

Toni Airaksinen

Pienjännitelaitteiden testaus ja suunnittelu standardin EN 60950-1 pohjalta

Opinnäytetyö
Sähkötekniikka


Huhtikuu 2011




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences	Opinnäytetyön päivämäärä 13.5.2011				
Tekijä(t) Toni Airaksinen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Sähkötekniikka, sähkövoimatekniikka				
Nimeke Pienjännitelaitteiden testaus ja suunnittelu standardin EN 60950-1 pohjalta					
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä selvitys informaatioteknologian standardin EN 60950-1 tärkeimmistä perusvaatimuksista sekä toimia oppaana laitesuunnittelijoille ja olla muistiona testaajille. Tähän opinnäytetyöhön on koottu tärkeimpiä asioita, mitä laitesuunnittelussa ja -testauksessa tulisi huomioida. Aihealue on rajattu verkkovirralla toimiviin laitteisiin ja tarkemmin perehdytään virtalähteiden vaatimuksiin. Standardia sovelletaan verkkovirta ja patteri/akku käyttöisiin informaatiotekniikan laitteisiin, joissa käyttöjännite ei ylitä 600V.</p> <p>Tärkeimpänä kokonaisuutena opinnäytetyössä ovat ilma- ja pintavälit, vaatimuksineen ja määrittelyineen. Työssä käsitellään myös standardin piiriin kuuluvien laitteiden paloturvallisuutta ja käyttöturvallisuutta. Lisäksi käydään läpi virtalähteelle asetettuja vaatimuksia esimerkki laitteen avulla ja esitetään mittaustuloksia. Samassa yhteydessä kerrotaan kriittisistä komponenteista sekä tarkemmin muuntajista ja piirilevyistä.</p> <p>Opinnäytetyössä ei kaikkia perusvaatimuksia käydä läpi yksityiskohtaisesti, mutta sitä voidaan silti käyttää suuntaa-antavana lähes kaikkiin tapauksiin. Tärkeimmiksi katsotut kohdat löytyvät opinnäytetyöstä selvitetynä niin, ettei standardista tarvitse kuin tarkistaa lisä-vaatimukset, jos laitteeseen pitää niitä soveltaa. Opinnäytetyö käy sovellettavaksi perustapauksien ilma- ja pintavälien sekä eristysvaatimusten ja osittain paloturvallisuus- ja käyttöturvallisuusvaatimusten määrittämiseen.</p>					
Asiasanat (avainsanat) Ilma- ja pintavälit, paloturvallisuus, käyttöturvallisuus					
Sivumäärä 22+17	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%;">Kieli</td> <td style="width: 33%;">URN</td> </tr> <tr> <td>Suomi</td> <td></td> </tr> </table>	Kieli	URN	Suomi	
Kieli	URN				
Suomi					
Huomautus (huomautukset liitteistä) Liitteet, jotka ovat otettu EN 60950-1 ja EN 60950-1/A1 ovat englannin kielisiä					
Ohjaavan opettajan nimi Juha Korpijärvi	Opinnäytetyön toimeksiantaja Intertek ETL Semko				

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 13.5.2011
Author(s) Toni Airaksinen	Degree programme and option Electrical engineering Bachelor of electrical engineering	
Name of the bachelor's thesis Testing and designing of low voltage devices basis on standard EN 60950-1		
Abstract Meaning of this bachelor thesis was making report of the most important basic requirements of information technology equipment standard EN 60950-1. It is also a guide for designers and memo for inspectors. The most important things that you should note of equipment designing and equipment inspecting are collected in this thesis. Theme of this thesis is limited for AC mains powered equipment and it focuses more about power supply unit requirements. The standard is adapted for AC mains- and battery powered information technology equipment where rated voltage doesn't exceed 600V. The most important subject of thesis are clearance- and creepage distance requirements. Thesis also tells about fire resistance and safety requirements. In addition thesis shows example of power supply unit with measurements required by standard. In the same context thesis tells about critical components and more about transformers and printed boards. This thesis doesn't tell every defined specific of basic requirements, but you can use it for almost every case. The most important things in this thesis are clarified so that you only have to check additional-requirements if device requires it. This thesis is applicable for clearance- and creepage distance requirements and insulation requirements. It is also partly applicable for fire resistance requirements and safety requirements.		
Subject headings, (keywords) Clearance- and creepage distances, fire resistance, safety		
Pages 22+17	Language Finnish	URN
Remarks, notes on appendices Appendices taken from EN 60950-1 and EN 60950-1/A1 are in English		
Tutor Juha Korpijärvi	Bachelor's thesis assigned by Intertek ETL Semko	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	STANDARDISOIMISJÄRJESTÖT	1
3	TOIMEKSIANTAJA	3
4	ILMA- JA PINTAVÄLI SEKÄ ETÄISYYS ERISTEEN LÄPI.....	4
	4.1.1 Suojausluokat.....	4
	4.1.2 Eristysluokat	4
	4.1.3 Kotelointiluokat (IP-luokitus).....	6
	4.2 Ilma- ja pintaväli.....	7
	4.2.1 Ilmaväli	7
	4.2.2 Pintaväli	8
	4.3 Etäisyys eristeen läpi	9
5	PALOTURVALLISUUS	9
	5.1 Palokotelointi.....	9
	5.2 Materiaalit.....	10
	5.2.1 Palokotelo	10
	5.2.2 Palokotelon sisä- ja ulkopuolella olevat osat ja komponentit.....	10
6	KÄYTTÖTURVALLISUUS	11
	6.1 Suojaus käyttäjäntoimialueella	12
	6.2 Suojaus huoltoalueella	13
	6.3 Suojaavat laitteet.....	14
	6.4 Turvallisuus ohjeet.....	15
7	VIRTALÄHTEEN TARKASTELU	16
	7.1 Määrittely.....	16
	7.2 Kriittiset komponentit.....	17
	7.2.1 Ensiöpiiri.....	17
	7.2.2 Siltaavat komponentit ensiö- ja toisiopiirin välillä	18
	7.3 Mittauksia	18
	7.4 Tarkemmin muuntajista ja piirilevyistä	19
8	YHTEENVETO	20
	LÄHTEET.....	22

LIITE/LIITTEET

12 Yksisivuista liitettä

2 Monisivuista liitettä

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää standardin EN 60950-1 perusvaatimukset, sekä toimia niiden muistuttajana niin laitesuunnittelijoille kuin testaajillekin. Opinnäytetyöhön on koottu tärkeimpiä asioita, mitä laitesuunnittelussa ja -testauksessa tulisi huomioida. Työ on rajattu verkkovirralla toimiviin laitteisiin ja pohjautuu informaatioteknologian standardiin EN 60950-1. Standardia sovelletaan verkkovirta ja patteri/akku käyttöisiin informaatiotekniikan laitteisiin, joissa käyttöjännite ei ylitä 600V (EN 60950-1, s.31). Tarkemmin rajattuna opinnäytetyö perehtyy niin kutsuttuihin ”powereihin” eli virtalähteisiin. Työ koostuu toimeksiantajan haluamista osista sekä mielestäni tärkeistä osista, joita suunnittelussa ja testauksessa tulisi ottaa huomioon. Työssä selvitetään ilma- ja pintavälien määrittämistä, paloturvallisuutta sekä käyttöturvallisuutta. Lisäksi esitellään esimerkkilaitteen, virtalähteen, testausstandardin mukaisesti ja samalla käydään läpi kriittisiä komponentteja niihin liittyvine vaatimuksineen. Työssä selvitetään yllä mainitun standardin vaatimuksia sen mukaisille laitteille. Opinnäytetyö kertoo siis standardin vaatimuksista, eikä paneudu vaatimuksissa niin kutsutulle ruohonjuuritasolle. Toisin sanoen jos standardi vaatii esimerkiksi tietyn tulenkestoisuusluokan materiaalia käytettäväksi, kerrotaan missä mitäkin tulenkestoisuusluokan materiaalia tulee käyttää, muttei selvitetä mitä materiaaleja kyseisiin luokkiin kuuluu. Työssä selvitetään standardin perus-/yleisvaatimuksia ja jätetään erikoistapaukset ja poikkeukset vähemmälle.

2 STANDARDISOIMISJÄRJESTÖT

On hyvä tietää hieman standardisoimisjärjestöistä, koska se auttaa ymmärtämään standardien luomista ja tarkoitusta. Tärkeimpiä järjestöjä ovat IEC (International Electrotechnical Commission) ja CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization). IEC on voittoa tavoittelematon valtioton organisaatio, joka on perustettu 1906. Jäsenet ovat kansainvälisiä komiteoita, jotka nimittävät asiantuntijoita tekniisiin ja vaatimustenmukaisiin arviointeihin. Komiteat koostuvat maan osakkaista, jotka edustavat koko maan sähkötekniikan osa-alueita. IEC on maailmanlaajuinen organisaatio, joka julkaisee kansainvälisiä standardeja ja hoitaa vaatimustenmukaisia arviointeja sähkötekniikan järjestelmille ja palveluille. IEC:n julkaisut tarjoavat pohjan kansallisille standardisoinneille ja suosituksia kansainvälisille sopimuksille. IEC:n

toiminta vaikuttaa yli 97 % maailman väestöstä. IEC tekee yhteistyötä useiden kansainvälisten, alueellisten ja kansallisten kumppaneiden kanssa. IEC auttaa edistämään standardisoinnin merkityksen tärkeyttä ympäri maailman sekä koordinoi mahdollisista päällekkäisyyksistä. (International Electrotechnical Commission, 2011)

IEC:llä on tärkeä ja olennainen rooli standardisoinnissa, sillä miljoonat laitteet, jotka käyttävät tai tuottavat sähköä ovat sen standardien alaisia. IEC on maailman johtava organisaatio, joka valmistele ja julkaisee kansainvälisiä standardeja sähkötekniikan laitteille. IEC tarjoaa alustan yrityksille, teollisuuden aloille ja hallituksille tapaamisiin, joissa keskustellaan ja kehitetään kansainvälisiä standardeja, joita he vaativat. Kaikki kansainväliset standardit ovat yhteisymmärrettäviä ja edustavat jokaisen jäsenen tarpeita. (International Electrotechnical Commission, 2011)

Toinen tärkeä standardisoinnissa on CENELEC (The European Committee for Electrotechnical Standardization). CENELEC on perustettu 1973 kahden edellisen Eurooppalaisen organisaation yhdistyessä (CENELCOM ja CENEL). Nykyään CENELEC on voitto tavoittelematon tekninen organisaatio, joka on perustettu Belgian lain mukaan ja koostuu 31:stä Euroopan maan ja 12:sta EU:n ulkopuolisesta kansallisesta komissiosta. CENELEC:in jäsenet ovat työskennelleet Euroopan yhdyntymisen puolesta 1950-luvulta lähtien luoden standardeja markkinoiden vaatiessa sitä sekä yhtenäisiä standardeja tukien Euroopan lainsäädäntöä. Tämä on helpottanut Euroopan sisäisen kaupankäynnin muovautumista nykyiselleen. CENELEC:in palveluksessa työskentelee 15000 teknistä asiantuntijaa, jotka tulevat Euroopan alueen jäsenmaista. Heidän tekemänsä työ näkyy markkinoiden ja teknologian kehittämisessä. He myös takaavat, että laite on turvallinen käyttää, jos se täyttää heidän vaatimuksensa. CENELEC valmistaa vapaaehtoisia standardeja, jotka kehittävät joko yksittäistä markkina- tai talousaluetta poistaen rajoja ja esteitä sähkö- ja elektroniikkalaitteiden ja sähkö- ja elektroniikkapalveluiden kaupankäynniltä. Tämä luo uusia markkinoita ja vähentää sisäisen valvonnan kuluja. Standardit ovat teknologisesti neutraaleja ja ne takaavat markkinoille pääsyä, koska laitteelle ei tarvitse tehdä muutoksia riippuen minkä maan markkinoilla sitä myydään. Kaikki mahdolliset vaatimukset sisältyvät luotuun standardiin. (The European Committee for Electrotechnical Standardization, 2011)

Nykypäivän maailmanlaajuisista markkinoista johtuen CENELEC:in standardeista suurin osa on identtisiä IEC:n luomiin. Järjestöjen välillä on läheinen yhteistyö, mikä näkyy esimerkiksi CENELEC:in jäsenien työskentelynä IEC:lle. Lisäarvoa ja tunnustusta tulee valmistajalle, joka toimii CENELEC:in standardien mukaan IEC:n kautta. Vaikka pääsy kaikkien CENELEC maiden markkinoille on taattu, tunnistetaan standardit maailmanlaajuisesti IEC:n ansiosta. Joskus CENELEC valitsee käyttöön IEC:n standardeja, jotka ovat vähän muutettuja Euroopan markkinoita varten. Usein nämä standardit sisältävät tiukemman säädöksen turvallisuudesta. Kaiken kaikkiaan 79 % CENELEC:in standardeista on identtisiä tai perustuvia IEC:n standardeihin. (The European Committee for Electrotechnical Standardization, 2011)

3 TOIMEKSIANTAJA

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli testaus- ja sertifiointilaitos Intertek ETL Semko OY Hyvinkäältä. Yrityksen toiminta on saanut alkunsa jo 1800-luvun loppupuolella ja sähkölaitetestausta on alkanut Thomas Edisonin toimesta 1896 perustetussa lamppujen testausvirastossa (Lamp Testing Bureau). Virasto nimettiin myöhemmin uudelleen ja tuloksena oli Electrical Testing Laboratories, lyhyemmin ETL. 1925 Ruotsissa perustettiin SEMKO vastaamaan sähkölaitteiden testauksesta ja turvallisuudesta Ruotsissa. Nykyisin SEMKOn S-merkki on käytössä koko Euroopassa kertoen laitteen täyttävän Euroopan markkinoiden turvallisuusvaatimukset. 1888 Milton Hersey perusti kemikaalien testauslaboratorion Montrealiin ja yhdistyi vuonna 1954 Chas Warnockin luoman teräs tuotteiden tarkastus yhtiön (Chas, 1927) kanssa. Yrityksestä tuli Warnock Hersey ja se oli Kanadan suurin testaus- ja tarkastuslaitos. 1973 Inchcape perusti Labtestin Hong Kongiin ja oli vuoteen 1989 mennessä laajentunut maailmanlaajuisesti Yhdysvaltoihin, Filippiineille, Taiwaniin, Singaporeen, Thaimaahan, Englantiin ja Kiinaan asti. Inchcape hankki monipuolisesti testaus- ja tarkastuslaitoksia aina polttoaine- ja tekstiilitestauksista sähkötekniikan testauksiin. 1988 Inchcape osti ETL Testing Laboratoriesin ja Warnock Herseyn 1992 sekä SEMKOn 1994. Charterhouse Development Capital osti Inchcape:lta testauspalveluiden osaston 1996. Yritys uudelleennimettiin Intertek Testing Services nimiseksi. Näin muodostui nykypäivän Intertek, jonka pääkonttori on Lontoossa. Intertek on myös listattu Lontoon pörssissä. Intertekillä on noin 30000 työntekijää ympäri maailman (Intertek, 2011).

4 ILMA- JA PINTAVÄLI SEKÄ ETÄISYYS ERISTEEN LÄPI

Ilma- ja pintavälien määrittämiseen vaikuttavat laitteen suojausluokka (0, I, II tai III), vaadittavat eristysvälit (perus-, lisä-, kaksoiseristys tai vahvistettu eristys). Eri eristysväleihin taas vaikuttavat toimintajännitteet. Myös kotelointiluokitukseen tulee kiinnittää huomiota, vaikkei se suoranaisesti vaikuta ilma- ja pintaväleihin sillä standardin EN 60950-1 perusohjeistus- ja vaatimukset perustuvat likaisuusasteen kaksi (2) laitteisiin. Laitteella tulee kuitenkin olla sen käyttöolosuhteisiin nähden oikeanlainen kotelointi, joka suojaa esimerkiksi pölyltä ja vedeltä.

4.1.1 Suojausluokat

Laitteet luokitellaan, joko luokan I, II tai III laitteeksi sen mukaan miten niissä on toteutettu suojaus sähköiskua vastaan. On myös olemassa luokan 0 laitteita. Nämä ovat esimerkiksi vanhoja maadoittamattomia valaisimia ja pistorasioita. Nämä laitteet eivät täytä nykypäivän turvallisuus vaatimuksia, sillä niissä suojaus sähköiskua vastaan on toteutettu pelkästään peruseristyksen avulla mitä nykyään ei katsota riittäväksi. Luokan I laitteissa suojaus on toteutettu peruseristyksen avulla ja suojamaadoittamalla ne jännitteelle alttiit metalliosat, jotka peruseristyksen vikaantuessa voivat tulla jännitteelliseksi ja aiheuttaa vaarallisia sähköiskuja. Luokan I laitteessa voi myös olla osia, jotka ovat suojattu kaksoiseristyksellä tai vahvistetulla eristyksellä. Luokan II laiteissa kosketeltavat osat erotetaan verkkojännitteisistä osista kaksoiseristyksellä tai vahvistetulla eristyksellä. Luokan II laitteissa ei tarvita suojamaadoitusta, sillä suojaus perustuu riittävään eristykseen jännitteisten osien ja kosketeltavien osien ja kosketeltavan pinnan välillä. Luokan III laitteet ovat laitteita, jotka toimivat riittävän pienellä jännitteellä, jottei niistä aiheudu hengenvaaraa. Laitteen toimintajännite normaaleissa käyttöolosuhteissa saa olla maksimissaan 42,4 voltia (huippujännite) vaihtojännitteellä ja 60 voltia tasajännitteellä. Tyypillisiä laitteita ovat lelut, kuten sähköllä toimivat juna- ja autoradat (EN 609050-1, s.41–43, 49).

4.1.2 Eristysluokat

Eristysmateriaalien valinnassa pitää ottaa huomioon laitteen käyttötarkoitus ja käyttöolosuhteet (lämpötila, paine, kosteus ja likaisuus). Laitteen sähköiset ominaisuudet, mekaaninen lujuus ja toiminta jännitteen taajuus voivat myös vaikuttaa eristysmateri-

aalien valintaan, jos niissä on jotain erityistä huomioitavaa. Luonnon kumia, kosteutta kerääviä materiaaleja ja asbestia sisältäviä materiaaleja ei saa käyttää eristysmateriaalina. Erilaisia eristyksiä, joita laitteissa esiintyy, ovat toiminnallinen, perus-, lisä-, kaksois- ja vahvistettueristys. Toiminnallinen eristys ei suojaa sähköiskulta, mutta voi alentaa syttymisen riskiä. Tämä eristys on välttämätön vain laitteen oikeanlaiselle toiminnalle. Peruseristys antaa vain perussuojan sähköiskua vastaan. Lisäeristys on erillinen eristys peruseristyksen lisäksi. Tämä vähentää sähköiskun riskiä peruseristyksen vikaantuessa. Kun käytössä on peruseristys ja lisäeristys kutsutaan sitä kaksoiseristykseksi. Vahvistettueristys on yksittäinen eristys, joka tarjoaa riittävän suojan sähköiskulta. Tässä standardissa se on verrattavissa kaksoiseristykseen. Kaksoiseristys koostuu siis kahdesta erillisestä eristeestä ja vahvistettueristys yhdestä riittävän paksusta eristeestä (EN 60950-1, S.53, 177).

Millainen eristys milläkin välillä normaali tilanteissa tulisi olla, on hahmotettu standardin taulukolla 2H (Liite 1) ja kuvaajalla 2H (Liite 2). Myös muunlaiset tilanteet ovat mahdollisia, taulukko ja kuvaajat antavat vain informatiivisia ohjeita ja joissakin tapauksissa eristys voi olla ohuempi tai paksumpi. Muunlaisissa poikkeavissa tilanteissa tarvittavan eristyksen laatua tutkitaan ja määritellään yhden vian mukaan (Liite 3). Laitteen eristyksen tulee täyttää myös lämmitysvaatimukset. Komponenttien materiaalit tulee valita siten, että ne eivät kuumene normaali kuormituksella yli turvallisen rajan. Maksimi lämpötiloja eri materiaaleille on esitetty taulukossa 1 ja kosketus lämpötiloja käyttäjän toimialueella taulukossa 2 (EN 60950-1, S.179–185).

TAULUKKO 1. Lämpötila rajat materiaaleille ja komponenteille (EN 60950-1, s.313)

Osa	Maksimi lämpötila °C
Eristys, myös johdotusten	
Luokan 105 (A) materiaalista	100
Luokan 120 (E) materiaalista	115
Luokan 130 (B) materiaalista	120
Luokan 155 (F) materiaalista	140
Luokan 180 (H) materiaalista	165
Luokan 200 materiaalista	180
Luokan 220 materiaalista	200

Luokan 250 materiaalista	225
Kumi tai PVC eristys sisäisissä tai ulkoisissa johdotuksissa, mukaan lukien syöttöjohdot	75
Liittimet, mukaan lukien maadoitusliittimet ulkoisille maadoitus johtimille kiinteästi asennetuissa laitteissa	85

TAULUKKO 2. Kosketus lämpötilat (EN 60950-1, s315)

Osat käyttäjän toimialueella	Maksimi lämpötila °C		
	Metalli	Posliini, lasi ja lasimaiset	Muovi ja kumi
Kahvat ja nupit, kosketus vain hetken aikaa	60	70	85
Kahvat ja nupit, kosketus normaalissa käytössä	55	65	75
Laitteen kosketeltava ulkopinta	70	80	95
Laitteen sisäpuolen osat, joita voi koskettaa	70	80	95

4.1.3 Kotelointiluokat (IP-luokitus)

IP-luokitus (International Protection) (Liite 4) on kansainvälinen kotelointiluokitus, joka on määritetty standardissa SFS-EN 60529. Laitteen käyttöolosuhteet on hyvä tietää tarkkaan, jotta osataan valita oikeanlainen kotelointi. Kotelointi tunnus (IP-koodi) muodostuu kirjaimista IP ja sen perässä olevista kahdesta numerosta sekä mahdollisista yhdestä tai kahdesta lisäkirjaimesta. Ensimmäinen tunnusnumero on välillä 0-6 tai kirjain X. Toinen numero on välillä 0-8 tai kirjain X. Ensimmäinen lisäkirjain, joka on siis vapaaehtoinen, on A, B, C, tai D. Toinen täydentävä lisäkirjain, myös vapaaehtoinen, on H, M, S tai W. Jos tunnus numeroa ei ilmaista, se korvataan kirjaimella X tai mahdollisesti kirjaimilla XX jos molemmat jätetään ilmaisematta. Lisäkirjaimia ja täydentäviä kirjaimia ei tarvitse korvata jos ne jätetään ilmaisematta. Ensimmäinen numero kertoo laitteen vaarallisten osien kosketussuojauksen ja suojauksen vierailta esineiltä ja pölyltä. Toinen numero kertoo vesisuojauksesta. Lisäkir-

jainta käytetään vain jos suojaus on parempi kuin tunnusnumerolla ilmoitettu tai jos vain vaarallisten osien kosketussuojaus ilmoitetaan ja ensimmäinen tunnusnumero jätetään ilmoittamatta (X). Määrättyä lisäkirjainta saa käyttää kun myös alempien luokkien vaatimukset täyttyvät. Täydennyskirjaimet kertovat jostain poikkeavasta ominaisuudesta, kuten suurjännitelaitteesta tai, että laite on koestettu erityisiin sää-oloihin (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry, 2009).

4.2 Ilma- ja pintaväli

Ilmaväli on lyhin etäisyys niin kutsuttua ”lennuntietä” pitkin kahden johtavan osan välillä tai johtavan osan ja laitteen sähköisen kotelon ulkopinnan välillä. Pintaväli on lyhin etäisyys kahden johtavan osan välillä eristysaineen pintaa pitkin mitattuna. Minimi pintaväli etäisyys riippuu laitteen toimintajännitteen tehollisarvosta (rms). Lyhin ilmaväli määräytyy taas laitteen toiminnallisen huippujännitteen perusteella (peak working voltage). Tämä tarkoittaa laitteen toimintajännitteen aaltomuodon huippuarvoa (EN 60590-1, s.55, 191–193).

4.2.1 Ilmaväli

Ilmavälit tulee olla niin mitoitettu, että ylijännitteet ja transientti jännitteet sekä huippujännitteet, joita voi ilmetä laitteessa, eivät synnytä ylilyöntiä ilmavälissä. Jännitteellisen (vaarallisen) ja kosketeltavan johtavan osan välissä tulee olla vahvistettu eristys. Yllä mainitut minimi ilmavälit eivät koske termostaatteja ja ylikuormitusuojia sekä muita samantyyllisiä laitteita joissa ilmaväli vaihtelee kosketinkärkien asennon mukaan. Kytkimien kosketinkärkien avausväliksi vaaditaan 3,0mm, jotta katkaisun katsotaan tapahtuvan riittävän luotettavasti. Mikäli kosketeltavat johtavat osat ovat suoja- maadoitettuja riittää peruseristys ja 2,0mm ilmaväli. Kahden millin ilmaväliä ei sovelleta jännitteellisten osien ja johtamattomien kotelon osien välille. Liitimissä vaaditaan yleensä vahvistettueristys kosketeltavan ja jännitteellisen osan välille, poikkeuksena kotelon sisällä olevat liittimet. Tämä tarkoittaa maksimissaan 250V jännitteellä 4,0mm (EN 60950-1 s.193–199).

Eristyksen ensiöpiirissä, ensiöpiirin ja maadoituksen välille ja ensiöpiirin ja toisiopiirin välille määrittää toimintajännite. Laitteen toiminnallisen huippujännitteen ollessa maksimissaan sama kuin syöttävän jännitteen huippuarvo katsotaan ilmaväli standar-

diin 2009 tulleesta muutoskokoelman taulukosta 2K (Liite 5). Laitteen toiminnallisen huippujännitteen ylittäessä syöttävän huippujännitteen, minimi ilmaväli lasketaan taulukon 2K ja taulukon 2L (Liite 6) ilmoittamien arvojen summana. Laitteen toimintajännite voi olla syöttöjännitettä suurempi, kun laite sisältää jännitettä varaavia komponentteja (esimerkiksi kondensaattoreita). Taulukosta 2K nähdään esimerkiksi, että Suomen verkkojännitteen huippuarvo (325V) kuuluu korkeintaan luokkaan 420V (huippu). Tällöin minimi vaatimus ilmavälille esimerkiksi perus- ja lisäeristyksessä on 2,0mm (EN 60950-1, s.197–201).

Ilmavälit toisiopiirissä on määritetty standardin taulukossa 2M (Liite 7). Toiminnallinen huippujännite on joko sinimuotoisen jännitteen huippuarvo tai mitattu huippuarvo ei sinimuotoisesta jännitteestä. Korkein transientti ylijännite on joko syötön korkein ylijännite tai tietoliikenneverkon korkein ylijännite sen mukaan kumpi on suurempi (EN 60950-1, s.201–203).

4.2.2 Pintaväli

Pintavälit tulee mitoittaa niin, että annetulla tehollisarvolla toimintajännitteellä ja likaisuusasteella (Liite8) ei ilmene läpilyöntejä eikä eristeen hajoamista. Pintavälin määrittämistä varten tarvitaan myös tietää laitteen pintavirran kestoisuus (CTI). Materiaaliluokkaan I kuuluvat materiaalit, joiden CTI arvo on vähintään 600. Luokkaan II kuuluvat ne, joiden CTI arvo on pienempi kuin 600, mutta vähintään 400. Luokassa IIIa ovat materiaalit CTI arvoltaan alle 400, mutta vähintään 175. Materiaali luokassa IIIb CTI arvo on alle 175 ja vähintään 100. Minimi arvot pintaväleille on esitetty standardiin 2009 tulleessa muutoskokoelman taulukossa 2N (Liite 9). Taulukosta nähdään, että Suomessa käytössä olevalla verkkojännitteellä ja laitteiden yleisellä likaisuusasteella 2 ja materiaaliluokan III laitteilla minimi pintaväli on 2,5mm. Liittimissä vaaditaan yleensä vahvistettu eristys kosketeltavan ja jännitteellisen osan välille, poikkeuksena kotelon sisällä olevat liittimet. Tämä tarkoittaa maksimissaan 250V jännitteellä, likaisuus asteella 2 ja materiaali ryhmällä IIIa tai IIIb 5 mm pintaväliä (EN 60950-1, s.209–213).

4.3 Etäisyys eristeen läpi

Suunnittelun perustuessa etäisyyteen eristyksen läpi etäisyydet määräytyvät käytössä olevan eristyksen mukaan. Toiminnallisen huippujännitteen ollessa maksimissaan 71 voltia etäisyydelle eristeen läpi ei ole vaatimuksia. Toiminnallisen huippujännitteen ylittäessä 71 voltia toiminnalliselle eristykselle ja peruseristykselle ei ole vaatimuksia etäisyydelle eristyksen läpi, mutta lisä- ja vahvistetulla eristyksellä tulee olla vähintään 0,4mm:n etäisyys eristeen läpi. Niin sanotuissa valetuissa komponenteissa sisäisille ilma- ja pintaväleille ei ole minimi arvoja, jos eristeaine täyttää täysin komponentin kotelon (luotettava valu) ja etäisyys eristyksen läpi komponentissa täyttää yllä mainitut vaatimukset. Puolijohdekomponenteille ei ole minimi pinta- ja ilmavälivaatimuksia, jos valuaaine täyttää täysin puolijohdekomponentin kotelon (EN 60950-1, s.215–217).

5 PALOTURVALLISUUS

Palo voi aiheutua korkeista lämpötiloista, joita syntyy sekä normaali käytössä laitteen kuumentuessa että ylikuormitus tilanteissa. Myös komponenttien viat, eristyksen rikkoutuminen ja löysät liitokset ovat paloturvallisuutta alentavia tekijöitä ja saattavat aiheuttaa herkästi syttymisen. Palo ei saa levitä palonlähteen ulkopuolelle eikä aiheutaa vaaraa ja tuhoa laitteen ympäristölle. Tekijöitä, joilla voidaan alentaa vaaratekijöitä, ovat: ylivirtasuojaus, oikean tulenkestoisuusluokan materiaalien valinta, osien ja materiaalin valinta niin, etteivät ne synnytä korkeita lämpötiloja, rajoittamalla palaviene materiaalien määrää, suojaamalla tai erottamalla syttyvät osat mahdollisista syttymisen aiheuttajista, koteloiden ja esteiden käyttö rajaten tulen leviämistä laitteessa sekä oikeanlaisen kotelomateriaalin valinta itse laitteelle, ettei palo leviä laitteen ulkopuolelle (EN 60950-1, s.25–27).

5.1 Palokotelointi

Paloluokiteltua kotelointia vaaditaan, kun lämpötila vian sattuessa voi sytyttää palon. Siksi useimmiten laitteessa vaaditaan palokotelo. Palokotelovaatimuksen piiriin kuuluvat ensiöpiirin komponentit, toisiopiirin komponentit, joita syöttää tehonlähde, joka ylittää rajoitetun tehonlähteen raja-arvot sekä sellaiset toisiopiirin komponentit, joita syöttää rajoitetun tehon lähde, ellei sitä ole asennettu vähintään tulenkestoisuusluokan

V-1 täyttävälle piirilevymateriaalille. Myös erilliset komponentit voivat olla itsessään varustettu palokotelolla, kuten esimerkiksi jotkut suurjänniteosat. Osat, jotka sisältävät suojaamattomia kipinöiviä kohtia, kuten avoimia kytkimiä ja releitä tai kommutaattoreita vaarallisilla jännitteillä tai energia määrillä tarvitaan suojaamaan palokotelointi. Laitteen johdotukset, ellei johdineristeenä ole käytetty PVC:tä, TFE:tä, PTFE:tä, FEP:tä, neopreenia tai polyamidia, tarvitsevat palokoteloinnin. Toisiopiirin liittimet, joita syöttävät rajoitetun tehon jännitelähteet (max. 15 VA) normaaleissa käyttöolosuhteissa sekä yhden vian tapauksessa, eivät tarvitse palokoteloita (EN 60950-1, s.333–335).

5.2 Materiaalit

Seuraavissa kappaleissa käsitellään palokoteloinnin sekä palokotelon sisä- ja ulkopuolella olevien osien ja komponenttien materiaaleja ja vaatimuksia. Lisäksi esitetään poikkeustapauksia, joihin kyseisiä vaatimuksia ei tarvitse soveltaa.

5.2.1 Palokotelo

Liikuteltavien laitteiden, joiden paino on maksimissaan 18kg, palokotelon materiaalin tulee olla V-1 luokan materiaalia tai läpäistä lämpenemistesti ja tulenkestoisuus testi (Liite 10). Liikuteltavien laitteiden ja kiinteiden laitteiden, joiden paino ylittää 18kg, palokotelointi materiaali tulee olla 5VB-luokan materiaalia tai läpäistä lämpenemistesti ja tulenkestoisuustesti. Materiaalit ja komponentit, jotka täyttävät palokotelossa olevia aukkoja ja ovat tarkoitettu asennettavaksi niihin, tulee olla V-1 luokan materiaalia tai läpäistä lämpenemistesti ja tulenkestoisuus testi. Palokotelon muoviset materiaalit tulee sijaita yli 13mm ilmvälin päässä kipinöivistä osista. Lähempänä sijaitsevien muovisten osien tulee täyttää IEC standardin 60695-2-20 testausvaatimukset (EN 60950-1, s.337).

5.2.2 Palokotelon sisä- ja ulkopuolella olevat osat ja komponentit

Palokotelon ulkopuolella olevien osien ja komponenttien tulee olla HB75 luokan materiaalia jos materiaali on alle 3mm ohut. Vähintään 3mm olevat täytyy olla luokan HB40 materiaalia. Tai sitten vaihtoehtoisesti käytetään HBF luokan materiaalia, jolloin paksuuksilla ei ole merkitystä.

Liittimien tulee olla jonkun seuraavien kohtien mukainen:

- Luokan V-2 materiaalia (palokotelon sisäpuolella olevat liittimet)
- Liittimet, jotka tulevat ulos palokotelosta tulee olla tulenkestoisuusluokaltaan V-1 tai kestävämpää
- Suoriutua lämpenemistesteistä ja tulenkestoisuus testistä
- Asennettu vähintään V-1 luokan piirilevymateriaalille, sekä pieni kokoinen
- Sijaitsee toisiopiirissä ja sitä syöttää rajoitettu jännitelähde max. 15VA

Komponentit ja osat, jotka ovat palokotelon sisäpuolella, tulee olla joko luokan V-2 tai HF-2 materiaalia. Tai vaihtoehtoisesti komponenttien ja osien tulee suoriutua lämpenemistesteistä ja tulenkestoisuus testistä.

On myös poikkeuksia, joissa yllälueteltuja materiaali vaatimuksia ei sovelleta. Kuten materiaalien ja komponenttien metallikoteloon maksimi tilavuudeltaan 0,06m³ ilman ilma-aukkoja tai elektronisiin komponentteihin, kuten optoerottimiin, jotka ovat asennettu V-1 luokan piirilevymateriaalille. PVC, TFE, PTFE ja FEP eristettyihin johtimiin ja liittimiin ei sovelleta näitä vaatimuksia. Yhteenveto materiaalien tulenkestoisuusvaatimuksista on esitetty standardin taulukossa 4E (Liite 11) (EN 60950-1, s.339–343).

6 KÄYTTÖTURVALLISUUS

Suunnittelijoiden tulisi kiinnittää huomiota laitteen oikeanlaisen toiminnan lisäksi mahdollisiin vikatilanteisiin, kuten esimerkiksi mahdollisiin väärinkäyttöihin, ulkoihin lämpötiloihin ja jännitepiikkeihin. Seuraavat asiat tulisi huomioida suunnittelussa:

- Kriteerin määrittely, jolla poistetaan vika, vähennetään vian mahdollisuutta tai suojataan vikaa vastaan
- Jos edellinen ei ole mahdollinen laitteen huonontuvan käytön takia tai lisäksi, toimenpiteisiin määritellään ehdot merkinnöille ja ohjeille riippuen jäljelle jäävästä vian mahdollisuudesta.

Laitteiden suunnittelussa tarvitsee ottaa huomioon käyttäjien ja korjaajien turvallisuus. Käyttäjiksi luokitellaan kaikki muut paitsi huolto/korjaus henkilöstö. Suojauksen vaatimuksissa otetaan huomioon, ettei käyttäjiä ole koulutettu tunnistamaan vikoja, mutta

eivät myöskään tahallisesti niitä aiheuta. Vaatimuksen mukaisuus tuo suojan siivoukselle ja normaalille käytölle. Käyttäjät eivät saa päästä käsiksi jännitteellisiin osiin. Nämä osat tulisi olla alueella, jonne pääsevät vain huolto/korjaus henkilöstö. Laite pitää olla niin suunniteltu ja rakennettu, ettei se missään olosuhteissa aiheuta hengenvaaraa. Myös tulen leviäminen tulee rajoittaa laitteen sisällä. Laitteen eristyksessä saa käyttää parempaa eristystä kuin standardi edellyttää, samoin paremman tulenkestoisuusluokan materiaalit ovat sallittuja (EN 60950-1, s.19, 67).

Mahdollisista vaaroista voidaan antaa tietoa, joko itse laitteessa tai sen lisäosissa riippuen vaaran todennäköisyydestä ja tasosta. On myös mahdollista, että informaatio on alueella jonne vain huoltohenkilöstö pääsee. Yleisesti käyttäjät eivät saa altistua vaaroille, joissa on loukkaantumisen vaara. Siksi käyttäjille pitäisi ensisijaisesti antaa ohjeistus oikeanlaisesta käytöstä ja tilanteista joissa on mahdollisuus vian ilmenemiseen. Tällaisia tilanteita voivat olla esimerkiksi kytkennät vääränlaisiin jännitelähteisiin ja sulakkeiden vaihto vääryntyyppiin (EN 60950-1, s.21).

Liikuteltavissa laitteissa oletetaan olevan hieman lisääntynyt mahdollisuus sähköiskulle mahdollisten haurastumisien takia maadoitusjohdoissa syöttöjohdon ylikuormituksen vuoksi. Kädessä pidettävissä laitteissa kuluminen on todennäköisempää ja siksi myös vaarojen riskit kasvavat. Myös laitteen tippumiset voivat aiheuttaa vaaratilanteita myöhemmin (EN 60950-1, s.21).

Laitteessa voidaan käyttää kahden kerroksen tuomaa suojaa sähköiskua vastaan. Tällöin laitteen normaalin käytön ja vikatilanteiden aikana on parempi suojaus ja tilanteissa ei pitäisi syntyä sähköiskun vaaraa. Mahdolliset lisäsuojaukset, kuten suoja- maadoitus tai lisäeristys, eivät korvaa tai vapauta hyvin suunnitellusta peruseristyksestä (EN 60950-1, s.23).

6.1 Suojaus käyttäjän toimialueella

Suojausta sähköiskun varalta tarvitaan kosketeltaviin jännitteellisiin osiin SELV-piireissä ja rajoitetun virran virtapiireissä. SELV tulee englanninkielisistä sanoista safety extra low voltage, jotka tarkoittavat turvallista erittäin matalaa jännitettä. SELV-piirissä on muuntaja, joka täyttää suojajännitemuuntajan vaatimukset. Laitteen toimintajännite normaaleissa käyttöolosuhteissa saa olla maksimissaan 42,4 voltia

(huippujännite) vaihtojännitteellä ja 60 voltia tasajännitteellä. SELV-piiri voi myös olla akku/patterisyöttöinen (EN 60950, s.111, 129).

Vaikka osissa olisi kiinteä toiminnallinen eristys tai kiinteä peruseristys, laite tulee suunnitella niin, että käyttäjän toimialueella on oikeanlainen suojaus kosketusta vastaan ELV-piireissä ja vaarallisen jännitteen virtapiireissä. Myös johtavat osat, jotka ovat vain toiminnallisella eristyksellä tai peruseristyksellä erotettu ELV-piiristä tai vaarallisen jännitteen virtapiiristä, tulee suojata kosketukselta. Nämä vaatimukset ovat voimassa laitteen normaalin käytön aikana. ELV tarkoittaa erittäin matalaa jännitettä ja lyhenne tulee samoista sanoista kuin SELV ilman S-kirjainta. ELV-piirissä toiminta jännitteet ovat samat kuin SELV-piirissä, mutta se ei täytä suojajännite vaatimuksia (vahvistettu-/kaksoiseristys ensiö- ja toisiopiirin välillä). ELV-piirissä jännitteen alentaminen voi myös tapahtua esimerkiksi vastuksilla tai zener-diodilla (EN 60950-1, s.111–113).

Sisäiset ELV-piirin johdotukset saavat olla käyttäjän toimialueella, kun ne ovat lisäeristettyjä. Johdotusten tulee olla niin asennettuja, että käyttäjän ei tarvitse käsitellä niitä eikä niihin voi vahingossa koskea. Ne tulee olla myös niin sijoitettu, etteivät ne koske maadoittamattomiin johtaviin osiin. Etäisyys eristeen läpi tulee olla taulukon 3 mukainen. Kun sisäisten johdotuksien eristykset ovat kosketeltavissa vaarallisten jännitteiden alueella tai johdotukset koskevat maadoittamattomiin johtaviin osiin, tulee eristyksen olla kaksois- tai vahvistettueristys (EN 60950-1, s.119–121).

TAULUKKO 3. Etäisyys eristeen läpi sisäjohdotuksissa (EN 60950-1, s.121)

Toiminta jännite (peruseristyksen vikaantuessa)		Minimi etäisyys eristeen läpi mm
V huippu tai dc	V rms	
71–350	50–250	0,17
Yli 350	Yli 250	0,31

6.2 Suojaus huoltoalueella

Paljaat osat, joissa on vaarallinen jännite, tulee sijaita ja suojata niin, että tahaton koskettaminen muiden osien huoltamisen aikana on epätodennäköistä. Osat tulee myös sijaita ja suojata siten, että oikosulun aiheuttaminen vahingossa SELV-piirissä tai

TNV-piirissä on epätodennäköistä käyttäen huoltoon tarvittavia työkaluja. Pääsystä ELV- ja TNV-piireihin ei ole vaatimuksia. Paljaat osat, joissa on vaarallinen energiataso, tulee kuitenkin sijaita ja suojata niin, että tahaton oikosulkeminen jännitteellisten materiaalien välillä on epätodennäköistä. Kaikki suojat tulee olla helposti siirrettävissä ja vaihdettavissa, jos huoltotoimenpiteet sitä vaativat (EN 60950-1, s.127).

Opinnäytetyössä käsitellyssä standardissa TNV-piirit ovat toisiopiirejä. TNV-piirit jaetaan TNV-1, TNV-2 ja TNV-3 piireihin. TNV-1 piiri täyttää erittäin matalan jännitteen (ELV) rajat normaali toiminnan aikana ja yhden vian sattuessa. TNV-2 piirin toimintajännite ylittää erittäin matalan jännitteen rajat. TNV-2 piirissä televerkosta tulevat ylijännitteet eivät ole mahdollisia. TNV-3 piiri ylittää myös erittäin matalan jännitteen rajat ja piiriin on mahdollista tulla ylijännitteitä televerkosta ja syöttävästä verkosta (EN 60950-1, s.51).

6.3 Suojaavat laitteet

Suojaavia järjestelmiä ja laitteita tulee olla sellainen määrä ja niiden tulee sijaita siten, että ne havaitsevat ja katkaisevat kulkevan vikavirran. Vikavirtoja voi esiintyä esimerkiksi kahden vaiheen välillä, vaiheen ja nollan välillä sekä vaiheen ja suojamaajohtimen välillä. Maasulkua vastaan ei tarvita suojaa kun laitteessa ei ole yhteyttä maahan tai laitteessa on kaksois- tai vahvistettueristys ensiöpiirin ja maahan kytkettyjen komponenttien välillä. Kun kuormaa syöttää enemmän kuin yksi vaihe, täytyy suojaavan laitteen katkaista virrankulku kaikista vaiheista, jos se katkaisee sen nollajohtimesta. Taulukossa 4 on esitetty yksivaiheisten laitteiden ja taulukossa 5 kolmi-vaiheisten laitteiden syötön perusteella sulakkeiden ja johdonsuojakatkaisijoiden määrä ja sijoituspaikka maasulussa ja ylivirtatapauksessa (EN 60950-1, s.167–169).

TAULUKKO 4. Suojaavat laitteet yksivaihejärjestelmissä (EN 60950-1, s.169)

Syöttöjärjestelmä	Vika	Sulakkeiden ja johdonsuojakatkaisijoiden minimimäärä	Suojauksen sijainti
A: Vaihe ja maadoitettu nollajohdin	Maasulku	1	Vaihejohdin
	Ylivirta	1	Vaihe- tai nollajohdin

B: Mikä tahansa kaksi johtiminen syöttö ilman maadoitusta	Maasulku	2	Molemmissa johtimissa
	Ylivirta	1	Vaihe- tai nollajohdin
C: Kolme vaihetta ja maadoitettu nolla	Maasulku	2	Jokaisessa vaiheessa
	Ylivirta	2	Jokaisessa vaiheessa

TAULUKKO 5. Suojaavat laitteet kolmivaihejärjestelmissä (EN 60950-1, s.169)

Jakelujärjestelmä	Syöttöjohtimien määrä	Vikatyyppi	Sulakkeiden ja johdon-suojakatkaisijoiden minimi määrä	Suojauksen sijainti
Kolme vaihetta ilman nollajohdinta	3	Maasulku	3	Kaikki kolme johdinta
		Ylivirta	2	Mitkä tahansa kaksi johdinta
Kolme vaihetta ja maadoitettu nollajohdin (TN tai TT)	4	Maasulku	3	Jokaisessa vaiheessa
		Ylivirta	3	Jokaisessa vaiheessa
Kolme vaihetta ja maadoittamaton nollajohdin	4	Maasulku	4	Kaikissa neljässä johtimessa
		Ylivirta	3	Jokaisessa vaiheessa

6.4 Turvallisuus ohjeet

Käyttäjälle tulee tarjota riittävä tieto laitteen toiminnasta mukaan lukien kaikki mahdolliset toimintatilat, jotka valmistaja on määritellyt, jotta taataan laitteen oikeanlainen käyttö ja vähennetään vikatilanteiden ilmenemisen mahdollisuutta. Jos laitteen toimin-

ta, asennus, huolto, kuljetus tai varastointi aiheuttaa erityisiä varotoimenpiteitä, jotta vältytään vaaratilanteilta, tarvitsee mahdolliset ohjeet olla saatavilla (EN 60950-1, s.99).

7 VIRTALÄHTEEN TARKASTELU

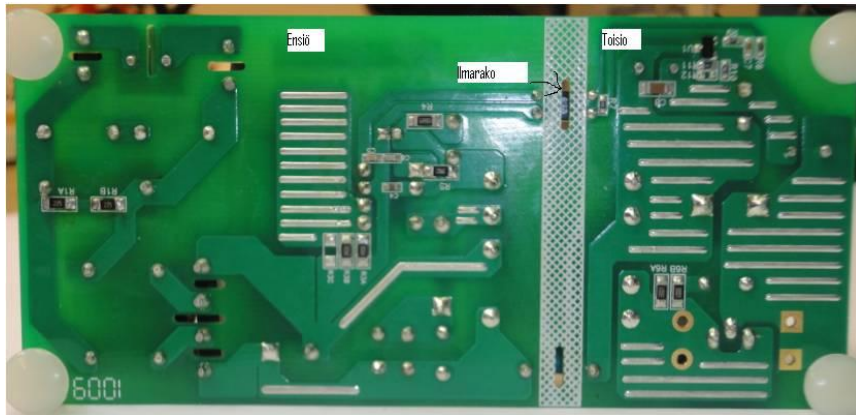
Paremmen havainnollistamisen vuoksi opinnäytetyössä esitetään virtalähteen tarkastaminen standardin mukaisesti esimerkki laitteen avulla. Esimerkin kautta havainnollistetaan standardin asettamia vaatimuksia. Tarkastelun yhteydessä käydään läpi kriittisiä komponentteja vaatimuksineen.

7.1 Määrittely

Tutkittava on suojausluokan II laite (power supply unit). Laite todettiin luokan II laitteeksi, koska sen verkkoliitimiin (kuva 2, nro.1) ei kytketä kuin vaihe ja nolla. Laite on hakkurivirta-lähde, mutta tarkastelu toteutettiin lineaarisen virtalähteen mukaa. Tämä siksi, että työn tarkoitus oli tuoda perusvaatimuksia esiin ja hakkuri on erikoistapaus, johon olisi jouduttu soveltamaan muitakin kuin perusvaatimuksia. Normaalisti näin ei voida menetellä. Kyseinen menettely tehtiin siksi, että lineaarista virtalähdettä ei ollut kyseisenä ajankohtana saatavilla mittausten ja vaatimusten havainnollistamiseksi.

Laitteelle tulee suojausluokan II mukainen kotelo. Kotelo voi olla joko metallinen, jolloin ilmavälin tulee olla minimissään 4mm ja pintavälin 5mm verkkojännitteisten osien ja kotelon välillä tai sitten muovinen, jolloin jännitteelliset osat voivat olla kotelossa kiinni, mutta kotelon tulee olla vähintään 0,4mm paksu. Laite on suunniteltu toimimaan verkkojännitteellä 230V. Sen likaisuusaste (pollution degree) on 2 ja se kuuluu materiaalityyppiin IIIa ja IIIb. Tässä tapauksessa ilmavälit katsotaan standardin taulukosta 2K jännitteellä 420V (huippu) ja pintavälit taulukosta 2N toimintajännitteellä 250V (rms). Taulukon 2 perusteella tämä laite kuuluu tapauksen A luokitteluun ja tarvitsee ylivirtaa ja maasulkua vastaan yhden sulakkeen. Maasulkua vastaan sulakkeen tulee sijaita vaiheen puolella ja ylivirtaa vastaan vaiheessa tai nollassa. Sulake on laitettu vaiheen puolelle kyseisessä tapauksessa. Siten riittää yksi sulake suojaamaan kummassakin viassa. Peruseristykselle vaaditaan 1500Vac/min ja vahvistetulle eristykselle ja kaksoiseristykselle 3000Vac/min jännitelujuus testi. Pintavälin

lisäämistä varten voidaan piirilevyllä käyttää ilmarakoja, joiden tulee olla vähintään 1mm leveydeltään tai muuten niitä ei huomioida. Kuvassa 1 on esimerkkinä käytetyn virtalähteen piirilevy ja siihen on merkattu ensiö- ja toisiopiiri sekä ilmarako.



KUVA 1. Esimerkki laitteen piirilevy

7.2 Kriittiset komponentit

Komponentit tulee olla niin valittuja ja järjestettyjä, että ne toimivat luotettavasti koko laitteen elinkaaren ajan. Komponentit eivät saa myöskään aiheuttaa vikoja tai merkittävästi vaikuttaa palon alkuun laitteessa. Komponentit tulisi valita niin, että niiden toiminta on valmistajan antamien tietojen rajoissa normaalin toiminnan aikana eivätkä ne saa luoda vaaratilanteita vikatilanteissa (EN 60950-1, s.29).

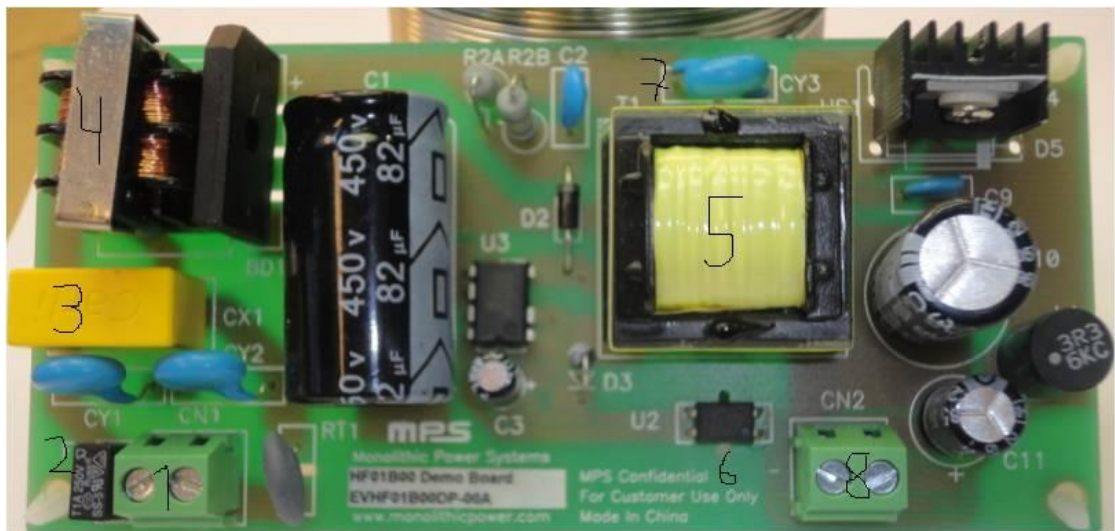
7.2.1 Ensiöpiiri

Ensimmäinen todellinen kriittinen komponentti syöttöpuolelta aloitetussa tarkastelussa on verkkosulake, F1, 250V ja 1A (kuva 2, nro.2). Virran ollessa vähintään 2,1 kertaa sulakkeen mitoitusvirtaa suurempi palaa sulake. Toiminta testataan oikosulkemalla, irrottamalla tai ylikuormittamalla komponentteja. Ensiösulakkeen tulee olla testattu IEC:n standardin 60127 mukaan. Vaiheen puolelle sijoitettu sulake suojaa ylivirralla ja maasululta. Sulakkeen jälkeen löytyy häiriönpoisto (radiotaajuuksille) X-kondensaattori (kuva 2, nro.3), joka on kytketty verkon napojen välille. X-kondensaattorien tulee olla testattu IEC:n standardin 60384-14:II mukaan joko luokkaan X1 tai X2. Seuraavana on verkkokuristin (kuva 2, nro.4), jonka ilma- ja pintavälien tulee täyttää toiminnallisen eristyksen vaatimukset, mutta on parempi jos ne täyt-

tävät peruseristyksen vaatimukset. Ilmavälin tulee olla vähintään 1,5mm ja pintavälin 2,5mm (toiminnalliseneristyksen mukaan) käämien välillä.

7.2.2 Siltaavat komponentit ensiö- ja toisiopiirin välillä

Piirilevyllä ensiö- ja toisiopiirien johdinkuvioiden ja juotosten välillä pitää ilma- ja pintavälien täyttää vahvistetun eristyksen vaatimukset. Ilmavälin tulee siis olla vähintään 4mm ja pintavälin 5mm. Riittää, että mittaus tehdään kohdalta, jossa on lyhin etäisyys, koska muut kohdat täyttävät tietysti silloin myös vaatimukset. Verkkomuuntajan (kuva 2, nro.5) tulee täyttää vahvistetun- tai kaksoiseristyksen vaatimukset ja siten ilmavälin pitää olla minimissään 4mm ja pintavälin 5mm ensiö- ja toisiokäämien välillä. Myös optoeristimen (kuva 2, nro.6) pitää täyttää samat vaatimukset ulkoisissa ja sisäisissä ilma- pintaväleissä. Radiohäiriönvaimennus Y-kondensaattorit (kuva2, nro.7) tulee olla testattu IEC:n standardin 60384–14:II mukaan luokan Y1. Mikäli käytetään luokan Y2 kondensaattoreita kytkettynä vahvistuneristyksen yli, tulee kyseisiä kondensaattoreita kytkeä kaksi (2) sarjaan. Kuvassa 2 on esimerkkinä käytetty virtalähde ja kriittiset komponentit numeroituna 1-8. Kuvassa numero kahdeksan (8) on toisiopiirin ulostuloliittimet.



KUVA 2. Esimerkki laitteen kriittiset komponentit

7.3 Mittauksia

Ennen verkkosulaketta L-N välillä ilma- ja pintavälien etäisyydet tulee olla vähintään peruseristyksen mukaiset eli 2mm ja 2,5mm. Laitteessa väleiksi mitattiin 3,3mm ilma-

väliä ja 3,7mm pintaväliä, eli arvot olivat hyväksyttäviä. Verkkosulakkeen katkaisuvälin yli pätevät myös samat vaatimukset. Kyseiseltä väliltä saatiin ilmapäliksi 2,8mm ja pintaväliksi 3,2mm, eli nekin olivat hyväksyttäviä. Siltaavien komponenttien ja ensiö- sekä toisiopiirien välisten piirilevyn johdinkuvioiden ja juotosten välillä mitaus tehtiin kohdalta, jossa välimatka oli lyhin. Tässä tapauksessa lyhimät välit silmämääräisesti olivat optoerottimella ja radiohäiriönvaimennus Y-kondensaattorilla. Mittaukset osoittivat, että optoerottimella oli pienin väli, ilmapäli 6,5mm ja pintaväli 7,6mm. Kun pienin väli täyttää minimivaatimukset ei muita välejä tarvitse välttämättä mitata, koska nekin tietysti täyttävät vaatimukset. Siksi muiden komponenttien ilma- ja pintavälejä ei mitattu. Jännitelujuus testissä ensiö- ja toisiopiirin välille syötettiin 3000Vac/min. Tällä testattiin ensiö- ja toisiopiirin välisten eristysten ja komponenttien eristelujuus. Se myös kertoo jos ilma- ja pintaväleissä on jotain vikana. Laite läpäisi kyseisen testauksen ja siten voidaan todeta ilma- ja pintavälien olevan kunnossa piirilevyllä ja muuntajassa. Jännitelujuusmittaukset tehdään standardin taulukon 5B mukaan (Liite 12). Taulukosta nähdään, että Suomen verkkojännitteellä (325 huippujännite) toimivien laitteiden toiminnalliselle eristykselle sekä perus- ja lisäeristykselle tehtävät jännitelujuustestit tapahtuvat 1500Vac jännitteellä ja vahvistetulle eristykselle 3000Vac jännitteellä.

7.4 Tarkemmin muuntajista ja piirilevyistä

Muuntajien ollessa erillistestattuja komponentti standardin mukaan ne kelpaavat käytettäväksi EN 60950-1 standardin mukaisiin laitteisiin. Jos erillistestausta ei ole tehty, muuntajat testataan EN 60950-1 standardin mukaisesti. Vaikka erillistestaus olisi tehty, tehdään muuntajien ylikuormitustestit ja lämpenemistestaus joka tapauksessa. Muuntajat eivät tarvitse palokotelointia. Suojaus ylikuormitusta vastaan tulee olla toteutettu esimerkiksi ylivirtasuojauksella tai sisäisillä lämpötilan rajoittimilla. Voidaan tietysti myös käyttää virtaa rajoittavia muuntajia, joissa esimerkiksi käämit ovat suunniteltu niin, että ne rajoittavat virtaa (impedanssisuojaus). Muuntajien johdotukset ja johtavat osat katsotaan sen piirin osiksi mihin ne on kytketty ja niiden tulee sen perusteella täyttää vaaditut eristysvaatimukset (EN 60950-1, s.81, 333, 377).

Piirilevyt jaetaan pinnoitettuihin ja pinnoittamattomiin. Pinnoittamattomien minimi ilma- ja pintavälit katsotaan standardin taulukoista 2K ja 2L. Pinnoitettujen piirilevyjen vaatimukset tarkastetaan ennen pinnoitusta. Tällöin minimi eristyspaksuus katso-

taan standardiin 2009 tulleesta muutoskokoelman taulukosta 2Q (Liite 13). Valmistuksessa tulee huomioida laadunvalvonta. Kaksois- ja vahvistetun eristyksen tulee läpäistä jännitelujuustesti. Vähintään 80 % johtavien osien välisestä etäisyydestä tulee olla pinnoitettu. Jos yllämainitut vaatimukset pinnoitetuille piirilevyille ei täyty, sovelletaan pinnoittamattomien piirilevyjen vaatimuksia. Piirilevyjen erilaisille eristyksille tehtävät testaukset on esitetty standardin taulukossa 2R (Liite 14) (EN 60950-1, s.227–231).

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoitus oli tehdä selvitys standardin EN 60950-1 tärkeimmistä perusvaatimuksista. Opinnäytetyön tavoitteena oli tuoda perusvaatimukset esiin niin, että laitevalmistajat voisivat käyttää sitä oppaana suunnittelussa. Opinnäytetyö muistuttaa myös testaajia siitä, millaisia vaatimuksia on olemassa. Opinnäytetyössä on kerrottu yleisiä huomioita, mitä suunnittelijoiden tulisi huomioida. Tällaisia seikkoja ovat esimerkiksi laitteen mahdollisten väärinkäyttöjen huomiointi turvallisuusasioita miettien. Tulisi siis kiinnittää huomioita myös muuhunkin, kuin laitteen oikeanlaiseen toimintaan. Ilma- ja pintavälien kanssa tulee myös olla tarkkana, jotta jokaisen tilanteen minimivaatimukset täyttyvät. Kun minimivaatimukset ilma- ja pintaväleissä sekä eristyksissä eivät täyty, laite voi olla erittäin vaarallinen sekä normaalin toiminnan aikana että vikatilanteissa. Myös käyttäjän toimialueen ja huoltoalueen suojaukset on syytä olla kunnossa, ettei kukaan saa vaarallisia sähköiskuja väärin suunnitellun laitteen takia. Käyttäjälle pitää olla täydelliset turvaohjeet laitteen kaikista toimintatiloista. Laitteella tulee olla oikeanlainen kotelointi, vaikkei sillä käsiteltyssä standardissa olekaan merkitystä ilma- ja pintaväleihin. Koteloinnissa tulee ottaa huomioon laitteen käyttöolosuhteet ja siten määritellä oikeanlainen suojaus kosketukselle, pölylle ja vedelle.

Opinnäytetyössä ei kaikkia perusvaatimuksia käydä läpi yksityiskohtaisesti, mutta sitä voidaan silti käyttää suuntaa-antavana lähes kaikkiin tapauksiin. Tarkat vaatimukset voi katsoa standardista tarkemmin, jos laite sitä vaatii. Tärkeimmiksi katsotut kohdat löytyvät opinnäytetyöstä selvitettyinä niin ettei standardista tarvitse kuin tarkistaa lisävaatimukset, jos laitteeseen pitää niitä soveltaa. Opinnäytetyötä voidaan soveltaa perustapauksien ilma- ja pintavälien sekä eristysvaatimusten tarkastukseen ja osittain myös paloturvallisuus- ja käyttöturvallisuusvaatimuksiin.

Opinnäytetyötä tehdessäni standardi tuli osittain erittäinkin tutuksi ja esimerkki laitetta määrittäessä ja tutkiessa standardin mukaan, selventyivät asiat entistä paremmin. Nyt osaan testata virtalähteitä joiltakin osin standardin mukaan. Opinnäytetyötä tehtäessä tulivat tutut asiat, kuten IP-luokat ja laitteen suojausluokat kerrattua, minkä koin hyvänä asiana. Alun perin opinnäytetyön piti koostua pelkästään ilma- ja pintaväleistä, mutta ehdotuksestani aihetta laajennettiin nykyiseen ja mielestäni aiheesta on saatu kasaan hyvä kokonaisuus, joka palvelee niin suunnittelijoita kuin testaajiaakin. Nyt opinnäytetyö selvittää ilma- ja pintavälit sekä myös turvallisuusasioita, joita pidin tärkeänä huomioonotettavana tekijänä laitetta suunniteltaessa. Laajempi kokonaisuus auttaa suunnittelijoita enemmän kuin perehtyminen vain yhteen asiakokonaisuuteen.

Opinnäytetyötä tehtäessä tuli myös standardi kieli/sanasto tutuksi ja vieläpä englannin kielellä. Englanninkielisen lähteen käyttöön en olisi uskonut opinnäytetyön aihetta miettiessäni, mutta miten kävikään. Aluksi se tietysti toi hieman hankaluuksi, mutta standardiin syventyessäni ja sanoja selvittäessäni se avautui yhä selkeämmin. Näin jälkikäteen ajatellen vieraskielinen lähde oli hyvästä myös kielellisen oppimisen kannalta.

LÄHTEET

IEC, CENELEC 2005. European standard. Information technology equipment-Safety, EN 60950-1.

IEC, CENELEC 2009. European standard. Information technology equipment-Safety, EN 60950-1/A1.

European Committee for Electrotechnical Standardization 2011. Www-dokumentti. <http://www.cenelec.eu/aboutcenelec/whatwedo/factsandfigures/index.html>. Luettu: 17.3.2011.

International Electrotechnical Commission 2011. Www-dokumentti. <Http://www.iec.ch/about/>. Luettu: 4.4.2011.

International Electrotechnical Commission 2011. Www-dokumentti. <http://www.iec.ch/about/activities/>. Luettu: 4.4.2011

International Electrotechnical Commission 2011. Www-dokumentti. <http://www.iec.ch/about/profile/>. Luettu: 4.4.2011

International Electrotechnical Commission 2011. Www-dokumentti. <http://www.iec.ch/about/globalreach/>. Luettu: 4.4.2011

Intertek 2011. Www-dokumentti. <http://intertek.com/about/>. Luettu: 8.4.2011.

Intertek 2011. Www-dokumentti. <http://intertek.com/about/history/>. Luettu: 8.4.2011

Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry 2009. D1-2009 käsikirja rakennusten sähkö-asennuksista. Helsinki: Painokurki Oy.

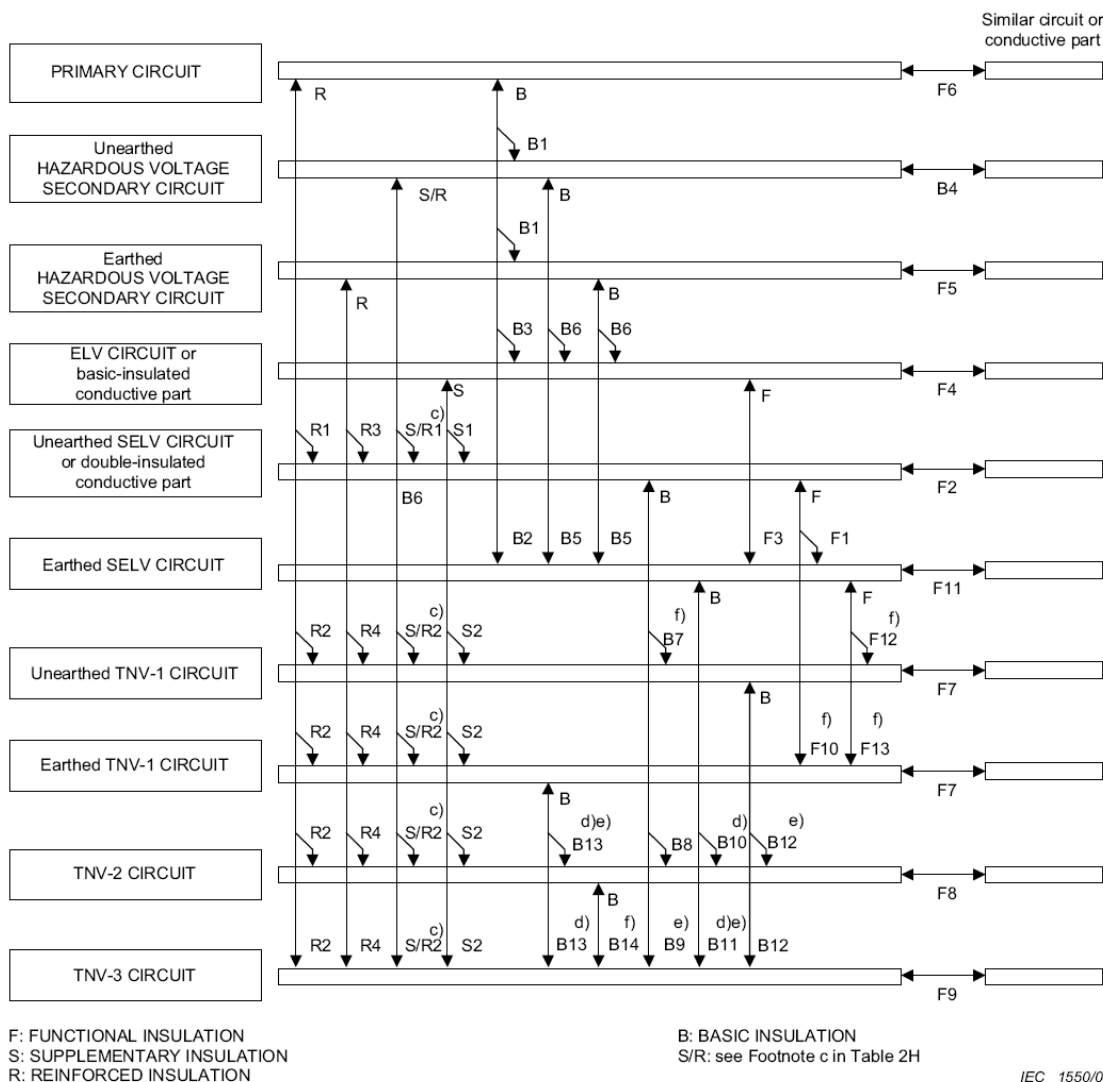
Toni Airaksinen. Valokuvat. Hyvinkää 2011.

Table 2H – Examples of application of insulation

Grade of insulation	Location of insulation		Key to Figure 2H
	between	and	
FUNCTIONAL ^a	unearthed SELV CIRCUIT or double-insulated conductive part	<ul style="list-style-type: none"> – earthed conductive part – double-insulated conductive part – unearthed SELV CIRCUIT – earthed SELV CIRCUIT – earthed TNV-1 CIRCUIT 	F1 F2 F2 F1 F10 ^f
	earthed SELV CIRCUIT	<ul style="list-style-type: none"> – earthed SELV CIRCUIT – earthed conductive part – unearthed TNV-1 CIRCUIT – earthed TNV-1 CIRCUIT 	F11 F11 F12 ^f F13 ^f
	ELV CIRCUIT or basic-insulated conductive part	<ul style="list-style-type: none"> – earthed conductive part – earthed SELV CIRCUIT – basic-insulated conductive part – ELV CIRCUIT 	F3 F3 F4 F4
	earthed HAZARDOUS VOLTAGE SECONDARY CIRCUIT	earthed HAZARDOUS VOLTAGE SECONDARY CIRCUIT	F5
	TNV-1 CIRCUIT	TNV-1 CIRCUIT	F7
	TNV-2 CIRCUIT	TNV-2 CIRCUIT	F8
	TNV-3 CIRCUIT	TNV-3 CIRCUIT	F9
	series-parallel sections of a transformer winding		F6
BASIC	PRIMARY CIRCUIT	<ul style="list-style-type: none"> – earthed or unearthed HAZARDOUS VOLTAGE SECONDARY CIRCUIT – earthed conductive part – earthed SELV CIRCUIT – basic-insulated conductive part – ELV CIRCUIT 	B1 B2 B2 B3 B3
	earthed or unearthed HAZARDOUS VOLTAGE SECONDARY CIRCUIT	<ul style="list-style-type: none"> – unearthed HAZARDOUS VOLTAGE SECONDARY CIRCUIT – earthed conductive part – earthed SELV CIRCUIT – basic-insulated conductive part – ELV CIRCUIT 	B4 B5 B5 B6 B6
	unearthed SELV CIRCUIT or double-insulated conductive part	<ul style="list-style-type: none"> – unearthed TNV-1 CIRCUIT – TNV-2 CIRCUIT – TNV-3 CIRCUIT 	B7 ^f B8 ^d B9 ^{d e}
	earthed SELV CIRCUIT	<ul style="list-style-type: none"> – TNV-2 CIRCUIT – TNV-3 CIRCUIT 	B10 ^d B11 ^{d e}
	TNV-2 CIRCUIT	<ul style="list-style-type: none"> – unearthed TNV-1 CIRCUIT – earthed TNV-1 CIRCUIT – TNV-3 CIRCUIT 	B12 ^{d e} B13 ^{d e f} B14 ^f
	TNV-3 CIRCUIT	<ul style="list-style-type: none"> – unearthed TNV-1 CIRCUIT – earthed TNV-1 CIRCUIT 	B12 B13 ^d
	basic-insulated conductive part or ELV CIRCUIT	<ul style="list-style-type: none"> – double-insulated conductive part – unearthed SELV CIRCUIT 	S1 ^b S1 ^b
TNV CIRCUIT	<ul style="list-style-type: none"> – basic-insulated conductive part – ELV CIRCUIT 	S2 ^d S2	

Table 2H (concluded)

Grade of insulation	Location of insulation		Key to Figure 2H
	between	and	
SUPPLEMENTARY or REINFORCED	unearthed HAZARDOUS VOLTAGE SECONDARY CIRCUIT	<ul style="list-style-type: none"> – double-insulated conductive part – unearthed SELV CIRCUIT – TNV CIRCUIT 	S/R1 ^c S/R1 ^c S/R2 ^c
REINFORCED	PRIMARY CIRCUIT	<ul style="list-style-type: none"> – double-insulated conductive part – unearthed SELV CIRCUIT – TNV CIRCUIT 	R1 R1 R2
	earthed HAZARDOUS VOLTAGE SECONDARY CIRCUIT	<ul style="list-style-type: none"> – double-insulated conductive part – unearthed SELV CIRCUIT – TNV CIRCUIT 	R3 R3 R4
<p>The term "conductive part" refers to an electrically conductive part that is</p> <ul style="list-style-type: none"> – not normally energized, and – not connected to any of the following: <ul style="list-style-type: none"> • a circuit at HAZARDOUS VOLTAGE, or • an ELV CIRCUIT, or • a TNV CIRCUIT, or • an SELV CIRCUIT, or • a LIMITED CURRENT CIRCUIT. <p>Examples of such a conductive part are the BODY of equipment, a transformer core, and in some cases a conductive screen in a transformer.</p> <p>If such a conductive part is protected from a part at HAZARDOUS VOLTAGE by:</p> <ul style="list-style-type: none"> – DOUBLE INSULATION or REINFORCED INSULATION, it is termed a "double-insulated conductive part"; – BASIC INSULATION plus protective earthing, it is termed an "earthed conductive part"; – BASIC INSULATION but is not earthed, that is it has no second level of protection, it is termed a "basic-insulated conductive part". <p>A circuit or conductive part is termed "earthed" if it is connected to a protective earthing terminal or contact in such a way as to meet the requirements in 2.6 (although it will not necessarily be at earth potential). Otherwise the circuit or conductive part is termed "unearthed".</p>			
<p>^a For requirements for FUNCTIONAL INSULATION, see 5.3.4.</p> <p>^b The WORKING VOLTAGE of the SUPPLEMENTARY INSULATION between an ELV CIRCUIT or a basic-insulated conductive part and an unearthed accessible conductive part is equal to the most onerous WORKING VOLTAGE for the BASIC INSULATION. The most onerous WORKING VOLTAGE may be due to a PRIMARY CIRCUIT or SECONDARY CIRCUIT and the insulation is specified accordingly.</p> <p>^c Insulation between an unearthed SECONDARY CIRCUIT at HAZARDOUS VOLTAGE and an unearthed accessible conductive part or circuit (S/R, S/R1 or S/R2 in Figure 2H) shall satisfy the more onerous of the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> – REINFORCED INSULATION whose WORKING VOLTAGE is equal to the HAZARDOUS VOLTAGE; or – SUPPLEMENTARY INSULATION whose WORKING VOLTAGE is equal to the voltage between the SECONDARY CIRCUIT at HAZARDOUS VOLTAGE and <ul style="list-style-type: none"> • another SECONDARY CIRCUIT at HAZARDOUS VOLTAGE, or • a PRIMARY CIRCUIT. <p>These examples apply if:</p> <ul style="list-style-type: none"> – there is only BASIC INSULATION between the SECONDARY CIRCUIT and the PRIMARY CIRCUIT; and – there is only BASIC INSULATION between the SECONDARY CIRCUIT and earth. <p>^d BASIC INSULATION is not always required (see 2.3.2.1 and 2.10.5.13).</p> <p>^e The requirements of 2.10 apply, see also 6.2.1.</p> <p>^f The requirements of 2.10 do not apply, however see 6.2.1.</p>			



NOTE The references c), d), e) and f) refer to the corresponding footnotes in Table 2H.

Figure 2H – Examples of application of insulation

1.4.14 Simulated faults and abnormal conditions

Where it is required to apply simulated faults or abnormal operating conditions, these shall be applied in turn and one at a time. Faults that are the direct consequence of a simulated fault or abnormal operating condition are considered to be part of that simulated fault or abnormal operating condition.

When applying simulated faults or abnormal operating conditions, parts, supplies, consumable materials, media and recording materials shall be in place if they are likely to have an effect on the outcome of the test.

Where there is a specific reference to a single fault, the single fault consists of a single failure of any insulation (excluding DOUBLE INSULATION or REINFORCED INSULATION) or a single failure of any component (excluding components with DOUBLE INSULATION or REINFORCED INSULATION). The failure of FUNCTIONAL INSULATION is simulated only when required by 5.3.4 c).

The equipment, circuit diagrams and component specifications are examined to determine those fault conditions that might reasonably be expected to occur. Examples include:

- short-circuits and open circuits of semiconductor devices and capacitors;
- faults causing continuous dissipation in resistors designed for intermittent dissipation;
- internal faults in integrated circuits causing excessive dissipation;
- failure of BASIC INSULATION between current-carrying parts of the PRIMARY CIRCUIT and
 - accessible conductive parts;
 - earthed conductive screens (see Clause C.2);
 - parts of SELV CIRCUITS;
 - parts of LIMITED CURRENT CIRCUITS.

TAULUKKO 51.1. Kotelointiluokkien eri numeroiden ja kirjainten merkitys.

Osat	Numerot tai kirjaimet	Merkitys laitesuojauksessa	Merkitys henkilösuojauksessa
Kirjaimet	IP	–	–
Ensimmäinen tunnusnumero		Suojaus vieraiden esineiden ja pölyn sisäänpääsystä	Vaaralliset osat kosketussuojattu
	0	suojaamaton	suojaamaton
	1	kun halkaisija ≥ 50 mm	nyrkiltä
	2	kun halkaisija $\geq 12,5$ mm	sormelta
	3	kun halkaisija $\geq 2,5$ mm	työkalulta
	4	kun halkaisija $\geq 1,0$ mm	langalta
	5	pölysuojatusti	langalta
	6	pölytiivisti	langalta
Toinen tunnusnumero		Suojattu veden sisäänpääsyn haitallisilta vaikutuksilta	–
	0	suojaamaton	
	1	pystysuoraan tippuvalta vedeltä	
	2	tippuvalta vedeltä (laitteen kallistus 15 astetta)	
	3	satavalta vedeltä	
	4	roiskuvalta vedeltä	
	5	vesisuihkulta	
	6	voimakkaalta vesisuihkulta	
	7	lyhytaikaisesti upotettuna	
	8	jatkuvasti upotettuna	
Lisäkirjain (vapaaehtoinen)		–	Vaaralliset osat kosketussuojattu
	A		nyrkiltä
	B		sormelta
	C		työkalulta
	D		langalta
Täydentävä kirjain (vapaaehtoinen)		Täydentävän tiedon merkitys	–
	H	Suurjännitelaitte	
	M	Vesisuojaus koestettu laitteen ollessa käynnissä	
	S	Vesisuojaus koestettu laitteen ollessa pysähdyksissä	
	W	Laitte on koestettu erityisiin sääolosuhteisiin	

Table 2K – Minimum clearances for insulation in primary circuits and between primary and secondary circuits

Replace the existing Table 2K by the following new table:

CLEARANCES in mm

PEAK WORKING VOLTAGE up to and including V	MAINS TRANSIENT VOLTAGE														
	1 500 V ^c					2 500 V ^c					4 000 V ^c				
	Pollution degree														
	1 and 2 ^b			3			1 and 2 ^b			3			1, 2 ^b and 3		
	F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R
71 ^a	0,4	1,0	2,0	0,8	1,3	2,6	1,0	2,0	4,0	1,3	2,0	4,0	2,0	3,2	6,4
	(0,5)	(1,0)		(0,8)	(1,6)		(1,5)	(3,0)		(1,5)	(3,0)		(3,0)	(6,0)	
210 ^a	0,5	1,0	2,0	0,8	1,3	2,6	1,4	2,0	4,0	1,5	2,0	4,0	2,0	3,2	6,4
	(0,5)	(1,0)		(0,8)	(1,6)		(1,5)	(3,0)		(1,5)	(3,0)		(3,0)	(6,0)	
420 ^a	F 1,5 B/S 2,0 (1,5) R 4,0 (3,0)											2,5	3,2	6,4	
												(3,0)	(6,0)		
840	F 3,0 B/S 3,2 (3,0) R 6,4 (6,0)														
1 400	F/B/S 4,2 R 6,4														
2 800	F/B/S/R 8,4														
7 000	F/B/S/R 17,5														
9 800	F/B/S/R 25														
14 000	F/B/S/R 37														
28 000	F/B/S/R 80														
42 000	F/B/S/R 130														
<p>The values in the table are applicable to FUNCTIONAL INSULATION (F) if required by 5.3.4 a) (see 2.10.1.3), BASIC INSULATION (B), SUPPLEMENTARY INSULATION (S) and REINFORCED INSULATION (R).</p> <p>The values in parentheses apply to BASIC INSULATION, SUPPLEMENTARY INSULATION or REINFORCED INSULATION only if manufacturing is subjected to a quality control programme that provides at least the same level of assurance as the example given in Clause R.2. DOUBLE INSULATION and REINFORCED INSULATION shall be subjected to ROUTINE TESTS for electric strength.</p> <p>If the PEAK WORKING VOLTAGE exceeds the peak value of the AC MAINS SUPPLY voltage, linear interpolation is permitted between the nearest two points, the calculated minimum CLEARANCE being rounded up to the next higher 0,1 mm increment.</p>															
<p>^a If the PEAK WORKING VOLTAGE exceeds the peak value of the AC MAINS SUPPLY voltage, use the peak value of the AC MAINS SUPPLY voltage in this column and use Table 2L in accordance with 2.10.3.3 b) regarding additional CLEARANCES</p> <p>^b It is not required to pass the tests of 2.10.10 for Pollution Degree 1.</p> <p>^c The relationship between MAINS TRANSIENT VOLTAGE and AC MAINS SUPPLY voltage is given in Table 2J.</p>															

Table 2L – Additional clearances in primary circuits

CLEARANCES in mm

MAINS TRANSIENT VOLTAGE						
1 500 V ^c				2 500 V ^c		
Pollution Degrees 1 and 2 ^b	Pollution Degree 3	FUNCTIONAL ^a BASIC or SUPPLEMENTARY INSULATION	REINFORCED INSULATION	Pollution Degrees 1, 2 and 3 ^b	FUNCTIONAL ^a BASIC or SUPPLEMENTARY INSULATION	REINFORCED INSULATION
PEAK WORKING VOLTAGE up to and including V				PEAK WORKING VOLTAGE up to and including V		
210 (210)	210 (210)	0,0	0,0	420 (420)	0,0	0,0
298 (288)	294 (293)	0,1	0,2	493 (497)	0,1	0,2
386 (366)	379 (376)	0,2	0,4	567 (575)	0,2	0,4
474 (444)	463 (459)	0,3	0,6	640 (652)	0,3	0,6
562 (522)	547 (541)	0,4	0,8	713 (729)	0,4	0,8
650 (600)	632 (624)	0,5	1,0	787 (807)	0,5	1,0
738 (678)	715 (707)	0,6	1,2	860 (884)	0,6	1,2
826 (756)	800 (790)	0,7	1,4	933 (961)	0,7	1,4
914 (839)		0,8	1,6	1 006 (1 039)	0,8	1,6
1 002 (912)		0,9	1,8	1 080 (1 116)	0,9	1,8
1 090 (990)		1,0	2,0	1 153 (1 193)	1,0	2,0
		1,1	2,2	1 226 (1 271)	1,1	2,2
		1,2	2,4	1 300 (1 348)	1,2	2,4
		1,3	2,6	(1 425)	1,3	2,6

The additional CLEARANCES in the table apply if required by 2.10.3.3 b).
The values in parentheses shall be used:
- if the values in parentheses in Table 2K are used; and
- for FUNCTIONAL INSULATION if required by 5.3.4 a).
For voltage values above the PEAK WORKING VOLTAGE values given in the table, linear extrapolation is permitted.

^a There is no minimum CLEARANCE for FUNCTIONAL INSULATION unless it is required by 5.3.4 a). See 2.10.1.3.
^b It is not required to pass the tests of 2.10.10 for Pollution Degree 1.
^c The relationship between MAINS TRANSIENT VOLTAGE and AC MAINS SUPPLY voltage is given in Table 2J.

Table 2M – Minimum clearances in secondary circuits

CLEARANCES in mm

PEAK WORKING VOLTAGE up to and including	Highest transient overvoltage in the SECONDARY CIRCUIT (V peak)																	
	Up to and including 71 V			Over 71 V up to and including 800 V			Up to and including 800 V			Over 800 V up to and including 1 500 V			Over 1 500 V up to and including 2 500 V ^a					
	Pollution Degree																	
	1 and 2 ^b						3			1 and 2 ^b			3			1, 2 ^b and 3		
V	F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R
71	0,2	0,4	0,8	0,2	0,7	1,4	0,8	1,3	2,6	0,5	1,0	2,0	0,8	1,3	2,6	1,5	2,0	4,0
	(0,2)	(0,4)		(0,2)	(0,4)		(0,8)	(1,6)		(0,5)	(1,0)		(0,8)	(1,6)		(1,5)	(3,0)	
140	0,2	0,7	1,4	0,2	0,7	1,4	0,8	1,3	2,6	0,5	1,0	2,0	0,8	1,3	2,6	1,5	2,0	4,0
	(0,2)	(0,4)		(0,2)	(0,4)		(0,8)	(1,6)		(0,5)	(1,0)		(0,8)	(1,6)		(1,5)	(3,0)	
210	0,2	0,7	1,4	0,2	0,9	1,8	0,8	1,3	2,6	0,5	1,0	2,0	0,8	1,3	2,6	1,5	2,0	4,0
	(0,2)	(0,4)		(0,2)	(0,4)		(0,8)	(1,6)		(0,5)	(1,0)		(0,8)	(1,6)		(1,5)	(3,0)	
280	0,2	1,1	2,2	F 0,8 B/S 1,4 (0,8) R 2,8 (1,6)													2,0	4,0
	(0,2)	(0,4)														1,5	(1,5)	(3,0)
420	0,2	1,4	2,8	F 1,0 B/S 1,9 (1,0) R 3,8 (2,0)													2,0	4,0
	(0,2)	(0,4)														1,5	(1,5)	(3,0)
700							F/B/S 2,5			R 5,0								
840							F/B/S 3,2			R 5,0								
1 400							F/B/S 4,2			R 5,0								
2 800							F/B/S/R 8,4			See ^c								
7 000							F/B/S/R 7,5			See ^c								
9 800							F/B/S/R 25			See ^c								
14 000							F/B/S/R 37			See ^c								
28 000							F/B/S/R 80			See ^c								
42 000							F/B/S/R 130			See ^c								

The values in the table apply to FUNCTIONAL INSULATION (F) if required by 5.3.4 a) (see 2.10.1.3), BASIC INSULATION (B), SUPPLEMENTARY INSULATION (S) and REINFORCED INSULATION (R).

Linear interpolation is permitted between the nearest two points, the calculated minimum CLEARANCE being rounded up to the next higher 0,1 mm increment.

If the CLEARANCE path is partly along the surface of insulation that is not Material Group I, the test voltage is applied across the air gap and Material Group I only. The part of the path along the surface of any other insulating material is bypassed.

The values in parentheses apply to BASIC INSULATION, SUPPLEMENTARY INSULATION or REINFORCED INSULATION if manufacturing is subjected to a quality control programme that provides at least the same level of assurance as the example given in Clause R.2 of Annex R. DOUBLE INSULATION and REINFORCED INSULATION shall be subjected to ROUTINE TESTS for electric strength.

^a For transient overvoltages higher than 2 500 V peak, either Table 2K shall be used or the minimum CLEARANCE shall be determined using Annex G.

^b It is not required to pass the tests of 2.10.10 for Pollution Degree 1.

^c In a SECONDARY CIRCUIT, for PEAK WORKING VOLTAGES above 1 400 V, the minimum CLEARANCE is 5 mm provided that the CLEARANCE path passes an electric strength test according to 5.2.2 using:

- an a.c. test voltage whose r.m.s. value is 106 % of the PEAK WORKING VOLTAGE (peak value is 150 % of the PEAK WORKING VOLTAGE), or
- a d.c. test voltage equal to 150 % of the PEAK WORKING VOLTAGE.

2.10.1.2 Pollution degrees

Pollution degrees are classified as follows:

- Pollution Degree 1 applies where there is no pollution or only dry, non-conductive pollution. The pollution has no influence. Normally, this is achieved by having components and subassemblies adequately enclosed by enveloping or hermetic sealing so as to exclude dust and moisture (see 2.10.12).
- Pollution Degree 2 applies where there is only non-conductive pollution that might temporarily become conductive due to occasional condensation. It is generally appropriate for equipment covered by the scope of this standard.
- Pollution Degree 3 applies where a local environment within the equipment is subject to conductive pollution, or to dry non-conductive pollution that could become conductive due to expected condensation.

Table 2N – Minimum creepage distances

Replace the existing Table 2N by the following new table:

RMS WORKING VOLTAGE up to and including V	CREEPAGE DISTANCES in mm						
	Pollution degree						
	1 ^a	2			3		
	Material Group						
	I, II, IIIa, IIIb	I	II	IIIa, IIIb	I	II	IIIa, IIIb (see Note)
10	0,08	0,4	0,4	0,4	1,0	1,0	1,0
12,5	0,09	0,42	0,42	0,42	1,05	1,05	1,05
16	0,1	0,45	0,45	0,45	1,1	1,1	1,1
20	0,11	0,48	0,48	0,48	1,2	1,2	1,2
25	0,125	0,5	0,5	0,5	1,25	1,25	1,25
32	0,14	0,53	0,53	0,53	1,3	1,3	1,3
40	0,16	0,56	0,8	1,1	1,4	1,6	1,8
50	0,18	0,6	0,85	1,2	1,5	1,7	1,9
63	0,2	0,63	0,9	1,25	1,6	1,8	2,0
80	0,22	0,67	0,9	1,3	1,7	1,9	2,1
100	0,25	0,71	1,0	1,4	1,8	2,0	2,2
125	0,28	0,75	1,05	1,5	1,9	2,1	2,4
160	0,32	0,8	1,1	1,6	2,0	2,2	2,5
200	0,42	1,0	1,4	2,0	2,5	2,8	3,2
250	0,56	1,25	1,8	2,5	3,2	3,6	4,0
320	0,75	1,6	2,2	3,2	4,0	4,5	5,0
400	1,0	2,0	2,8	4,0	5,0	5,6	6,3
500	1,3	2,5	3,6	5,0	6,3	7,1	8,0
630	1,8	3,2	4,5	6,3	8,0	9,0	10
800	2,4	4,0	5,6	8,0	10	11	12,5
1 000	3,2	5,0	7,1	10	12,5	14	16
1 250	4,2	6,3	9,0	12,5	16	18	20
1 600	5,6	8,0	11	16	20	22	25
2 000	7,5	10	14	20	25	28	32
2 500	10	12,5	18	25	32	36	40
3 200	12,5	16	22	32	40	45	50
4 000	16	20	28	40	50	56	63
5 000	20	25	36	50	63	71	80
6 300	25	32	45	63	80	90	100
8 000	32	40	56	80	100	110	125
10 000	40	50	71	100	125	140	160
12 500	50	63	90	125			
16 000	63	80	110	160			
20 000	80	100	140	200			
25 000	100	125	180	250			
32 000	125	160	220	320			
40 000	160	200	280	400			
50 000	200	250	360	500			
63 000	250	320	450	600			

The values in the table apply to FUNCTIONAL INSULATION if required by 5.3.4 (a) (see 2.10.1.3), BASIC INSULATION and SUPPLEMENTARY INSULATION. For REINFORCED INSULATION the values are twice those in the table.

Linear interpolation may be used between the nearest two points, the calculated minimum CREEPAGE DISTANCE being rounded up to the next higher specified increment, or the value in the next row below, whichever is lower. For values:

- not exceeding 0,5 mm, the specified increment is 0,01 mm; and
- for those exceeding 0,5 mm, the specified increment is 0,1 mm.

For REINFORCED INSULATION, the calculated value for BASIC INSULATION shall be doubled first before applying the rounding off.

NOTE Material Group IIIb is not recommended for applications in Pollution Degree 3 with an RMS WORKING VOLTAGE above 630 V.

^a It is permitted to use the values for Pollution Degree 1 if one sample passes the tests of 2.10.10.

Annex A
(normative)**Tests for resistance to heat and fire**

It should be noted that toxic fumes may be given off during the tests. Where appropriate the tests should be conducted either under a ventilated hood or in a well-ventilated room, but free from draughts that could invalidate the tests.

A.1 Flammability test for fire enclosures of movable equipment having a total mass exceeding 18 kg and of stationary equipment (see 4.7.3.2)**A.1.1 Samples**

Three samples, each consisting of either a complete FIRE ENCLOSURE or a section of the FIRE ENCLOSURE representing the thinnest significant wall thickness and including any ventilation opening, are tested.

A.1.2 Conditioning of samples

Prior to being tested, the samples are conditioned in a circulating air oven for a period of 7 days (168 h), at a uniform temperature 10 K higher than the maximum temperature reached by the material measured during the test of 4.5.2, or 70 °C, whichever is the higher, and then cooled to room temperature.

A.1.3 Mounting of samples

Samples are mounted as they would be in actual use. A layer of untreated surgical cotton is located 300 mm below the point of application of the test flame.

A.1.4 Test flame

The test flame according to IEC 60695-11-3 is used.

A.1.5 Test procedure

The test flame is applied to an inside surface of the sample, at a location judged to be likely to become ignited because of its proximity to a source of ignition. If a vertical part is involved, the flame is applied at an angle of approximately 20° from the vertical. If ventilation openings are involved, the flame is applied to an edge of an opening, otherwise to a solid surface. In all cases, the tip of the inner blue cone is to be in contact with the sample. The flame is applied for 5 s and removed for 5 s. This operation is repeated, whether or not the sample is flaming, until the sample has been subjected to five applications of the test flame to the same location.

The test is repeated on the remaining two samples. If more than one part of the FIRE ENCLOSURE is near a source of ignition, each sample is tested with the flame applied to a different location.

A.1.6 Compliance criteria

During the test, the sample shall not release either flaming drops or particles capable of igniting the surgical cotton. The sample shall not continue to burn for more than 1 min after the fifth application of the test flame, and shall not be consumed completely.

A.2 Flammability test for fire enclosures of movable equipment having a total mass not exceeding 18 kg, and for material and components located inside fire enclosures (see 4.7.3.2 and 4.7.3.4)**A.2.1 Samples**

Three samples are tested. For FIRE ENCLOSURES, each sample consists of either a complete FIRE ENCLOSURE or a section of the FIRE ENCLOSURE representing the thinnest significant wall thickness and including any ventilation opening. For material to be located within the FIRE ENCLOSURE, each sample of the material consists of one of the following:

- the complete part; or*
- a section of the part representing the thinnest significant wall thickness; or*
- a test plaque or bar of uniform thickness representing the thinnest significant section of the part.*

For components to be located within the FIRE ENCLOSURE, each sample is to be a complete component.

A.2.2 Conditioning of samples

Prior to being tested, the samples are conditioned in a circulating air oven for a period of 7 days (168 h), at a uniform temperature 10 K higher than the maximum temperature of the part measured during the test of 4.5.2, or 70 °C, whichever is the higher, and then cooled to room temperature.

A.2.3 Mounting of samples

Samples are mounted and oriented as they would be in actual use.

A.2.4 Test flame

The test flame according to IEC 60695-11-4 is used.

A.2.5 Test procedure

The test flame is applied to an inside surface of the sample at a point judged to be likely to become ignited because of its proximity to a source of ignition. For the evaluation of materials located within the FIRE ENCLOSURE, it is permitted to apply the test flame to an external surface of the sample. For the evaluation of components to be located within the FIRE ENCLOSURE, the test flame is applied directly to the component.

If a vertical part is involved, the flame is applied at an angle of approximately 20° from the vertical. If ventilation openings are involved, the flame is applied to an edge of an opening, otherwise to a solid surface. In all cases, the tip of the flame is to be in contact with the sample. The flame is applied for 30 s and removed for 60 s, then reapplied to the same location for 30 s, whether or not the sample is flaming.

Monisivuinen liite

The test is repeated on the remaining two samples. If any part being tested is near a source of ignition at more than one point, each sample is tested with the flame applied to a different point that is near a source of ignition.

A.2.6 Compliance criteria

During the test, the samples shall not continue to burn for more than 1 min after the second application of the test flame, and shall not be consumed completely.

A.2.7 Alternative test

As an alternative to the apparatus and procedure specified in A.2.4 and A.2.5, it is permitted to use the apparatus and procedure specified in Clauses 5 and 9 of IEC 60695-11-5. The manner, duration and number of flame applications are as specified in A.2.5 and compliance is in accordance with A.2.6.

NOTE Compliance with the method of either A.2.4 and A.2.5 or of A.2.7 is acceptable; it is not required to comply with both methods.

A.3 Hot flaming oil test (see 4.6.2)**A.3.1 Mounting of samples**

A sample of the complete finished bottom of the FIRE ENCLOSURE is securely supported in a horizontal position. Bleached CHEESECLOTH of approximately 40 g/m² is placed in one layer over a shallow, flat-bottomed pan approximately 50 mm below the sample, and is of sufficient size to cover completely the pattern of openings in the sample, but not large enough to catch any of the oil that runs over the edge of the sample or otherwise does not pass through the openings.

NOTE Use of a metal screen or a wired-glass partition surrounding the test area is recommended.

A.3.2 Test procedure

A small metal ladle (preferably no more than 65 mm in diameter), with a pouring lip and a long handle whose longitudinal axis remains horizontal during pouring, is partially filled with 10 ml of a distillate fuel oil that is a medium volatile distillate having a mass per unit volume between 0,845 g/ml and 0,865 g/ml, a flash point between 43,5 °C and 93,5 °C and an average calorific value of 38 MJ/l. The ladle containing the oil is heated and the oil ignited and permitted to burn for 1 min, at which time all of the hot flaming oil is poured at the rate of approximately 1 ml/s in a steady stream onto the centre of the pattern of openings, from a position approximately 100 mm above the openings.

The test is repeated twice at 5 min intervals, using clean CHEESECLOTH.

A.3.3 Compliance criterion

During these tests the CHEESECLOTH shall not ignite.

Table 4E – Summary of material flammability requirements

Part		Requirement
FIRE ENCLOSURES 4.7.3.2	MOVABLE EQUIPMENT > 18 kg and STATIONARY EQUIPMENT	<ul style="list-style-type: none"> – 5VB – Test A.1 – Hot wire test of IEC 60695-2-20 (If <13 mm of air from parts at high temperatures that could cause ignition)
	MOVABLE EQUIPMENT ≤ 18 kg	<ul style="list-style-type: none"> – V-1 – Test A.2 – Hot wire test of IEC 60695-2-20 (If < 13 mm of air from parts at high temperatures that could cause ignition)
	Parts that fill an opening	<ul style="list-style-type: none"> – V-1 – Test A.2 – Component standard
Components and parts, including MECHANICAL ENCLOSURES and ELECTRICAL ENCLOSURES, outside FIRE ENCLOSURES 4.7.3.1 and 4.7.3.3		<ul style="list-style-type: none"> – HB40 for thicknesses ≥ 3 mm – HB75 for thicknesses < 3 mm – HBF – Glow-wire test 550 °C of IEC 60695-2-11 <p>For connectors and exceptions see 4.7.3.3</p>
Components and parts, including MECHANICAL ENCLOSURES and ELECTRICAL ENCLOSURES, inside FIRE ENCLOSURES 4.7.3.4		<ul style="list-style-type: none"> – V-2 – HF-2 – Test A.2 – Component standard <p>For exceptions see 4.7.3.4</p>
Air filter assemblies 4.7.3.5		<ul style="list-style-type: none"> – V-2 – HF-2 – Test A.2 <p>For exceptions see 4.7.3.5</p>
High voltage (> 4 kV) components 4.7.3.6		<ul style="list-style-type: none"> – V-2 – HF-2 – Test of 14.4 of IEC 60065 – Needle flame test of IEC 60695-11-5

**Table 5B – Test voltages for electric strength tests
based on peak working voltages
Part 1**

Grade of Insulation	Points of application (as appropriate)						
	PRIMARY CIRCUIT to BODY PRIMARY CIRCUIT to SECONDARY CIRCUIT between parts in PRIMARY CIRCUITS					SECONDARY CIRCUIT to BODY between independent SECONDARY CIRCUITS	
	WORKING VOLTAGE U , peak or d.c.					WORKING VOLTAGE U	
	Up to and including 210 V ^a	Over 210 V up to and including 420 V ^b	Over 420 V up to and including 1,41 kV	Over 1,41 kV up to and including 10 kV ^c	Over 10 kV up to and including 50 kV	Up to and including 42,4 V peak or 60 V d.c. ^d	Over 42,4 V peak or 60 V d.c. up to and including 10 kV peak or d.c. ^d
	Test voltage, volts a.c. r.m.s.						
FUNCTIONAL	1 000	1 500	see V_a in Table 5B, part 2	see V_a in Table 5B, part 2	1,06 U	500	see V_a in Table 5B, part 2
BASIC, SUPPLEMENTARY	1 000	1 500	see V_a in Table 5B, part 2	see V_a in Table 5B, part 2	1,06 U	No test	see V_a in Table 5B, part 2
REINFORCED	2 000	3 000	3 000	see V_b in Table 5B, part 2	1,06 U	No test	see V_b in Table 5B, part 2

For PEAK WORKING VOLTAGES exceeding 10 kV peak or d.c. in SECONDARY CIRCUITS, the same test voltages as for PRIMARY CIRCUITS apply.

^a Use this column for unearthed DC MAINS SUPPLIES up to and including 210 V [see 2.10.3.2 c)].

^b Use this column for unearthed DC MAINS SUPPLIES over 210 V, up to and including 420 V [see 2.10.3.2 c)].

^c Use this column for unearthed DC MAINS SUPPLIES over 420 V [see 2.10.3.2 c)].

^d Use these columns for d.c. derived within the equipment from an AC MAINS SUPPLY or for DC MAINS SUPPLIES that are earthed within the same building.

Table 2Q – Minimum separation distances for coated printed boards

Replace the existing Table 2Q by the following new table:

PEAK WORKING VOLTAGE up to and including V peak	BASIC INSULATION OF SUPPLEMENTARY INSULATION mm	REINFORCED INSULATION mm
71 ^a	0,025	0,05
89 ^a	0,04	0,08
113 ^a	0,063	0,125
141 ^a	0,1	0,2
177 ^a	0,16	0,32
227 ^a	0,25	0,5
283 ^a	0,4	0,8
354 ^a	0,56	1,12
455 ^a	0,75	1,5
570	1,0	2,0
710	1,3	2,6
895	1,8	3,6
1 135	2,4	3,8
1 450	2,8	4,0
1 770	3,4	4,2
2 260	4,1	4,6
2 830	5,0	5,0
3 540	6,3	6,3
4 520	8,2	8,2
5 660	10,0	10,0
7 070	13,0	13,0
8 910	16,0	16,0
11 310	20,0	20,0
14 140	26,0	26,0
17 700	33,0	33,0
22 600	43,0	43,0
28 300	55,0	55,0
35 400	70,0	70,0
45 200	86,0	86,0
<p>Linear interpolation may be used between the nearest two points, the calculated minimum separation distance being rounded up to the next higher specified increment, or the value in the next row below, whichever is lower. For values:</p> <ul style="list-style-type: none"> - not exceeding 0,5 mm, the specified increment is 0,01 mm; and - for those exceeding 0,5 mm, the specified increment is 0,1 mm. 		
<p>^a The test of 2.10.8 is not required.</p>		

Table 2R – Insulation in printed boards

Specification of insulation	TYPE TESTS ^a	ROUTINE TESTS for electric strength ^c
Two layers of sheet insulating material including pre-preg ^b	No	Yes
Three or more layers of sheet insulating material including pre-preg ^b	No	No
An insulation system with ceramic coating over a metallic substrate, cured at ≥ 500 °C	No	Yes
An insulation system, with two or more coatings other than ceramic over a metallic substrate, cured at < 500 °C	Yes	Yes
NOTE 1 Pre-preg is the term used for a layer of glass cloth impregnated with a partially cured resin.		
NOTE 2 For definition of ceramic, see IEC 60384-13-24.		
^a Thermal conditioning of 2.10.8.2 followed by the electric strength test of 5.2.2.		
^b Layers are counted before curing.		
^c Electric strength testing is conducted on the finished printed board.		