

Mikko Salovaara

Kaasu- ja pölyräjähdysvaarallisten tilojen sähkösuunnitteluopas

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

26.5.2013

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Mikko Salovaara Kaasu- ja pölyräjähdysvaarallisten tilojen sähkösuunniteluopas 61 sivua + 6 liitettä 26.5.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	yliopettaja Jarno Varteva dipl.ins. Elina Nyysönen
<p>Tässä insinöörityössä on opastettu sähkösuunnittelijoita suunnittelemaan kaasu- ja pölyräjähdysvaarallisten tilojen potentiaalintasaus sekä moottoreiden, valaistuksen ja lämmityksen pienjännitteisiä sähköasennuksia. Työssä on käsitelty räjähdysuojauksen perusteet, vaaralliselta kipinöinniltä suojautuminen, sähköiset ja mekaaniset suojausmenetelmät sekä tyypillisimmät teollisuudessa esiintyvät kaasu- ja pölyräjähdysvaarallisten tilojen suunnitelumallit.</p> <p>Räjähdysvaaralliseen tilaan on asennettava ainoastaan ATEX-tyyppihyväksytyjä sähkölaitteita, eikä normaaleja sähkölaitteita voida käyttää. Sähkölaitteet valitaan tapauskohtaisesti kuhunkin tilaan riippuen räjähdysvaarallisen tilan tilaluokituksesta.</p> <p>Vaaralliselta kipinöinniltä suojautuminen sisältää räjähdysvaarallisten alueiden potentiaalintasauksen suunnittelun. Räjähdysvaarallisen alueen rakenteissa ei saa esiintyä potentiaalieroja tai staattisia varauksia, koska ne voivat aiheuttaa kipinöintiä. Näin ollen räjähdysvaarallisten tilojen kaikki johtavat osat on yhdistettävä alueen potentiaalintasaukseen, jolloin potentiaalieroja ei pääse syntymään, ja staattiset varaukset purkaantuvat hallitusti maahan.</p> <p>Sähkölaitteet on suojattava sähköisesti, etteivät ne aiheuta vikaantuessaan räjähdysvaaraa. Sähköasennukset on myös suojattava mekaanisesti ympäristön aiheuttamilta vaaroilta hyväksytyillä ja johtavilla materiaaleilla. Sähkönsyötölle on myös voitava tehdä hätäpoiskytkentä ja huoltotöitä varten sähköinen erotus.</p> <p>Yleisimmät teollisuuden räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettävät sähkölaitteet ovat kolmi-vaiheiset oikosulkumoottorit sekä valaisimet. Työssä on esitetty erilaisia ratkaisumalleja näiden sähköasennusten suunnittelemiseksi. Lisäksi on esitelty asioita, jotka on huomioitava räjähdysvaarallisten tilojen sähköasennuksia suunniteltaessa.</p>	
Avainsanat	räjähdysvaarallinen tila, potentiaalintasaus, staattinen varaus

Author Title Number of Pages Date	Mikko Salovaara Electrical Installations Design Guide for Gas- And Dust Hazardous Areas 61 pages + 6 appendices 26 May 2013
Degree	Bachelor of engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electrical power engineering
Instructors	Jarno Varteva, Principal Lecturer Elina Nyysönen, M.Sc.
<p>This thesis is a guide for electrical designers to design equipotential bonding, as well as motor-, lighting- and heating low voltage installations in gas- and dust hazardous areas. This thesis goes thru the basics of explosion protection, protection against dangerous sparks, electrical and mechanical protection methods and the planning models for the most typical gas- and dust hazardous areas in industrial environments.</p> <p>In hazardous areas only ATEX-approved electrical equipment may be installed and normal electrical equipment cannot be used there. Equipment in hazardous areas must be selected according to area classification.</p> <p>Protection against dangerous sparks includes design of equipotential bonding in hazardous areas. Static charges may not occur in structures of hazardous areas, because they could create sparks. That is why all conductive parts of hazardous areas must be connected to equipotential bonding, so that there will not be any potential differences and static charges will discharge to earth in a controlled way.</p> <p>Equipment must be protected electrically, so that during faults, these will not cause any danger of explosion. Electrical installation must also be protected mechanically to prevent dangers of environment. Hazardous areas electrical supply must be disconnectable for emergency purposes and maintenance.</p> <p>The most common equipment in industrial gas and dust hazardous areas are three phase induction motors and luminaires. This thesis introduces facts that must be taken into account in the design of these types of electrical installations and different solution models to design these.</p>	
Keywords	hazardous area, equipotential bonding, static charge

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Räjähdyksvaarallinen tila	2
2.1	Tilaluokka	2
2.2	Ilmanvaihdon vaikutus tilaluokkaan	3
3	Räjähdyssuojausasiakirja	3
4	Räjähdyssuojaurakenteet	4
4.1	Räjähdykspaineen kestävä rakenne Exd	4
4.2	Varmennettu rakenne Exe	5
4.3	Paineistettu rakenne Exp	5
4.4	Hiekkatäytteinen rakenne Exq	6
4.5	Öljytäytteinen rakenne Exo	6
4.6	Massavalurakenne Exm	6
4.7	Suojaurakenne Exn	6
4.8	Pölyräjähdyksvaarallisen tilan tiivis kotelo ExtD	7
4.9	Luonnostaan vaaraton rakenne Exi	7
4.10	Erikoisrakenne Exs	7
4.11	Räjähdyssuojaurakenteiden yhdistelmäurakenteet	8

5	Sähkölaitteiden tyyppihyväksyntä	8
5.1	Ex-laitteiden merkinnät	8
5.2	ATEX-sertifikaatti	9
6	Asiakkaalle toimitettavat dokumentit	10
7	Ex-tilaan sijoitettavan laitteen valitseminen ja asentaminen	10
7.1	Ex-tilan lähtötiedot	11
7.2	Räjähdyssuojaustason valitseminen	11
7.3	Laiteluokan valitseminen	12
7.4	Räjähdyssuojausrakenteen valitseminen	12
7.5	Laiteryhmän valitseminen	14
7.6	Ympäristön olosuhteiden vaikutus laitteeseen	15
7.7	Kaasuräjähdyssvaarallisen tilan laitteen lämpötilaluokan valitseminen	15
7.8	Pölyräjähdyssvaarallisen tilan laitteen pintalämpötilan valitseminen	16
7.8.1	Pölypilvet	16
7.8.2	Pölykerrokset	16
7.8.3	Pölykerrokset käytännön B koteloinnilla	17
7.8.4	Paksut pölykerrokset	18
7.9	Laitteen asentaminen	18
8	Vaatimukset pienjännitejakelujärjestelmille	18
8.1	TN-S-järjestelmä	19
8.2	TT-järjestelmä	19
8.3	IT-järjestelmä	19
8.4	Pienoisjännitteiset ELV-järjestelmät	19
8.5	Sähköinen erotus	20

9	Suojaus vaaralliselta kipinöinniltä	20
9.1	Staattisen sähkön poistaminen	20
9.2	Kevytmetallin rajoitukset	21
9.2.1	Kevytmetallien rajoitukset kaasuräjähdyksvaarallisessa tilassa	21
9.2.2	Kevytmetallien rajoitukset pölyräjähdysvaarallisessa tilassa	21
9.3	Katodisuoajatuttujen metallien haitat	22
9.4	Asennustarvikkeet	22
9.5	Kiertovirrat	22
9.6	Sähkömagneettinen säteily	23
9.7	Ukkossuojaus	23
9.7.1	Ukkossuojauksen periaatteet	24
9.7.2	Ylijännitesuojaus	25
9.8	Ex-tilan potentiaalintasaus	25
9.8.1	Jännitteelle alttiit ja muut johtavat osat	25
9.8.2	Sähkölaitteiden metallikotelot ja -rungot	26
9.8.3	Liikkuvat ja pyörivät koneenosat	26
9.8.4	Kytkemättömät johtimet, armeeraukset ja häiriösuojat	26
9.8.5	Ulkona ja maan alla sijaitsevat johtavat osat	27
9.8.6	Putkistojen eristyspalat	27
9.8.7	Tilapäinen potentiaalintasaus	28
9.8.8	Ei yhdistetä potentiaalintasausjärjestelmään	29
9.8.9	Maadoituskiskot ja mittauspisteet	30
9.8.10	Potentiaalintasausjohdin ja -liitokset	30
9.9	Räjähdyksvaarallisen tilan yläpuoliset laitteet ja kaapelit	32
10	Sähköinen erottaminen	33
11	Hätä-pois-kytkentä	33

12	Sähköinen suojaaminen	34
12.1	Yleiset vaatimukset	34
12.2	Moottoreiden ylikuormitussuojauksen perusta	34
12.3	Lämmityslaitteet	35
12.4	Valaisimet	36
12.5	Suojalaitteet	36
12.5.1	Oiko-, maasulkusuojalaitteet ja vikavirtasuojakytkimet	36
12.5.2	Ylivirtarele	36
12.5.3	Termistorirele	37
13	Kaapelityypit ja johdot kiinteässä asennuksessa	38
13.1	Kaapelit	38
13.2	Kytkemättömät johtimet, armeeraukset ja häiriösuojat	39
13.3	Kaapeleiden läpiviennit	39
14	Suunnittelumallit	40
14.1	Suora käyttö Exd-, Exe-, ExnA- ja ExtD-moottoreilla	40
14.1.1	Suoran käytön lähtökohdat	40
14.1.2	Moottorin valitseminen suoraan käyttöön	40
14.1.3	Suoran käytön sähköjakelujärjestelmä	41
14.1.4	Suoran käytön asennustarvikkeet	41
14.1.5	Suoran käytön ukkossuojaus	41
14.1.6	Suoran käytön potentiaalintasaus	41
14.1.7	Suoran käytön sähköinen erottaminen	41
14.1.8	Suoran käytön hätä-pois-kytkentä	42
14.1.9	Suoran käytön päävirtapiirin oiko- ja maasulkusuojaus	42
14.1.10	Suoran käytön ylikuormitussuojaus	42
14.1.11	Suoran käytön Exe-moottorin ylikuormitussuojaus	42
14.1.12	Suoran käytön ohjauspiirin sähköinen suojaaminen	44
14.1.13	Suoran käytön pääkontaktori	44
14.1.14	Suoran käytön turvakytkin	44
14.1.15	Suoran käytön kaapelit ja johdot	44
14.1.16	Suoran käytön läpivientilaitteet	44
14.1.17	Suoran käytön kondensaation estolämmitin	45

14.2	Pehmökäynnistinkäyttö Exd-, Exe-, ExnA- ja ExtD-moottoreilla	45
14.2.1	Pehmökäynnistinkäytön lähtökohdat	45
14.2.2	Pehmökäynnistinkäyttö Exd-, Exe- ja ExnA-moottoreilla	45
14.2.3	Pehmökäynnistinkäyttö ExtD-moottorilla	46
14.3	Taajuusmuuttajakäyttö Exd-, Exe-, ExnA- ja ExtD-moottoreilla	46
14.3.1	Taajuusmuuttajakäytön lähtökohdat	46
14.3.2	Moottorin valitseminen taajuusmuuttajakäyttöön	47
14.3.3	Taajuusmuuttajan valitseminen	48
14.3.4	Jännitepiikit taajuusmuuttajakäytössä	49
14.3.5	Laakerivirrat taajuusmuuttajakäytössä	49
14.3.6	Taajuusmuuttajakäytön sähkönjakelujärjestelmä	50
14.3.7	Taajuusmuuttajakäytön asennustarvikkeet	50
14.3.8	Taajuusmuuttajakäytön ukkossuojaus	50
14.3.9	Taajuusmuuttajakäytön potentiaalintasaus	50
14.3.10	Taajuusmuuttajakäytön sähköinen erottaminen	50
14.3.11	Taajuusmuuttajakäytön hätä-pois-kytkentä	50
14.3.12	Taajuusmuuttajakäytön päävirtapiirin oiko- ja maasulkusuojaus	51
14.3.13	Taajuusmuuttajakäytön ylikuormitussuojaus ja pääkontaktori	51
14.3.14	Taajuusmuuttajakäytön ohjauspiirin sähköinen suojaaminen	53
14.3.15	Taajuusmuuttajakäytön kaapelit ja johdot	54
14.3.16	Taajuusmuuttajakäytön turvakytin	54
14.3.17	Taajuusmuuttajakäytön läpivientilaitteet	55
14.3.18	Taajuusmuuttajakäytön moottorin jäähdytyspuhallin	55
14.3.19	Taajuusmuuttajakäytön kondensaation estolämmitin	55
14.3.20	Taajuusmuuttajakäytön jarruvastus	55
14.3.21	Taajuusmuuttajan yhteiskäytöt	55

14.4	Valaistus- ja lämmitysryhmien suunnittelumalli	55
14.4.1	Valaistus- ja lämmitysryhmien lähtökohdat	56
14.4.2	Valaistus- ja lämmitysryhmien laitteiden valitseminen	56
14.4.3	Valaistus- ja lämmitysryhmien sähköjakelujärjestelmä	56
14.4.4	Valaistus- ja lämmitysryhmien asennustarvikkeet	56
14.4.5	Valaistus- ja lämmitysryhmien ukkossuojaus	56
14.4.6	Valaistus- ja lämmitysryhmien potentiaalintasaus	57
14.4.7	Valaistus- ja lämmitysryhmien sähköinen erottaminen	57
14.4.8	Valaistus- ja lämmitysryhmien hätä-pois-kytkentä	57
14.4.9	Valaistus- ja lämmitysryhmien sähköinen suojaaminen	57
14.4.10	Valaistus- ja lämmitysryhmien kaapelit ja johdot	58
14.4.11	Valaistus- ja lämmitysryhmien läpivientilaitteet	58
14.4.12	Valaisimien tai lämmittimen puolikiinteä asennus	58
15	Yhteenveto	58
	Lähteet	60
	Liitteet	
	Liite 1. Esimerkki mittauspistepiirustuksesta	
	Liite 2. Esimerkki Ex-tilan potentiaalintasauskiskon kytkennöistä	
	Liite 3. Esimerkki palavan nesteen säiliön maadoituksesta	
	Liite 4. Esimerkki Ex-tilan suoran käytön piirikaaviosta	
	Liite 5. Esimerkki Ex-tilan taajuusmuuttajakäytön piirikaaviosta	
	Liite 6. Esimerkki Ex-tilan valaistuksen piirikaaviosta	

Lyhenteet

ATEX	Atmosphere Explosible; räjähdysvaaralliset ilmaseokset
DTC	Direct Torque Control; suora momenttisäätö
ELV	pienoisjännitejärjestelmä; nimellijännite saa olla vaihtojännitteen tehollisarvolta korkeintaan 50 V ja sykkeettömällä tasajännitteellä korkeintaan 120 V
EPL	Equipment Protection Level; räjähdysuojaustaso
Exd	räjähdyspaineen kestävä rakenne
Exe	varmennettu rakenne
Exi	luonnostaan vaaraton rakenne
Exm	massavalurakenne
Exn	suojausrakenne n
Exo	öljytäyteinen rakenne
Exp	paineistettu rakenne
Exq	hiekkatäyteinen rakenne
Exs	erikoisrakenne
ExtD	pölyräjähdysvaarallisen tilan tiivis kotelointi
Ex-tila	räjähdysvaarallinen tila
IEC	International Electrotechnical Commission; kansainvälinen standardoimisjärjestö

IT	mitään jännitteistä osaa ei ole yhdistetty suoraan maahan ja sähkölaitteiston jännitteelle alttiit osat on yhdistetty suoraan maahan
PEN	yhdistetyt nolla- ja suojajohdintoiminnot
PWM	Pulse Width Modulation; pulssinleveysmodulaatio
SFS	Suomessa vahvistetun standardin tunnus
SFS-EN	Suomessa ja Euroopassa vahvistetun standardin tunnus
TN	yksi piste on maadoitettu suoraan, ja sähkölaitteiston jännitteelle alttiit osat on yhdistetty tähän pisteeseen suojamaadoitusjohtimella tai PEN-johtimella
TN-C	nolla ja suojamaadoitusjohdintoiminnot on yhdistetty yhteen johtimeen
TN-S	nolla- ja suojamaadoitusjohdintoiminnot ovat erillisissä johtimissa
TT	yksi piste on maadoitettu suoraan ja sähkölaitteiston jännitteelle alttiit osat on yhdistetty jakelujärjestelmän maadoituselektrodeista sähköisesti riippumattomiin erillisiin maadoituselektrodeihin

1 Johdanto

Tämä insinöörityö on tehty Pöyry Finland Oy:lle, joka on osa Pöyry-konsernia. Työ tehtiin Kouvolan yksikölle, jonka toimiala on teollisuuden suunnittelu. Aihealue on kohdistettu tyypillisiin teollisuudessa esiintyviin kaasu- ja pölyräjähdysvaarallisiin tiloihin. Räjähdysvaarallinen seos voi syttyä, jos sähköasennus aiheuttaa esimerkiksi kipinöitä, valokaaria tai korkeita lämpötiloja. Tämän takia räjähdysvaarallisten tilojen sähköasennukset on suunniteltava ATEX-direktiivien ja räjähdysvaarallisia tiloja koskevien standardien mukaisesti.

Kaasu- ja pölyräjähdysvaarallisten tilojen sähkösuunnittelusta ei ole saatavilla nykyisten määräysten ja standardien mukaisia opaskirjoja. Yleensä ainoat tiedon lähteet ovat standardit ja yrityksen sisäinen tieto. Työssä opastetaan sähkösuunnittelijoita käytännönläheisemmin kuin standardeissa. Työn alussa käsitellään teoriaa ja lopussa esitetään tyypillisten sovellusten suunnittelumalleja. Suunnittelumalleilla opastetaan sähkösuunnittelijoita suunnittelemaan kohde vaihe kerrallaan ja helpotetaan teorian soveltamista käytännössä.

Työ perustuu ATEX-direktiiveihin sekä standardeihin, joissa käsitellään räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteita ja -asennuksia. Tätä työtä voidaan soveltaa myös maissa, joissa noudatetaan kansainvälisen standardoimisjärjestön IEC-standardeja. Tämä ilmenee standardeissa esitettävistä voimaansaattamisilmoituksista. Lähivuosina kansainvälinen standardoimisjärjestö IEC julkaisee uudet räjähdysvaarallisten tilojen sähköasennuksia koskevat standardit, jotka otetaan varmaankin pienellä viiveellä myös Suomessa käyttöön.

Tässä insinöörityössä ei käsitellä räjähdetiloja, kaivoksia, lääkintätiloja tai kaasuja ja pölyjä samaan aikaan sisältäviä tiloja eikä myöskään räjähdysvaarallisten tilojen sähkösaattoja ja paineistetun räjähdys suojausrakenteen laitteita. Myöskään ei käsitellä räjähdysvaarallisten tilojen kannettavia laitteita, henkilökohtaisia laitteita, yli 1 kV:n asennuksia, pistorasia-asennuksia, puolikiinteitä asennuksia, muuntajia, generaattoreita, optisia laitteita, säteileviä laitteita, ultraäänilaitteita ja putkiasennusjärjestelmiä. Luonnostaan vaarattomia piirejä ei käsitellä, koska niiden suunnittelu ei yleensä kuulu sähkösuunnittelijalle. Lämpötilalaitteita ja kaapeleiden asennusteknisiä asioita ei käsitellä kovinkaan yksityiskohtaisesti.

2 Räjähdyksvaarallinen tila

Räjähdyksvaaralliseksi tilaksi luokitellaan tila, jossa voi esiintyä sellainen määrä räjähdysvaarallista ilmaseosta, että työntekijöiden suojaaminen räjähdysvaaralta on tarpeen. Tällaista tilaa voidaan kutsua myös Ex-tilaksi. Räjähdyksvaarallinen tila voi olla kokonainen huone tai merkinnöillä rajoitettu huoneen osa tai ulkotila. Räjähdyksvaaran lähteitä ovat palava kaasu, palavan nesteen höyry tai sumu, palava pöly ilmaan sekoittuneena tai varsinainen räjähdysaine.

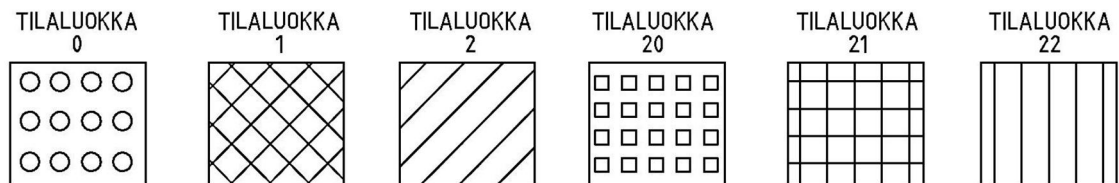
Laitoksen omistajalla tai haltijalla on velvollisuus huolehtia siitä, että räjähdysvaaralliseksi alueelle laaditaan tilaluokitus. Tilaluokituksen laatijan tulee olla henkilö, joka tuntee vaaran aiheuttamat aineet ja prosessit. Tilaluokituksen voi laatia yrityksen oma henkilökunta tai ulkopuolinen asiantuntija. Tilaluokitus on osa räjähdysvaaransuojasasiakirjaa, ja se tulee säilyttää laitoksessa. Tilaluokituksessa tulee esiintyä vähintään tilojen jako eri tilaluokkiin ja näiden mitat sekä vaaka- että pystysuunnassa sekä aineominaisuudet, jotka vaikuttavat laitevalintaan. Esitystapana voidaan käyttää taso- ja poikkeikkauspiirustuksia tai taulukkoa. (1, s. 5 - 11; 2, s. 103 - 104.)

2.1 Tilaluokka

Räjähdyksvaaralliset tilat jaetaan seuraaviin luokkiin:

- Luokka 0 on tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.
- Luokka 1 on tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa oleva palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti.
- Luokka 2 on tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan.
- Luokka 20 on tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.
- Luokka 21 on tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti.
- Luokka 22 on tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan. (1, s. 10.)

Räjähdykselpöisen seoksen aiheuttavat teknilliset häiriöt, kuten esimerkiksi akselitiiviteen rikkoutuminen tai ylitäyttö, katsotaan kuuluvan normaaliin käyttöön. Onnettomuudet tai rikkoutumiset, joita ei voida olettaa tavallisesti tapahtuvan, eivät kuulu normaaliin käyttöön. Tällaisia ovat esimerkiksi säiliön repeytyminen tai putken katkeaminen. Kuvassa 1 esitetään SFS-EN 60079-10 standardin suosittelemat tilaluokkien merkitsemistavat. (2, s. 106.)



Kuva 1. Standardin SFS-EN 60079-14 suosittelemat tilaluokkien merkitsemistavat (3, s. 39; 4, s. 16)

2.2 Ilmanvaihdon vaikutus tilaluokkaan

Ilmavaihdolla voidaan vaikuttaa tilaluokitukseen. Ilmanvaihdon vikaantumisen vaikutus tilaluokitukseen tulee arvioida ja varustautua varotoimenpiteillä, jotka vaikuttavat myös sähkösuunnitteluun. Tällaisina varotoimina voidaan esimerkiksi käyttää varatuuletinta, joka käynnistyy automaattisesti päätuulettimen vikaantuessa tai Ex-tilan sähkönsyötön automaattista katkaisemista, kun tuuletin vikaantuu tai Ex-alueen kaasupitoisuuden mittalaite hälyttää. Tarkemmin ilmanvaihdon toteuttamisesta ja sen vaatimista varotoimenpiteistä kerrotaan standardin SFS-EN 60079-10-1 liitteessä B. (2, s. 106 - 107; 3, s. 29.)

3 Räjähdyssuojasiasiakirja

Toiminnan harjoittajan tai työnantajan on laadittava räjähdysuojasiasiakirja ennen laitoksen käyttöönottoa ja työn aloittamista, ja se voi olla osana muuta turvallisuusasiakirjaa. Räjähdyssuojasiasiakirja tulee tarkistaa, jos työskentelytilaa, työvälineitä tai työjärjestelyjä muutetaan olennaisesti.

Valtioneuvoston asetuksessa räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta 18.6.2003/576 8§:ssä sanotaan, että räjähdysuojausasiakirjassa on esitettävä erityisesti seuraavat asiat:

- räjähdysvaaran määrittely ja merkitys
- asianmukaiset toimenpiteet suojauksen toteuttamiseksi
- asetuksen liitteiden 1 ja 2 mukaisesti luokitellut tilat
- työpaikan turvallisuuteen liittyvät suunnitelmat
- toimenpiteet työvälineiden turvallisista käyttötavoista. (5, s. 11.)

4 Räjähdyssuojusrakenteet

Ex-tilaan soveltuvat sähkölaitteet valmistetaan käyttämällä erilaisia räjähdysuojusrakenteita ja niiden yhdistelmiä. Ex-tilan sähkölaitteiden valmistuksessa noudatetaan ATEX-laitedirektiiviä (6).

4.1 Räjähdyssuorakenteen kestävä rakenne Exd

Räjähdyssuorakenteen kestävä kotelo kestää kotelon sisällä syntyvän räjähdysten, joten kotelo saa sisältää räjähdysvaarattomaan tilaan tarkoitettuja kipinöiviä laitteita ja kojeita. Kaasun pääsemistä kotelon sisälle ei ole estetty, joten kotelon tulee kestää useita räjähdyksiä vaurioitumatta.

Kotelossa on räjähdyspaineen purkautumista varten saumat, jotka on mitoitettu siten, ettei räjähdys pääse leviämään kotelon ulkopuolelle. Räjähdyssuorakenteen kestävä rakenne jaetaan räjähdysryhmiin A, B ja C perustuen aineen kykyyn levittää räjähdystä kaupan raon läpi ja/tai aineen pienimpään syttymisvirtaan. Räjähdyssuorakenteen kestävä rakennetta käytetään yleensä esimerkiksi kytkimissä, moottoreissa, valaisimissa ja lämmityslaitteissa. Räjähdyssuorakenteen kestävä laite tulee sijoittaa siten, että räjähdysuojauslaippaliitosten edessä olevat esteet ovat vähintään minimietäisyyksien päässä.

Räjähdyssuojauslaippaliitosten minimietäisyydet esitetään taulukossa 1. (2, s. 120; 5, s. 280; 7, s. 48.)

Taulukko 1. Esteiden minimietäisyydet laitteiden räjähdyslaippaliitoksista eri räjähdysryhmillä (7, s. 48)

Räjähdyssryhmä	Minimietäisyys mm
IIA	10
IIB	30
IIC	40

4.2 Varmennettu rakenne Exe

Varmennettu rakenne perustuu siihen, ettei laitteessa synny kuumia pintoja, kipinöintiä, valokaaria yms., jotka voisivat sytyttää laitteen sisällä tai ulkopuolella olevan räjähdysvaarallisen seoksen. Räjähdysvaarallisen seoksen pääsyä laitteen sisälle ei ole estetty. Varmennettua rakennetta käytetään yleensä esimerkiksi kytkentärasioissa, haaroitusrasioissa, oikosulkumoottoreissa ja valaisimissa. (2, s. 121; 5, s. 281.)

4.3 Paineistettu rakenne Exp

Paineistettu rakenne perustuu siihen, että laitteen sisälle pumpataan ylipaine ympärillä olevaan ilmastoon nähden. Ylipaine estää räjähdysvaarallisen seoksen pääsyn laitteen sisälle, joten laitteen sisällä voidaan käyttää räjähdysvaarattomaan tilaan tarkoitettuja laitteita ja kojeita.

Ennen jännitteen kytkemistä, tulee laitteesta huuhdella pois räjähdysvaaralliset seokset ja luotava ylipaine laitteen sisälle. Suojaus ylläpidetään huuhtelemalla koko ajan puhdasta ilmaa tai korvaamalla ulosvuotanut ilma. Ylipainetta tai suojakaasun virtausta tulee valvoa. Paineistettua rakennetta käytetään yleensä esimerkiksi isoissa laitteissa kuten moottoreissa, ohjauspulpeteissa ja keskuksissa. Paineistettua rakennetta voidaan käyttää myös valvomoissa ja analysaattorihuoneissa. (2, s. 124; 5, s. 280.)

4.4 Hiekkatäytteinen rakenne Exq

Hiekkatäytteinen rakenne perustuu siihen, että kaikki räjähdysvaaraa aiheuttavat osat on upotettu hiekkaan tai muuhun vastaavanlaiseen aineeseen. Rakennetta käytetään yleensä esimerkiksi muuntajissa, kondensaattoreissa ja loistelamppujen sytyttimissä. (2, s. 125; 5, s. 281.)

4.5 Öljytäytteinen rakenne Exo

Öljytäytteinen rakenne perustuu siihen, että kaikki räjähdysvaaraa aiheuttavat osat on upotettu öljyyn. Laitte jaetaan lämpötilaluokkiin mutta öljyn lämpötila ei saa missään vaiheessa nousta yli 105 - 115 °C:n, riippuen öljyn laadusta. Rakennetta käytetään yleensä esimerkiksi muuntajissa ja käynnistysvastuksissa. (2, s. 123; 5, s. 281.)

4.6 Massavalurakenne Exm

Massavalurakenne perustuu siihen, että kaikki vaaraa aiheuttavat osat on valettu massaan, jolloin räjähdysvaarallisen seos ei pääse kosketuksiin vaarallisten osien kanssa. Massavalurakennetta käytetään yleensä pienillä laitteilla ja komponenteilla. (5, s. 282.)

4.7 Suojausrakenne Exn

Suojausrakenteella Exn suojattu laite on tarkoitettu käytettäväksi tilaluokassa 2, eli laitteet ovat turvallisia normaalissa käytössä. Rakenne on hyvin pitkälti samanlainen kuin tilaluokassa 1 käytettävissä laitteissa, mutta vaatimustasoa on laskettu ja vikatilanteiden tarkastelu on jätetty pois.

Suojausrakenne Exn jaetaan seuraaviin alaluokkiin:

- ExnA sisältää kipinöimättömät laitteet.
- ExnC sisältää kipinöivät laitteet, joiden koskettimet on suojattu muilla tavoin kuin rajoitetusti hengittävällä kotelolla tai energiarajoituksella.
- ExnR sisältää rajoitetusti hengittävää kotelot.
- ExnL sisältää energiarajoitetut laitteet. (2, s. 125; 5, s. 282; 7, s. 72.)

4.8 Pölyräjähdysvaarallisen tilan tiivis kotelo ExtD

Suojausrakenne perustuu siihen, että kotelo on pölytiivis ja pintalämpötila on rajoitettu. Se jaetaan kahteen eri käytäntöön, A:han ja B:hen, joilla pyritään aikaansaamaan samanlainen suojaustaso syttymistä vastaan. Eri käytännöissä, koteloiden suurimmat sallitut pintalämpötilat määritellään eri tavalla.

Käytännön A koteloinnin pölysuojaus toteutetaan käyttämällä joustavia liitoksia ja hankaavia tiivisteitä liikkuvissa osissa. Käytännön B koteloinnin pölysuojaus toteutetaan määrätyillä liitospintojen leveyksillä ja rakomitoilla, pyörivien akselien määrätyillä pituuksilla sekä kiinteiden ja liikkuvien osien välisillä halkaisijamittojen eroilla. (5, s. 283; 7, s. 13 ja 75.)

4.9 Luonnostaan vaaraton rakenne Exi

Luonnostaan vaaraton rakenne perustuu siihen, että virtapiirin virta ja jännite rajoitetaan sellaiseen arvoon, ettei synny vaarallisia kipinöitä tai kuumia pintoja. Rakennetta käytetään yleensä esimerkiksi mittaus- ja merkinantolaitteissa. Luonnostaan vaaratonta räjähdysuojusrakennetta ei käsitellä tässä työssä. (2, s. 122; 5, s. 282.)

4.10 Erikoisrakenne Exs

Erikoistapauksissa, kun ei ole valmista ratkaisua räjähdysuojaukseen, voidaan valmistajan ja testauslaitoksen yhteistyössä tehdä erikoisrakenne, jolla estetään laitteen aiheuttama räjähdysriski. (2, s. 125; 5, s. 283.)

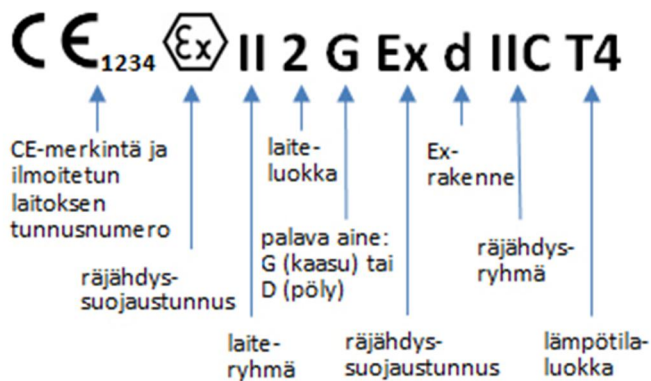
4.11 Räjähdyssuojaurakenteiden yhdistelmärakenteet

Yhdessä laitteessa voidaan käyttää useita eri räjähdysuojaurakenteita, joilla saadaan toimiva kokonaisuus. Esimerkiksi räjähdyspaineen kestävässä Exd-moottorissa voi kytkentäkotelon suojausrakenne olla varmennettu Exe-rakenne. Tällaisen moottorin räjähdysuojaurakenne on Exde.

5 Sähkölaitteiden tyyppihyväksyntä

5.1 Ex-laitteiden merkinnät

Jokaisessa räjähdysvaarallisessa tilassa olevassa laitteessa on oltava CE-merkintä ja Ex-merkintä, jossa kerrotaan räjähdysuojaukseen ja käyttöominaisuuksiin liittyvät tekniset tiedot. Ex-merkinnän laiteluokan ollessa suluissa, laite ei ole tarkoitettu räjähdysvaaralliseen tilaan sijoitettavaksi, vaan se on tarkoitettu suojaamaan Ex-tilassa olevaa laitetta. Tällainen suojalaite voi olla esimerkiksi lämpörele. Kuvassa 2 esitetään Ex-laitemerkin rakenne esimerkin avulla. (6.)



Kuva 2. Ex-merkinnän rakenne (6)

5.2 ATEX-sertifikaatti

Räjähdyksuoralliseen tilaan sijoitettavilta, jännitteisiä osia sisältäviltä laitteilta sekä räjähdysuorastason vaikuttavilta komponenteilta vaaditaan valtuutetun tarkastuslaitoksen laatima tyyppihyväksyntä eli sertifikaatti, joka on todistus siitä, että laite on kyseessä olevan standardin mukainen. Sertifikaatissa määritellään myös mm. laitteen räjähdysuorastukseen liittyvät ominaisuudet, käyttöolosuhteet ja asentamiseen liittyviä lisävaatimuksia. Kuvassa 3 esitetään ATEX-sertifikaatin tunnuksen rakenne:



Kuva 3. ATEX-sertifikaatin tunnuksen rakenne

Poikkeuksena tästä ovat käyttöpaikalla rakennetut Exp-laitekotelot ja kokonaiset suoja-
tuulettimet huoneet, jotka tarkastuslaitos hyväksyy erikseen tehdyssä tarkastuksessa tai
varmennustarkastuksessa. Toinen poikkeus on luonnostaan vaarattomien piirien lait-
teet. Tyyppihyväksytyyn laitteeseen ei saada tehdä muutoksia ilman valmistajan lupaa.
Jos tyyppihyväksytyyn laitteeseen tehdään muutoksia, jotka vaikuttavat räjähdys-
suorastukseen, niin tällöin vaaditaan uusi tyyppihyväksyntä. Muutokset tulee tehdä aina
valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Sertifikaatissa on kerrottu kaikki olennaiset asiat selvästi ja lyhyesti, joten se tulee aina
lukea huolellisesti läpi, jotta virheitä välttyttäisiin. Tyyppihyväksyntä vaaditaan jännittei-
siä osia sisältäviltä laitteilta sekä räjähdysuorastason vaikuttavilta komponenteilta,
kuten esimerkiksi sähkölaitteilta, koteloilta, jakorasioilta, liittimiltä, kojeilta, suojalaitteil-
ta, joiltakin läpivienneiltä ja yms. Tyyppihyväksyntää ei vaadita asennustarvikkeilta,
kuten esimerkiksi kaapelihyllyiltä, putkilta ja sääsuojilta. Asennustarvikkeiden valinnas-
sa tulee olla huolellinen, sillä vaikei tyyppihyväksyntää vaadita, silti kevytmetallien,
katodisuojattujen metallien ja eristävien materiaalien käyttöä on rajoitettu. (Asennustar-
vikkeiden rajoituksista, ks. 9.4, s. 22.)

Sertifikaatin tunnuksen lisämerkintä X, tarkoittaa sitä, että kyseisen laitteen käyttöä on rajoitettu. Tällöin on varmistettava, että sertifikaatissa mainitut ehdot toteutuvat tai on ryhdyttävä vaadittaviin lisätoimenpiteisiin. Esimerkiksi X-kirjain holkkitiivisteiden sertifikaatin tunnuksen lopussa tarkoittaa yleensä sitä, että holkkitiiviste ei kestä kovia iskuja tai holkkitiivisteellä ei saada riittävää vedonpoistoa aikaiseksi, jolloin vaaditaan kaapelin tehokkaampaa kiinnitystä. Sertifikaatin tunnuksen lisämerkintä U tarkoittaa, että kyseisellä komponentilla on pelkästään Ex-komponenttihyväksyntä eikä komponenttia saada käyttää, ellei sillä ole myös kokonaisuuden kattava ATEX-sertifikaatti. (2, s. 111.)

6 Asiakkaalle toimitettavat dokumentit

Asiakkaalle toimitettavien dokumenttien laajuus vaihtelee projektikohtaisesti. Asiakkaalle toimitetaan aina Ex-tiloista luvun 7.1 (ks. s. 11) mukaiset lähtötiedot, laitteiden ATEX-sertifikaatit, laitevalmistajien ohjeet, Exi-suojausten järjestelmäkuvaukset, laskentatiedot (jos jotakin on todistettu laskemalla) ja sähköpiirustukset. Erikseen sovittaessa on myös toimitettu Ex-tilojen tarkastus- ja mittauspöytäkirjoja sekä mittauspistepiirustuksia (ks. liite 1). Kaikki dokumentit merkitään myöhempää tunnistamista varten piiriin tunnuksella. Standardin SFS-EN 60079-14 kohdassa 4.2 on eritelty tarvittavia asiakirjoja yksityiskohtaisemmin. (7, s. 23 - 24.)

7 Ex-tilaan sijoitettavan laitteen valitseminen ja asentaminen

Laitteeksi katsotaan kaikki komponentit, jotka sisältävät jännitteisiä osia tai vaikuttavat laitteen räjähdysuojaurakenteeseen. Räjähdysvaaralliseen tilaan sijoitettavien laitteiden sekä räjähdysuojaurakenteeseen vaikuttavien komponenttien on oltava ATEX-tyyppihyväksytyjä. Räjähdysvaaralliseen tilaan sijoitettavan laitteen valitsemista varten laitteelle määritellään laiteluokka tai räjähdysuojautaso, räjähdysuojaurakenne, laiteryhmä ja lämpötilaluokka.

7.1 Ex-tilan lähtötiedot

Sähkösuunnittelija tekee laitevalinnat räjähdysvaaralliseen tilaan tilaajan tai tilaajan yhteistyökumppanin toimittamien tilakohtaisten tietojen perusteella. Laitevalintaan tarvittavat tiedot ovat Ex-tilan

- tilaluokitus
- ulkoiset olosuhteet ja ympäristön lämpötila
- pölypilven minimisyyttymislämpötila ja minimisyyttymisenergia sekä pölykerroksen minimisyyttymislämpötila
- lämpötilaluokka tai mahdollisen kaasun tai höyryn syttymislämpötila
- tarvittaessa kaasujen, höyryjen tai pölyjen luokitus sekä sähkölaitteiden räjähdysryhmät. (7, s. 25.)

7.2 Räjähdysuojaustason valitseminen

Räjähdysuojaustasot määrittävät, missä tilaluokassa ja millä räjähdysuojausrakenteella ATEX-tyyppihyväksytyjä laitteita voidaan käyttää. Räjähdysuojaustaso voidaan valita tilaluokan perusteella taulukon 2 mukaisesti tai standardin SFS-EN 60079-14 liitteessä I esitetyn riskiarvioinnin perusteella. (7, s. 25 - 26.)

Taulukko 2. Räjähdysuojausluokat ja niiden yhteys tilaluokkiin (7, s. 25)

Tilaluokka	Tilaa vastaava räjähdysuojaustaso	Tilassa sallitut räjähdysuojaustasot
0	Ga	Ga
1	Gb	Ga tai Gb
2	Gc	Ga, Gb tai Gc
20	Da	Da
21	Db	Da tai Db
22	Dc	Da, Db tai Dc

7.3 Laiteluokan valitseminen

ATEX-tyyppihyväksytyllä laitteella on laiteluokka, joka määrittää missä Ex-tilaluokassa laitetta voidaan käyttää. Laiteluokat vastaavat räjähdysuojaustasoja ja molemmat määritelmät ovat identtisiä. (ks. 7.2, s. 12). Laitevalmistajat käyttävät kumpaakin merkintätapaa. Laiteluokkien yhteys räjähdysuojaustasoihin esitetään taulukossa 3. (7, s. 98.)

Taulukko 3. Laiteluokkien yhteys räjähdysuojaustasoihin (7, s. 98)

Räjähdysuojaustaso	Räjähdysuojaustasoa vastaava laiteluokka
Ga	1G
Gb	2G
Gc	3G
Da	1D
Db	2D
Dc	3D

7.4 Räjähdysuojaurakenteen valitseminen

Räjähdysuojaurakenne ei suoraan määritä, missä tilaluokassa laitetta voidaan käyttää. Räjähdysuojaustaso määrittää, miten laite on suojattu räjähdysten estämiseksi ja miten se tulee asentaa. Räjähdysuojaurakenteista johtuvilla lisävaatimuksilla on huomattavia eroja, ja suurimmat erot lisävaatimuksissa ovat moottorikäyttöissä.

Taulukossa 4 esitetään räjähdysuojaurakenteita, joita voidaan käyttää tietyillä räjähdysuojaukustasoilla. (7, s. 26.)

Taulukko 4. Räjähdyssuojaukustason mukaiset räjähdysuojaurakenteet (7, s. 26)

Räjähdyssuojaukustaso	Räjähdyssuojaurakenne	Tunnus
Ga	Luonnostaan vaaraton	ia
	Massaan valettu	ma
	Kaksi toisistaan riippumatonta suojausrakennetta, jotka täyttävät kumpikin EPL "Gb" vaatimukset	
	Optista säteilyä käyttävien laitteiden tai tiedonsiirtojärjestelmien suojausrakenne	
Gb	Räjähdyssuorakkeen kestävä kotelointi	d
	Varmennettu rakenne	e
	Luonnostaan vaaraton	ib
	Massaan valettu	m tai mb
	Öljytäytteinen	o
	Paineistettu kotelointi	p, px tai py
	Hiekkatäytteinen	q
	Luonnostaan vaaraton kenttäväylä (FISCO)	
	Optista säteilyä käyttävien laitteiden tai tiedonsiirtojärjestelmien suojausrakenne	
Gc	Luonnostaan vaaraton	ic
	Massaan valettu	mc
	Kipinöimätön	n tai nA
	Rajoitetusti hengittävä	nR
	Energia rajoitus	nL
	Kipinöivä laite	nC
	Paineistettu kotelointi	pz
	Kipinöimätön kenttäväylä (FNICO)	
	Optista säteilyä käyttävien laitteiden tai tiedonsiirtojärjestelmien suojausrakenne	
Da	Luonnostaan vaaraton	iD
	Massaan valettu	mD
	Suojaus koteloinnilla	tD
Db ja Dc	Luonnostaan vaaraton	iD
	Massaan valettu	mD
	Suojaus koteloinnilla	tD
	Paineistettu kotelointi	pD

7.5 Laiteryhmän valitseminen

Laiteryhmä määrittää, mille kaasuille tai pölyille laite voidaan turvallisesti altistaa. Palavien nesteiden höyryt ja kaasut jaetaan räjähdysryhmiin perustuen aineen kykyyn levittää räjähdystä kapean raon läpi ja/tai aineen pienimpään syttymisvirtaan. Vastaavasti räjähdysvaarallisen tilan sähkölaitteet jaetaan laiteryhmiin seuraavasti:

- Ryhmän I sähkölaite on tarkoitettu käytettäväksi kaivoskaasun altistamisessa kaivoksissa.
- Ryhmän II sähkölaite on tarkoitettu käytettäväksi kaasuräjähdysvaarallisessa tilassa, paitsi kaivoskaasun altistamisessa kaivoksissa. Ryhmä II jaetaan alaryhmiin A, B ja C, ts.
 - IIA, tyypillinen kaasu on propaani
 - IIB, tyypillinen kaasu on eteeni
 - IIC, tyypillinen kaasu on vety
- Ryhmän III sähkölaite on tarkoitettu käytettäväksi pölyräjähdysvaarallisessa tilassa, paitsi kaivoskaasun altistamisessa kaivoksissa. Laiteryhmän III nykyinen merkintätapa on otettu käyttöön 2010. Ryhmä III jaetaan alaryhmiin A, B ja C, ts.
 - IIIA: palavat hahtuvat
 - IIIB: eristävät pölyt
 - IIIC: johtavat pölyt. (5; s. 212 - 213.)

Laiteryhmä valitaan Ex-tilassa olevan kaasun räjähdysryhmän mukaisesti taulukosta 5:

Taulukko 5. Räjähdysryhmien ja laiteryhmiin yhteensopivuus (7; s. 27)

Kaasun/höyryn tai pölyn räjähdysryhmä	Sallittu laiteryhmä
IIA	II, IIA, IIB tai IIC
IIB	II, IIB tai IIC
IIC	II tai IIC
IIIA	IIIA, IIIB tai IIIC
IIIB	IIIB tai IIIC
IIIC	IIIC

7.6 Ympäristön olosuhteiden vaikutus laitteeseen

Laitetta valittaessa tulee tarkistaa laitteen sijoituspaikka ja ottaa huomioon ympäristön olosuhteiden vaikutus laitteeseen. Laitteella tulee olla oikea IP-luokka ympäristön olosuhteisiin nähden. Ympäristön lämpötilan tulee olla laitteen käyttölämpötila-alueella. Kun laitteen käyttölämpötila-alueella ei ole merkitty, laitetta tulee käyttää lämpötila-alueella -20 - 40 °C. Kaapeliläpivientien käyttölämpötila-alueen oletetaan olevan ilman merkintää -20 - 80 °C. Lisäksi tulee ottaa huomioon muista syistä johtuvat lämpötilan vaikutukset, kuten esimerkiksi prosessin ja auringonsäteilyn aiheuttama lämpeneminen (7, s. 28.)

7.7 Kaasuräjähdyksenvaarallisen tilan laitteen lämpötilaluokan valitseminen

Laitteen lämpötilaluokka ei saa ylittää räjähdysvaaralliselle tilalle määritettyä suurinta sallittua pintalämpötilaa, jottei räjähdysvaarallinen seos räjähdä. Räjähdysvaarallisen tilan pienin sallittu pintalämpötila määräytyy tilassa olevan räjähdysvaarallisen seoksen syttymislämpötilan mukaan. Kaasuräjähdyksenvaarallisen tilan laitteen lämpötilaluokka valitaan tilaluokituksen edellyttämän lämpötilaluokan mukaan taulukosta 6:

Taulukko 6. Kaasuräjähdyksenvaarallisen tilaluokituksen edellyttämän lämpötilaluokan ja sähkölaitteiden lämpötilaluokan välinen yhteys (2, s. 130; 7, s. 28)

Kaasun tai höyryn syttymislämpötila °C	Kaasuräjähdyksenvaarallisen tilaluokituksen edellyttämä lämpötilaluokka	Sähkölaitteiden sallitut lämpötilaluokat	Sähkölaitteen suurin sallittu pintalämpötila °C
> 450	T1	T1 - T6	450
> 300	T2	T2 - T6	300
> 200	T3	T3 - T6	200
> 135	T4	T4 - T6	135
> 100	T5	T5 - T6	100
> 85	T6	T6	85

7.8 Pölyräjähdysvaarallisen tilan laitteen pintalämpötilan valitseminen

Pölyräjähdysvaarallisten tilojen laitteita ei jaeta lämpötilaluokkiin samalla tavalla kuin kaasuräjähdysvaarallisten tilojen laitteet. Pölyräjähdysvaarallisessa tilassa pölyn määrä vaikuttaa laitteen suurimpaan sallittuun pintalämpötilaan. Pölykerrosten kasvaessa pölyn minimisyttymislämpötila alenee, ja laitteen jäähtyminen heikkenee. Laitteen suurin sallittu pintalämpötila lasketaan vähentämällä varmuusmarginaali kyseessä olevan pölyn minimisyttymislämpötilasta. (7, s. 28.)

7.8.1 Pölypilvet

Pölypilvestä johtuvan lämpötilarajoituksen takia laitteen suurin sallittu pintalämpötila saadaan laskettua kaavalla

$$T_{max} = \frac{2}{3} * T_{CL} \quad (1)$$

T_{CL} on pölyilmaseoksen minimisyttymislämpötila. (7, s. 29.)

7.8.2 Pölykerrokset

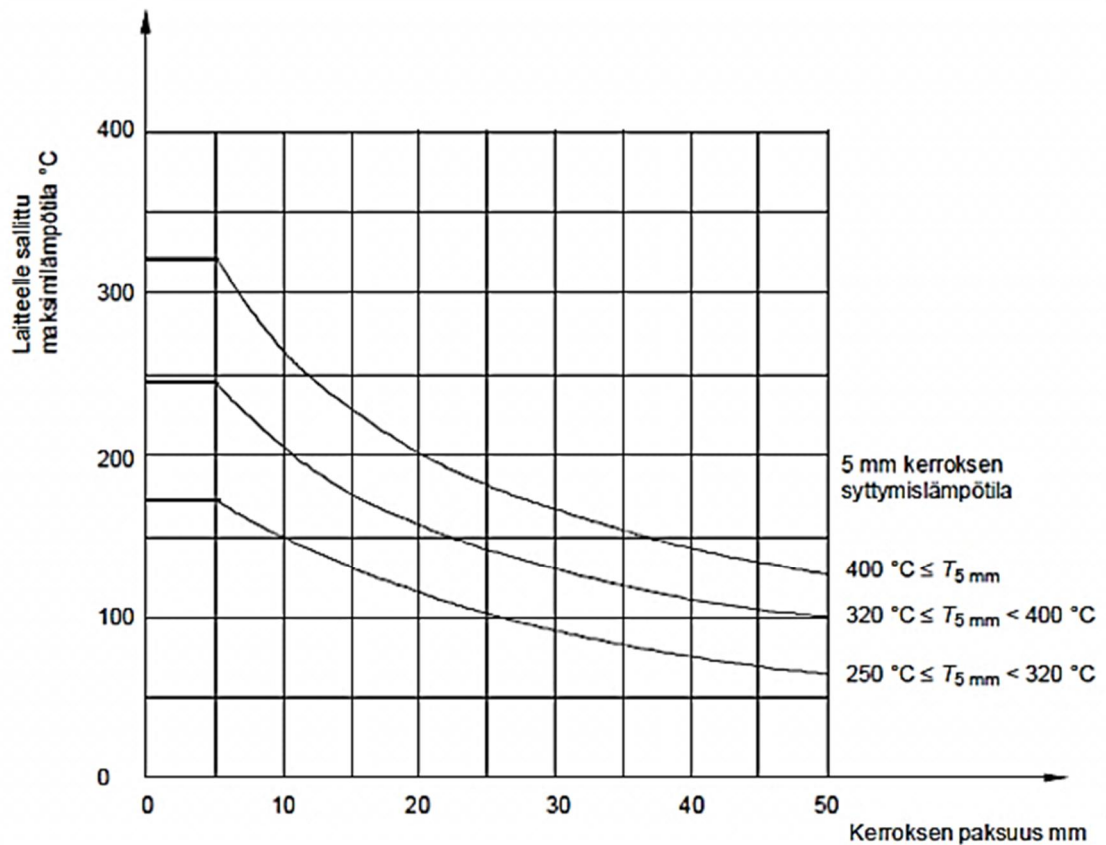
Tämä luku käsittää käytännön A laitteet ja muut pölykerroksille tarkoitetut laitteet mutta ei käytännön B laitteita (ks. 7.8.3, s. 17). Tilassa, jossa laite altistuu enintään 5 mm:n paksuiselle pölykerrokselle, tulee laitteen suurin sallittu pintalämpötila laskea kaavalla

$$T_{max} = T_{5\text{ mm}} - 75\text{ °C} \quad (2)$$

$T_{5\text{ mm}}$ on 5 mm:n pölykerroksen syttymislämpötila. (7, s. 29.)

(Käytännön A koteloinnista ks. 4.8, s. 7.)

Tilassa, jossa käytännön A laite altistuu 5 - 50 mm:n paksuiselle pölykerrokselle ja pölyn 5 mm:n syttymislämpötila on yli 250 °C, tulee laitteen suurin sallittu pintalämpötila todeta kuvasta 4. Jos pölyn 5 mm:n kerroksen syttymislämpötila on alle 250 °C tai kuvan 4 suhteen on epäilyksiä, on laitteelle tehtävä laboratoriotutkimuksia. (7, s. 30.)



Kuva 4. Suurimman sallitun pintalämpötilan aleneminen pölykerroksen kasvaessa (7, s. 30)

7.8.3 Pölykerrokset käytännön B koteloinnilla

Tilassa, jossa käytännön B laite altistuu enintään 12,5 mm:n paksuiselle pölykerroksille, on laitteen pintalämpötilan oltava vähintään 25 °C alhaisempi kuin pölyn 12,5 mm:n kerroksen minimisyttymislämpötila. Tällöin laitteen suurin sallittu pintalämpötila saadaan laskettua kaavalla

$$T_{max} = T_{12,5 \text{ mm}} - 25 \text{ °C} \quad (3)$$

$T_{12,5 \text{ mm}}$ on 12,5 mm:n pölykerroksen syttymislämpötila. (7, s. 30.)

(Käytännön B koteloinnista ks. 4.8, s. 7.)

7.8.4 Paksut pölykerrokset

Paksuiksi pölykerroksiksi katsotaan yli 50 mm:n paksuiset pölykerrokset, joille altistuvat käytännön A laitteet ja muut pölykerroksille tarkoitetut laitteet sekä yli 12,5 mm:n paksuiset pölykerrokset, joille altistuvat käytännön B laitteet. Tilassa, jossa pölyä kertyy laitteen ympärille tai päälle liikaa, tai laite peittyy kokonaan pölyyn, on käytettävä paljon alhaisempaa pintalämpötilaa. Tämä voidaan toteuttaa tehonrajoitusjärjestelmällä, jonka lämpötilanvalvonnan tarve määritellään standardissa IEC 61241-0. Toinen vaihtoehto on käyttää laitetta, johon on merkitty suurin sallittu pintalämpötila T_L -arvolla, joka viittaa sallittuun pölykerrokseen. Tällöin on pölykerroksen syttymislämpötilan $T_{5\text{ mm}}$ -arvon sijasta käytettävä arvon L paksuisen pölykerroksen syttymislämpötilaa. Laitteen suurimman sallitun pintalämpötilan T_L -arvon on oltava vähintään 75 °C alhaisempi kuin paksuudeltaan L olevan pölykerroksen syttymislämpötila. (7, s. 30 - 31.)

7.9 Laitteen asentaminen

Sähkölaitteet tulisi aina sijoittaa räjähdysvaarallisen tilan ulkopuolelle, jos se vain on mahdollista. Laitetta sijoitettaessa on myös huomioitava ympäristön aiheuttamat haitat ja laitteen erityisehdot. Esimerkiksi räjähdyspaineen kestäväällä rakenteella tulee varmistaa, että räjähdyspaineen purkausaukot ovat riittävän etäällä esteistä.

Kotelot ja jakorasiat asennetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti, eikä sallittuja johdinmääriä sekä maksimi virtoja ja jännitteitä ylitetä. Laitteilla ja koteloilla on aina oltava kokonaisuuden kattava ATEX-sertifikaatti, joten laitetta muutettaessa sille on haettava uusi ATEX-tyyppihyväksyntä. Tällöin laitteiden liittimiä ei saa lisätä tai poistaa ilman valmistajan lupaa tai uutta ATEX-tyyppihyväksyntää.

8 Vaatimukset pienjännitejakelujärjestelmille

Pienjännitejakelujärjestelmän tulee olla enintään vaihtojännitteellä 1 000 V (tehollisarvo) tai tasajännitteellä 1 500 V. Räjähdysvaarallisessa tilassa, jakelujärjestelmille on niitä koskevat määräykset ja valvontavaatimukset räjähdysvaarattomia tiloja tiukemmat. Tämä tulee huomioida sähköasennuksia suunniteltaessa. (7, s. 36.)

8.1 TN-S-järjestelmä

Käytettäessä räjähdysvaarallisessa tilassa TN-järjestelmää, tulee käyttää TN-S-järjestelmää. TN-C-järjestelmää ei saa käyttää räjähdysvaarallisessa tilassa. Siirryttäessä TN-C-järjestelmästä TN-S-järjestelmään, erottamalla nolla- ja suojajohdin, tulee suojajohdin kytkeä PEN-kiskoon räjähdysvaarallisen tilan ulkopuolella. (7, s. 36.)

8.2 TT-järjestelmä

TT-järjestelmä tulee suojata vikavirtasuojalla. TT-järjestelmän käyttämistä räjähdysvaarallisessa tilassa tulee harkita maadoitusresistanssin mukaan, sillä maadoitusresistanssin ollessa suuri, TT-järjestelmä ei välttämättä ole hyväksyttävä. (7, s. 36.)

8.3 IT-järjestelmä

Käytettäessä räjähdysvaarallisessa tilassa IT-järjestelmää on käytettävä vähintään hälyttävää maasulun valvontalaitetta, joka hälyttää ensimmäisestä maasulusta. Kahden samanaikaisen maasulun esiintyessä tulee automaattisen poiskytkennän toimia, koska kaksi samanaikaista maasulkua nostaa kosketusjännitteen vaaralliselle tasolle.

Ensimmäinen maasulku tulee etsiä ja poistaa välittömästi valvontalaitteen hälyttäessä, koska maasulun valvontalaite ei pysty havaitsemaan toista maasulkua samassa vaiheessa. Myös IT-järjestelmässä on jännitteelle alttiit osat liitettävä potentiaalintasaukseen. Maasulun valvontalaite sijoitetaan yleensä keskuksen syöttökenttään ja se valvoo koko keskusta. (7, s. 36.)

8.4 Pienoisjännitteiset ELV-järjestelmät

SELV ja PELV-järjestelmien on oltava standardin IEC 60364-4-41 kohdan 414 ja räjähdysvaarallista tilaa vastaavan laiteluokan mukaisia. SELV- ja PELV-järjestelmien suoja-jännitemuuntajan täytyy olla standardin IEC 61558-2-6 mukainen.

SELV-piirin jännitteisiä osia, kuten piirin nollaa, ei maadoiteta tai kytketä minkään muun piirin jännitteisiin osiin tai suojajohtimiin. Jännitteelle alltiit osat voidaan jättää maadoittamatta tai maadoittaa. PELV-piirin rakenne eroaa SELV-piiristä. PELV-piirin jännitteiset osat, kuten piirin nolla, maadoitetaan ja kaikki jännitteelle alltiit osat liitetään yhteiseen maadoitukseen ja potentiaalintasaukseen. (7, s. 36.)

8.5 Sähköinen erotus

Sähköisessä erotuksessa käytetään syöttömuuntajaa erottamaan sähkölaitetta syöttävä sähköverkon osa maasta, jolloin vikapiirin syntyminen käyttömaadoituksen kautta estyy. Sähköinen erotus on toteutettava standardin IEC 60364-4-41 kohdan 413 mukaisesti, kun sitä käytetään räjähdysvaarallisessa tilassa olevan laitteen syöttämiseen. Räjähdysvaarallisessa tilassa syöttömuuntajan tulee olla tilaluokituksen mukainen. Sähköistä erotusta saa käyttää vain yhden laitteen syöttämiseen. (7, s. 37.)

9 Suojaus vaaralliselta kipinöinniltä

9.1 Staattisen sähkön poistaminen

Staattisen sähkön varautuminen estetään käyttämällä johtavia ja ATEX-tyyppihyväksytyjä materiaaleja, oikein tehdyllä potentiaalintasauksella sekä oikeilla työskentelymenetelmillä. Maayhteyden resistanssi, joka on alle 1 M Ω , on riittävä poistamaan staattista sähköä mutta poikkeuksena suurempiakin resistansseja voidaan hyväksyä tekemällä riskiarviointi. Ukkossuojauksen tai sähkönjakelujärjestelmän maadoitusvaatimusten täyttämiseksi tarvitaan normaalisti alhaisempia maadoitusresistanssiarvoja.

Tarkemmin staattisen sähkön poistamista ja ehkäisyä on käsitelty SFS-käsikirjan 604-1 luvussa 4, SFS-käsikirjassa 118 ja Maluxin käsikirjassa: Maadoitus- ja potentiaalintasauksen sovellukset. (5; s. 346 - 347.)

9.2 Kevytmetallin rajoitukset

Kevytmetallit aiheuttavat herkästi kitkasta aiheutuvaa kipinöintiä, joten niiden käyttöä on rajoitettu. Kaasuja ja höyryjä sisältävässä tilassa rajoitukset eivät sähköasennuksiin vaikuta, mutta pölyräjähdysvaarallisessa tilassa rajoitukset vaikuttavat sähköasennusten materiaalivalintoihin. (7, s. 33.)

9.2.1 Kevytmetallien rajoitukset kaasuräjähdysvaarallisessa tilassa

Kaasuja ja höyryjä sisältävässä tilassa asennustarvikkeet eivät saa sisältää painoprosenteissa enempää kuin

- tiloissa, joissa vaaditaan räjähdysuojaustaso "Ga (1G)"
 - yhteensä 10 % alumiinia, magnesiumia, titaania ja zirkoniumia, tai
 - yhteensä 7,5 % magnesiumia, titaania ja zirkoniumia
- tiloissa, joissa vaaditaan räjähdysuojaustaso "Gb (2G)"
 - yhteensä 7,5 % magnesiumia ja titaania
- tiloissa, joissa vaaditaan räjähdysuojaustaso "Gc (3G)"
 - ei vaatimuksia. (7, s. 33.)

9.2.2 Kevytmetallien rajoitukset pölyräjähdysvaarallisessa tilassa

Pölyräjähdysvaarallisessa tilassa 22 ei tarvitse ottaa huomioon kitkakiipinöintiriskiä kiinteästi asennetuilla alumiinikoteloituilla sähkölaitteilla eikä alumiiniarmeeratuilla tai suojuetuilla kaapeleilla. Kitkakiipinöintiriski tulee huomioida, jos voimakkaan iskun seurauksena voi lisäksi vapautua palavia aineita. Samaa sovelletaan myös tilaluokassa 21. Jos iskujen esiintymisriski on suuri, niin tilaluokassa 21 on vältettävä kevytmetallisia kotelaita ja alumiinilla suojattuja kaapeleita. Näitä kaapeleita ja laitteita ei saa käyttää tilaluokassa 20. Pölyräjähdysvaarallisen tilassa siirrettäviä kevytmetalli- tai kevytmetalliseoskotelaita tulee välttää, koska niiden käyttämien vaatii erikoistoimenpiteitä. (7, s. 89.)

9.3 Katodisuojatuttujen metallien haitat

Katodisuojaus ehkäisee ruosteen syntymistä, ja se voidaan toteuttaa DC-virran vaikutuksella tai päällystämällä metalli uhrianodilla. Katodisuojatun metallin potentiaali on rautaa pienempi, mikä aiheuttaa potentiaalieroja, mahdollisesti kiertovirtoja ja kipinöinti-riskin. Nämä ongelmat koskevat DC-virran vaikutuksella katodisuojatuja metalleja eivätkä uhrianodilla galvanoidut metallit yleensä aiheuta näitä ongelmia. Katodisuojatut osat saatetaan eristää muusta putkistosta eristyspalalla. Metalliosia ei saa katodisuojata tilassa, jossa vaaditaan räjähdysuojaustasoa Ga tai Da, paitsi erikoistapauksissa. Katodisuojatujen metalliosien potentiaalintasaus tulee toteuttaa yhteistyössä katodisuojausten toteuttavan yrityksen kanssa. (7, s. 39.)

9.4 Asennustarvikkeet

Asennustarvikkeina pidetään komponentteja, joilta ei vaadita ATEX-tyyppihyväksyntää ja jotka eivät sisällä jännitteisiä osia tai vaikuta minkään laitteen räjähdysuojausrakenteeseen. Tällaisia komponentteja ovat kaapelihyllyt, niiden lisätarvikkeet, asennusputket sekä muut vastaavanlaiset asennustarvikkeet. Asennustarvikkeisiin on sovellettava tämän kappaleen rajoituksia vaarallisen kipinöinnin riskin minimoimiseksi.

Kaasu- tai pölyräjähdysvaarallisessa tilassa tulisi ensisijaisesti käyttää vain metallisia tai muita johtavia materiaaleja, mutta on myös huomioitava kevytmetalleja koskevat rajoitukset (ks. 9.2, s. 21). Kun käytetään eristäviä asennustarvikkeita, joilta ei vaadita ATEX-tyyppihyväksyntää, kuten muovipäällysteisiä kaapelitikkaita, muovisia asennuslevyjä tai muovisia sääsuoja, tulee noudattaa materiaalin pinta-alaa, eristysresistanssia ja läpilyöntijännitettä rajoittavia standardin SFS-EN 60079-14 kohdan 6.4 vaatimuksia. Näiden vaatimuksien toteutumista on hyvin vaikea todentaa, joten ainoa varma tapa on käyttää johtavia asennusmateriaaleja. (5, s. 298.)

9.5 Kiertovirrat

Pyörivien sähkökoneiden kotelorakenteissa, varsinkin moottoreiden käynnistyksen aikana, voi syntyä huomattavia kiertovirtoja joita kutsutaan myös laakerivirroiksi. Kiertovirrat aiheuttavat haittoina lämpenemistä ja kiertovirtojen katkeamisesta syntyviä valo-

kaaria ja kipinöitä. Laakerivirrat vaurioittavat moottorin laakereita lyhentäen niiden elinikää. Laakereiden vaurioituminen lisää kitkaa, mikä aiheuttaa laakereiden lämpenemistä ja räjähdysvaarallisessa tilassa kaikki ylimääräinen lämpeneminen on vaaratekijä. Moottorin laakerin vaurioitumisen tiedetään aiheuttaneen jopa tulipaloja. Näiden haittojen estämiseksi on tarvittaessa ryhdyttävä varotoimiin.

Moottoreiden suunnittelu- ja valmistustavat ovat lähes poistaneet moottorin epäsymmetrian aiheuttamat pientaajuiset laakerivirrat mutta uudet vaihtovirtakäytöt saattavat aiheuttaa laakereiden kautta purkautuvia suurtaajuisia virtapulsseja. Jotta hajavirrat palaisivat vaihtosuuntaajan runkoon muuta tietä kuin moottorin laakereiden kautta, on varmistettava kunnollinen maadoitus. Virtoja voidaan pienentää käyttämällä symmetrisiä moottorikaapeleita tai vaihtosuuntaajan lähtösuodinta. Eristetyn laakerin käyttäminen moottorissa katkaisee laakerivirtojen reitit kokonaan. Moottoreiden kiertovirtojen vähentäminen tulee toteuttaa aina moottori- ja taajuusmuuttajavalmistajan ohjeiden mukaisesti. (5, s. 217; 8, s. 5 - 6.)

9.6 Sähkömagneettinen säteily

Standardissa SFS-EN 60079-14 kohdassa 6.6 sanotaan, että

Sähköasennusten suunnittelussa on otettava huomioon riittävät toimenpiteet sähkömagneettisten säteilyvaikutusten rajoittamiseksi turvalliselle tasolle (ks. IEC 60079-0). (7, s. 39.)

Standardissa SFS-EN 60079-0 on annettu sähkölaitteiden suurimmat sallitut säteilyarvot Ex-tiloissa. Käytännössä on luotettava siihen, että kun sähköasennukset tehdään laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti, nämä säteilyarvot eivät ylity. Lisäksi on huolehdittava, ettei näitä arvoja ylittäviä säteilylähteitä sijoiteta räjähdysvaarallisen tilan lähistölle.

9.7 Ukkossuojaus

Räjähdysvaarallisia tiloja sisältävien rakennusten ukkossuojauksen suunnittelu vaatii aikaisempaa kokemusta räjähdysvaarallisten tilojen sekä ukkossuojauksen suunnittelusta, jotta kokonaisuudesta tulisi toimiva ja kaikki salaman aiheuttamat vaarat saataisiin poistettua. Näillä ohjeilla ei pystytä Ex-tilan ukkossuojausta toteuttamaan. Ex-tilojen

ukkosuojauksen tulee olla standardin IEC 62305-3 liitteen D mukainen ja Ex-tilojen ukkosuojausta käsitellään myös SFS-käsikirjassa 609, joka perustuu kyseiseen IEC-standardiin.

9.7.1 Ukkossuojauksen periaatteet

Pölyräjähdysvaarallisten tilojen ukkosuojaukselle ei Suomessa aseteta lainsäädännöllisiä vaatimuksia, mutta SFS-käsikirjassa 609 annetaan ohjeita pölyräjähdysvaarallisen tilan ukkosuojauksen toteuttamiseksi (9, s. 139).

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä palavista nesteistä (313/85) pykälän 2 momentissa todetaan seuraavasti:

Sellaiset palavan nesteen säiliöt, putkistot ja laitteistot, joiden osalta salamaniskuvaara on ilmeinen niiden rakenteen tai sijainnin vuoksi, tulee maadoittaa salamaniskun varalta. Maadoitusvastus saa olla enintään 20 Ω . (9, s. 139.)

Ukkossuojauksen peruseriaatteet ovat seuraavat:

- Räjähdyskelpoisia seoksia sisältävän rakennuksen maadoitusresistanssin tulee olla enintään 10 Ω .
- Salama pyritään ohjaamaan vähemmän vaaralliseen kohtaan, mieluiten vaara-alueen ulkopuolelle. Vastaanottorakenne on sijoitettava siten, ettei suorassa salamaniskussa kipinöivät roiskeet ja sulaminen aiheuta räjähdysvaaraa.
- Alastulojohtimet pyritään sijoittamaan ensisijaisesti räjähdysvaarallisen alueen ulkopuolelle. Johtimissa kulkeva salamavirta ei saa aiheuta räjähdysvaarallisessa tilassa kipinöintiä, eikä johtimien ja liittimien lämpötila saa nousta yli alueen lämpötilaluokituksen.
- Potentiaalintasaus tehdään laiteosien ja ukkosuojauksen välillä ja laiteosien ja maan välillä niin, että ylilyönti estetään räjähdysvaarallisella alueella.
- Mitä useampi alatulojohtimia on, sitä pienemmät ovat rakennuksen sisälle indusoituvat jännitteet.
- Palavia nesteitä sisältävä säiliö ei tarvitse erillisiä vastaanottorakenteita, jos sen seinämän paksuus on yli 5 mm terästä tai 7 mm alumiinia. (9, s. 139 - 140.)

9.7.2 Ylijännitesuojaus

Ylijännitesuojaus sisältyy ukkossuojaukseen ja se tulee toteuttaa Ex-tilassa standardin IEC 62305-3 mukaisesti. Lisäksi standardissa SFS-EN 60079-14 vaaditaan ylijännitesuojaus joillekin luonnostaan vaarattomille piireille, joita ei käsitellä tässä työssä.

9.8 Ex-tilan potentiaalintasaus

Suojamaadoituksen ja potentiaalintasauksen tarkoituksena on estää sähkölaitteen eristysvian, staattisen sähköön, kiertovirtojen ja ilmastollisten ylijännitteiden aiheuttamaa sähköiskun ja vaarallisen kipinöinnin vaaraa. Näiden synnyttämät energiat pyritään johtamaan hallitusti ja vaaraa aiheuttamatta maahan. (10.)

9.8.1 Jännitteelle alttiit ja muut johtavat osat

Käytettäessä TN-, TT- tai IT-jakelujärjestelmää räjähdysvaarallisessa tilassa, on kaikki jännitteelle alttiit ja muut johtavat osat, kuten metalliset säiliöt, putkistot ja koneiden rungot tai vastaavat laajat metallirakenteet, yhdistettävä potentiaalintasausjärjestelmään. Potentiaalintasausjärjestelmä on yhdistettävä sähköverkon suojamaadoitusjärjestelmään. Myös pienet metallinkappaleet, kuten muoviputkissa olevat laipat ja venttiilit on yhdistettävä potentiaalintasausjärjestelmään. (Esimerkkipiirustus räjähdysvaarallisen tilan potentiaalintasauskiskon kytkennöistä ks. liite 2.)

Jännitteelle alttiita osia ei tarvitse erikseen yhdistää potentiaalintasausjärjestelmään, jos ne ovat suoraan yhteydessä tai johtavasti yhdistettynä metallirakenteeseen tai putkistoon, joka on yhdistetty potentiaalintasausjärjestelmään. Metallirakenteiden johtavaksi liitokseksi katsotaan hitsatut, niitatut, pultein tai vastaavalla tavalla tehdyt liitokset. Jos putkistossa on eristäviä liitoksia tai potentiaalintasausjärjestelmän johtava yhteys katkeaa poistettaessa jonkin putkiston osa, on tällaiset kohdat ylitettävä johtimella tai yhdistettävä eri putkiston osat erikseen potentiaalintasausjärjestelmään. Yhtenäiset metallirakenteet yhdistetään potentiaalintasausjärjestelmään vähintään yhdestä pisteestä ja suuret rakenteet useammista pisteistä. (7, s. 37; 11, s. 20; 12, s. 166 - 167.)

9.8.2 Sähkölaitteiden metallikotelot ja -rungot

Vaikka jännitteelle alttiit osat on suojamaadoitettu, on sähkölaitteiden metallikotelot ja -rungot yhdistettävä myös erillisellä johtimella potentiaalintasausjärjestelmään, ellei kyseessä ole sähkölaite, jonka runko on luotettavasti johtavassa yhteydessä potentiaalintasattuihin rakenneosiin. Metallikoteloiduissa sähkölaitteissa on sisäisen suojamaadoitusliittimen lisäksi ulkoinen potentiaalintasausliitin. (12, s. 167.)

9.8.3 Liikkuvat ja pyörivät koneenosat

Liikkuvien ja pyörivien koneenosien staattinen varaus pitää purkaa turvallisesti. Resistanssi laakerien voitelukalvon yli on harvoin suurempi kuin 1 k Ω . Tämä riittää purkamaan staattisen varauksen ilman erityisiä maadoitusvälineitä, koska staattinen varaus purkautuu alle 1 M Ω resistanssilla. Tarvittaessa on mitattava, että potentiaalintasauksen resistanssi on alle 1 M Ω . Jos resistanssia on yli 1 M Ω , voidaan potentiaalintasautta tehostaa käyttämällä johtavaa voiteluainetta tai yhdistämällä osat potentiaalintasaukseen liukuharjojen tai vastaavien avulla. Tätä voidaan soveltaa myös muihin liikkuviin osiin. (5, s. 346; 11; s. 20.)

9.8.4 Kytkemättömät johtimet, armeeraukset ja häiriösuojat

Kytkemättömät johtimet, joiksi katsotaan myös armeeraukset, johtavat suojavaipat ja instrumentointikaapeleiden häiriösuojien maadoitusjohtimet, on kytkettävä Ex-tilan potentiaalintasaukseen tai eristettävä Ex-tilan potentiaalintasauksesta (ks. 13.2, s. 39). Sähkötilassa armeeraus suojamaadoitetaan ja häiriösuojat kytketään toiminnalliseen potentiaalintasaukseen. Armeeraus voidaan suojamaadoittaa käyttämällä soveltuvaa holkkitiivistettä, tinajuotosta tai puristusliitintä. (7, s. 37, 46, 58.)

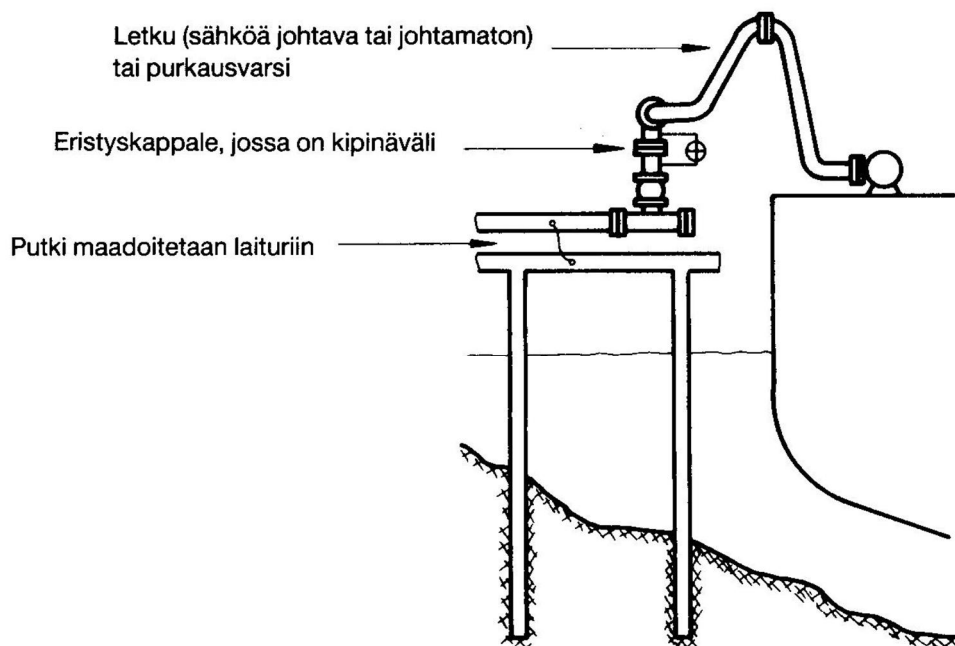
Standardissa SFS-EN 60079 sanotaan, että jos armeeraus tai johtava suojavaippa maadoitetaan vain räjähdysvaarallisen tilan ulkopuolella, niin tämä maadoituspaikka tulee yhdistää räjähdysvaarallisen tilan potentiaalintasausjärjestelmään. Yleensä yhdistys tapahtuu viimeistään päämaadoituskiskossa, jossa yhdistetään potentiaalintasausjärjestelmä ja suojamaadoitusjärjestelmä.

9.8.5 Ulkona ja maan alla sijaitsevat johtavat osat

Ensimmäisenä on päätettävä onko tarpeen suojautua ukkoselta. Ukkoselta suojautuessa potentiaalintasaus ja maadoitus tulee toteuttaa SFS-käsikirjan 609 luvun 6 mukaisesti. Kaikki ulkona sekä maan alla räjähdysvaarallisessa tilassa sijaitsevat johtavat osat on liitettävä potentiaalintasaukseen. Ulkona sijaitsevat säiliöt yhdistetään yleensä maahan asennettavaan runkomaahan tai maadoituselektrodiin (ks. liite 3).

9.8.6 Putkistojen eristyspalat

Putkistoissa voi olla eristäviä liitoksia eli eristyspaloja harhavirtojen ja kipinävaaran estämiseksi. Tällaisia harhavirtoja yleensä aiheuttavat katodisuojatut säiliöajoneuvot, -laivat, maanalaiset putkistot tai säiliöt, koska katodisuojatun rakenteen potentiaali on pienempi kuin raudan. Eristettyä putkea ei saa liittää Ex-tilan potentiaalintasaukseen, ellei järjestelmä ole erityisesti suunniteltu sitä varten. Ukkossuojauksena voidaan eristettyjen putkien väliin asentaa kipinäväli, joka poistaa putkien väliin syntyvän jänniteeron salaman iskiessä. Eristyspalat tulisi mahdollisuuksien mukaan sijoittaa räjähdysvaaralliseen tilan ulkopuolelle mutta aina tämä ei ole mahdollista, jolloin kipinävälin on oltava ATEX-tyyppihyväksytty. Seuraavan sivun kuvassa 5 esitetään esimerkki eristyspalan ja kipinävälin käytöstä. (11, s. 27 ja 48.)



Kuva 5. Esimerkki säiliöaluksen täytön putkistossa käytettävästä eristyspalasta ja kipinävälistä. Laitokselta tuleva katodisuojaamaton putki yhdistetään potentiaalintasaukseen. Säiliöaluksen katodisuojaattu putki sekä liittimet eristetään alueen potentiaalintasauksesta ja yhdistetään johtavasti säiliöalukseen. (11, s. 27.)

9.8.7 Tilapäinen potentiaalintasaus

Tilapäinen potentiaalintasaus tehdään räjähdysvaaralliselle alueelle siirrettäviin kohteisiin kuten ajoneuvoihin, tynnyreihin ja siirrettäviin laitteisiin. Tilapäisen potentiaalintasauksen lopullinen liitântä tehdään räjähdysvaarattomalla alueella tai liittimillä, jotka täyttävät tilan räjähdyssojaustasovaatimukset. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää ennalta suunniteltuja ja dokumentoituja menetelmiä, joilla ehkäistään kipinöintivaaraa.

Tilapäistä potentiaalintasausta suunniteltaessa tulee huomioida räjähdysvaarallisen tilan räjähdyssojaustasovaatimukset. Tilapäisen potentiaalintasauksen johtimien sekä liitosten tulee olla kestäviä, taipuisia ja mekaanisesti riittävän lujarakenteisia kestääkseen käytön aikaiset liikkeet ja ympäristön olosuhteet. Potentiaalintasauspihdin tulee olla nimenomaan potentiaalintasaukseen tarkoitettu. Kaasuräjähdysvaarallisessa tilassa tilapäisen potentiaalintasauksen metalliosienvälinen resistanssin on oltava alle 1 MΩ. Pölyräjähdysvaarallisessa tilassa metalliosien välinen resistanssi voi olla suurempi kuin 10 mm²:n kuparijohtinta vastaava resistanssi.

Tilapäisen potentiaalintasauksen suorittamiseen on laitevalmistajilla valmiita laitekoko-
naisuuksia, jotka esimerkiksi sisältävät mittalaitteita ja käyttäjää ohjeistavia reaaliaikai-
sia toimintoja. Näitä erilaisia tilapäisen potentiaalintasauksen sovelluksia esitellään
tarkemmin Maluxin käsikirjassa: Maadoitus- ja potentiaalintasaussovellukset. (7, s. 38.)

9.8.8 Ei yhdistetä potentiaalintasausjärjestelmään

Metallisten kappaleiden kapasitanssin, fyysisen koon ja voimakkaan varausmekanis-
min toteaminen suunniteltaessa on erittäin hankalaa. Varmin tapa on yhdistää kaikki
johtavat kappaleet potentiaalintasaukseen, mutta SFS-käsikirjan 604-1 kappaleen 4 ja
SFS-käsikirjan 118 mukaan voidaan seuraavia ohjeita noudattaa, jos pystytään todis-
tamaan vaadittavien ehtojen toteutuminen:

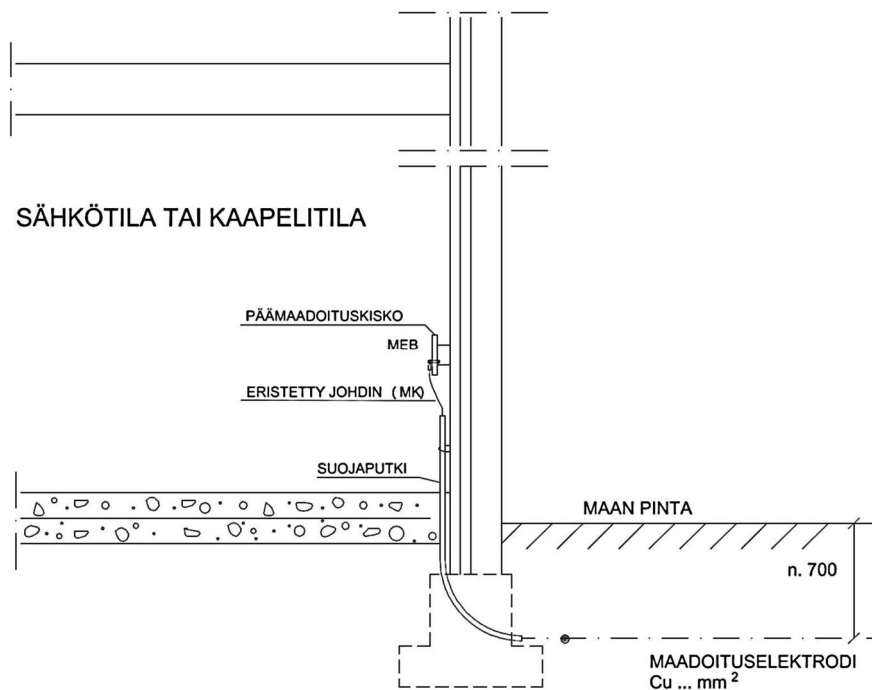
- Kapasitanssiltaan alle 3 pF esineitä (esim. ruuvit ja mutterit), ei tarvitse maadoittaa staattisen varauksen poistamiseksi missään tilaluokassa, edellyttäen että ei esiinny voimakkaita varausmekanismeja.
- Tilaluokissa 1 ja 2 räjähdysryhmien IIA ja IIB palavilla kaasuilla ja nesteil-
lä, kapasitanssiltaan alle 10 pF esineitä (esim. saranat, ovenkahvat, lai-
pat, joiden halkaisija < 50 mm), ei tarvitse maadoittaa staattisen varauk-
sen poistamiseksi, edellyttäen että ei esiinny voimakkaita varausmekani-
smeja.
- Pölyräjähdysvaarallisissa tiloissa, kapasitanssiltaan alle 10 pF esineitä
(esim. saranat, ovenkahvat, laipat, joiden halkaisija < 50 mm), ei tarvitse
maadoittaa staattisen varauksen poistamiseksi edellyttäen, että ei esiinny
voimakkaita varausmekanismeja, tai että käsitellään pölyjä, joiden mini-
misytymisenergia on yli 10 mJ.

Exi-laitteiden metallikoteloita ei tarvitse yhdistää potentiaalintasausjärjestelmään, ellei-
vät laiteohjeet tai staattisen sähkövarauksen purkautuminen sitä edellytä. Sähköisesti
erotettujen virtapiirien jännitteelle alttiita osia ei saada kytkeä muiden piirien suojajoh-
timiin tai jännitteelle alttiisiin osiin tai maahan.

Luvun 9.8.6 (ks. s. 27) mukaisia tarkoituksella eristettyjä putkistoja ja rakenteita ei yh-
distetä potentiaalintasaukseen. Katodisuojuja metalliosia ei saa yhdistää potentiaa-
lintasausjärjestelmään, ellei järjestelmä suunnitella erityisesti sitä varten (ks. 9.3, s. 22).
(5; s. 298; 7, s. 37 - 38; 11, s. 19.)

9.8.9 Maadoituskiskot ja mittauspisteet

Potentiaalintasauskiskoja voidaan käyttää mittauspisteinä, ja ne tulee sijoittaa ensisijaisesti räjähdysvaarallisen tilan ulkopuolelle. Potentiaalintasauskiskot nimetään tunnusjärjestelmän mukaisesti ja varustetaan tunnuskilvillä. Jotta maadoitusresistanssi ja elektrodin jatkuvuus voidaan mitata, maadoituselektrodiin tai rengasjohtimeen liitetyt maadoitusjohtimet on erotettava toisistaan ja muista maadoitusjohtimista tai muista maahan yhdistetyistä sähköä johtavista esineistä ennen päämaadoituskiskoon liittämistä. Maadoituselektrodiin liitettävät maadoitusjohtimet on eristettävä 2 m:n matkalta tai ainakin varsinaiseen maadoituselektrodiin saakka kuvan 6 mukaisesti. Prosessitilassa sijaitsevat potentiaalintasauskiskot tulee suojata ympäristön haitoilta. (11, s. 52; 13, s. 19.)



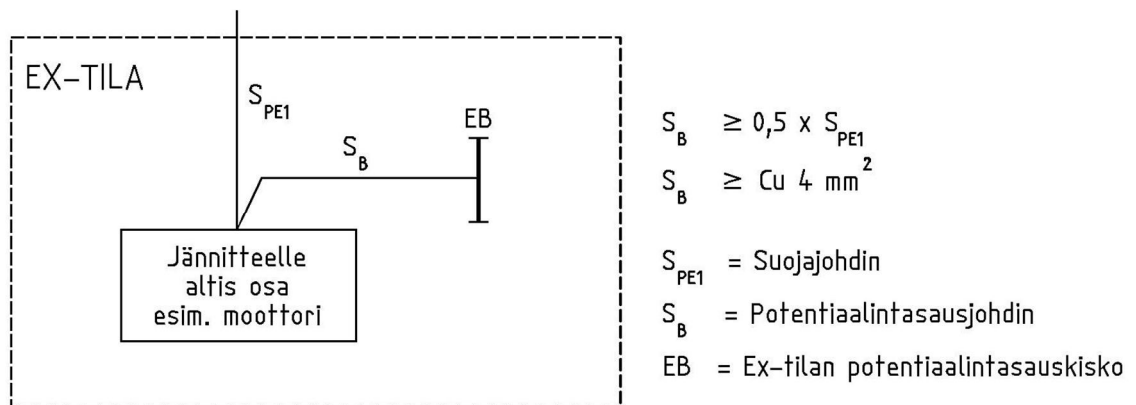
Kuva 6. Esimerkkipiirustus maadoituselektrodin liittämisestä päämaadoituskiskoon (14, s. 4)

9.8.10 Potentiaalintasausjohdin ja -liitokset

Ex-tilassa potentiaalintasausjohdin voidaan mitoittaa yleisten asennusvaatimusten mukaisesti. Yleiset asennusvaatimukset vaativat, että pääpotentiaalintasausjohtimen on oltava poikkipinnaltaan vähintään puolet asennuksen suurimmasta suojamaadoitusjohtimesta mutta vähintään 6 mm²:n ja enintään 25 mm²:n kuparijohdin. Teollisuudessa on

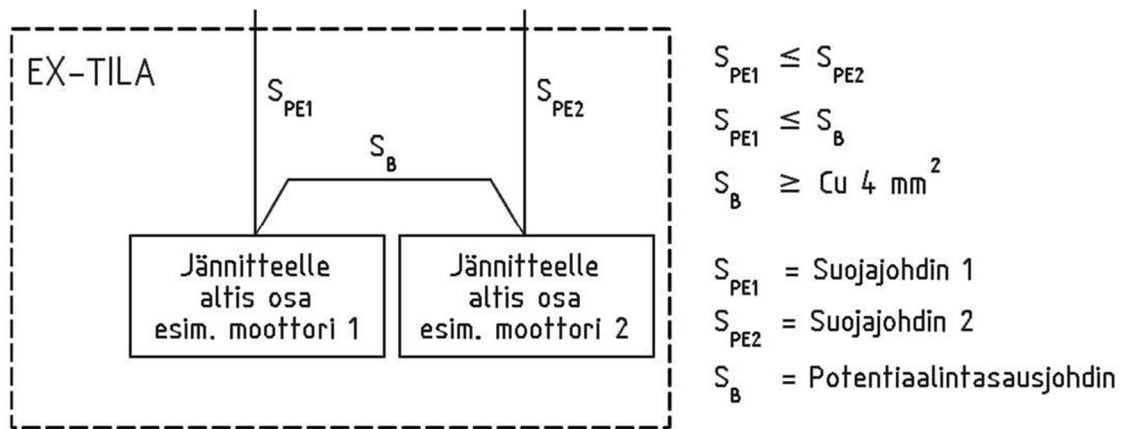
kuitenkin mekaanisen kestävyuden, suurten oikosulkuvirtojen ja pitkien etäisyyksien kannalta syytä käyttää poikkipinnaltaan suurempaa johdinta. Esimerkiksi kaapelihyllyjen ja johtavien rakenteiden potentiaalintasaukseen käytetään yleensä 50 mm²:n kuparijohdinta. Eristetyn johtimen päällysteen on oltava kelta-vihreäraitainen. Potentiaalintasauskiskolta lähtevä johdin tulee nimetä ja varustaa kaapelikilvellä, johon on merkitty kyseisen johtimen tiedot.

Ex-tilassa sähkölaitteiden suojamaadoitetut metallikotelot ja -rungot on yhdistettävä erillisellä johtimella potentiaalintasausjärjestelmään. Standardissa SFS-EN 60079-14 ei ole mainintaa lisäpotentiaalintasauksesta mutta, koska sähkölaitteen runko on suojamaadoitettu, voidaan erillistä yhdistystä potentiaalintasausjärjestelmään pitää lisäpotentiaalintasauksena. Lisäpotentiaalintasausjohtimen tulee olla mekaanisesti suojamattomana vähintään 4 mm²:n kuparijohdin. Suojamaadoitetun laitteen potentiaalintasausjärjestelmään yhdistävä johdin voidaan mitoittaa kuvan 7 mukaisesti:



Kuva 7. Suojaavan potentiaalintasausjohtimen mitoitus jännitteelle alttiin osan ja potentiaalintasauskiskon välissä

Kaksi suojamaadoitettua laitetta toisiinsa yhdistävä potentiaalintasausjohdin voidaan mitoittaa kuvan 8 mukaisesti:



Kuva 8. Suojaavan potentiaalintasausjohtimen mitoitus kahden jännitteelle alttiin osan välissä

Jos salamavirta voi kulkea potentiaalintasausjärjestelmän kautta maahan, tulee noudattaa ukkossuojauksen määräyksiä ja nämä johtimet ja liitokset on mitoittettava kestämään vähintään salaman aiheuttama virta. Räjähdyksvaarallisella alueella sijaitsevat johtimet ja liitokset eivät saa lämmetä salaman vaikutuksesta yli tilaluokituksen itsesytyislämpötilan eivätkä aiheuttaa kipinöintiä. SFS-käsikirjassa 609 ohjeistetaan johtimien ja liitosten mitoittamisessa.

Potentiaalintasausliitosta tehdessä tulee ottaa huomioon sääolosuhteiden ja eri metallien väliset korroosiovaikutukset. Potentiaalintasausjohtimen liitokset on tehtävä käyttäen hitsausta, juotosta tai sopivaa löystymistä vastaan varmistettua liitintä. Haaroituksilla ja jatkoksilla on oltava riittävä johtokyky ottaen huomioon esiintyvät kiertovirrat ja ukkosvirrat. Ruuviliitintä ei suositeta asennettavaksi maahan tai betonivaluun. Suojapalmikointiin tai armeeraukseen puristuvaa kaapeliläpivientä voidaan käyttää potentiaalintasaukseen. (7, s. 37; 12, s. 167; 15, s. 312; 16, s. 290.)

9.9 Räjähdyksvaarallisen tilan yläpuoliset laitteet ja kaapelit

Räjähdyksvaarallisen tilan yläpuolelle ei saa asentaa ilmajohtoja eikä eristämättömiä johtimia. Eristämättömiksi johtimiksi katsotaan myös osittain eristetyt nostureiden virtakiskot ja pien- tai pienoisjännitteiset virtakiskot. Pienpainenatriumlamppuja ei saa asentaa räjähdyksvaarallisen tilan yläpuolelle missään olosuhteissa, vaikka valaisin olisikin

umpinainen ja koteloitu. Tämä johtuu siitä, että pienpainenatriumlamppu sisältää vapaata metallista natriumia. Suurpainenatriumlamppuja, jotka ovat standardin IEC 60662 mukaisia, saa käyttää. Räjähdyksivaarallisen tilan korkeimmasta kohdasta 3,5 m ylöspäin olevan alueen laitteet eivät saa muodostaa kuumia hiukkasia tai pintalämpötiloja, tai niiden on oltava kokonaan koteloituja tai varustettu sopivilla suojilla, jotta estetäisiin mahdollisten syttymislähteiden putoaminen räjähdysvaaralliseen tilaan. Tällaisia laitteita voivat olla

- sulakkeet, jotka voivat aiheuttaa valokaaria, kipinöintiä tai kuumia hiukkasia
- kytkimet, jotka voivat aiheuttaa valokaaria, kipinöintiä tai kuumia hiukkasia
- moottorit, joissa on liuku- tai harjakoskettimet
- lämmityslaitteet, lämmityselementit tai vastaavat laitteet, jotka voivat aiheuttaa valokaaria, kipinöintiä tai kuumia hiukkasia
- kaikentyyppisten purkauslamppujen lisälaitteet, kuten kuristimet, kondensaattorit ja sytyttimet
- kaikki lamput. (7, s. 37 ja 43; 17, s. 44.)

10 Sähköinen erottaminen

Turvallista työskentelyä ja huoltotöitä varten on jokainen virtapiiri tai ryhmäjohto varustettava sopivalla erotuslaitteella. Tällaiseksi erotuslaitteeksi katsotaan esimerkiksi erotin, varoke tai johdinliitos. Erottaminen on tehtävä kaikissa johtimissa, nollajohdin mukaan lukien. Nollajohdin tulee erottaa, koska vaiheiden epätasaisesta kuormituksesta johtuen, nollajohtimessa on yleensä jännite. Erotuslaite tulee varustaa merkinnällä, josta selviää vähintään erotettava virtapiiri tai ryhmäjohto. Erotuslaitteen on näiden lisäksi täytettävä standardin SFS 6000-5-537 ja sähkötyöturvallisuutta käsittelevän standardin SFS-6002 vaatimukset. (2, s. 118; 7, s. 41 - 42.)

11 Häätä-pois-kytkentä

Räjähdyksivaarallisessa tilassa sijaitsevien laitteiden sähkönsyöttö on pystyttävä katkaisemaan hätätilanteessa vaara-alueen ulkopuolelta. Häätä-pois-kytkentään ei voida liittää

laitteita, joiden poiskytkeminen aiheuttaa suuremman vaaran kuin niiden päällä oleminen, kuten esimerkiksi turvavalaistusta. Häätä-pois-kytkennän on erotettava kaikki sähkösyötön johtimet, myös nollajohdin. Normaalisti tähän riittää sähkökytkentätilassa sijaitsevat kytkinlaitteet. Prosessin ja koneturvallisuuden häätä-seis-toiminnot arvioidaan erikseen.

Erikoistapauksissa häätä-pois-kytkentäpaikat on arvioitava ottaen huomioon laitoksen laajuus, henkilöstön sijainti laitoksessa normaalin toiminnan aikana sekä laitoksen käytön luonne, jolloin häätä-pois-kytkentä on toteutettava turva-automaatiojärjestelmällä. Tämän tarpeellisuudesta päättävät laitoksen turvallisuustyöryhmä. (2, s. 118; 7, s. 41.)

12 Sähköinen suojaaminen

12.1 Yleiset vaatimukset

Johdot tulee suojata oikosuilta, maasuilta ja ylikuormitukselta. Sähkölaitteet tulee suojata oikosuilta ja maasuilta. Oiko- ja maasulkulaitteet eivät saa palautua automaattisesti vikatapauksessa. Monivaiheinen sähkölaite tulee lisäksi suojata vaiheen katkeamista vastaan automaattisella sähkönsyötön laukaisulla, kun vaiheen katkeaminen voi aiheuttaa ylikuormenemisen. Kun moottorin automaattinen sähkönsyötön laukaisu aiheuttaa suuremman riskin kuin räjähdysvaarallisen seoksen syttyminen, voidaan laukaisun sijaan käyttää hälytintä, olettaen että korjaustoimenpiteisiin ryhdytään välittömästi. (7, s. 40.)

12.2 Moottoreiden ylikuormitussuojauksen perusta

Ex-tilan yleisten vaatimusten lisäksi (ks. 12.1, s. 34), moottori tulee suojata ylikuormitukselta. Tämän luvun ohjeet ovat standardin SFS-EN 60079-14 mukainen perusta moottorin ylikuormitussuojaukselle mutta ylikuormitussuojaustapa riippuu moottorin räjähdysuojaurakenteesta ja käyttötavasta. Käytännössä tämän luvun ohjeilla ei ole kovinkaan suurta merkitystä, koska räjähdysuojaurakenteilla ja käyttötavoilla on melkein aina lisävaatimuksia ylikuormitussuojaukselle (ks. 14, s. 40). Poikkeuksena ylikuormitussuojaus voidaan jättää pois, jos moottori kestää mitoitusjännitteellä ja -taajuudella jatkuvaa käynnistysvirtaa liikaa lämpenemättä.

Moottorin ylikuormitussuojan on oltava jokin seuraavista, elleivät räjähdyssuojauskenteen lisävaatimukset muuta vaadi:

- koneen mitoitusvirralle aseteltu, jokaista vaihetta valvova kolmivaiheinen ylivirta-aikarele, joka toimii korkeintaan 2 tunnissa 1,2-kertaisella mitoitusvirralle, mutta ei kuitenkaan toimi 2 tunnissa 1,05-kertaisella nimellisvirralle (Exe-moottorille ks. 14.1.11, s. 42)
- lämpötilan valvontalaite, jossa lämpötilan mittaus tapahtuu suoraan koneeseen asennetuilla lämpötila-antureilla
- muu vastaavanlainen laite. (7, s. 40.)

12.3 Lämmityslaitteet

Saattolämmitykset suojataan standardien SFS-EN 60079-30-1 ja SFS-EN 60079-30-2 mukaisesti. Ex-tilan yleisten vaatimusten lisäksi (ks. 12.1, s. 34), lämmityslaite tulee suojata vuotovirroilta. TN-S ja TT-järjestelmissä vikavirtasuojan mitoitusvoimavirta ei saa ylittää 100 mA:a mutta standardi SFS-EN 60079-14 suosittelee käyttämään vikavirtasuojaa, jonka mitoitusvoimavirta on 30 mA. IT-järjestelmässä tulee käyttää eristystilan valvontalaitetta, joka katkaisee lämmityslaitteen sähkönsyötön, jos eristysresistanssi on pienempi kuin 50Ω laitteen mitoitusjännitteen yhtä voltia kohden. Lisäsuojasta ei tarvita, jos lämmityslaite on tarkoitettu suojattavaksi tavalla, jolla se on asennettu sähkölaitteeseen, kuten esimerkiksi kondensaation estolämmitin sähkömoottorissa.

Tarvittaessa lämmityslaitteet on suojattava liiallisen pintalämpötilan rajoittamiseksi. Suojausmenetelmä tulee tehdä lämmityslaitteen valmistajan ohjeiden mukaisesti. Jos suojaus tehdään mitaamalla, tulee mitata jotakin seuraavista:

- lämmityslaitteen lämpötilaa tai sen välittömän ympäristön lämpötilaa
- ympäristön lämpötilaa tai yhtä tai useampaa muuttujaa
- kahta tai useampaa muuttujaa, jotka eivät ole lämpötiloja.

Lämpötilan valvontalaitteen tulee olla käsin palautettava. Vaadittaessa lämpötilan valvontalaite, tulee sen olla riippumaton kaikista toimintalämpötilaa ohjaavista laitteista ja sen on katkaistava lämmityslaitteen sähkönsyöttö suoraan tai epäsuorasti. (7, s. 41.)

12.4 Valaisimet

Valaistusryhmän suojaamiselle ei ole lisävaatimuksia. Valaistusryhmä suojataan Ex-tilan yleisten vaatimusten mukaisesti (ks. 12.1, s. 34). Valaisimia ei saa kytkeä ryhmiin liikaa ja kolmivaiheisten ryhmien vaiheiden kuormitus on pyrittävä pitämään tasaisena.

12.5 Suojalaitteet

Joillakin suojalaitteilla tulee olla ATEX-tyyppihyväksyntä Ex-tilan sähkölaitteen suojaamista varten, vaikka ne ovat tarkoitettu sijoitettavaksi Ex-tilan ulkopuolelle. Tällöin suojalaitteen Ex-merkinnän laiteluokka on suluissa ja esitetään esimerkiksi II (2) GD. Tällaisia suojalaitteita ovat termistorireleet sekä Exe-moottoria suojaavat ylivirtareleet.

12.5.1 Oiko-, maasulkusuojalaitteet ja vikavirtasuojakytkimet

Oikosulku- ja maasulkusuojalaitteiden sekä vikavirtasuojakytkimien ei tarvitse olla ATEX-tyyppihyväksytyjä, jos ne sijaitset Ex-tilan ulkopuolella. Ex-tilan sisäpuolella sijaitsevien suojalaitteiden tulee olla ATEX-tyyppihyväksytyjä.

12.5.2 Ylivirtarele

Ylivirtareleitä käytetään pienjännitteisten oikosulkumoottoreiden ylikuormitussuojana ja niiden tulee toimia korkeintaan 2 tunnissa 1,2-kertaisella mitoitusvirralla, mutta ei tule toimia 2 tunnissa 1,05-kertaisella nimellisvirralla. Ylivirtareleen on valvottava jokaisen vaiheen virtaa ja toimittava, jos vaihe katkeaa. Yleensä normaali ylivirtarele täyttää nämä ehdot mutta ylivirtarelevalmistajan ohjeista tulee aina varmistaa, että ehdot toteutuvat.

Exe-moottorilla tulee aina olla ylikuormitussuojausta varten ATEX-tyyppihyväksytty ylivirtarele, vaikka ylivirtarele sijoitetaankin Ex-tilan ulkopuolelle (ks. 12.5, s. 36). Exe-moottorin ylivirtarele mitoitetaan eritavalla kuin muiden moottoreiden ylivirtareleet (ks. 14.1.11, s. 42). Muihin räjähdyssuojusrakenteisiin perustuvien moottoreiden ylivirtareleiden ei tarvitse olla ATEX-tyyppihyväksytyjä, jos ne täyttävät tämän kappaleen ehdot ja ne sijoitetaan Ex-tilan ulkopuolelle.

Moottorin ylikuormitussuojauksessa noudatetaan ensisijaisesti moottorin valmistajan ohjeita ja ATEX-sertifikaatissa esitettyjä vaatimuksia, jos ne poikkeavat tämän luvun ohjeista. Ylivirtareleen tulee estää moottorin uudelleenkäynnistys, kunnes se on kuitattu. Ylivirtarele voi olla

- lämpörele
- moottorinsuojakytkin tai
- älykäs moottorin suojaus- ja ohjauslaite. (7, s. 40.)

12.5.3 Termistorirele

Termistorirelettä käytetään oikosulkumoottorin ylikuormitussuojana. Kaikki termistorireleet eivät täytä standardin SFS-EN 60079-14 vaatimuksia, joten räjähdyssuojaamattoman termistorireleen tulee olla ATEX-tyyppihyväksytty kun sillä suojataan Ex-alueella sijaitsevaa moottoria, vaikka termistorirele on tarkoitettu sijoitettavaksi Ex-tilan ulkopuolelle (ks. luku 12.5, s. 36). Moottorissa olevat lämpötila-anturit kytketään itsenäisesti toimivaan termistorireleeseen, joka katkaisee moottorin virransyötön luotettavasti. Lämpötila-antureiden on mitattava moottorin käämien lämpötilaa tai pintalämpötilaa.

Moottorin valmistajalta tulee varmistaa, voiko käämeihin asennettuja lämpötila-antureita käyttää moottorin pintalämpötilan valvontaan. Termistorireleen tulee estää moottorin uudelleenkäynnistys, kunnes vika on kuitattu. Termistorirele ei kuitenkaan suojaa vaiheen katkeamiselta, joten usein käytetään ylivirtareleen (ks. 12.5.2, s. 36) sekä termistorireleen yhdistelmäsuojasta. Yhdistelmäsuojaus voi

- muodostua erillisestä ylivirtareleestä ja ATEX-tyyppihyväksytystä termistorireleestä
- olla integroituna ATEX-tyyppihyväksytyyn älykkääseen moottorin suojaus- ja ohjauslaitteeseen tai
- olla integroituna taajuusmuuttajan ATEX-tyyppihyväksytyyn termistoritu-
loon.

Termistorireleen laukaisurajat tulee määritellä siten, ettei moottorin pintalämpötila pääse nousemaan lämpötilaluokkaa suuremmaksi. Piirustuksiin olisi hyvä merkitä termistorireleen laukaisurajan impedanssi tai lämpötila.

13 Kaapelityypit ja johdot kiinteässä asennuksessa

13.1 Kaapelit

Tässä kappaleessa ohjeistetaan ainoastaan valitsemaan Ex-tilaan soveltuvat kaapelityypit eikä oteta kantaa asennusteknisiin asioihin. Kaapeleille ei luokitella minkäänlaista ATEX-tyyppihyväksyntää. Kaapelit asennetaan standardin SFS-EN 60079-14 kohdan 9 mukaisesti. Standardin SFS-EN 60079-14 kohdan 9.3.1 vaatimukset Ex-tilojen kaapeleille ovat jossain määrin liioiteltuja, eikä niitä käytännössä pystytä noudattamaan.

Kaapelin valinta perustuu seuraaviin ominaisuuksiin:

- Kaapelin vaipan vetolujuuden tulee olla PVC-materiaalilla $2,5 \text{ N/mm}^2$ ja polyeteenisillä sekä elastomeerisillä materiaaleilla $15,0 \text{ N/mm}^2$.
- Kaapelin palo-ominaisuuksien tulee olla vähintään standardin IEC 60332-1-2 mukaiset, ellei kaapeleita asenneta maahan tai hiekalla täytettyyn kanaavaan.
- Ympäristön olosuhteet tulee huomioida, kuten esim. lämpötila, prosessiaineet, UV-säteily yms..
- Mekaanisten vaurioiden riski tulee ottaa huomioon. Tarvittaessa kaapeli tulee suojata armeerauksella tai suojaputkella.
- Jos kaasu tai neste pääsee kulkeutumaan kaapelia pitkin räjähdysvaarattomaan tilaan, niin kaapelin tulisi olla riittävän kompakti tai läpiviennin tulisi eristää kaapeli johdintasolla. Tiedetään tapauksia, joissa neste on laitteen tiivisteen vikaantumisen takia päässyt kulkeutumaan kaapeleita pitkin.
- Palonkestävillä ja vähän savua aiheuttavilla kaapeleilla tulee huomioida kaapelin kylmämyötöominaisuudet.
- Jos kaapeli kytketään räjähdyspaineen kestävään koteloon, kaapeli ei saa heikentää räjähdys suojausrakennetta.
- Ilmajohtoja ei saa asentaa Ex-tilaan.
- Kaapelin riittävä kiinnitys on varmistettava, jos holkkitiivisteen ATEX-sertifikaatin tunnuksessa on lisämerkintä X.
- Kaapelin käyttölämpötila ei saa ylittää Ex-tilan tilaluokitusta. (7, s. 42 - 44.)

Alumiinijohtimen poikkipinnan tulee olla vähintään 16 mm^2 . Puoliikiinteästi asennettavan laitteen liitäntäkaapeli valitaan ja asennetaan standardin SFS-EN 60079-14 kohdan 9

mukaisesti. Johdot mitoitetaan siten, ettei suurin mahdollinen oikosulkuvirta nosta kaapelin lämpötilaa Ex-tilan lämpötilaluokkaa suuremmaksi. Yleensä oikein mitoitettuna kaapelin johdin voi lämmetä oikosulussa enintään 160 °C:seksi, riippuen tietenkin kaapelista (huom. turvakytkimen ja moottorin välinen pienempi kaapeli). Tähän kannattaa kiinnittää huomiota, jos ollaan tekemisissä räjähdysvaarallisten seosten kanssa, joiden lämpötilaluokka on T4 - T6. (7, s. 42 - 47)

13.2 Kytkemättömät johtimet, armeeraukset ja häiriösuojat

Ex-tilassa ei saa olla kytkemättömiä johtimia ja ylimääräiset johtimet tulee maadoittaa (ks. 9.8.4, s. 26) tai kytkeä eristettyihin liittimiin kaapelin molemmista päistä. Teippaaminen ei ole riittävän tehokas eristystapa.

ATEX-tyyppihyväksyntä koskee aina koko laitetta, joten liittimiä ei saa lisätä ATEX-laitteeseen ilman valmistajan lupaa tai laitteelle on haettava uusi ATEX-tyyppihyväksyntä. Tästä johtuen kytkemättömät armeeraukset sekä häiriösuojien maadoitusjohtimet ja alumiinivaipat päätetään käyttämällä esimerkiksi kutistesukkaa tai muuta vastaavanlaista eristystä. Armeerattujen sekä häiriösuojattujen kaapeleiden vaipan ja johtimien eristyksen tulee kestää kutistesukan lämmitys vaurioitumatta. Kaapelin ympärille asennettava kutistesukka tai muu vastaavanlainen eristys ei saa kasvattaa kaapelin halkaisijaa niin suureksi, ettei se mahdu holkkitiivisteestä läpi. (7, s. 41 ja 46.)

13.3 Kaapeleiden läpiviennit

Läpiviennit valitaan standardin SFS-EN 60079-14 mukaisesti. Millimetrikokoisia (M), Tuumakokoisia (Pg) ja kartiokierteisiä (NPT) kierteitä ei saa sekoittaa keskenään. Kartiokierteisiä läpivientejä ei saa käyttää koteloissa, joissa on kierteettömät reiät. Ex-tilan suorassa käytössä käytetään yleensä Exde-moottoria, jolloin moottorin kytkentäkotelon räjähdysuojaurakenne on erilainen kuin moottorin. Joidenkin laitteiden vakiokalustukseen kuuluvat läpivientilaitteet, joten suunnittelijan on tarkistettava kaapeleiden yhteensopivuus niiden kanssa ja ilmoitettava urakoitsijalle, tarvitseeko läpivientejä hankkia erikseen. Esimerkiksi turvakytkimet ja valaisimet toimitetaan yleensä läpivienteinä.

14 Suunnittelumallit

Suunnittelumalleissa esitetään tyypillisimpiä teollisuuden Ex-tiloissa esiintyviä sähköasennuksia ja ohjeistetaan niiden suunnittelussa. Suunnittelumallien tarkoitus on opastaa sähkösuunnittelijoita suunnittelemaan kohde vaihe kerrallaan ja helpottaa teorian soveltamista käytännössä. Suunnittelumalleissa esitetään ohjeita aina kunkin vaiheen toteuttamiseksi tai viitataan edellä mainittuun teoriaan, jossa on esitetty kyseistä kohtaa käsitteleviä aiheita. Suunnittelumalleissa käydään räjähdysuojauksen kannalta läpi kohdat, joita vastaavanlaisissa kohteissa joudutaan suunnittelemaan.

Suunnittelumalleissa pyritään ottamaan huomioon kaikki suunnittelun vaiheet mutta niistä voi puuttua joitakin erikoistapauksia. Suunnittelumallit ovat alle 1 kV:n sähköasennuksia ja yli 1 kV:n sähköasennukset on suunniteltava standardin SFS-EN 60079-14 mukaisesti. Suunnittelumallien moottoreina käytetään kolmivaiheisia oikosulkumoottoreita, jotka ovat räjähdysuojaurakenteelta Exd-, Exe-, ExnA- ja ExtD-moottoreita. Muilla räjähdysuojaurakenteilla suojattujen moottoreiden käytöt suunnitellaan standardin SFS-EN 60079-14 mukaisesti.

14.1 Suora käyttö Exd-, Exe-, ExnA- ja ExtD-moottoreilla

14.1.1 Suoran käytön lähtökohdat

Suora moottorikäyttö toteutetaan siten, että kolmivaiheinen oikosulkumoottori asennetaan turvakytkimineen Ex-alueelle (ks. liite 4). On suositeltavaa asentaa turvakytkin Ex-tilan ulkopuolelle mutta tässä suunnittelumallissa oletetaan, ettei se ole mahdollista. Sähkökeskus ja moottorin ohjauspaikka sijoitetaan räjähdysvaarattomaan tilaan. Pääkontaktori ja suojalaitteet sijoitetaan sähkökeskukseen. Kaikki asennukset ovat kiinteitä asennuksia. Moottorikäytön ollessa Ex-tilan ilmanvaihtolaite, tulee toteuttaa riittävät varotoimenpiteet turvallisuuden ylläpitämiseksi (ks. 2.2, s. 3).

14.1.2 Moottorin valitseminen suoraan käyttöön

Ex-tilan suoraan käyttöön valitaan ATEX-tyyppihyväksytty kolmivaiheinen oikosulkumoottori (ks. 7, s. 10). Tarvittaessa moottorin valmistajalta tulee varmistaa, voiko moottorin käämeihin asennettuja lämpötila-antureita käyttää moottorin pintalämpötilan rajoit-

tamiseksi sallitulle tasolle. Muita huomioon otettavia asioita ovat käyttöluokka, syöttöjännite, taajuusalue, lämmön siirtyminen käytettävästä laitteesta, laakerien ja voiteluaineiden käyttöikä sekä moottorin eristysluokka. Exe-moottoreita kannattaa välttää, koska niille on asetettu paljon enemmän lisävaatimuksia, kuin muille Ex-tilan moottoreille.

14.1.3 Suoran käytön sähkönjakelujärjestelmä

Suoran käytön päävirtapiirin ja ohjausvirtapiirin sähkönjakelujärjestelmän tulee soveltua Ex-tilaan. Päävirtapiirin sähkönjakelujärjestelmänä käytetään TN-S tai IT-järjestelmää ja jos päävirtapiirissä käytetään muita sähkönjakelujärjestelmiä, luvun 14.1 ohjeet eivät päde. (ks. 8, s. 18).

14.1.4 Suoran käytön asennustarvikkeet

Suoran käytön kaapelihyllyjen, putkien, suojien yms. asennustarvikkeiden tulee olla räjähdysvaaralliseen tilaan soveltuvia (ks. 9.4, s. 22).

14.1.5 Suoran käytön ukkossuojaus

Suoran käytön ukkossuojauksen tarve tulee arvioida, ja tarvittaessa Ex-tila on suojattava ukkossuojajärjestelmällä (ks. 9.7, s. 23).

14.1.6 Suoran käytön potentiaalintasaus

Vaikka moottorin runko suojamaadoitetaan, runko on kytkettävä myös alueen potentiaalintasausjärjestelmään erillisellä potentiaalintasausjohtimella (ks. 9.8, s. 25).

14.1.7 Suoran käytön sähköinen erottaminen

Suoran käytön päävirtapiirissä käytetään sähköisenä erottimena kytkinvaroketta. Ohjausvirtapiirissä käytetään sähköisenä erottimena vaiheen erottavaa, 1-napaista johdonsuojakatkaisijaa, kun Ex-tilaan ei asenneta ohjauspiirin nollaa. Jos ohjauspiirin nolla asennetaan Ex-tilaan, esimerkiksi merkkilampulle tai ohjauslaitteelle, niin ohjauspiirin johdonsuojakatkaisijan tulee olla vaiheen ja nollan erottava, 2-napainen johdonsuojakatkaisija. (Ks. 10, s. 33.)

14.1.8 Suoran käytön hätä-pois-kytkentä

Suoran käytön sähkönsyötölle tulee suunnitella hätä-pois-kytkentä (ks. 11, s. 33).

14.1.9 Suoran käytön päävirtapiirin oiko- ja maasulkusuojaus

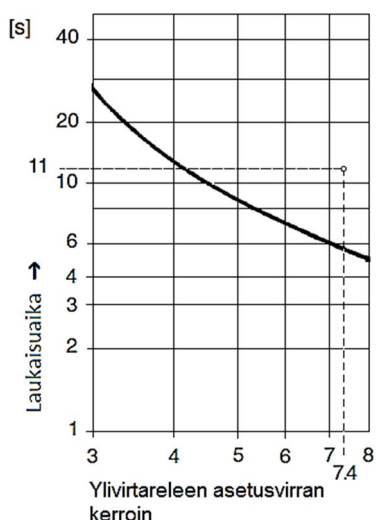
Suoran käytön päävirtapiiri tulee suojata oiko- ja maasululta (ks. 12, s. 34). Päävirtapiirin varokkeena käytetään kytkinvaroketta ja oikosulkusuojana kahvasulakkeita. TN-S-järjestelmässä maasulku on yksivaiheinen oikosulku, jolloin sulake toimii ns. maasulkusuojana. IT-järjestelmässä maasulkua valvotaan maasulunvalvontalaitteella (ks. 8.3, s. 19). Suojaus tulee toteuttaa siten, että kaikki päävirtapiirin laitteet on suojattu laitevalmistajien ohjeiden mukaisesti.

14.1.10 Suoran käytön ylikuormitussuojaus

Suoran käytön päävirtapiiri tulee suojata ylikuormitukselta (ks. 12.2, s. 34). Exd-, ExnA- tai ExtD- moottorin suorassa käytössä tulee moottori suojata ylikuormitukselta vähintään ylivirtareleellä (ks. 12.5.2, s. 36) mutta on suositeltavaa käyttää ylivirtareleen ja termistorireleen yhdistelmää (ks. 12.5.3, s. 37).

14.1.11 Suoran käytön Exe-moottorin ylikuormitussuojaus

Suoran käytön Exe-moottorin käyttötyypin tulee olla S1 sekä käynnistyksen helppo ja harvoin tapahtuva. Moottori tulee suojata ylikuormitukselta vähintään ATEX-tyyppihyväksytyllä ylivirtareleellä mutta on suositeltavaa käyttää ylivirtareleen ja termistorireleen yhdistelmää (ks. 12.5.3, s. 37). Lisäksi ylivirtareleen laukaisukäyrän on oltava sellainen, että ylivirtareleen laukaisuaika on moottorin käynnistysvirran ja nimellisvirran suhdearvolla I_A / I_N lyhyempi kuin moottorin lämpenemisaika t_e . Kuvassa 10 (ks. s. 43) esitetään esimerkki ylivirtareleen laukaisuehdon tarkastelusta.



Kuva 9. Esimerkki Exe-moottorin ylivirtareleen laukaisuehdon tarkastelusta. Moottorin I_A / I_N -suhde on 7,4 ja moottorin t_e -lämpenemisaika on 11 s. Ylivirtareleen laukaisukäyrästä nähdään, että näillä arvoilla ylivirtareleen laukaisuaika on noin 6 s, joka on lyhyempi kuin moottorin t_e -lämpenemisaika.

Moottorin käämityksessä olevia lämpötila-antureita voidaan käyttää moottorin rajalämpötilan valvontaan ainoastaan, jos se on mainittu valmistajan asiakirjoissa ja lämpötila-anturit soveltuvat moottorin lämpenemissuojaukseen myös koneen lukkiutuessa. Lisäksi seuraavia ehtoja tulee noudattaa:

- Käyttäjälle on toimitettava parametrit, jos käyttö poikkeaa tyyppistä S1. Exe-moottorit valmistetaan yleensä vain käyttötyypille S1.
- Vaativiin käynnistysolosuhteisiin ja usein käynnistettäväksi tarkoitettuja moottoreita voidaan käyttää vain, jos sopivat suojalaitteet varmistavat, että rajalämpötilaa ei ylitetä. Tällöin pelkkä ylivirtarele ei riitä.
- Käynnistyksen edellyttämät rajoitukset tulee varmistaa moottorin valmistajalta, jos käynnistys kestää kauemmin kuin 80 %:a moottorin lämpenemisajasta.
- Käynnistyksen edellyttämät rajoitukset tulee varmistaa moottorin valmistajalta, jos käynnistyksen aikainen jännite on pienempi kuin 85 %:a nimellisjännitteestä.
- Suojalaitteen tulee suojata tarkasti täydellä kuormalla ja valvottava vaihesymmetriaa.
- Suojalaitteen tulee laukaista käynnistysajan ylittäessä 170 % moottorin lämpenemisajasta.
- Moottorin valmistaja saattaa määrätä käynnistysten lukumäärälle kiinteän ylärajan. (7, s. 53 - 54.)

14.1.12 Suoran käytön ohjauspiirin sähköinen suojaaminen

Suoran käytön turvakytkin sijaitsee Ex-tilassa ja siltä asennetaan ohjauspiirin lukitusohjaus, jolloin ohjauspiiri on myös suojattava sähköisesti. Keskuslähdön ohjausjännitteen jakelussa käytetään vaiheen erottavaa, 1-napaista johdonsuojakatkaisijaa, joka toimii ohjauspiirin oikosulku-, maasulku- ja ylikuormitussuojana. Jos ohjauspiirin nolla asennetaan Ex-tilaan, esimerkiksi merkkilampulle tai ohjauslaitteelle, niin ohjausjännitteen jakelussa käytetään vaiheen ja nollan erottavaa 2-napaista johdonsuojakatkaisijaa. Pienoisjännitteiset ohjauspiirit on myös suojattava sähköisesti. Suojaus tulee toteuttaa siten, että kaikki ohjausvirtapiirin laitteet on suojattu laitevalmistajien ohjeiden mukaisesti. (Ks. 12, s. 34.)

14.1.13 Suoran käytön pääkontaktori

Suoran käytön pääkontaktorin on pystyttävä katkaisemaan moottorin virta käynnistyttyä aikana ja roottorin lukkiutuessa.

14.1.14 Suoran käytön turvakytkin

Suoran käytön turvakytkin sijaitsee Ex-tilassa, joten sen tulee olla ATEX-tyyppihyväksytty (ks. 7, s. 10). Päävirtapiirin sulakkeiden ja ohjauspiirin johdonsuojakatkaisijan tulee suojata myös turvakytkintä valmistajan ohjeiden mukaisesti.

14.1.15 Suoran käytön kaapelit ja johdot

Suoran käytön kaapeleiden tulee olla Ex-tilaan soveltuvia (ks. 13, s. 38). On tarkistettava, ettei turvakytkimen ja moottorin välisen kaapelin johtimien lämpötila voi oikosulussa nousta Ex-tilan lämpötilaluokkaa suuremmaksi. Lämpötila-antureihin kytketyn kaapelin ylimääräiset johtimet kytketään lämpötila-antureiden liittimiin rinnan tai eristetään muulla tavalla Ex-tilan potentiaalintasauksesta (ks. 13.2, s. 39).

14.1.16 Suoran käytön läpivientilaitteet

Kaapeleiden läpivientilaitteiden tulee olla Ex-tilaan soveltuvia (ks. 13.3, s. 39).

14.1.17 Suoran käytön kondensaation estolämmitin

Jos suoran käytön moottorissa on kondensaation estolämmitin, tulee se suojata sähköisesti oikein (ks. 12.4, s. 35).

14.2 Pehmokäynnistinkäyttö Exd-, Exe-, ExnA- ja ExtD-moottoreilla

Pehmokäynnistinkäyttö toteutetaan melkein samalla tavalla kuin suora käyttö (ks. 14, s. 40). Tässä luvussa esitetään poikkeukset suoraan käyttöön verraten.

14.2.1 Pehmokäynnistinkäytön lähtökohdat

Pehmokäynnistinkäytön lähtökohdat ovat samanlaiset kuin luvun 14.1.1 suorassa käytössä mutta pehmokäynnistinkäytössä käytetään pehmokäynnistintä käynnistysvirran pienentämiseksi. Pehmokäynnistin sijoitetaan räjähdysvaarallisen tilan ulkopuolelle.

14.2.2 Pehmokäynnistinkäyttö Exd-, Exe- ja ExnA-moottoreilla

Räjähdyspaineen kestävä Exd-, varmennetun rakenteen Exe- tai kipinöimättömän ExnA-moottorin pehmokäynnistinkäytössä

- moottorin täytyy olla ATEX-tyyppitestattu sitä koskevissa dokumenteissa eritellyn pehmokäynnistimen ja tarpeellisten suojalaitteiden kanssa
- moottorin lämpötilaa on valvottava moottorin käämeihin asennetuilla lämpötila-antureilla, jotka on todennettu moottorin dokumenteissa tai
- moottorin lämpötilaa on rajoitettava muilla standardin SFS-EN 60079-14 mukaisilla tehokkailla keinoilla. (7, s. 51, 55, 75.)

Käytettäessä taajuusmuuttajakäyttöön soveltuvaa moottoria, on moottorissa tarvittavat lämpötila-anturit eikä pehmokäynnistimen aiheuttamat ylijännitepiikit aiheuta räjähdysvaaraa. Pehmokäynnistin ja muut päävirtapiirin laitteet täytyy valita standardin IEC 60947-4-2 tyyppin 2 koordinoinnin mukaisesti. (7, s. 51, 75; 18, s. 56 - 57.)

Exd- ja ExnA-moottorit tulee suojata ylivirtareleellä ja termistorireleellä (ks. 12.5.3, s. 37). Pehmokäynnistimessä voi olla integroituna ylivirtarele ja sitä voidaan käyttää, jos se täyttää Ex-tilan moottorin suojaamiseen vaadittavat ehdot (ks. 12.5.2, s. 36). Jos

ylivirtarele ei täytä vaadittuja ehtoja, niin on valittava pehmokäynnistin, johon ei ole integroituna ylikuormitussuojausta ja käytettävä erillistä ylivirtarelettä. Termistorireleen tulee olla ATEX-tyyppihyväksyty, joten pehmokäynnistimen termistorituloja ei voida käyttää.

Exe-moottorin käyttämistä pehmokäynnistinkäytössä ei suositella sen suojaamisen hankaluuden takia. Exe-moottori tulee suojata ylivirtareleen ja termistorireleen yhdistelmäsuojauksella (12.5.3, s. 37). Exe-moottorin ylivirtareleen tulee olla ATEX-tyyppihyväksyty, eikä pehmokäynnistimiin integroidut ylivirtareleet yleensä ole ATEX-tyyppihyväksytyjä (ks.14.1.8, s. 42).

14.2.3 Pehmokäynnistinkäyttö ExtD-moottorilla

ExtD-moottorin pehmokäynnistinkäytössä, moottori tulee suojata vähintään ylivirtareleellä (ks. 12.5.2, s. 36). Suositeltavaa olisi käyttää termistorireleen ja ylivirtareleen yhdistelmäsuojausta (ks. 12.5.3, s. 37).

14.3 Taajuusmuuttajakäyttö Exd-, Exe-, ExnA- ja ExtD-moottoreilla

Ex-tilan taajuusmuuttajakäytön toteuttamisesta on hankala antaa minkäänlaista suoraa mallia, koska toteutustapa riippuu suurimmaksi osaksi käytettävissä olevista laitteista, niiden valmistajista ja siitä, onko valmistaja testannut moottorin ja taajuusmuuttajan yhdistelmää. Paras tapa olisi, että sama laitetoimittaja toimittaisi moottorin sekä taajuusmuuttajan, koska niitä joudutaan kuitenkin käsittelemään yhtenä kokonaisuutena. Tässä luvussa on tuotu esille asioita, jotka tulee huomioida taajuusmuuttajakäyttöä suunniteltaessa. (Esimerkki Ex-tilan taajuusmuuttajakäytön piirikaaviosta ks. liite 5.)

14.3.1 Taajuusmuuttajakäytön lähtökohdat

Taajuusmuuttajakäyttö toteutetaan siten, että kolmivaiheinen oikosulkumoottori asennetaan turvakytkimineen Ex-alueelle. Sähkökeskus ja moottorin ohjauspaikka sijoitetaan räjähdysvaarattomaan tilaan. Sähkökeskus, taajuusmuuttaja ja moottorin ohjauspaikka sijoitetaan räjähdysvaarattomaan tilaan. Pääkontaktori ja suojalaitteet sijoitetaan sähkökeskukseen. Taajuusmuuttajalla syötetään ainoastaan yhtä moottoria. Kaikki asennukset ovat kiinteitä asennuksia. Sähkömagneettisen säteilyn vaikutukset tulee

myös huomioida (ks. 9.6, s. 23). Taajuusmuuttajakäytön ollessa Ex-tilan ilmanvaihtolaitte, tulee toteuttaa riittävät varotoimenpiteet turvallisuuden ylläpitämiseksi (ks. 2.2, s. 3).

14.3.2 Moottorin valitseminen taajuusmuuttajakäyttöön

Yleensä moottoreiden hankinta ei kuulu sähkösuunnittelijalle mutta sähkösuunnittelijan on hyvä tietää Ex-tilan moottoreiden valintaperusteet. Moottorin valmistajalle tulee ilmoittaa, että moottori tulee taajuusmuuttajakäyttöön, jolloin moottorin valmistaja lisää moottoriin tarvittavat lämpötila-anturit sekä toisen arvokilven taajuusmuuttajakäytön arvoille. Lisäksi moottorin valmistajalle tulee ilmoittaa, että moottoria pitää pystyä säätämään myös muiden valmistajien taajuusmuuttajilla sekä PWM-säädöllä. Moottorin eristysluokkaan tulee kiinnittää huomiota. Taajuusmuuttajakäytössä moottori voidaan tilata jännitelujuudeltaan vahvemmallalla erikoiseristyksellä (ks. 14.3.4, s. 49). Laakerivirtojen määrä ja niiden ehkäisemisen tarve on verrannollinen moottorin tehoon ja runkoon, joten valmistaja lisää tarvittaessa moottoriin eristetyn N-pään laakerin (ks. 14.3.5, s. 49).

Taajuusmuuttajakäytössä moottorin pyörimisnopeus vaihtelee, jolloin moottori jäähtyy vähemmän kuin pyöriessään nimellispyörimisnopeudella. Tällä on suuri merkitys moottorin mitoituksessa. Taajuusmuuttajakäytön mitoittamisesta on lisätietoa esimerkiksi ABB:n teknisessä oppaassa nro 7.

Käytettäessä ylijännitesuodattimia eli dU/dt -suodattimia, niiden vaikutus tulee huomioida moottorin mitoituksessa, koska ne voivat aiheuttaa jännitteen alenemaa moottorin liittimissä. Jännitteen aleneman takia moottorin virta ja jättämä kasvavat, jolloin moottorin lämpötila nousee. Suodattimet tuskin aiheuttavat kovinkaan suurta jännitteen alenemaa ja jos moottori lämpenee liikaa, niin moottorin lämpötila-antureihin kytketty suojalaite laukaisee sähkönsyötön.

Muita huomioon otettavia asioita ovat käyttöluokka, taajuusalue ja lämmön siirtyminen. Käytettäessä Exde-moottoria, tulee varmistaa valmistajalta tai moottorin ATEX-sertifikaatista, että moottori soveltuu taajuusmuuttajakäyttöön, koska taajuusmuuttaja aiheuttaa ylijännitepiikkejä ja korkeita lämpötiloja, jotka voivat aiheuttaa räjähdysvaaran Exe-kytkentäkotelossa.

Projekteissa on tapana hankkia kaikki Ex-tilan moottorit 400 V:n ja 690 V:n sähköverkkoon sekä taajuusmuuttajakäyttöön soveltuvina. Tällöin niissä on erikoiseristys, tarvittaessa eristetty N-päänlaakeri, tarvittavat lämpötila-anturit sekä toinen arvokilpi. Moottorin valmistajalta tulee selvittää taajuusmuuttajaa koskevat rajoitukset, kuten pitääkö taajuusmuuttajan ulostulossa käyttää yhteismuotoista suodatinta, mikä on moottorin eristyksen jännitekestoisuus nousuajan funktiona, mitkä lämpötila-anturit moottoriin on asennettu, onko taajuusmuuttajan kytkentätaajuutta rajoitettava tietylle alueelle sekä millä taajuusmuuttajalla ja säätötavalla (PWM tai DTC) moottoria voidaan säätää.

Kolmivaiheisen oikosulkumoottorin tulee olla ATEX-tyyppihyväksytty (ks. 7, s. 10). Lisäksi tulee toimia seuraavien ehtojen mukaisesti:

- Tilaluokassa 1 käytetään Exd- tai Exde-moottoria.
- Tilaluokassa 2 käytetään Exd-, Exde- tai ExnA-moottoria.
- Tilaluokassa 21 ja 22 käytetään ExtD-moottoria.
- Exe-moottorin käyttäminen sallitaan ainoastaan, jos moottorilla ja taajuusmuuttajalla on yhteinen ATEX-tyyppihyväksyntä, joten niitä ei yleensä käytetä. (7, s. 51; 19, s. 12 - 13; 20, s. 287.)

14.3.3 Taajuusmuuttajan valitseminen

Moottorin toimittajan tulee ilmoittaa räjähdysuojauksen kannalta oleelliset, taajuusmuuttajan valintaan vaikuttavat, parametrit. Moottorin toimittaja ilmoittaa

- moottorin eristyksen jännitekestoisuuden
- pitääkö taajuusmuuttajan ulostulossa käyttää yhteismuotoista suodatinta laakerivirtojen ehkäisemiseksi
- onko taajuusmuuttajalla tai sen säätötavalla merkitystä (PWM vai DTC)
- moottoriin kytkettyjen lämpötila-antureiden määrät ja tyypit
- pitääkö taajuusmuuttajan kytkentätaajuutta rajoittaa tietylle alueelle ja
- moottorin nimellisarvot.

Taajuusmuuttajassa olisi hyvä olla integroituna ATEX-tyyppihyväksytty termistoritulo, jolloin erillistä termistorirelettä ei tarvita. Taajuusmuuttajalle tulee arvioida yhteismuotoisten suodattimen (ks. 14.3.5, s. 49) ja dU/dt-suodattimien (ks. 14.3.4, s. 49) tarve. Suodattimia valitessa kannattaa varmistaa, että ne soveltuvat kyseiseen sähkönjakelujärjestelmän. (19, s. 12 - 13.)

14.3.4 Jännitepiikit taajuusmuuttajakäytössä

Taajuusmuuttajan ulostulossa esiintyy jännitepiikkejä, jotka voivat rasittaa moottorin eristystä ja aiheuttaa läpilyöntejä. Yleisenä sääntönä normaaleissa taajuusmuuttajakäytöissä pidetään, että 400 V:n sähköverkossa ei tarvita lisäsuojausta ja 690 V:n sähköverkossa moottorissa tulee olla vahvennettu eristys sekä taajuusmuuttajan ulostulossa dU/dt-suodattimet. Tämä sääntö pätee varmasti hyvin myös Ex-moottoreihin mutta eräät valmistajat vaativat jännitepiikkien tarkempaa tarkastelua, jotta suojaus olisi riittävä. Tällöin moottorin toimittajalta tulisi saada esimerkiksi kuvaaja, jossa on pääjännitteen sallitut arvot nousujan funktiona, joihin verrataan taajuusmuuttajan aiheuttamia pääjännitteitä nousujan funktiona.

Jännitepiikkien suuruuteen vaikuttaa myös kaapelin pituus. Jos pääjännitteen huippuarvo jollakin jännitteen nousunopeudella ylittää sallitun arvon, niin jännitepiikeiltä suojautaan tilaamalla moottoriin erikoiseristys, käyttämällä taajuusmuuttajan ulostulossa dU/dt-suodattimia tai käyttämällä kumpaakin suojausta samanaikaisesti. (19, s. 12 - 13.)

14.3.5 Laakerivirrat taajuusmuuttajakäytössä

Taajuusmuuttajakäytössä syntyvät laakerivirrat lyhentävät moottorin laakereiden elinikää (ks. 9.5, s. 22). Eri valmistajien räjähdysvaarallisten moottoreiden laakerivirtojen ehkäisemisen tarve vaihtelee, joten moottorin valmistajan on ilmoitettava, tarvitseeko moottorissa käyttää eristettyä N-pään laakeria ja tarvitaanko taajuusmuuttajassa yhteismuotoista suodatinta. (19, s. 13.)

14.3.6 Taajuusmuuttajakäytön sähkönjakelujärjestelmä

Päävirtapiirin ja ohjausvirtapiirin sähkönjakelujärjestelmän tulee soveltua Ex-tilaan. Päävirtapiirin sähkönjakelujärjestelmänä käytetään TN-S tai IT-järjestelmää ja jos päävirtapiirissä käytetään muita sähkönjakelujärjestelmiä, luvun 14.3 ohjeet eivät päde. (ks. 8, s. 18). EMC-suotimen yhteensopivuus sähköverkon kanssa tulee tarkistaa.

14.3.7 Taajuusmuuttajakäytön asennustarvikkeet

Taajuusmuuttajakäytön kaapeliyhlyjen, putkien, suojen yms. asennustarvikkeiden tulee olla räjähdysvaaralliseen tilaan soveltuvia (ks. 9.4, s. 22).

14.3.8 Taajuusmuuttajakäytön ukkossuojaus

Taajuusmuuttajakäytön ukkossuojauksen tarve tulee arvioida, ja tarvittaessa Ex-tila on suojattava ukkossuojausjärjestelmällä (ks. 9.7, s. 23).

14.3.9 Taajuusmuuttajakäytön potentiaalintasaus

Vaikka moottorin runko suojamaadoitetaan, on runko kytkettävä myös alueen potentiaalintasausjärjestelmään erillisellä potentiaalintasausjohtimella (ks. 9.8, s. 25).

14.3.10 Taajuusmuuttajakäytön sähköinen erottaminen

Taajuusmuuttajakäytön päävirtapiirissä käytetään sähköisenä erottimena kytkinvaroketta. Ohjausvirtapiirissä käytetään sähköisenä erottimena vaiheen erottavaa, 1-napaista johdonsuojakatkaisijaa, kun Ex-tilaan ei asenneta ohjauspiirin nollaa. Jos ohjauspiirin nolla asennetaan Ex-tilaan, esimerkiksi merkkilampulle tai ohjauslaitteelle, niin ohjauspiirin johdonsuojakatkaisijan tulee olla vaiheen ja nollan erottava, 2-napainen johdonsuojakatkaisija. (Ks. 10, s. 33.)

14.3.11 Taajuusmuuttajakäytön hätä-pois-kytkentä

Taajuusmuuttajakäytön sähkönsyötölle tulee suunnitella hätä-pois-kytkentä (ks. 11, s. 33).

14.3.12 Taajuusmuuttajakäytön päävirtapiirin oiko- ja maasulkusuojaus

Taajuusmuuttajakäytön päävirtapiiri tulee suojata oiko- ja maasululta (ks. 12, s. 34). Päävirtapiiriin varokkeena käytetään kytkinvaroketta ja oikosulkusuojana kahvasulakkeita. TN-S-järjestelmässä maasulku on yksivaiheinen oikosulku, jolloin sulake toimii ns. maasulkusuojana. IT-järjestelmässä maasulkua valvotaan maasulunvalvontalaitteella (ks. 8.3, s. 19). Suojaus tulee toteuttaa siten, että kaikki päävirtapiiriin laitteet on suojattu laitevalmistajien ohjeiden mukaisesti.

14.3.13 Taajuusmuuttajakäytön ylikuormitussuojaus ja pääkontaktori

Taajuusmuuttajakäytön päävirtapiiri tulee suojata ylikuormitukselta (ks. 12.2, s. 34). Taajuusmuuttajakäytössä jotkut ylikuormitussuojat eivät toimi oikein, koska virran ja jännitteen käyrämuodot ja taajuudet poikkeavat normaalista. Taajuusmuuttajakäytössä ylivirtarele ei pysty tunnistamaan nopeussäädetyin moottorin puutteellisesta tuuletuksesta johtuvaa ylikuormitusta, virran tasavirtakomponentit häiritsevät ja vääristävät virtamuuntajilla mitattuja arvoja ja elektroniikalla toteutettu virranrajoitus osittain mitätöi sulakkeiden käytön ylivirtasuojana. Toimiva ylikuormitussuojaus voidaan toteuttaa ainoastaan termistorireleeseen kytketyillä lämpötila-antureilla (ks. 12.5.3, s. 37). Lämpötila-antureiden on mitattava moottorin käämien lämpötilaa tai laakereiden pintalämpötilaa, riippuen moottorin räjähdysuojusrakenteesta. Vacon Oy:llä on nykyään taajuusmuuttaja, johon on integroituna ATEX-tyyppihyväksytty termistoritulo, jolloin erillistä termistorirelettä ei tarvita. Pääkontaktoria ei välttämättä tarvita, jos erillistä termistorirelettä ei käytetä. Huom. hätä-seis-piiri voi vaatia pääkontaktorin käyttämistä. Moottorin ylikuormitussuojastapa valitaan taulukosta 7.

Taulukko 7. SESKON standardoimiskomitean SK31 suosittamat Ex-moottoreiden suojaustavat (20, s. 287)

Tilaluokka	Exd-moottori	ExnA-moottori	ExtD-moottori	Exe-moottori
1	1 tai 2	Ei sallita	Ei sovellu tilaan	1
2	1 tai 2	1, 2 tai 4	Ei sovellu tilaan	1
21	Ei sovellu tilaan	Ei sovellu tilaan	1, 2 tai 3	Ei sovellu tilaan
22	Ei sovellu tilaan	Ei sovellu tilaan	1, 2, 3 tai 4	Ei sovellu tilaan

Taulukon 7 (ks. s. 51) suojaustapa 1 tarkoittaa, että moottorilla, suojalaitteilla ja taajuusmuuttajalla on oltava yhteinen ATEX-tyyppihyväksyntä. Tätä suojaustapaa ei yleensä käytetä.

Taulukon 7 (ks. s. 51) suojaustapa 2 tarkoittaa seuraavaa:

- Moottorin pintalämpötilaa valvotaan suoralla lämpötilanvalvontakeinolla, kuten esim. käämeihin asennetuilla lämpötila-antureilla.
- Moottorin lämpötila-anturit kytketään ATEX-tyyppihyväksytyyn suojalaitteeseen, joka on ATEX-tyyppihyväksytty termistorirele tai taajuusmuuttajan ATEX-tyyppihyväksytty termistoritulo (ks. 12.5.3, s. 37).
- Laukaisurajat määritetään siten, ettei moottorin pinnan tai muiden oleellisten osien lämpötila voi ylittää laitteen lämpötilaluokkaa ottaen huomioon Ex-suojausrakenteen käyttö- ja vikatilanteet.
- ATEX-hyväksytyin suojalaitteen on ohjattava pääkontaktorilla tai taajuusmuuttajan ATEX-hyväksytyllä turvapiirillä päävirtapiiri virrattomaksi.
- Taajuusmuuttajan tulee suojata moottoria vaiheen katkeamiselta. Lisäksi taajuusmuuttajan parametrit asetellaan suojaamaan moottoria.
- Pääkontaktori on mitoitettava kaksinkertaiselle moottorin mitoitusvirralle, jos taajuusmuuttajassa ei ole ATEX-hyväksyttyä turvapiiriä.
- Tilaluokassa 2 pääkontaktoria ei tarvitse ylimitoitaa.
- Pääkontaktoria ei tarvitse käyttää, jos taajuusmuuttajassa on ATEX-hyväksytty turvapiiri.
- Moottorin ja taajuusmuuttajan yhdistelmää ei tarvitse testata yhdessä.

Taulukon 7 (ks. s. 51) suojaustapa 3 on samanlainen kuin suojaustapa 2 (ks. s. 52), paitsi että siinä valvotaan käämien lämpötilan sijasta moottorin laakereiden lämpötilaa ATEX-tyyppihyväksytyillä lämpötila-antureilla. Moottorin ja taajuusmuuttajan yhdistelmää ei tarvitse testata yhdessä.

Taulukon 7 (ks. s. 51) suojaustapa 4 tarkoittaa seuraavaa:

- Moottorin pintalämpötilaa valvotaan suoralla lämpötilanvalvontakeinolla esim. käämeihin asennetuilla lämpötila-antureilla, jotka on määritelty moottorin dokumenteissa.
- Moottorin lämpötila-anturit kytketään suojalaitteeseen.
- Laukaisurajat määritellään siten, ettei moottorin pinnan tai muiden oleellisten osien lämpötila voi ylittää laitteen lämpötilaluokkaa.
- Suojalaitteen on ohjattava pääkontaktorilla tai taajuusmuuttajan turvapiirillä päävirtapiiri virrattomaksi.
- Taajuusmuuttajan tulee suojata moottoria vaiheen katkeamiselta. Lisäksi taajuusmuuttajan parametrit asetellaan suojaamaan moottoria.
- Turvapiirin ei tarvitse olla ATEX-hyväksytty eikä pääkontaktoria tarvitse ylimitoittaa.
- Pääkontaktoria ei tarvitse käyttää, jos taajuusmuuttajassa on ATEX-hyväksytty turvapiiri.
- Moottorin ja taajuusmuuttajan yhdistelmää ei tarvitse testata yhdessä. (2, s. 138; 20, s. 287.)

14.3.14 Taajuusmuuttajakäytön ohjauspiirin sähköinen suojaaminen

Taajuusmuuttajakäytön turvakytkin sijaitsee Ex-tilassa ja siltä asennetaan ohjauspiirin lukitusohjaus, jolloin ohjauspiiri on suojattava sähköisesti. Keskuslähdön ohjausjännitteen jakelussa käytetään vaiheen erottavaa, 1-napaista johdonsuojakatkaisijaa, joka toimii ohjauspiirin oikosulku-, maasulku- ja ylikuormitussuojana. Jos ohjauspiirin nolla asennetaan Ex-tilaan, esimerkiksi merkkilampulle tai ohjauslaitteelle, niin ohjausjännitteen jakelussa käytetään vaiheen ja nollan erottavaa 2-napaista johdonsuojakatkaisijaa. Pienoisjännitteiset ohjauspiirit on myös suojattava sähköisesti. Suojaus tulee toteuttaa siten, että kaikki ohjausvirtapiirin laitteet on suojattu laitevalmistajien ohjeiden mukaisesti. (Ks. 12, s. 34.)

14.3.15 Taajuusmuuttajakäytön kaapelit ja johdot

Taajuusmuuttajakäytön kaapeleiden tulee olla Ex-tilaan soveltuvia (ks. 13.1, s. 38) ja niiden tulee täyttää myös yleiset EMC-vaatimukset. Häiriöherkissä ympäristöissä syöttökaapelina voidaan käyttää MCCMK-tyyppistä kaapelia. Taajuusmuuttajan ja moottorin välisen kaapelin ollessa pitkä, tulee huomioida kaapelissa tapahtuva heijastusilmiö, joten taajuusmuuttajavalmistaja antaa kaapeleiden suurimmat sallitut pituudet.

Jos Ex-tilan tilaluokka on T4 - T6, niin turvakytkimen ja moottorin välisen kaapelin tulisi olla johtimien poikkipinta-alaltaan samansuuruinen kuin syöttökaapelin, koska aivan äärirajoihin termisesti mitoitetun kaapelin, tai ainakin kaapelin johtimien, lämpötila voi oikosulussa nousta suuremmaksi kuin lämpötilaluokat T4 - T6. Lämpötila-antureihin kytketyn kaapelin ylimääräiset johtimet kytketään lämpötila-antureiden liittimiin rinnan tai eristetään muulla tavalla (ks. 13.2, s. 39).

14.3.16 Taajuusmuuttajakäytön turvakytkin

Taajuusmuuttajakäytön turvakytkin tulisi sijoittaa Ex-tilan ulkopuolelle vaikka tämän suunnittelumallin lähtökohtana onkin, että turvakytkin sijoitetaan Ex-tilaan. Häiriösuojatut ja ATEX-tyyppihyväksytyt turvakytkimet ovat normaaleihin verrattuina kalliita. Turvakytkin sijaitsee Ex-tilassa, joten sen tulee olla ATEX-tyyppihyväksytty (ks. 7, s. 10). ATEX-tyyppihyväksytyt turvakytkimen häiriösuojaus toteutetaan yleensä tilaamalla turvakytkin metallisella kotelolla ja EMC-holkkitiivisteillä. Turvakytkimen toimittajalle tulee ilmoittaa turvakytkimen tyyppi, kotelon materiaali ja holkkitiivisteiden määrä ja koko. Ohjauskaapelin holkkitiivisteiden tyyppiin tulee myös kiinnittää huomiota. Tällä ratkaisulla saadaan turvakytkimen rungosta muodostettua Faradayn häkki.

Taajuusmuuttajan lähtöpuoli aiheuttaa jännitepiikkejä, jotka turvakytkimen tulee kestää. Jotkut turvakytkinvalmistajat ovat antaneet teknisissä tiedoissa turvakytkimen syöksyjännitekestoisuuden. Päävirtapiirin sulakkeiden ja ohjauspiirin johdonsuojakatkaisijan tulee suojata myös turvakytkintä valmistajan ohjeiden mukaisesti.

14.3.17 Taajuusmuuttajakäytön läpivientilaitteet

Taajuusmuuttajakäytön kaapeleiden läpivientilaitteiden tulee olla Ex-tilaan soveltuvia (ks. 13.3, s. 39). Moottorin ja turvakytken holkkitiivisteiden tulee olla EMC-holkkitiivisteitä ja yhteensopivat laitteen räjähdysuojaurakenteen kanssa. (19, s. 13.)

14.3.18 Taajuusmuuttajakäytön moottorin jäähdytyspuhallin

Käytettäessä erillistä jäähdytyspuhallinta taajuusmuuttajakäytössä, moottorin ohjauspiiriin täytyy tehdä lukitusohjaus jäähdytyspuhalltimelta.

14.3.19 Taajuusmuuttajakäytön kondensaation estolämmitin

Jos taajuusmuuttajakäytön moottorissa on kondensaation estolämmitin, tulee se suojata sähköisesti oikein (ks. 12.4, s. 35).

14.3.20 Taajuusmuuttajakäytön jarruvastus

Käytettäessä taajuusmuuttajakäytössä jarruvastusta, se sijoitetaan Ex-tilan ulkopuolelle. Jarruvastuksen käyttäminen kasvattaa taajuusmuuttajan ulostulon jännitepiikkejä. Jarruvastus-sovellus toteutetaan yhteistyössä laitevalmistajan kanssa.

14.3.21 Taajuusmuuttajan yhteiskäytöt

Taajuusmuuttajan yhteiskäyttö, jossa taajuusmuuttaja syöttää useaa moottoria, tulee toteuttaa yhteistyössä laitevalmistajan kanssa.

14.4 Valaistus- ja lämmitysryhmien suunnittelumalli

Tässä luvussa esitetään tyypillisimpiä teollisuuden Ex-tiloissa esiintyviä valaistus- ja lämmitysryhmiä ja ohjeistetaan niiden suunnittelussa. Valaistus- tai lämmitysryhmä koostuu yleensä Ex-tilaan sijoitettavista sähkö-, ohjaus- ja kytkinlaitteista sekä kaapeloinneista, jako- ja kytkentärasioista. Ryhmän suojalaitteet sijoitetaan yleensä räjähdysvaarattomaan tilaan. Ex-tilan valaistus- tai lämmitysryhmien suunnittelu noudattaa hyvin pitkälti aina samanlaista kaavaa. Näitä ohjeita ei voida soveltaa Ex-tilan säh-

kösaattolämmityksille mutta niiden suunnittelemista ohjeistetaan standardeissa SFS-EN 60079-30-1 ja SFS-EN 60079-30-2. (Esimerkki Ex-tilan valaistuksen piirikaaviosta ks. liite 6.)

14.4.1 Valaistus- ja lämmitysryhmien lähtökohdat

Valaistus- ja lämmitysryhmien lähtökohtina pidetään, että sähkökeskus sijoitetaan Ex-tilan ulkopuolelle ja sähkölaitteet (valaisimet tai lämmittimet) sijoitetaan Ex-tilaan, jos niitä ei voida sijoittaa Ex-tilan ulkopuolelle. Pääkontaktori ja suojalaitteet sijoitetaan sähkökeskukseen. Kaikki asennukset ovat kiinteitä asennuksia. Ex-tilan yläpuolelle sijoitettavat valaisimet ja lämmittimet eivät saa aiheuttaa räjähdysvaaraa (ks. 9.9, s. 32) mukaisesti.

14.4.2 Valaistus- ja lämmitysryhmien laitteiden valitseminen

Ex-tilaan sijoitettavien laitteiden tulee olla ATEX-tyyppihyväksytyjä (ks. 7, s. 10). Sähkölaitteita ei liitetä sähköverkkoon pistorasioilla eli ns. riparasioilla.

14.4.3 Valaistus- ja lämmitysryhmien sähkönjakelujärjestelmä

Päävirtapiirin ja ohjausvirtapiirin sähkönjakelujärjestelmän tulee soveltua Ex-tilaan. Päävirtapiirin sähkönjakelujärjestelmänä käytetään TN-S tai IT-järjestelmää ja jos päävirtapiirissä käytetään muita sähkönjakelujärjestelmiä, luvun 14.4 ohjeet eivät päde. (ks. 8, s. 18).

14.4.4 Valaistus- ja lämmitysryhmien asennustarvikkeet

Valaistus- ja lämmitysryhmissä kaapelihyllyjen, putkien, suojiin yms. asennustarvikkeiden tulee olla räjähdysvaaralliseen tilaan soveltuvia (ks. 9.4, s. 23).

14.4.5 Valaistus- ja lämmitysryhmien ukkossuojaus

Valaistus- ja lämmitysryhmien ukkossuojauksen tarve tulee arvioida, ja tarvittaessa Ex-tila on suojattava ukkossuojausjärjestelmällä (ks. 9.7, s. 24).

14.4.6 Valaistus- ja lämmitysryhmien potentiaalintasaus

Vaikka laitteiden johtavat rungot suojamaadoitetaan, ne on kytkettävä myös alueen potentiaalintasausjärjestelmään erillisellä potentiaalintasausjohtimella (ks. 9.8, s. 25). Valaisimien potentiaalintasauksen yksinkertaisin toteutustapa on asentaa potentiaalintasauskiskolta paljas kupariköysi ns. runkomaaksi, josta haaroitetaan jokaiselle valaisimelle potentiaalintasausjohdin puristus- tai thermoweld-liittimillä.

14.4.7 Valaistus- ja lämmitysryhmien sähköinen erottaminen

Valaistus- ja lämmitysryhmien päävirtapiirissä tulee olla erotuslaite, joka on yleensä kaikki vaiheet ja nollan erottava johdonsuojakatkaisija. Ohjausvirtapiirissä käytetään erottimena vaiheen erottavaa, 1-napaista johdonsuojakatkaisijaa, kun Ex-tilaan ei asenneta ohjauspiirin nollaa. Jos ohjauspiirin nolla asennetaan Ex-tilaan, esimerkiksi merkkilampulle tai ohjauslaitteelle, niin ohjauspiirin johdonsuojakatkaisijan tulee olla vaiheen ja nollan erottava, 2-napainen johdonsuojakatkaisija. Jos johdonsuojakatkaisijoiden sijasta käytetään tulppasulakkeita, niin sähköinen erotus on tehtävä erillisellä erotuskytkimellä. (Ks. 10, s. 33.)

14.4.8 Valaistus- ja lämmitysryhmien hätä-pois-kytkentä

Valaistus- ja lämmitysryhmien sähkönsyötöille tulee suunnitella hätä-pois-kytkentä (ks. 11, s. 33).

14.4.9 Valaistus- ja lämmitysryhmien sähköinen suojaaminen

Valaistus- ja lämmitysryhmät tulee suojata sähköisesti (ks. 12, s. 34). TN-S-järjestelmässä ryhmä suojataan oikosululta, maasululta ja ylikuormitukselta kaikki vaiheet ja nollan erottavalla johdonsuojakatkaisijalla. IT-järjestelmässä ryhmä suojataan oikosululta ja ylikuormitukselta kaikki vaiheet ja nollan erottavalla johdonsuojakatkaisijalla sekä maasululta valvontalaitteella (ks. 8.3, s. 19). Lisäksi lämmitysryhmä tulee suojata vuotovirroilta (ks. 12.4, s. 35). Jos laitteita ohjataan Ex-tilasta erillisellä ohjauspiirillä, niin ohjauspiiri on suojattava sähköisesti oikosululta, maasululta ylikuormitukselta. Ohjauspiirin sähköisenä suojana käytetään 1- tai 2-napaista johdonsuojakatkaisijaa, riippuen sähköisen erotuksen tarpeesta. Suojaus tulee toteuttaa siten, että kaikki päävirtapiirin ja ohjausvirtapiirin laitteet on suojattu laitevalmistajien ohjeiden mukaisesti.

14.4.10 Valaistus- ja lämmitysryhmien kaapelit ja johdot

Valaistus- ja lämmitysryhmien kaapeleiden tulee olla Ex-tilaan soveltuvia eikä niissä saa olla kytkemättömiä johtimia (ks. 13, s. 38).

14.4.11 Valaistus- ja lämmitysryhmien läpivientilaitteet

Valaistus- ja lämmitysryhmien kaapeleiden läpivientilaitteiden tulee olla Ex-tilaan soveltuvia (ks. 13.3, s. 39).

14.4.12 Valaisimien tai lämmittimen puolikiinteä asennus

Jos valaisin tai lämmitin asennetaan puolikiinteästi, liitäntäkaapeli valitaan standardin SFS-EN 60079-14 kohdan 9 mukaisesti. Jokaiselle laitteelle tarvitaan erillinen ATEX-tyyppihyväksytty liitäntärasia, ja laitteiden läpivientiholkkien tulee soveltua puolikiinteään asennukseen. Jos läpivientiholkin sertifikaatin tunnus päättyy X-kirjaimen, niin tarkoittaa se yleensä sitä, että läpivientiholkki soveltuu vain kiinteään asennukseen.

15 Yhteenveto

Tässä työssä käsiteltiin teollisuudessa esiintyvien kaasu- ja pölyräjähdysvaarallisten tilojen sähkösuunnittelua ja niihin liittyviä standardeja. Räjähdysvaarallisten tilojen sähkösuunnittelu on hyvin pitkälle standardien perusvaatimusten sekä räjähdysuojaurakenteiden lisävaatimusten muistamista ja tulkitsemista. Työssä esiteltiin sähkösuunnittelun helpottamiseksi tulkintoja standardeista sekä suunnittelumalleja teorian soveltamiseksi.

Työssä todettiin, ettei räjähdysvaaralliseen tilaan voida asentaa normaaleja sähköasennuksia. Räjähdysvaarallisessa tilassa sähköasennusten tulee olla räjähdysvaarallisia tiloja käsittelevien standardien mukaisia. Sähkölaitteet tulee valita räjähdysvaaralliseen tilaan tilaluokituksen perusteella. Lisäksi todettiin, että staattisten varausten ja muiden jännitteiden syntyminen rakenteisiin tulee estää, jottei räjähdysvaarallinen seos räjähdä.

Työssä opastettiin räjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitettujen laitteiden valitsemisessa ja sijoittamisessa tilaluokituksen perusteella. Vaaralliselta kipinöinniltä suojautumisesta annettiin ohjeita sekä yleistietoa kipinöinnin lähteistä. Räjähdysvaarallisiin tiloihin soveltuvia kaapeleita ei käyty läpi kovinkaan yksityiskohtaisesti mutta soveltuvat kaapelityypit ja johdotukseen liittyvät asiat käsiteltiin siltä osin, kuin se oli sähkösuunnittelijan kannalta tarpeellista.

Räjähdysvaarallisen tilan sähkölaitteiden ja -asennusten sähköisestä suojaamisesta esiteltiin standardeihin perustuvat tulkinnat sekä suojalaitteita, joilla suojaus toteutetaan. Sähköisestä erottamisesta ja hätä-pois-kytkennästä esiteltiin ratkaisuja, joilla ne voidaan tehdä oikein.

Pienjännitteisten oikosulkumoottoreiden suoralle, pehmokäynnistin- sekä taajuusmuuttajakäytölle esiteltiin räjähdysvaaralliseen tilaan soveltuvia sähkösuunnittelumalleja. Suunnittelumallit kävivät vaihe kerrallaan läpi, mitä räjähdysvaarallisen tilan moottori-käytön suunnittelussa tulisi huomioida ja miten kukin vaihe voitaisiin toteuttaa. Samantyylinen suunnittelumalli esiteltiin myös valaistus- ja lämmitysryhmän sähkösuunnittelulle. Suunnittelumalleista pystyttiin nopeasti omaksumaan kunkin suunniteltavan kohteen räjähdysuojaukseen liittyvät asiat.

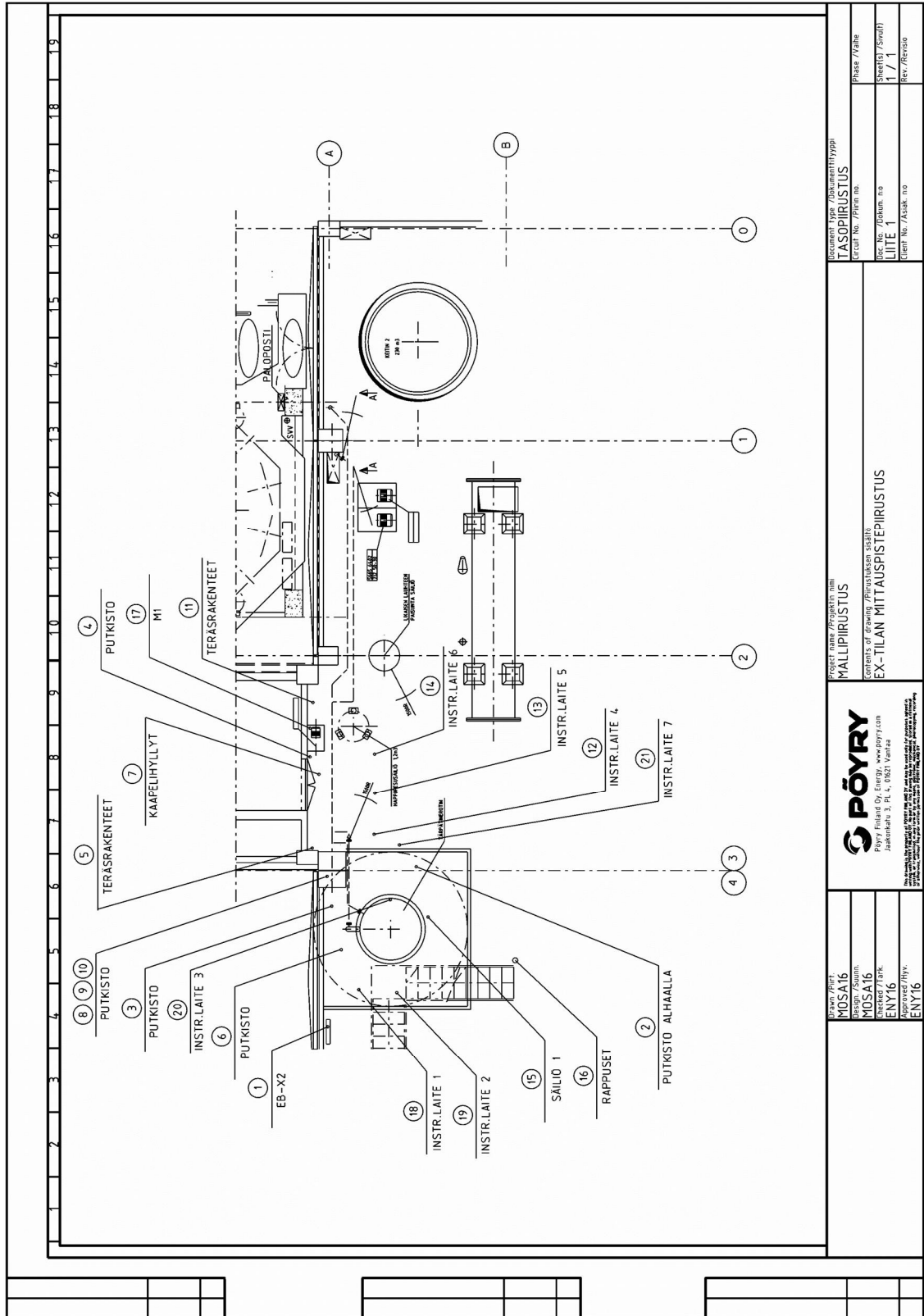
Räjähdysvaarallisten tilojen sähkösuunnittelu on aluksi monimutkaista mutta helpottuu, kunhan standardien vaatimukset opitaan tuntemaan. Suunnittelijalla tulisi olla normaalien tilojen sähkösuunnittelukokemusta sekä ATEX-koulutus suoritettuna, ennen kuin räjähdysvaarallisten tilojen sähkösuunnittelu voidaan aloittaa. Kokemattoman sähkösuunnittelijan kannattaa aloittaa räjähdysvaarallisten tilojen sähkösuunnittelu kokeneen suunnittelijan opastuksella, jotta virheitä välttyttäisiin, ja kokemus välittyisi muillekin.

Lähteet

- 1 ATEX Räjähdyksvaarallisten tilojen turvallisuus. 2003. Tukes
- 2 Kauppila, Juha, Tiainen, Esa & Ylinen, Timo. 2009. Sähköasennuksia 3. Espoo: Sähköinfo Oy
- 3 SFS-EN 60079-10-1. Räjähdyksvaaralliset tilat. Osa 10-1: Tilaluokitus. Kaasuräjähdyksvaaralliset tilat. 2010. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS ry.
- 4 SFS-EN 60079-10-2. Räjähdyksvaaralliset tilat. Osa 10-2: Tilaluokitus. Pölyräjähdyksvaaralliset tilat. 2010. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS ry.
- 5 SFS-käsikirja 604-1. Räjähdyksvaaralliset tilat. Osa 1: Määräykset, tilaluokitus ja sähkölaitteiden rakenteet. 2010. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS ry.
- 6 Tukes. Verkkajulkaisu. < <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteet1/Sahkolaitteiden-vaatimukset/ATEX---Rajahdyksvaarallisten-tilojen-laitteet/Lisatietoa-ATEX-direktiivista/>> Luettu 11.2.2013.
- 7 SFS-EN 60079-14. Räjähdyksvaaralliset tilat. Osa 14: Sähköasennusten suunnittelu, laitevalinta ja asentaminen. 2009. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS ry.
- 8 Tekninen opas nro 5. Laakerivirrat uusissa vaihtovirtakäytöissä. 2000. ABB Oy
- 9 SFS-käsikirja 609. Rakennusten ja rakenteiden salamasuojaus. 2009. Suomen standardoimisliitto SFS ry.
- 10 VTT. Verkkajulkaisu. <<http://virtual.vtt.fi/virtual/staha/stahayhdistys/atex%20tr/liite3.pdf>>. Luettu 11.2.2013.
- 11 SFS-käsikirja 118. Palavat nesteet ja kaasut. Potentiaalintaus ja maadoitus. 1990. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS ry.
- 12 Tiainen, Esa. Maadoituskirja. 2007. Helsinki: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.
- 13 SFS-EN 60079-17. Räjähdyksvaaralliset tilat. Osa 17: Sähköasennusten tarkastus ja kunnossapito. 2009. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS ry.
- 14 ST-kortti 841.25. 1993. Sähköinfo Oy

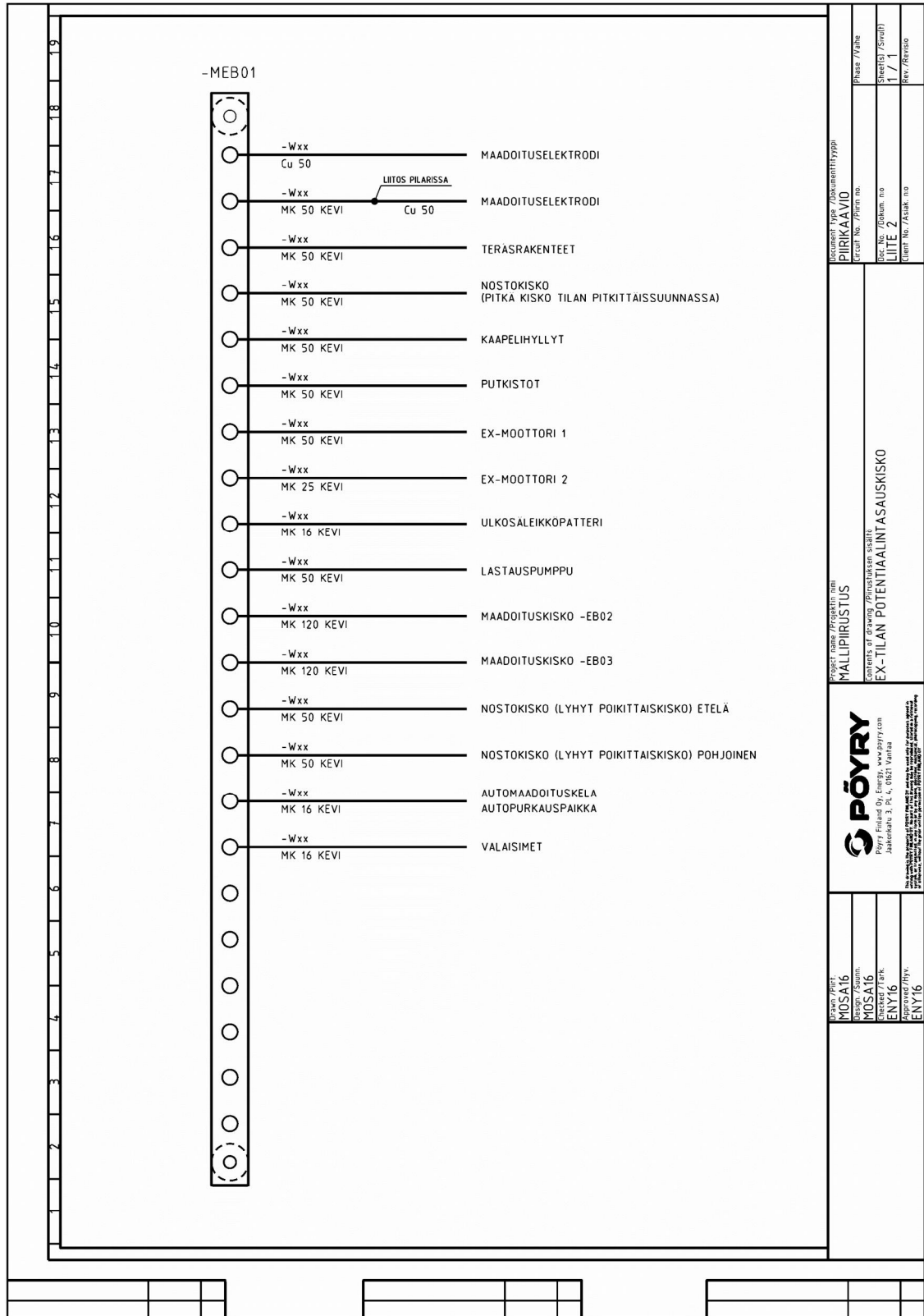
- 15 SFS-EN 6000. Pienjännitesähköasennukset. 2012. Suomen standardoimisliitto SFS ry.
- 16 Tiainen, Esa. D1-2012. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 2010. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.
- 17 SFS-EN 60079-0. Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 0: Laitteet, yleiset vaatimukset. 2009. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.
- 18 Pehmokäynnistinopas. 2007. ABB Oy
- 19 Pienjännitemoottorit räjähdysvaarallisiin tiloihin. Opas. 2007. ABB Oy
- 20 SFS-Käsikirja 604-2. Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 2: Sähköasennukset, tarkastukset ja huolto. 2009. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.

Esimerkki mittauspistepiirustuksesta



Project name / Projekti nimi MALLIPIIRUSTUS	Document type / Dokumentti tyyppi TASOPIIRUSTUS	Phase / Aika
Contents of drawing / Piirustuksen sisältö EX-TILAN MITTAUSPISTEPIIRUSTUS	Draw. No. / Piir. no. LIITE 1	Sheet(s) / Sivut 1 / 1
Project name / Projekti nimi MOSA16	Client No. / Asiak. no.	Rev. / Revisio
Designer / Suunn. MOSA16		
Checker / Tark. ENY16		
Approver / Hyvä. ENY16		

Esimerkki Ex-tilan potentiaalintasauskiskon kytkennöistä



Document type / Dokumenttityyppi
PIIRIKAAVIO
Sheet No. / Sheet no.
Doc. No. / Dokument. no.
LIITE 2
Client No. / Asiak. no.

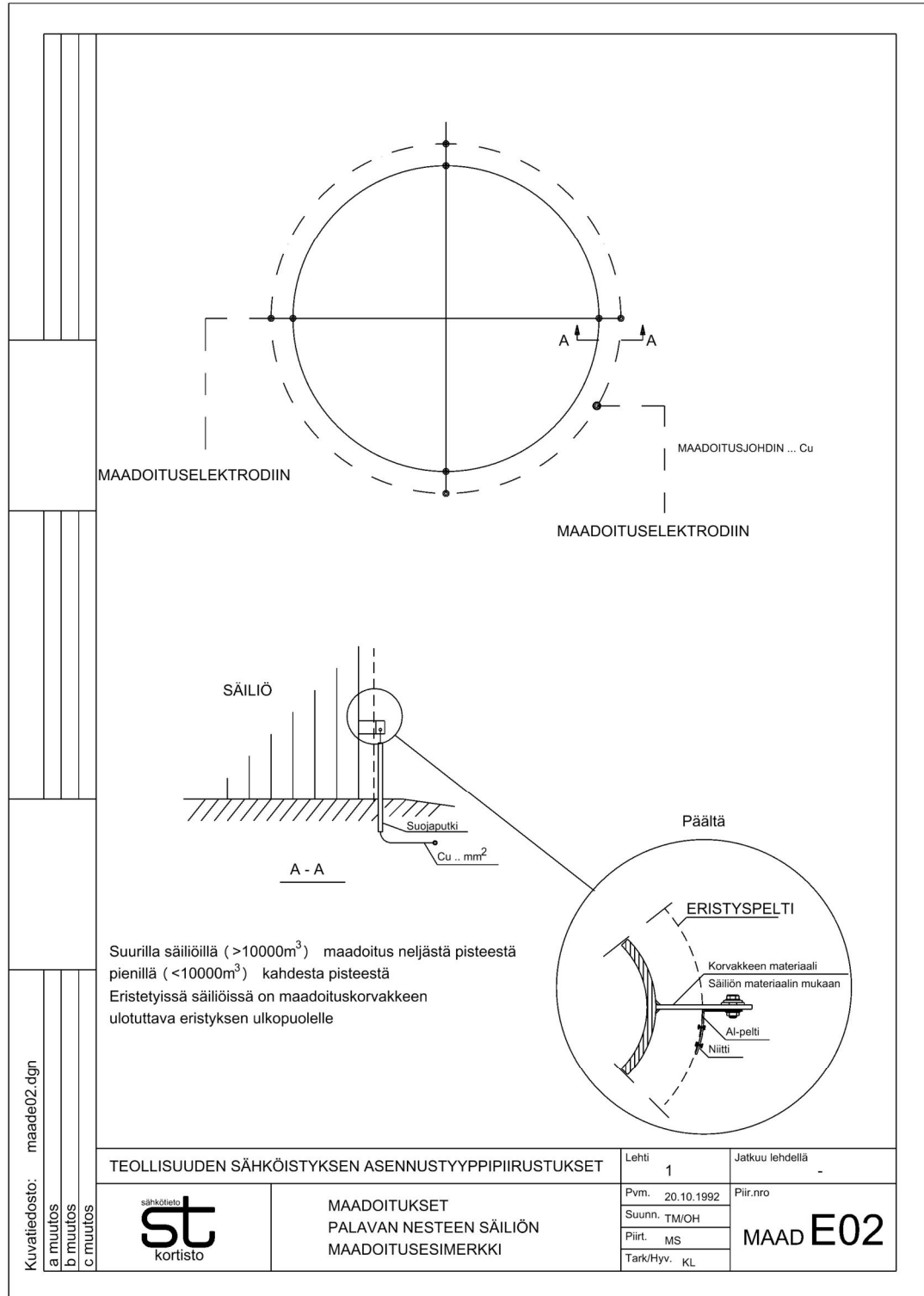
Project name / Projektiin nimi
MALLIPIIRUSTUS
Contents of drawing / Piirustuksen sisältö
EX - TILAN POTENTIALITASAUSKISKO

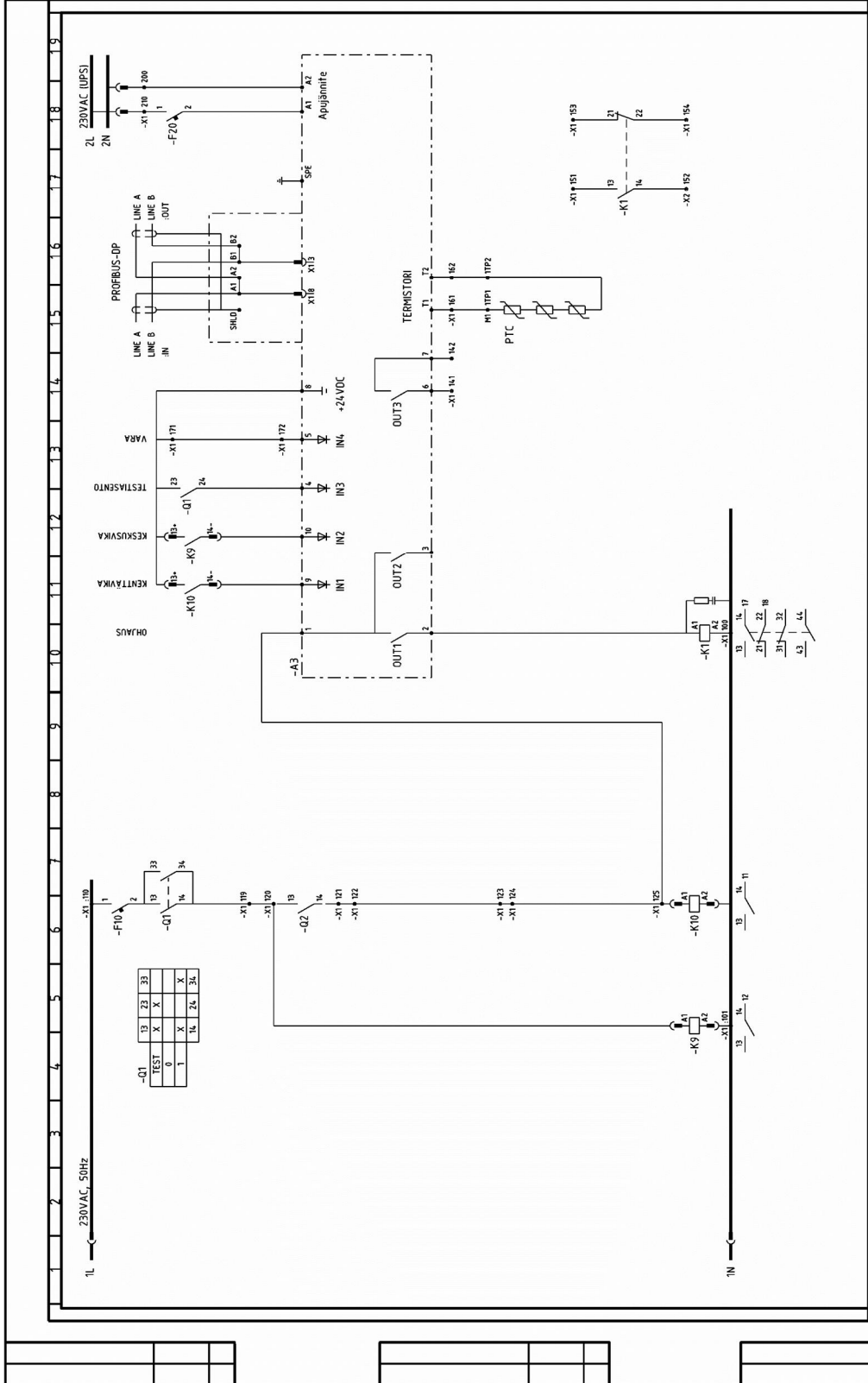


Author / Piirtäjä
MOSA16
Designer / Suunn.
MOSA16
Checker / tark.
ENY16
Approved / Hyväks.
ENY16

Phase / Vaihe
Sheet(s) / Sivut
1 / 1
Rev./Revisio

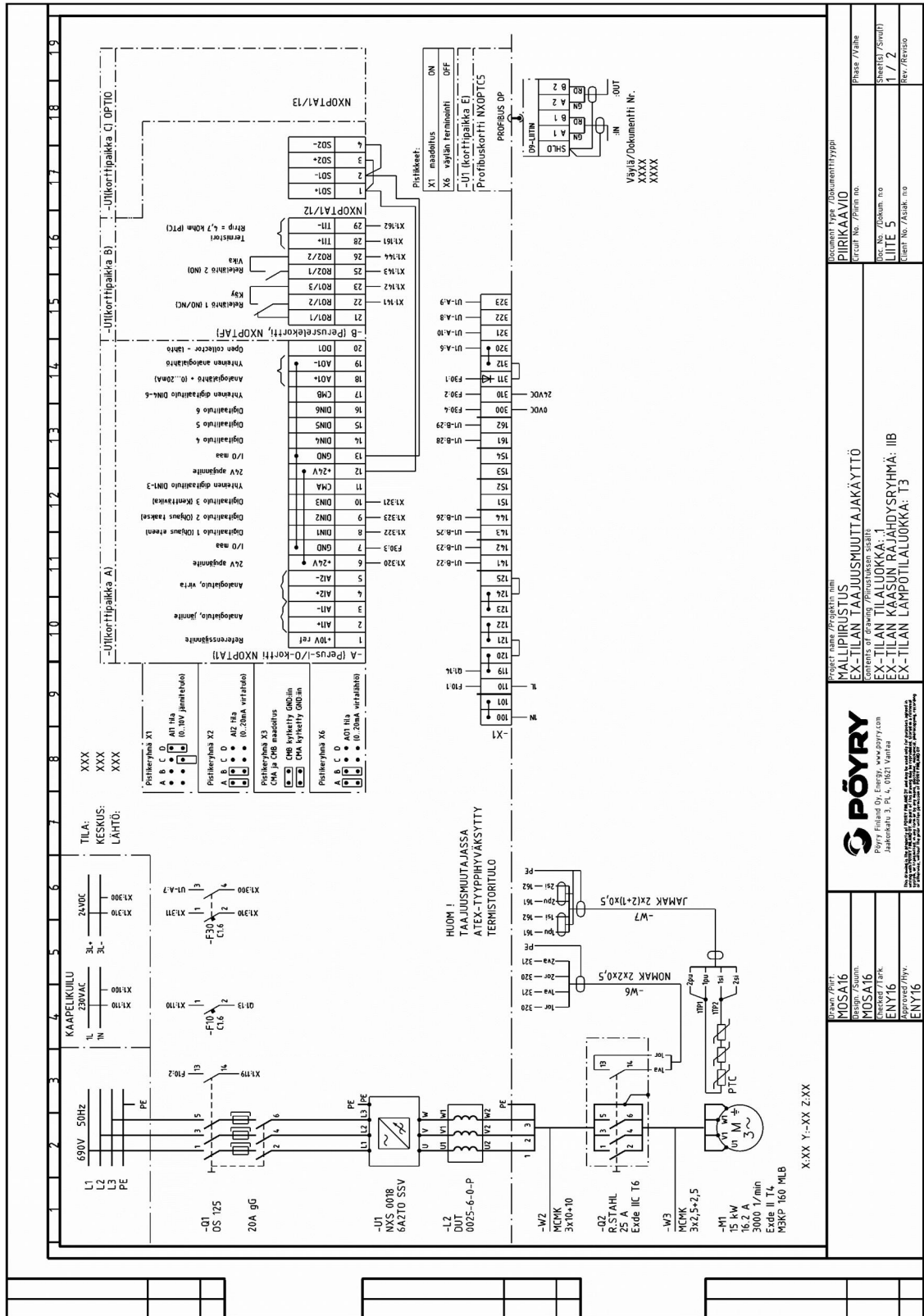
Esimerkki palavan nesteen säiliön maadoituksesta

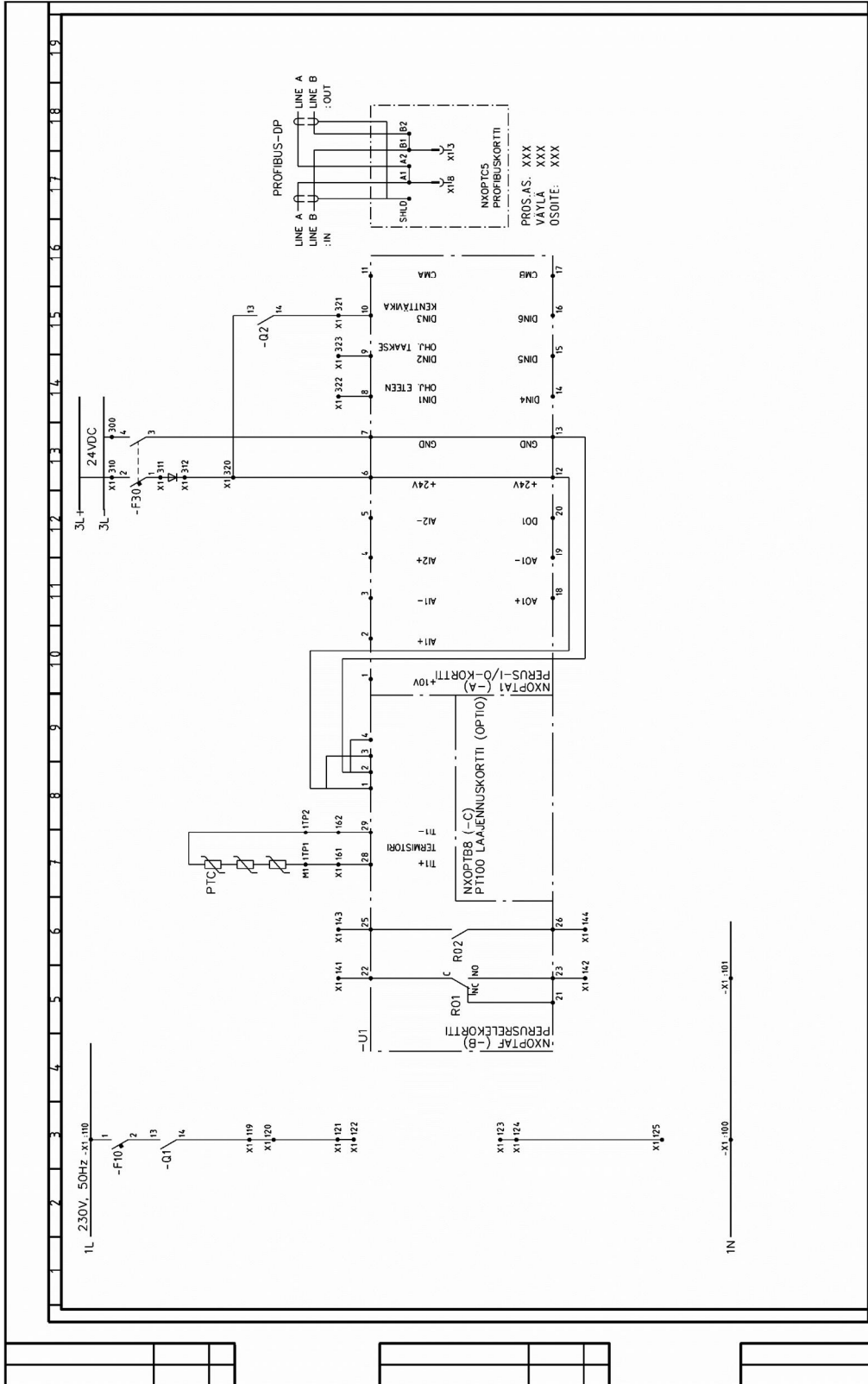




Project name / Projekti nimi MALLIPURUSTUS	Document type / Dokumentityyppi PIIRKAAVIO
Project name / Projekti nimi EX-TILAN SUORA KÄYTTÖ	Circuit No. / Piirin no.
Contents of drawing / Piirustuksen sisältö EX-TILAN KAASUN RAJAJHDYSRYHMÄ: 1	Doc. No. / Dokum. no. LIITE 4
EX-TILAN LAMPOTILALUOKKA: T3	Client No. / Asiak. no.
Drawn / Piirtänyt MOSA16	Phase / Vaihe
Design / Suunnit. MOSA16	Sheet(s) / Sivut 2 / 2
Checked / Tark. ENY16	Rev. / Revisio
Approved / Hyv. ENY16	

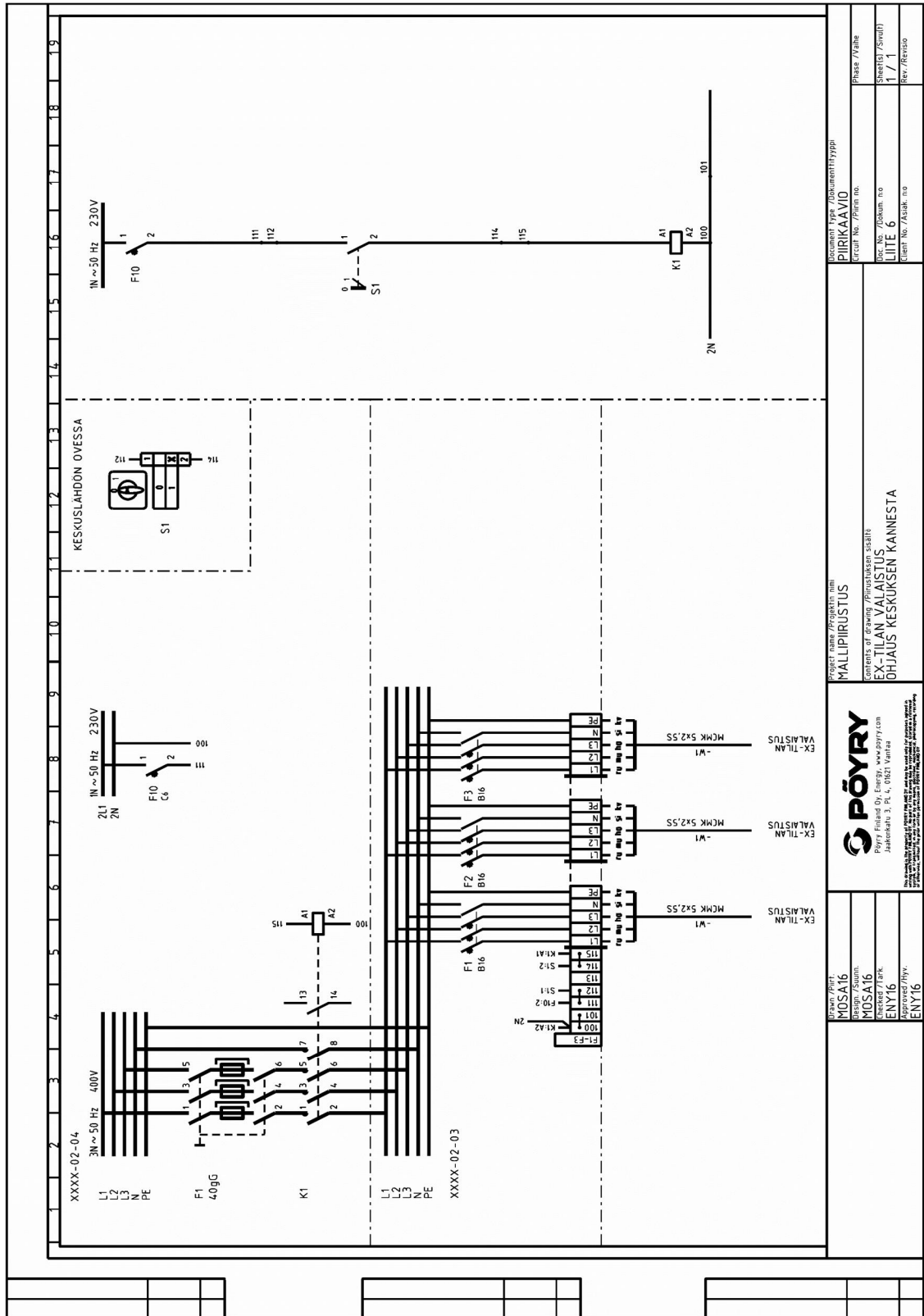
Esimerkki Ex-tilan taajuusmuuttajakäytön piirikaaviosta





Project name / Projekti nimi MAALIPIIRUSTUS	Document type / Dokumentityyppi PIIRKAAVIO
Contents of drawing / Piirustuksen sisältö EX-TILAN TAAJUISMUUTTAJAKÄYTTÖ	Circuit No. / Piirin no.
EX-TILAN TAAJUISMUUTTAJAKÄYTTÖ	Doc. No. / Dokumentti no. LIITE 5
EX-TILAN TILALUOKKA: 1	Rev. / Versio 2 / 2
EX-TILAN KAASUN RAJAJHDYSRYHMÄ: IIB	Client No. / Asiak. no.
EX-TILAN LAMPÖTILALUOKKA: T3	
Drawn / Piirtänyt MOSA 16	
Design / Suunnitellut MOSA 16	
Checked / Tarkastanut ENY16	
Approved / Hyväksynyt ENY16	

Esimerkki Ex-tilan valaistuksen piirikaaviosta



Document type / Dokumentityyppi	PIIRIKAAVIO
Circuit No. / Piirin no.	
Doc. No. / Dokument. no.	LIITE 6
Client No. / Asiak. no.	

Project name / Projekti nimi	MALLIPIIRUSTUS
Contents of drawing / Piirustuksen sisältö	EX-TILAN VALAISTUS OHJAUS KESKUKSEN KANNESTA

PÖYRY
 Pöyry Finland Oy, Energy, www.poyry.com
 Jakokatu 3, P.O. Box 10821, Vantaa

Version / Versio	MOSA16
Designer / Suunn.	MOSA16
Checker / tark.	ENY16
Approved / Hyv.	ENY16

Phase / Vaihe	
Sheet(s) / Sivut	1 / 1
Rev. / Revision	