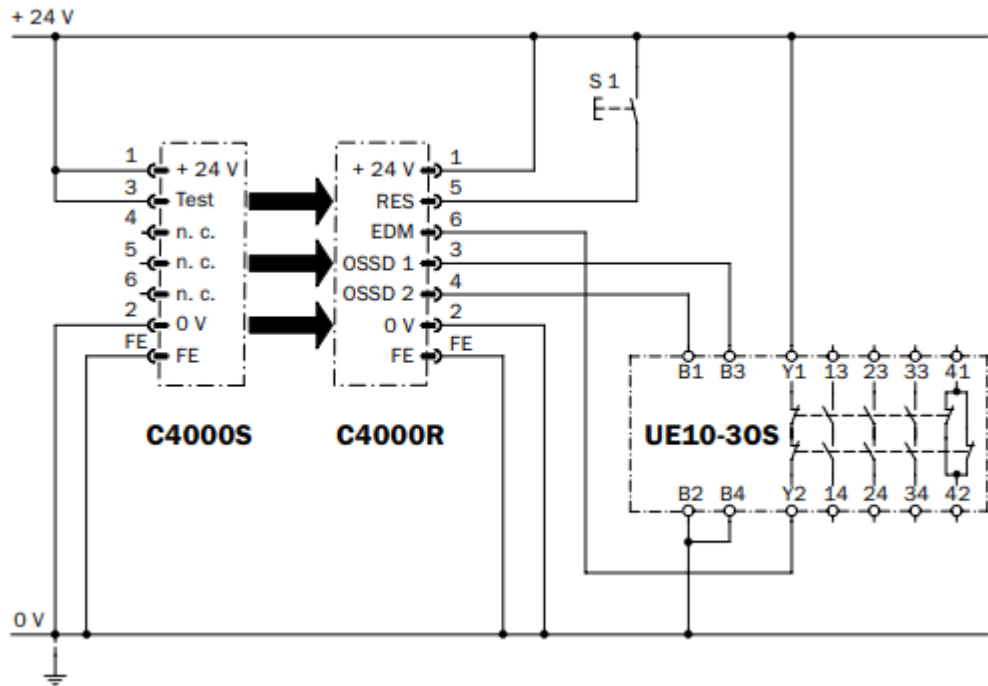
jaimia. Releessä on 3 turvalähtöä ja 1 diagnostiikkalähtö sekä takaisinkytkentäpiiri kontaktorin toiminnan valvontaan. Turvarele näyttää järjestelmän tilan ja antaa mahdollisuuden diagnostiikan käyttöön. Releen sisääntuloihin kytketyt anturit lähettävät turvasignaaleja ja ne välitetään sisäisille koskettimille, jotka kytkevät toimilaitteita. Saatuaan tiedon anturilta, rele suorittaa automaattisen pysäytyksen. Kuvassa 6 on esitetty turvarele ja releen sisäinen kytkentä. (SICK Safety relays s.16-17)



KUVA 6. SICK UE10-3OS turvarele ja sisäinen kytkentä (SICK Safety relays s.17,21)

Kanavan CH1 sisääntulo on B1 ja kanavan CH2 sisääntulo B3. Turvaluokissa 3 ja 4 vaadittava kontaktorin valvonta hoidetaan kytkettävän turvalaitteen avulla. Tässä toiminnossa käytetään Y1 ja Y2 välillä olevia avautuvia koskettimia. (SICK Safety relays s.21)

Valosähköisiä turvalaitteita, kuten valoverho, käytetään esimerkiksi nielujen, ovi-
aukkojen tai vaarallisten alueiden suojaamiseen. Valoverhossa lähetinyksikkö lähettää optisen signaalin vastaanotinyksikölle. Jos henkilö tai kappale tulee yksiköiden väliin ja katkaisee signaalin kulun, laite välittää tiedon releelle, joka suorittaa turvatoiminnon. Kuvassa 7 on esitetty C4000 turvaloverhon kytkentä UE10-3OS turvareleeseen.



KUVA 7. C4000 turvavaloverho kytkettynä UE10-30S turvareleeseen (SICK Safety relays s. 22)

Kuvassa 7 on C4000R turvavaloverhon lähetin- ja vastaanotinyksikkö sekä UE10-30S turvarele. Vastaanotinyksikön lähdöt OSSD 1 ja 2 on liitetty releen tuloihin B1 ja B3 ja kontaktorin toiminnan valvontaa varten EDM on kytketty releen Y2 liittimeen. Kuittauspainike on liitetty vastaanotinyksikön RES liittimeen.

3.3 Turvalogiikat

Hätäpysäytystoiminto voidaan toteuttaa myös turvalogiikalla. Turvalogiikka voi olla sisäinen osa ohjausjärjestelmää tai ohjausjärjestelmään liitettävä erillinen yksikkö. Turvalogiikka toimii tavallisen ohjelmoitavan logiikan tapaan. Logiikan sisään tuloihin liitetään ohjaavat laitteet, kuten hätäseis-painike, ja logiikan ulostuloihin yhdistetään laitteet, joita logiikalla ohjataan, esimerkiksi katkaisun suorittava kontaktori. Käytettävästä järjestelmästä riippuen logiikka voidaan myös yhdistää väylään suoraan tai erillisen yksikön kautta, jolloin sen toimintaa pystytään seuraamaan ja kaapelointi on yksinkertaisempaa.

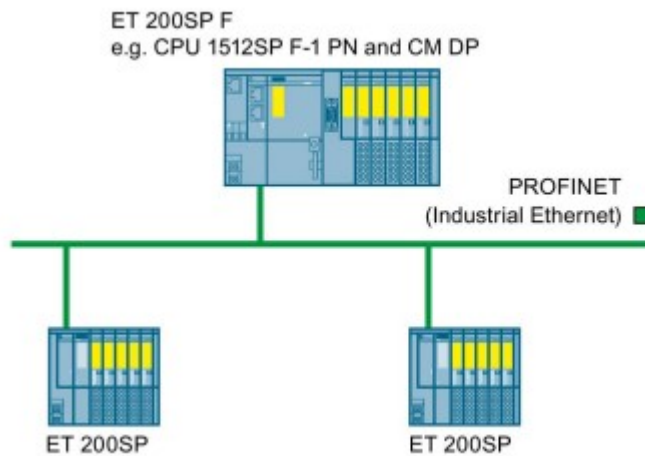
Turvalogiikan avulla hätäpysäytysjärjestelmä voidaan toteuttaa vähemmällä komponenteilla ja helpommalla sekä vähemmän kaapelointia vaativalla kytkennällä,

kuin turvareleillä toteutettu järjestelmä. Ohjelmoitavuuden ansiosta turvalogiikka tarjoaa mahdollisuuden toteuttaa monipuolisia turvatoimintoja. Voidaan valvoa useita eri hätäseistoimintoja, kuten esimerkiksi hätäseispainikkeita, turvavaloverhoja, optisia antureita sekä mekaanisia kontakteja. Logiikan käyttö antaa mahdollisuuden myös loogisten operaattoreiden, kuten AND ja OR, käyttöön. Turvalogiikka on hyvä ratkaisu sen laajennettavuuden ansiosta, sillä siihen voidaan helposti lisätä moduuleja järjestelmän kasvaessa. (OEM)

3.3.1 Siemens Simatic ET 200SP hajautettu järjestelmä

Siemens Simatic ET 200 SP on Siemensin valmistama S7-1500 sarjaan perustuva hajautettu IO-järjestelmä, jossa on sisäänrakennetut turvatoiminnot. Tämä mahdollistaa turvatoimintojen suorittamisen samalla ohjaimella, kun muutkin automaatioiminnot. Hajautetussa järjestelmässä lähtö- ja tulopiirit on viety prosessiasemalta lähemmäs toimilaitteita. ET 200SP voi toimia itsenäisenä yksikkönä tai erillisen CPU:n IO-laitteena. Järjestelmää voidaan laajentaa 64 moduulilla, jolloin 16 kanavaisilla moduuleilla I/O määräksi saadaan 1024. ET 200SP on mahdollista saada integroidulla logiikkaohjaimella ja siihen on mahdollista liittää lähtö-, tulo- ja turvakortteja sekä moottorikäynnistimiä. Järjestelmä tukee PROFINET ja PROFIBUS-DP väyliä, joiden välityksellä siihen voidaan liittää myös anturit ja taajuusmuuttajat ja näin muodostaa yksi integroitu järjestelmä. (Siemens ET 200SP CPU)

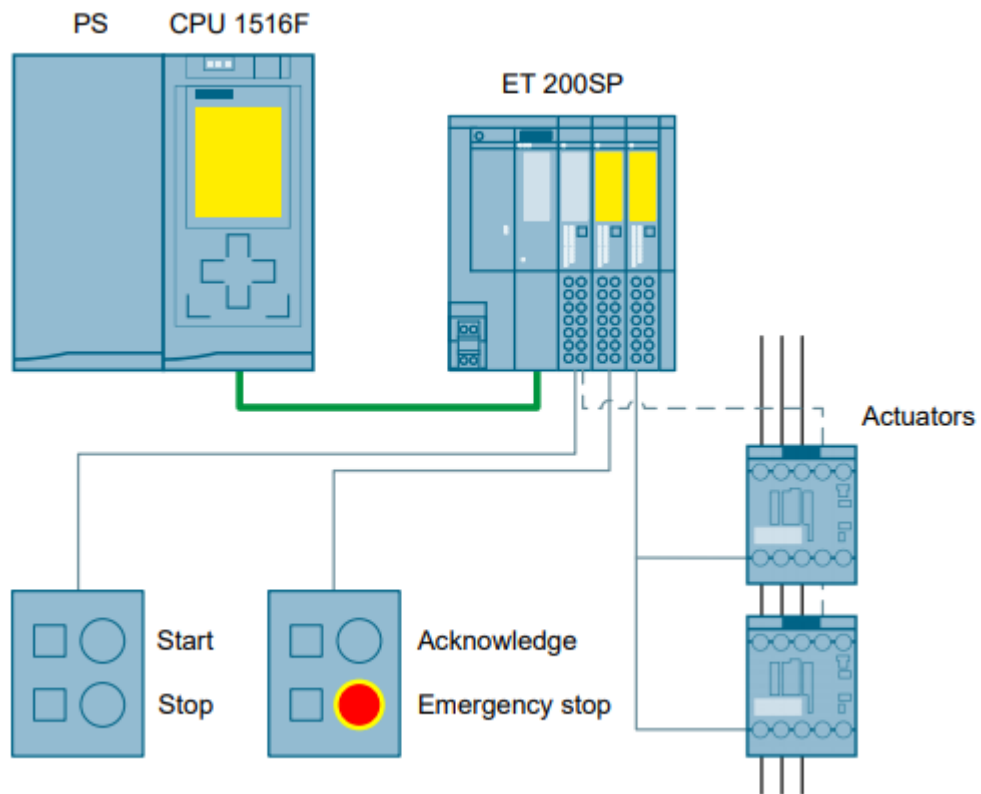
Fail-Safe eli vikaturvallista automaatiojärjestelmää käytetään järjestelmissä, joissa on korkeammat turvallisuusvaatimukset. Sen tarkoituksena on ohjata prosessia niin, että varmistutaan että prosessi on turvallisessa tilassa heti pysäytyksen jälkeen. Fail-safe moduuleiden toiminta perustuu sisäiseen kaksikanavaisen rakenteeseen. Kaksi integroitua prosessoria valvovat toisiaan testaamalla sisään- ja ulostuloja automaattisesti ja vaihtavat moduulin turvalliseen tilaan virheen sattuessa. Kuvassa 8 on esimerkki hajautetun SIMATIC fail-safe turva-automaatiojärjestelmän toteutuksesta. (Siemens distributed I/O s.16-17)



KUVA 8. Simatic fail-safe turva-automaatiojärjestelmä.(Siemens distributed I/O s.17)

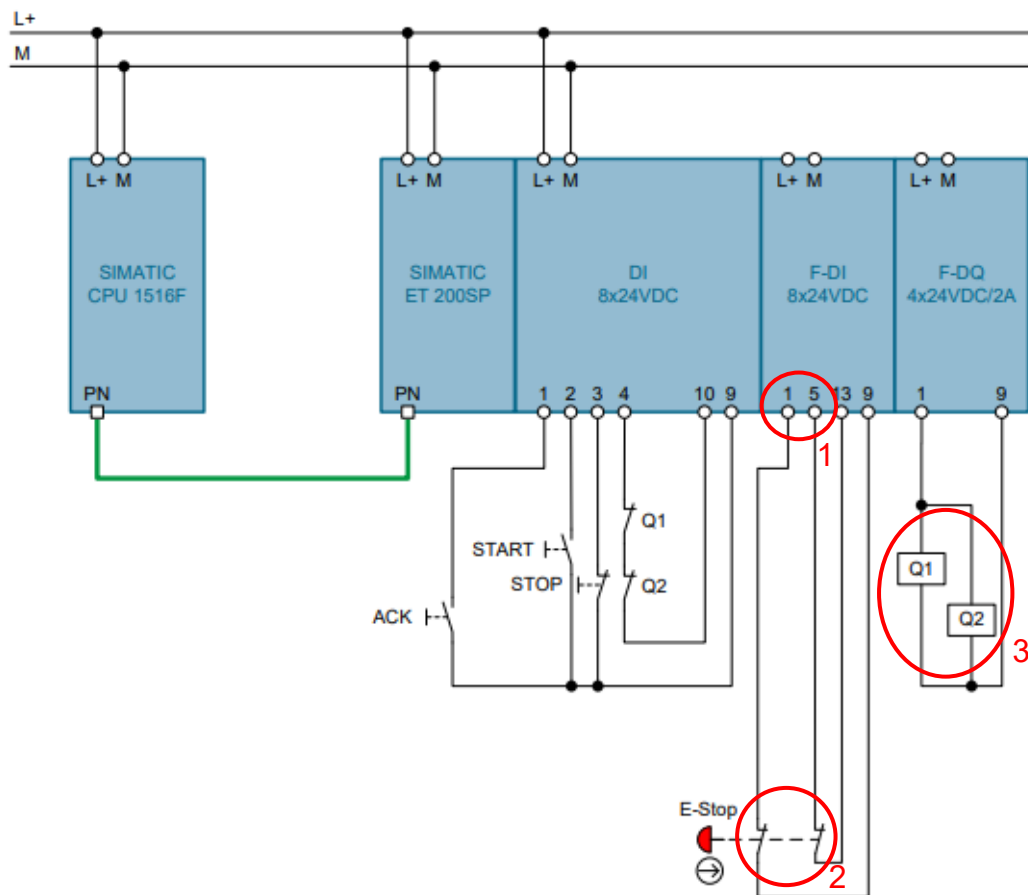
Kuvassa SIMATIC ET 200SP F fail-safe CPU on yhdistetty PROFINET:n välityksellä kahteen hajautettuun ET 200SP I/O järjestelmään. PROFINET IO voidaan kaapeloida kupari-, valo- tai WLAN-kaapeleilla. (Siemens distributed I/O s.17)

Simatic fail-safe ohjaimilla pystytään toteuttamaan ohjaus- ja turvatoiminnot samalla ohjaimella. Fail-safe ohjaimet ovat soveltuvia käytettäväksi turvallisuuden liittyvissä sovelluksissa SIL 3 ja PL e luokkiin asti. Ohjaimia voidaan laajentaa tavallisilla sekä ET 200SP fail-safe moduuleilla. Kuvassa 9 on esitetty fail-safe CPU:lla ja ET 200SP:llä toteutettu koneen ohjaus ja hätäpysäytys. (Siemens ET 200SP)



KUVA 9. Häätäpysäytys ET 200SP:llä toteutettuna. (Siemens Emergency Stop s.5)

Kuvan mukaisessa järjestelmässä 1516F CPU toimii I/O ohjaimena ja hajautettu ET 200SP toimii IO-laitteena. Ohjain ja IO-laite on yhdistetty fail-safe PROFI-NET:n välityksellä. Häätäpysäytyslaite ja toimilaitteet on yhdistetty ET200 SP:n keltaisella merkittyihin fail-safe moduuleihin ja moottorin käynnistys- ja pysäytys-painike on liitetty harmaalla merkittyyn tavalliseen moduuliin. Kuvassa 10 on esitetty komponentit ja niiden kytkennät.



KUVA 10. SIMATIC ET 200SP hätäpysäytyksen kytkentä. (Siemens Emergency Stop s.21)

Kuvasta nähdään, kuinka hätäpysäytys on toteutettu vaadittavan turvallisuustason saavuttamiseksi. Hätäpysäytys on suunniteltu kaksikanavaisesti (1) ja pysäytyslaitteen koskettimet on kahdennettu siltä varalta, että toinen koskettimista hitsautuu kiinni (2). Pysäytyksen varmistamiseksi käytetään kahta kontaktoria, jotka on kuvan 9 mukaisesti kytketty sarjaan katkaistavaan piiriin (3). Tällä varmistetaan pysäytyksen toimimisesta, vaikka toinen kontaktori ei toimisikaan. Lisäksi ohjain valvoo pysäytyslaitteen oikosulkuja sekä kontaktorien toimintaa. (Siemens Emergency Stop s.5-6)

Kun hätäpysäytys ja normaali ohjaus toteutetaan samalla järjestelmällä, saavutetaan joitakin etuja. Vältetään ylimääräiseltä kaapeloinnilta ja tietojen yhdistämiseltä normaalin ja turva-automaation välillä. Lisäksi hätäpysäytyspainikkeen tilatieto on koko ajan saatavilla tavallisessa käyttäjäohjelmassa. Diagnostiikka suoritetaan kanavakohtaisesti ja diagnostiikka viestit voidaan näyttää ilman erillistä viestien välitystä. (Siemens Emergency Stop s.8)

4 REFERENSSIPROJEKTIT

4.1 Heinola Flutingtehtaan kartonkikoneen modernisointi

Heinolan flutingtehdas on Stora Enson omistama sellua ja flutingia eli aallotus-kartonkia valmistava tehdas. Pöyry oli mukana vuonna 2017-2018 tehdyssä kartonkikoneen modernisoinnissa, jonka tavoitteena oli laadun parannus, ohuempiin laatuihin siirtyminen ja tuotannon lisäys.

4.1.1 Huuvan nosto-ovet

Osana modernisointiprojektia kuivatusosaan tuli uusi huuvan osa ja kaksi uutta nosto-ovea, joille suunniteltiin hätäpysäytys. Paperi- tai kartonkikoneessa huuva on kuivatusosan ympärillä ja näin erottaa kuivatusosan konesalista. Suljetun huuvan avulla kuivatusosan olosuhteet pysyvät tasaisina ja lämpöhäviöt ovat pienemmät. Koneen hoitopuolella huuvan sivuilla on ylös nousevat moottoroidut nosto-ovet. Huuvan nosto-ovet voidaan avata esimerkiksi seisokin aikana kuivatusosan pesua ja huoltotöitä varten. (Timperi 2015, 21-22)

4.1.2 Hätäpysäytyksen toteutus

Nosto-ovien hätäpysäytyksen toteutuksessa käytetään kolmea aiemmin tässä työssä esiteltyä SICK UE10-3OS turvarelettä. Kaikkien nosto-ovien oviaukkoa valvotaan turvaloverholla, jonka lähdöistä tieto tuodaan kahteen turvareleeseen. Tämän lisäksi jo olemassa olleet hätäpysäytyspainikkeet kytkettiin pysäyttämään myös uudet ovet kolmannen turvareleen avulla. Vanhoihin oviin lisättiin turvaloverhon ja turvareleen avulla tehty pysäytystoiminto, mutta hätäpysäytyspainikkeet toimivat edelleen perinteisillä releillä.

KytKentä on toteutettu niin, että valoverhon aiheuttaman pysähdyksen jälkeen ovia voidaan ajaa vain ylöspäin. Turvaloverhossa ei ole erillistä kuittauspaini-

ketta, vaan ovia voidaan ajaa normaalisti, kun valoverhon välissä oleva este poistuu. Jos hätäpysäytys tapahtuu hätäpysäytyspainiketta painamalla ovet pysähtyvät, eikä niitä voida ajaa kumpaankaan suuntaan ennen kuittausta.

Liitteessä 1 on piirikaaviot turvaloverhon ja releiden välisestä kytkennästä. Liitteen sivulta 1 nähdään, kuinka valoverhon vastaanottimen lähdöt OSSD 1 ja 2 on yhdistetty turvareleeseen 23XK1 tuloihin B1 ja B3. Sama signaali tulee myös sivulla 2 kuvatun 23XK2 releeseen B1 ja B3 tuloihin. Turvaloverhon tilatieto on tuotu prosessiasemalle turvareleelta 23SXX2. Sivulla 2 on myös hätäseispainikkeiden turvarele 23XK3.

Liitteessä 2 on uuden huuvan nosto-ovi 1:n moottoripiiri- ja ohjauskaavio. Moottoripiirissä kaksisuuntainen ajo on toteutettu kontaktorien K1 ja K2 avulla. Ohjauspiiristä nähdään, kuinka aiemmin kuvailtu hätäpysäytyksen toiminta on saatu aikaan. Hätäpysäytyspainikkeiden releeseen 23XK3 kosketin estää releen lauetessa ohjauksen kokonaan. Turvaloverhoon kytketyn releeseen 23XK1 kosketin estää releen lauetessa vain releen K1 vetämisen, jolloin ovea voidaan edelleen ajaa ylöspäin releen K2 avulla. Toisen uuden nosto-oven kytkentä on toteutettu samalla periaatteella.

Liitteessä 3 on vanhan huuvan nosto-ovi 3:n moottoripiiri- ja ohjauskaavio. Nosto-ovi 3:n kohdalla turvaloverho toimii turvarele 23XK2:n kanssa. Turvareleeseen kosketin estää avautuessaan releen K11 vetämisen ja sen apukosketin estää avautuessaan releiden K1.1 ja K1.2 vetämisen ja oven alaspäin ajon. Sivun 1 moottoripiirikaaviosta nähdään, että moottorikäyttö on toteutettu kahdella sarjaan kytketyllä kontaktorilla, koska piiri on alun perin suunniteltu SIL 2 luokan mukaiseksi.

Sivun 2 ohjauskaaviossa nähdään sarjaan kytketyt hätäseispainikkeet S02, joiden kautta sähkö kulkee releelle K10. Sivulta 1 nähdään, että releen K10 apukoskettimen kautta tuleva signaali on johdotettu riviliittimille X1. Riviliittimiltä signaali on johdotettu kaapelin W13 avulla liitteen 1 sivulla 2 esitetyn turvareleeseen 23XK3 tuloihin B1 ja B3. Hätäpysäytyspainiketta painettaessa releen K10 apukosketin 43-44 aukeaa, turvareleelle tuleva signaali katkeaa ja turvarele laukeaa. Turvareleeseen apukosketin 13-14 estää avautuessaan nosto-ovi 1:n ohjaamisen.

Nosto-ovi 3:n ohjauskaaviosta nähdään, että releen K10 apukosketin estää puolestaan tämän oven ohjauksen.

4.2 Gruvön Next Generation

Gruvön on BillerudKorsnäsän omistama paperipohjaisia pakkausmateriaaleja valmistava tehdas. Tehtaalla tehtiin vuosina 2017-2019 Next Generation projekti. Osana projektia tehtaalle tuli uusi kartonkikone ja kartonkitehdasrakennus, jonka sähkö- ja automaatio suunnittelun Pöyry teki.

Tässä työssä tarkastellaan kahden erilaisen projektiin toteutetun moottorikäytön hätäpysäytysratkaisuja. Hätäpysäytyksissä käytetään Siemens Simatic ET 200M liityntäyksikköä ja Simatic S7 IO-moduuleja. Esimerkkinä käytetään moottoriohjaimella ohjattua hylkypulpperin sekoittimen moottoria ja taajuusmuuttajalla ohjattua kiekkosuodattimen moottoria.

4.2.1 Hylkypulpperin sekoittimen moottori

Paperi- ja kartonkitehtaissa hylkypaperi tai -kartonki käytetään uudestaan prosessissa. Hylkypulpperissa hylky liotetaan veteen, tarkoituksena irrottaa paperin kuidut toisistaan. Hylyn hajoamista ja kuitujen irtoamista tehostetaan sekoittamisella. (Varis, M. 17-18) Tässä esimerkissä hylkypulpperin sekoittimen moottoria ohjataan ABB UMC 100.3 moottoriohjaimella.

Liitteessä 4 on kytkentäkuva hätäpysäytyksessä käytettävästä Siemens Simatic laitteistosta. Toteutuksessa käytetään Simatic S7 fail-safe IO-moduuleja. Simatic ET 200M liityntäyksikköön on liitetty yksi digitaalinen tulomoduli ja kaksi digitaalista lähtömoduulia. Liityntäyksikkö on liitetty PROFIBUS väylällä muunninmoduuliin, joka muuntaa sähköisen PROFIBUS signaalin optiseksi signaaliksi. Yksikkö liittyy optisen kaapelin välityksellä hajautetun ohjausjärjestelmän CPU:hun.

Liitteessä 5 on sekoittimen moottoripiirikaavio. Piirikaaviosta nähdään, että moottorin syötössä käytetään kahta peräkkäistä kontaktoria K1 ja K3, joiden kummankin tulee vetää, että moottori käynnistyy. Kontaktoreiden A1 liittimiin tulee sähkö hätäpysäytyksen logiikan tulojen kautta. Johdotus logiikan tuloilta on hoidettu kaapelilla W41. Kontaktorille K1 tulee myös moottoriohjaimen käynnistyskäsky. Kontaktori tarvitsee toimiakseen A1 liittimeen logiikan tulon kautta tulevan jännitteen sekä moottoriohjaimen käynnistyskäskyn. Moottoriohjaimelle tulee kontaktorin K3 apukoskettimen K3.1 kautta tieto, että logiikan tulojen kautta kulkeva 230 voltin piiri on ehjä.

Liitteessä 6 on sekoittajan hätäpysäytyksen IO-kortin piirikaavio. Sisääntulomoduuliin on liitetty kaksi hätäpysäytyspainiketta NS1 ja NS2. Molempien hätäpysäytyspainikkeiden koskettimet on kahdennettu ja kummaltakin painikkeelta tulee tieto kahteen eri tuloon. Yhteen moduulin tuloista tulee myös kaapelin W42 kautta moottorin käyntitieto kontaktoreiden K1 ja K3 apukoskettimien kautta. Lähtömoduulin lähtöjen FDO 5.0 ja FDO 5.1 kautta kulkee sähkö moottorin syöttöä ohjaaville kontaktoreille. Samalla IO-laitteistolla on toteutettu myös toisen vastaavalla tavalla toteutetun moottorin hätäpysäytys.

Hätäpysäytyspainiketta painettaessa, tieto siitä tulee logiikan tuloon ja kontaktoreja ohjaavat lähdöt avautuvat. Tällöin moottorin syötössä olevat kontaktorit avautuvat ja sähkönsyöttö moottorille lakkaa. Jotta moottori voitaisiin käynnistää uudelleen, tulee hätäpysäytyspainikkeet palauttaa toimintavalmiiksi. Hätäpysäytyksen ollessa toimintavalmiina kontaktorin K3 koskettimet ovat kiinni ja K1 kontaktorin A1 liittimeen tulee sähkö. Kontaktori K1 on silloin valmis vetämään saatuaan käynnistyskäskyn moottoriohjaimelta.

Riskien arvioinnin perusteella koneelle on määritelty suoritustaso PL d, ja hätäpysäytys on toteutettu suoritustason vaatimusten mukaisesti. Moottorin syöttöä ohjataan kahdella peräkkäisellä kontaktorilla, jolloin pienennetään kontaktorin hitsautumisesta aiheutuvan hätäpysäytyksen toimintahäiriön riskiä. Lisäksi moottorin ohjaukseen käytetään vain kontaktoria K1, kontaktorin K3 ollessa vetäneenä koko ajan normaalin toiminnan aikana. Tämän ansiosta kontaktorille K3 kertyy vähemmän käyttökertoja ja se toimii varmemmin hätäpysäytyksessä.

Hätäpysäytyspainikkeen koskettimet on kahdennettu ja signaali viedään logiikan kahteen eri sisääntulon. Tällä tavalla varmistetaan hätäpysäytyksen toiminta, vaikka toinen painikkeen koskettimista ei toimisi.

4.2.2 Kiekkosuodattimen päämoottori

Toisena esimerkkinä käytetään kiekkosuodattimen päämoottoria, joka pyörittää kiekkosuodattimen akselia. Kiekkosuodattimella saostetaan hylkymassasta vettä, jolloin massa saadaan haluttuun sakeuteen ja ylimääräinen vesi voidaan johtaa kiertovesijärjestelmään (Varis, M 22-23).

Riskien arvioinnin perusteella koneelle on määritelty suoritustaso PL c. Moottoria ohjataan ABB ACS 880-01 taajuusmuuttajalla ja hätäpysäytys on toteutettu taajuusmuuttajan STO- eli Safe Torque Off -toiminnolla, joka katkaisee toimiessaan taajuusmuuttajan syötön moottorille. Toimintoa käytetään hätäpysäytyksissä sekä estämään moottorin odottamaton käynnistyminen. STO-toiminnolla toteutettu hätäpysäytys täyttää pysäytysluokan 0 vaatimukset. (ABB)

Hätäpysäytykseen käytettävä IO-laitteisto on muuten liitteen 4 mukainen, mutta lisänä on vielä yksi analoginen fail-safe tulokortti. Simatic ET 200M liityntäyksikkö on yhdistetty PROFIBUS väylän välityksellä muunninmoduuliin ja optinen kaapeli yhdistää yksikön hajautetun ohjausjärjestelmän CPU:hun.

Liitteessä 7 on moottoripiirin piirikaavio. Taajuusmuuttaja ja hätäpysäytyksen IO-moduulit on yhdistetty kaapelilla W41. STO-toiminto toteutetaan johdottamalla OUT1-liittimen signaali logiikan tulojen kautta takaisin taajuusmuuttajan IN1- ja IN2-tuloihin. Molempiin liittimiin täytyy tulla signaali, jotta moottorikäyttö käynnistyy. Lisäksi IO-moduuleille menee taajuusmuuttajan käyntitieto.

Liitteessä 8 on hätäpysäytyksen IO-kortti. Samalla laitteistolla on toteutettu myös kahden muun moottorin hätäpysäytys, mutta tässä työssä tarkastellaan vain moottoria 820F001M1. Tulokorttiin on liitetty kaksi hätäpysäytyspainiketta NS1 ja NS2. Kummallakin painikkeella on kahdennetut koskettimet, joilta signaali tulee

kortin eri tuloihin. STO-toiminto on johdotettu lähtöjen FDO6.0 ja FDO6.1 kautta ja taajuusmuuttajan käyntitieto tulee sisääntuloon DI05.12.

Hätäpysäytyspainiketta painettaessa, tulee tieto siitä logiikan tuloportteihin. Tämän seurauksena logiikan lähtöjen koskettimet avautuvat ja taajuusmuuttajan STO-piiri katkeaa. Taajuusmuuttajan IN1- tai IN2-porttiin tulevan signaalin katkeaminen saa taajuusmuuttajan katkaisemaan moottorin sähkönsyötön. Moottori voidaan käynnistää uudestaan vasta, kun hätäpysäytyspainike on palautettu toimintavalmiiksi ja STO-piiri on kiinni.

4.3 Toteutuksien eroavaisuudet

Työssä on esitelty kolmella eri tavalla toteutetut hätäpysäytysratkaisut. Toteutuksia vertailtaessa tulee ottaa huomioon, että kyseessä on erilaiset koneet, erilaisilla toiminnoilla ja suoritustasoilla. Yleisellä tasolla voidaan kuitenkin tehdä joitakin huomioita, perustuen näihin referenssitoteutuksiin sekä tietoon erilaisten toteutustapojen ominaisuuksista. Vaadittava suoritustaso tai turvallisuuden eheyden taso vaikuttavat sopivan järjestelmän valintaan, mutta yhtä lailla turvareleillä kuin -logiikoillakin voidaan toteuttaa PL e / SIL3 tason toimintoja.

Turvareleet sopivat hyvin käytettäväksi pienemmissä järjestelmissä ja yksinkertaisemmilla turvatoiminnoilla. Turvareleet voivat olla myös hyvä keino lisätä uusia osia vanhaan perinteisillä releillä toteutettuun järjestelmään, kuten tämän työn nosto-ovien esimerkissä. Eri toteutuksia tarkastelemalla huomataan, että logiikkaohjaimella toteutettu hätäpysäytys on kytkentöjen ja johdotuksen kannalta yksinkertaisempi toteuttaa. Erityisesti taajuusmuuttajalla ohjatun moottorin tapauksessa hätäpysäytyksen toteuttaminen on yksinkertaista, koska pysäytyskäsky tarvitsee tuoda IO-moduuleilta vain taajuusmuuttajalle.

Rakennettavan hätäpysäytysjärjestelmän koko voi vaikuttaa siihen, valitaanko laitteistoksi turvareleet vai -logiikat. Varsinkin suuren ja monipuolisia turvatoimintoja sisältävän järjestelmän toteutus turvareleillä voi vaatia paljon johdotusta. Erityisesti hajautettua turvalogiikkajärjestelmää käyttämällä johdotus on todennäköi-

sesti yksinkertaisempaa. Laitteet liitetään lähellä toimilaitteita oleviin IO-moduuleihin ja IO-järjestelmät liittyvät väylän välityksellä keskuksessa olevaan logiikkaohjaimen. Yhdellä ohjaimella voidaan myös käyttää useita hajautettuja IO-järjestelmiä. Nykyaikaisilla logiikkaohjaimilla voidaan lisäksi toteuttaa tavalliset ohjaustoiminnot sekä turvatoiminnot samalla ohjaimella. Ohjelmoinnin ansiosta logiikkaohjaimella on myös helpompi toteuttaa monimutkaisempia turvatoimintoja ja muuttaa järjestelmän toimintaa tarvittaessa.

5 POHDINTA

Opinnäytetyössä tutustuttiin hätäpysäytysjärjestelmän suunnittelun lähtökohtiin perehtymällä hätäpysäytystä ja turvallisuuteen liittyviä ohjausjärjestelmiä koskeviin sekä konekohtaisiin standardeihin. Hätäpysäytysjärjestelmän suunnittelun tulee pohjautua aina standardien vaatimuksiin, ottaen huomioon hätäpysäytystä ja ohjausjärjestelmiä koskevat standardit, sekä kyseistä konetta koskevat standardit. Ennen hätäpysäytyksen suunnittelua tulee huomioida, että sen ei ole tarkoitus olla ensisijainen keino koneen turvallisen toiminnan saavuttamiseksi. Hätäpysäytys on aina muita turvatoimintoja täydentävä toiminto, niitä tapauksia varten, joissa riskiä ei ole muilla keinoilla saatu pienennettyä tarpeeksi.

Hätäpysäytystä koskevia standardeja on useita ja ne käsittelevät myös osaksi samoja asioita. Tämän lisäksi konekohtaiset standardit ottavat kantaa hätäpysäytykseen ja esittävät omia konekohtaisia vaatimuksia. Tähän työhön on koottu eri standardien oleellisimmat vaatimukset hätäpysäytyksen suunnittelun avuksi. Hätäpysäytys voidaan toteuttaa usealla eri tavalla ja erilaisilla prosesseilla on eri vaatimukset hätäpysäytyksen suhteen. Työssä esitellään hätäpysäytysjärjestelmän erilaisia toteutustapoja ja eri tyyppisten järjestelmien ominaisuuksia. Toteutettujen projektien esimerkkejä käytetään antamaan mallia, millaisissa toteutuksissa eri järjestelmiä voidaan mahdollisesti käyttää. Tämän työn tarkoituksena on toimia suunnittelun apuna yleispätevänä ohjeena hätäpysäytyksestä sekä hätäpysäytysjärjestelmistä.

LÄHTEET

SESKO. SFS-/IEC-/EN-standardit. Luettu 23.7.2019
www.sesko.fi/standardit/sfs_iec_en-standardit

SFS-EN ISO 12100. 2010. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskinarviointi ja riskin pienentäminen. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 6.8.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/164706.html.stx>

SFS-EN ISO 13849-1. 2015. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 6.8.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/410492.html.stx>

SFS-EN 62061. 2005. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvien sähköisten, elektronisten ja ohjelmoitavien elektronisten ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 6.8.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/CENELEC/ID2/6/10569.html.stx>

SFS 5974. 2010. Opastusta standardien ISO 13849-1 ja IEC 62061 soveltamiseksi koneen turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien suunnittelussa. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 6.8.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/SFS/ID2/5/162957.html.stx>

SFS-EN ISO 13850. 2015. Koneturvallisuus. Häätäpysäytys. Suunnitteluperiaatteet. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 6.8.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/404432.html.stx>

SFS-EN 60204-1. 2018. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 6.8.2019. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/CENELEC/ID2/6/712944.html.stx>

SFS-EN 1034-1. 2010. Koneturvallisuus. Paperi- ja paperin jälkikäsitteilykoneiden turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 6.8.2019.

SFS-EN 1034-4. 2010. Safety of machinery. Safety requirements for the design and construction of paper making and finishing machines. Part 4: Pulpers and their loading facilities. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 6.8.2019.

SFS-EN 1034-16. 2010. Safety of machinery. Safety requirements for the design and construction of paper making and finishing machines. Part 16: Paper and boardmaking machines. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 6.8.2019.

PHOENIX CONTACT, Turvareleet. Luettu 30.8.2019

https://www.phoenixcontact.com/online/portal/fi?1dmy&urile=wcm:path:/fifi/web/main/products/technology_pages/subcategory_pages/Safety/00aa0085-4b62-4ddd-a339-ef920e2d7cd2/00aa0085-4b62-4ddd-a339-ef920e2d7cd2

OEM Automatic. Yleistä turvareleista. Luettu 14.8.2019

http://util.oem.se/pdf/Yleista_turvareleista.pdf

OEM. Duelco pienoisturvalogiikka. Luettu 15.8.2019

<https://www.oem.fi/tuotteet/turva/turvalogiikka/duelcosc-turvalogiikka--441613>

Siemens. ET 200SP CPU. Luettu 15.8.2019

http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/et_200sp_cpu.php

Siemens. ET 200SP. Luettu 15.8.2019

<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/io-systems/et-200sp.html>

Siemens. Emergency Stop up to SIL 3 / PL e with a Fail-Safe S7-1500 Controller 07/2015. Luettu 19.8.2019

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/024/21064024/att_852647/v3/21064024_E-Stop_SIL3_1500F_DOC_V40_en.pdf

Siemens. Simatic ET 200SP distributed I/O system. Luettu 19.8.2019

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/293/58649293/att_863460/v1/et200sp_system_manual_en-US_en-US.pdf

SICK. Safety relays. Luettu 23.8.2019

https://cdn.sick.com/media/docs/4/74/874/Product_information_Safety_relays_The_adequate_solution_for_every_application_en_IM0048874.PDF

Timperi, R. 2015. Paperikoneen kuivatusosan olosuhteiden vaikutus viiranjohtotelojen vaipan materiaalin ja pinnoitteen valintaan korroosiovaurioiden ehkäisemiseksi. Konetekniikan koulutusohjelma. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Diplomityö.

Varis, M. 2015. Hyllynkäsittelyjärjestelmän optimointi. Prosessitekniikka. Saimaan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

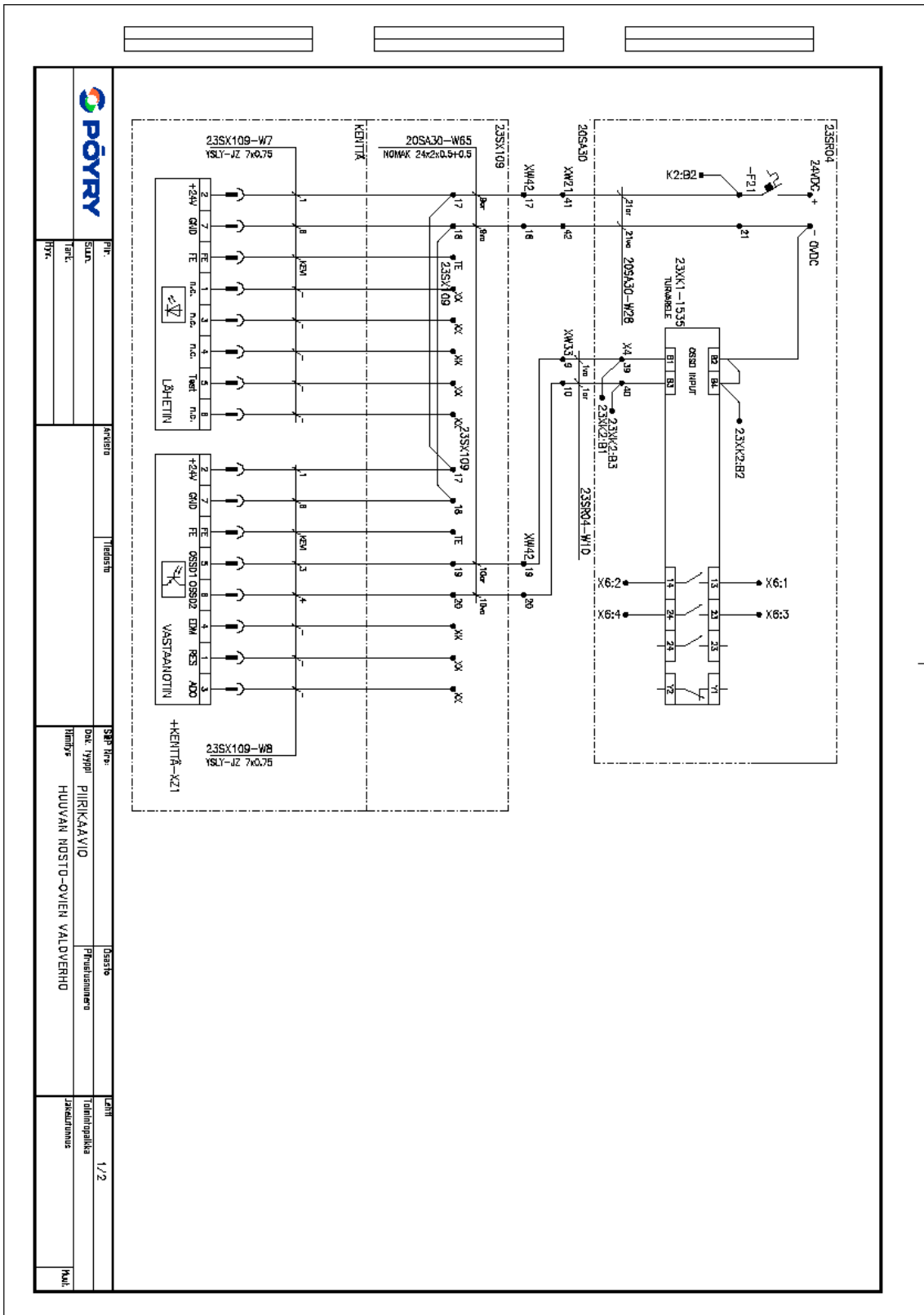
ABB. Typical safety functions. Luettu 12.9.2019

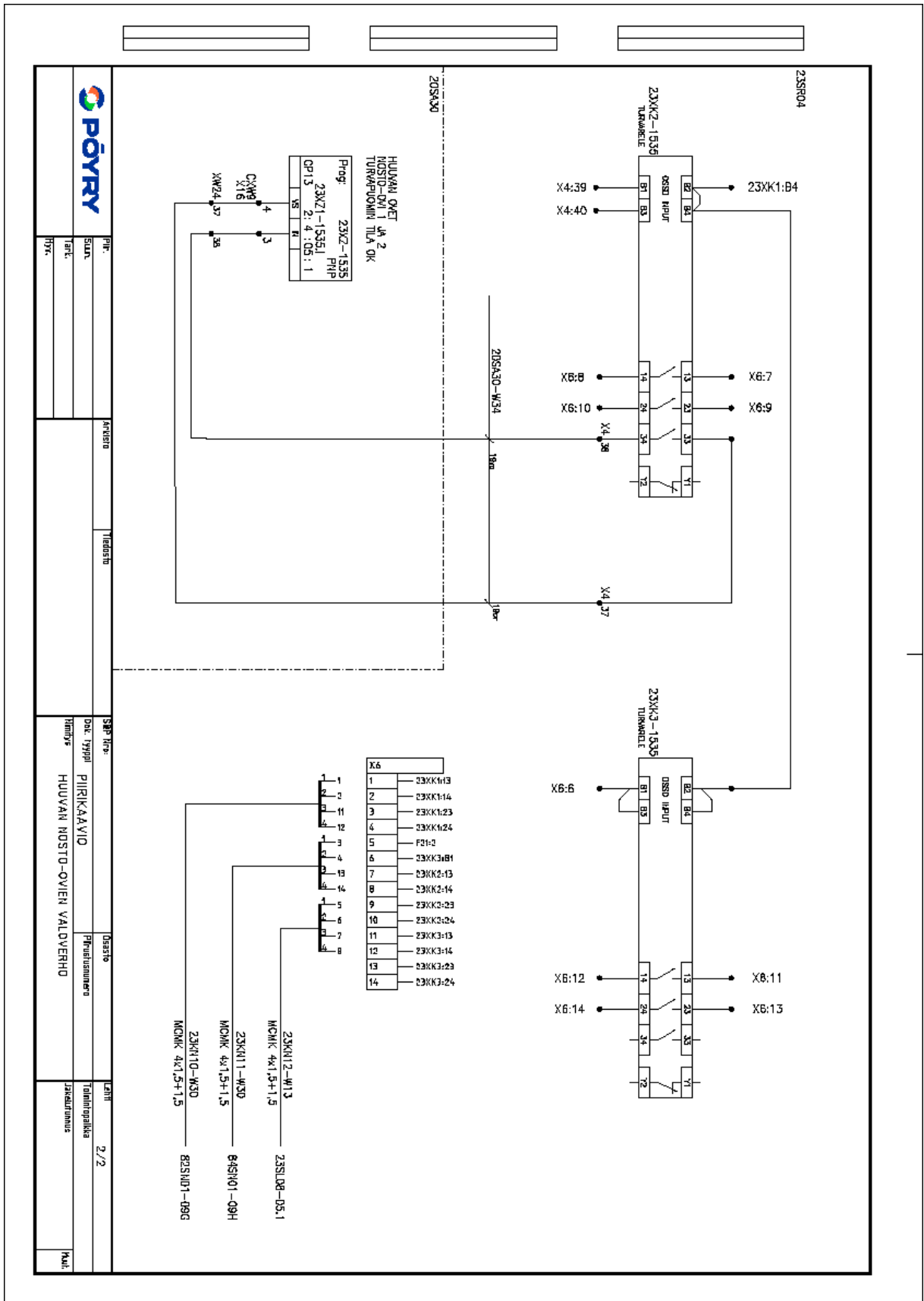
<https://new.abb.com/drives/functional-safety/typical-safety-functions>

LIITTEET

Liite 1. Huuvan nosto-ovien valoverho

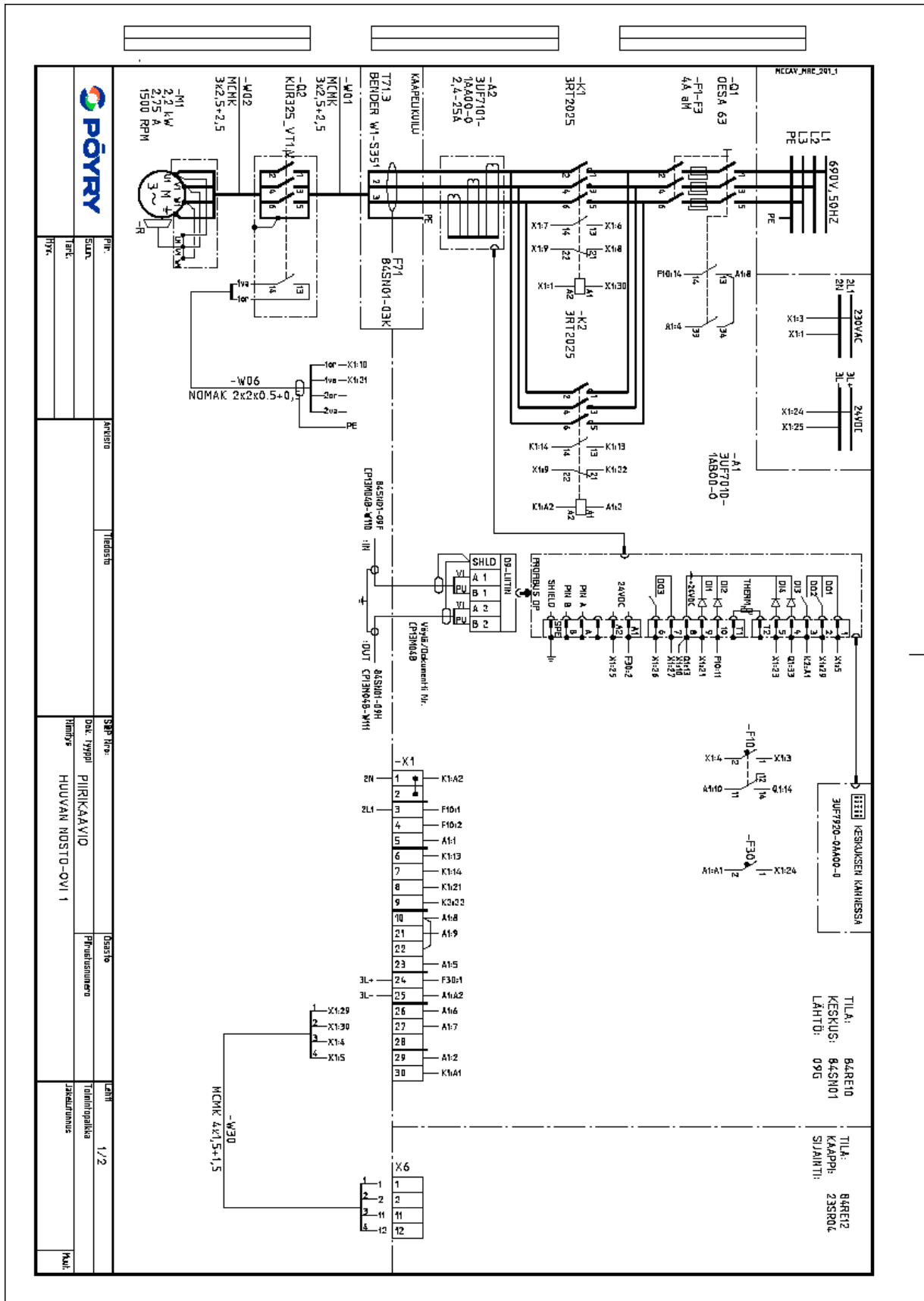
1 (2)



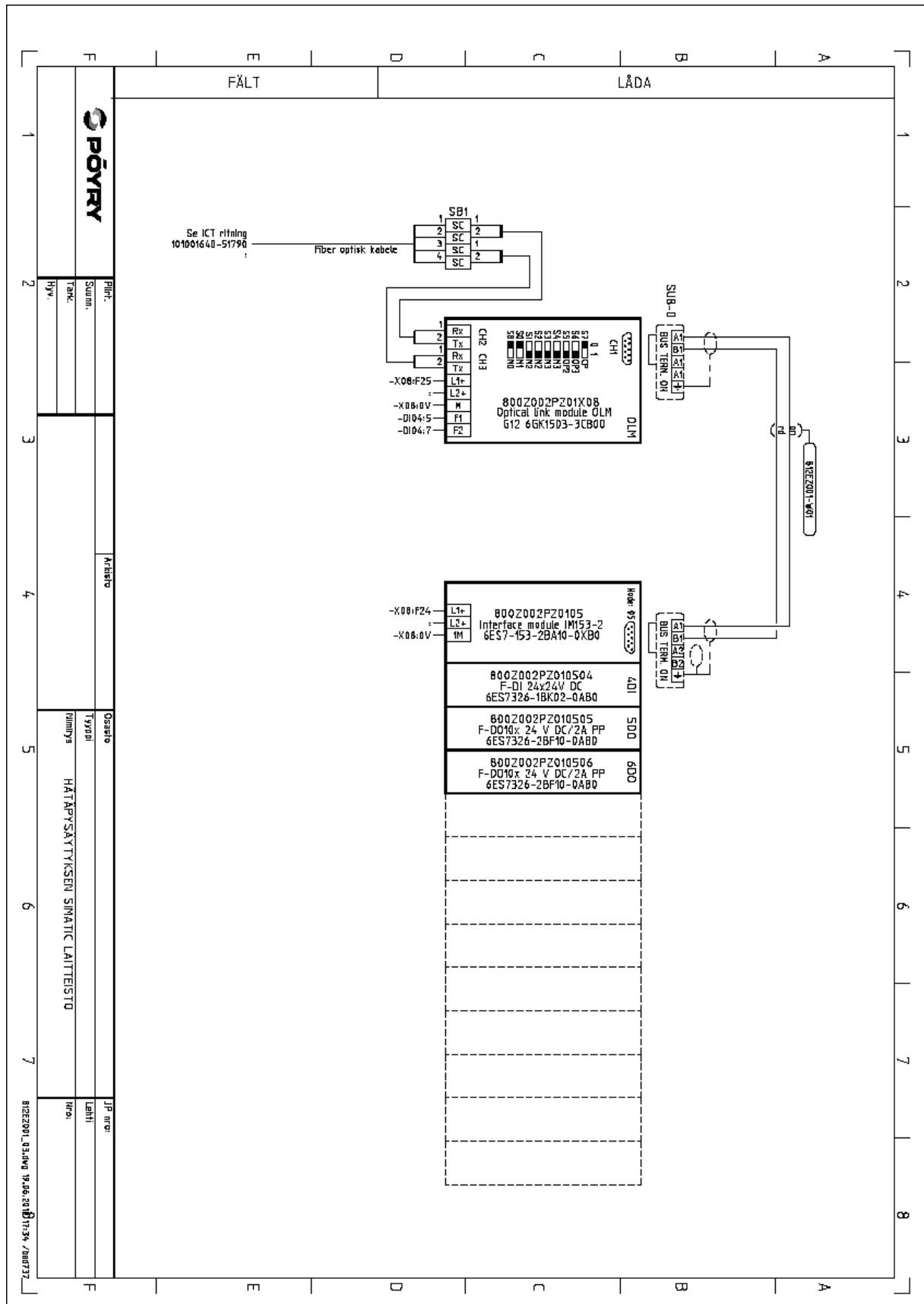


Liite 2. Huuvan nosto-ovi 1

1 (2)

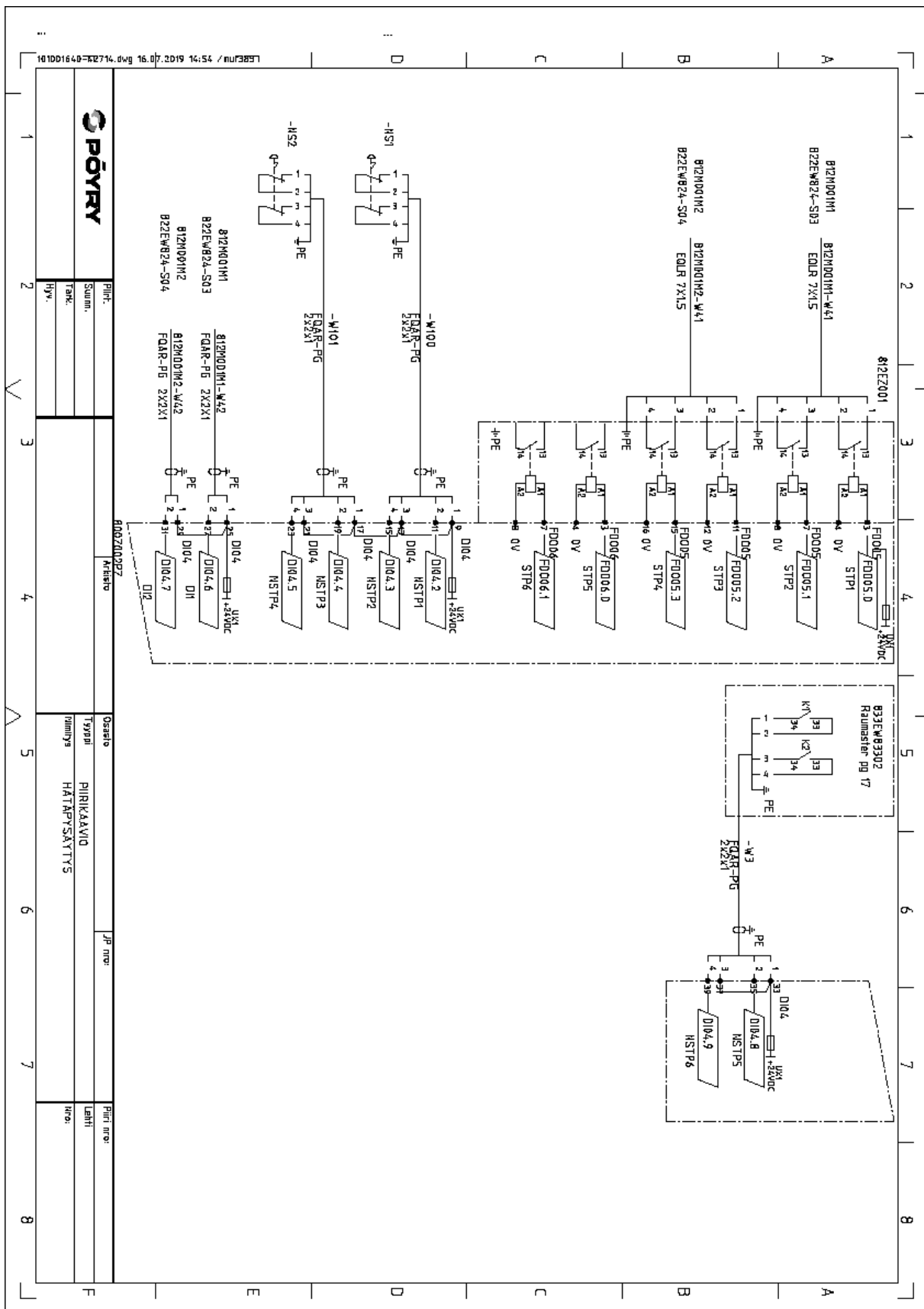


Liite 4. Siemens Simatic hätäpysäytyslaitteisto



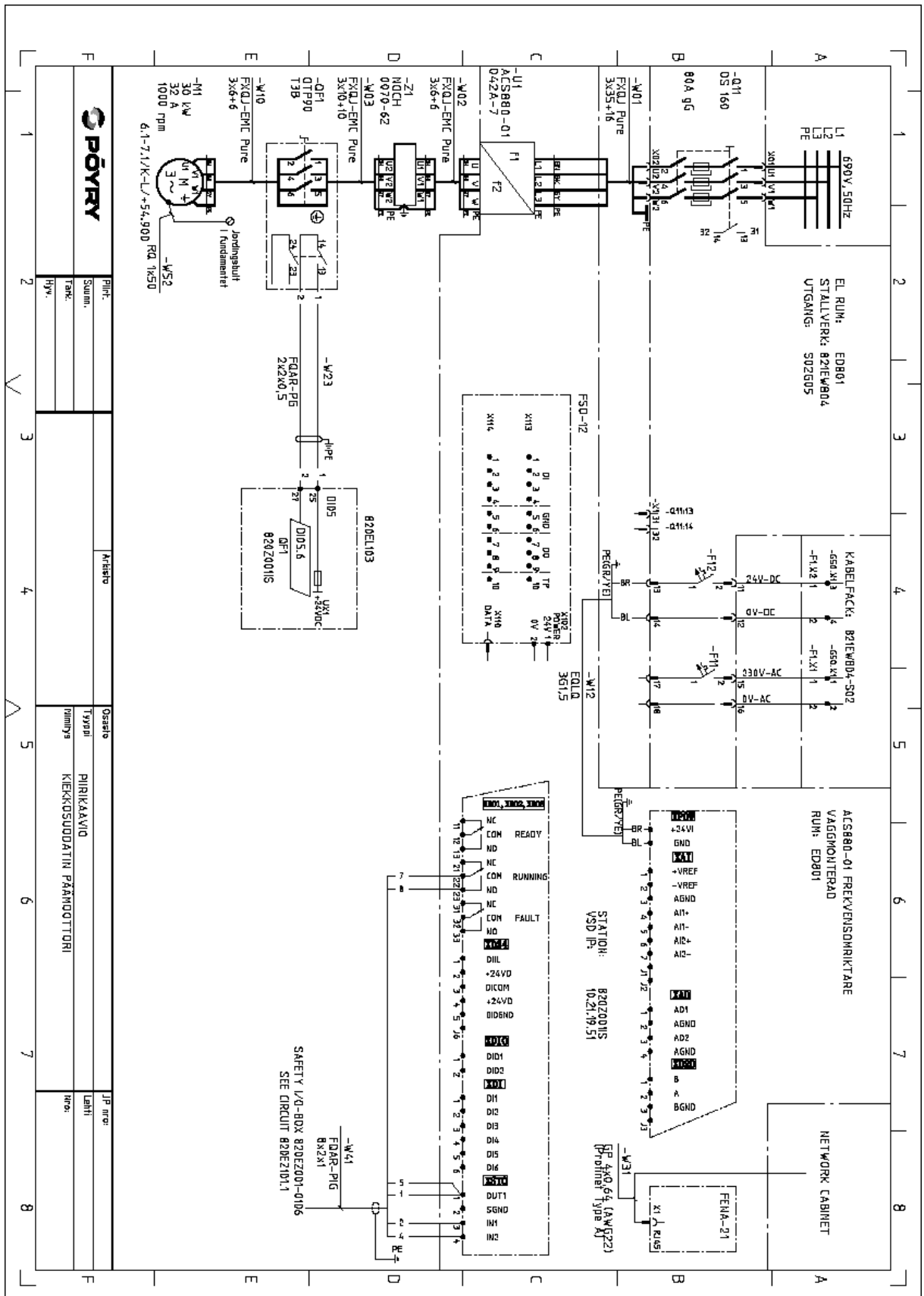
(Pöyry Finland Oy)

Liite 6. Sekoittajan hätäpysäytys



(Pöyry Finland Oy)

Liite 7. Kiekkosuodattimen päämoottorin piirikaavio



(Pöyry Finland Oy)

Liite 8. Kiekkosuodattimen hätäpäätys

