



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Juha Aspimaa

UL STANDARDIEN VAATIMUKSET KYTKINKOTELOILLE

Tekniikka ja liikenne
2014

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Juha Aspimaa
Opinnäytetyön nimi	UL standardien vaatimukset kytkinkoteloille
Vuosi	2014
Kieli	suomi
Sivumäärä	80 + 3 liitettä
Ohjaaja	Matti Makkonen

Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla UL98 ja UL1008 standardeja niiden standardien vaateiden mukaan, jotka ottavat kantaa kytkinkoteloitten vaatimuksiin. Päämääränä vertailussa oli tutkia, voidaanko UL98 standardin mukaisen turvakyt-kin tuoteperheen koteloita käyttää UL1008 standardin mukaisten vaihtokytkimien koteloina, sekä laatia suunnitteluohjeistusta ja kirjata ylös kotelosuunnitteluun vaikuttavia standardien vaateita.

Toisena tavoitteena oli kuvata kytkinkoteloita koskettavien NEMA kotelointi- luokkien testausvaatimuksia, sekä laatia testausohjeistusta.

Vertailua tehtiin tutkimalla UL standardeja ja etsimällä niitä standardien vaati- muksia, jotka koskettavat turvakytkimien ja vaihtokytkimien koteloita suoraan tai välillisesti. NEMA kotelointiluokkien testausvaatimuksia tutkittiin ensin tutustu- malla standardien kautta teoriaan, sekä tehtiin lukuisia omia esitestauksia ja do- kumentointiin UL laboratoriossa tapahtuvat viralliset testit.

UL standardien tulkinta on haasteellista. Suunnitteluprojektin ohella monesti on huomattu, että lopullinen totuus selviää pyytämällä syvällisempää analyysiä UL hyväksyntälaitokselta tai teetetään viralliset testit ja pyytämällä testiasetteluun vielä tarkennuksia kaikkea ei lue standardeissa.

Standardeja vertailevaan osuuteen otettujen vaatimuksien perusteella ja poikkeuk- set huomioon ottaen turvakytkimien UL98 standardin mukaisia koteloita on mah- dollista käyttää UL1008 standardia koskettavien vaihtokytkimien koteloina.

Näiden lisäksi suunnitteluohjeistusosuudessa käsitellään koteloitujen turvakytki- mien ja vaihtokytkimien konstruktion erojen kautta määräytyviä seikkoja, jotka tuovat lisätarpeita kytkinkotelolle ja haetaan ratkaisuja yhtenäistää kotelot sekä tarkastellaan ratkaisuja standardien vaatimusten kautta.

ABSTRACT

Author	Juha Aspimaa
Title	UL standards requirements for switch enclosures
Year	2014
Language	Finnish
Pages	80 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Matti Makkonen

Aim of thesis was to comparison of standards UL98 and UL1008. Focusing to those standard requirements, that concerns switch enclosures. Target in the comparison was to study is there possibilities to use safety switch enclosures according UL98 standard for change-over switches that UL1008 standard concerns and draw up planning brief and record standard requirements which are affected to designing of enclosure.

Second aim was to make description of test requirements according to NEMA enclosure classes and do some instructions for testing.

Comparisons of standards were made studying UL standards and looking for those standard requirements which concerns directly or indirectly safety switch and change-over switch enclosures. NEMA enclosure class test requirements were studying first standard theory and making many pre-test and recording official tests in UL test lab.

UL standard reading is big challenge. During development project many times noted that the final truth will opens when is asked deeper information from UL approval institute or do official test and asking for correction to test set-up all information just do not read in standards.

The requirements in part of thesis, that comparing standards and with exceptions noted. Safety switch enclosures according of UL98 standard is possible to use for change-over switches according of UL1008 standard.

Moreover in planning brief part of thesis deals difference of enclosed safety switches and change-over switches comparing constructional features which brings additional aspects to switch enclosure and look for solutions to harmonize enclosures and observing solutions through standards.

SISÄLLYS

ALKUSANAT

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	5
1.1	Tutkintotyön tavoite ja rajaus	5
1.2	Kehittämistehtävät	5
1.2.1	Tehtävän kuvaus	5
1.2.2	Suunnitelma toteutukselle	5
1.3	Työn kulku	6
2	YRITYKSEN KUVAUS	7
2.1	ABB Oyj	7
2.2	Breakers and Switches	7
3	KYTKIMET	8
3.1	Kytkin	8
3.2	Turvakytkin	8
3.3	Vaihtokytkimet	9
3.4	Kuormakytkin	9
4	STANDARDOINTI	10
4.1	Standardien tarkoitus ja tavoitteet	10
4.2	Kytкимиä koskettavat standardit	11
4.2.1	IEC Standardit	11
4.2.1.1	IEC 60947-1 Käyttöala ja tarkoitus	11
4.2.1.2	IEC 60947-3 Käyttöala ja tarkoitus	12
4.2.1.3	IEC 60947-6-1 Käyttöala ja tarkoitus	12
4.3	NEMA standardit	13
4.3.1	Käyttöala NEMA250 standardi	13
4.4	CSA standardit	14
4.5	Koteloituja kytkimiä koskettavat UL-standardit	15
4.5.1	UL98 Koteloidut kytkimet	15
4.5.1.1	Käyttöala	15

4.5.2	UL1008 Vaihtokytkin kojeet	16
4.5.2.1	Käyttöala	16
4.6	UL50 Kotelot sähkökojeille ei ympäristön vaateet	17
4.6.1	Käyttöala	17
4.7	UL50E Kotelot sähkökojeille, ympäristönvaateet	17
4.7.1	Käyttöala	18
5	STANDARDIN UL98 VAATIMUKSET.....	19
5.1	Kuvaus UL98 mukaisesta kytkimestä	19
5.2	Yleisesti	20
5.2.1	Tehdastoimitus	20
5.2.2	Lisävarusteet	21
5.2.3	Lisävarusteiden merkitseminen	22
5.3	Kotelo	23
5.3.1	Yleisesti	23
5.3.2	Ainepaksuuden määrittely	23
5.4	KytKentätilat	24
5.4.1	Riittävä kytkentätila	24
5.4.2	Kenttäasennuskaapeleiden koon määrittely	24
5.4.3	Liittimen koon määrittely	25
5.4.4	Liittimet useammalle johtimelle	25
5.4.5	Reikäaihiot ja johdotustila	25
5.4.6	Vapaa johdotustila	25
5.5	Korroosionsuojaus	26
5.6	Ohjaukahvan aukko	26
5.7	Yksiovi ratkaisu	26
5.8	Oven kiinnittäminen	27
5.9	Reikäaihiot kotelossa	27
6	STANDARDIN UL1008 VAATIMUKSET.....	29
6.1	Kuvaus UL1008 mukaisesta kytkimestä	29
6.2	Kotelot	30
6.2.1	Vaateet koteloinnille UL1008 mukaan	30
6.2.2	Kotelon ainepaksuuden määrittely	30

6.3	Korroosion suojaus	31
6.4	Kytkentätilat.....	32
6.4.1	Standardin määrittely kaapelin valinnalle	34
7	UL98/UL1008 STANDARDIEN VERTAILU	35
7.1	Kotelo	35
7.2	Kytkentätilat kotelon koon määrittäjänä	37
7.2.1	Vertailun tulokset	38
7.3	Kotelon ainepaksuuden määrittely	44
7.3.1	Vertailun tulokset	46
7.4	Kotelon kansien ainepaksuuden määrittely	46
7.4.1	Vertailun tulokset	46
7.5	Korroosionsuojaus	47
7.5.1	UL98-standardin määrittelyt korroosionsuojaukselle	47
7.5.2	UL50-standardin määrittelyt korroosionsuojaukselle	48
7.5.3	UL50E-standardin määrittelyt korroosionsuojaukselle	48
7.5.4	Poikkeukset kohdan 7.5.3 korroosionsuojaus vaateeseen	48
7.5.5	Ulkotilojen korroosionsuojaus	48
7.5.6	UL1008-standardin määrittelyt korroosionsuojaukselle	50
7.5.7	Vertaileva osuus UL98 ja UL1008	50
7.5.8	Vertailun tulokset	51
8	VERTAILUN TULOKSET KOOSTE	52
8.1	Tulokset.....	52
8.2	Tulokset yhteenveto	52
9	SUUNNITTELUOHJEISTUS.....	53
9.1	Kytkimen ohjauksehänä kotelon sisäpuolella	54
9.2	Aukotukset ovipaneelille ja painonapeille	56
9.3	Kotelonvalinta kytkentätilojen näkökulmasta	58
10	NEMA KOTELOINTILUOKITUKSET	59
10.1	Yleisesti	59
10.2	NEMA kotelointiluokat	59
10.2.1	NEMA1	59
10.2.2	NEMA3R	61

10.2.3 NEMA12K	62
10.2.3.1 Sisätiloissa kiertävän pölyn testi	62
10.2.3.2 Sisätilojen korroosionsuojaus testi.....	64
10.2.3.3 Tiiviste testi	64
10.2.4 NEMA4X.....	64
11 STANDARDIT UL50/UL50E TESTAUS.....	65
11.1 Reikäihio testit standardin mukainen teoria	65
11.1.1 Standardin UL50 määrittelemä testaustapa.....	65
11.1.1.1 Yleisesti	65
11.1.1.2 Reikäaihioiden poislyönti testi.....	66
11.1.1.3 Tuurna ja läpivientiholkki testi.....	66
11.1.2 Käytännön oma esitestaus ja tarkastelu.....	67
11.1.2.1 Tuurnatesti	67
11.1.2.2 Testaus läpivientiholkilla ja tarkastelu	68
11.1.1.3 Reikäaihioiden poislyönti testi	69
11.2 Poikkeama testit oville	70
11.2.1 Poikkeama testi oville, oma esitestaus.....	70
11.2.2 Poikkeamatesti oville UL50 standardin mukaan	71
11.3 Sadetesti	73
11.3.1 Sadetesti teoria UL50E-standardin mukaan	73
11.3.2 Sadetesti UL laboratoriossa	75
11.4 Atomisoituvesi testi metodi A	76
11.4.1 Atomisoituvesi testin teoria	76
11.4.2 Atomisoituvesi testi UL-laboratoriossa	77
11.5 Vesisuihku testi NEMA4X/UL50E	78
11.5.1 Standardin UL50E määrittelemä testaustapa.....	78
11.5.2 Käytännön vesisuihkutesti	78
LÄHTEET	79
LIITTEET	

1 JOHDANTO

1.1 Tutkintotyön tavoite ja rajaus

ABB:llä turvakytkimille löytyy IEC normien mukainen koteloitu turvakytkin tuoteperhe, mutta Amerikan markkinoille ei löydy vastaavaa koteloituille turvakytkimille UL98-standardia täyttävää turvakytkinsarjaa. Parhailtaan ollaan suunnittelemassa UL98-standardin vaatimusten mukaista koteloitua kytkinarsarjaa ja tehdään selvitystyötä koteloidulle vaihtokytkinarsarjalle, joita koskettavat UL1008-standardin mukaiset vaateet. Tämän työn tavoitteena on tuottaa suunnitteluohjeistusta kytkinkotelolle UL-standardien mukaan ja esittää asioita käytännönläheisesti.

Tavoitteena on tutkia voisiko UL98-standardin vaatimusten mukaista kytkinkoteloita käyttää sellaisenaan tai soveltaen UL1008-standardia koskettavien vaihtokytkinarsarjan kotelona vertailemalla UL98 ja UL1008-standardeja.

Työn rajattiin koskettamaan UL98 ja UL1008-standardeja siltä osin, kuin ne koskettavat kytkimen kotelon konstruktion mitoitus suoraan tai välillisesti. Työ tulee aloittaa siitä, että tutkitaan molempia standardeja ja valitaan niitä kohtia, jotka ovat oleellisesti tärkeitä tehtäessä vertailua UL98 ja UL1008-standardien välillä valintoja kytkinkoteloita suunniteltaessa.

1.2 Kehittämistehtävät

1.2.1 Tehtävän kuvaus

Tarkoituksena on kehittää ohjeistusta NEMA3R-, NEMA12- ja NEMA4X-kotelointiluokkien testaamista varten tavoitteena on, että tämä ohjeistus tukisi tuotekehitystä koteloitujen kytkintuotteiden osalta. Ymmärrys siitä miten testaus suoritetaan käytännössä eri kotelointiluokille, voisi ohjata kotelon suunnittelu ja ylläpitoratkaisuja niin, että kotelointiluokkien vaatimukset täyttyvät. Ennen kaikkea tärkeää on se, että valitut mitoitusperiaatteet palvelevat todellisia käytännön ympäristövaatimuksia. Ajatuksena on, että kerätty tieto palvelisi myös laadun ylläpitoa ja henkilöitä, jotka työskentelevät asiakaspalaute rajapinnassa.

1.2.2 Suunnitelma toteutukselle

Ensiksi on tarkoituksena tutustua teoriaosuuteen standardit UL50E kotelot sähkökojeille, ympäristövaateet ja UL50E ei ympäristövaateet sähkökojeiden koteloinnille.

Sen jälkeen on ajatuksena olla todistamassa käytännön tiiveysluokkatestejä ja kuvata käytännön testausmenetelmät hyvin, koska standardit eivät useinkaan avaa asiaa niin yksiselitteisesti, kuin käytännön testien ymmärtäminen sanottakoon, että totuus löytyy testilaboratoriosta. Tämän informaation pohjalta on tarkoituksena tehdä ohjeistusta omalle testaukselle.

1.3 Työn kulku

Ensin on teoria osuus, siinä kerrotaan standardoinnista yleisesti, että lukija saa käsitteen mitä standardoinnilta haetaan. Sitten on esitelty UL-standardeja joita on tässä työssä tutkittu, sekä yleisesti NEMA ja CSA-standardeja.

Sitten on käytännön osuus, johon on otettu niitä kohtia joita myöhemmin vertaillaan vertailevassa osuudessa sekä niitä, joita katsottiin yleishyödylliseksi tiedoksi ja tarpeellisiksi koteloiden suunnittelemiseksi kytkimille.

Standardeja vertailevaosuus, missä vertaillaan standardien niitä kohtia, jotka on katsottu oleellisiksi, kun tavoitteena oli tutkia voidaanko UL98-standardin mukaisen turvakytkimen koteloa käyttää UL1008-standardin mukaisen vaihtokytkimen kotelona. Tulokset osuus, missä on koostettuna vertailun tulokset.

Suunnitteluohjeistus osuus on standardien vertailun pohjalta, missä UL98-standardien mukaisten turvakytkimien ja UL1008-standardien mukaisten vaihtokytkimien konstruktioiden erojen asettamien tarpeiden perusteella haetaan suunnitteluratkaisuja. Sitten on kerrottu NEMA-kotelointiluokituksista, joille UL50 ja UL50E-standardit perustuvat niistä vaateista, joita tuli ottaa huomioon UL98-standardin mukaiselle turvakytkimelle koteloa suunniteltaessa, joiden testaamista on oheistettu viimeisessä luvussa standardien teorian ja käytännön testien kuvauksella.

2 YRITYKSEN KUVAUS

2.1 ABB Oyj

ABB muodostettiin tammikuussa 1988 sulauttamalla yhteen ruotsalaisen Asean ja sveitsiläisen Brown Boverin sähkötekniset liiketoiminnot. Se on monikansallinen teollisuuskonserni, jonka pääkonttori sijaitsee Zurichissä; Sveitsissä. Toiminta ABB:llä keskittyy lähinnä automaatioteknologiaan ja sähkövoimalaitoksiin. ABB on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, jonka tuotteet, ratkaisut ja palvelut parantavat teollisuus- ja energiayhtiöasiakkaiden kilpailukykyä ympäristömyönteisesti. ABB toimii yli 100 maassa ja työllistää noin 145 000 henkilöä. ABB yhtiön liikevaihto on yli 39 mrd. USD. /1/

2.2 Breakers and Switches

Suomen ABB:n Breakers and Switches -yksikkö valmistaa kuormankytkimiä, vaihtokytkimiä, turvakytkimiä, koteloituja kytkimiä, kytkinvarokkeita ja nokkakytkimiä. Tuotteiden käyttösovelluksia ovat muun muassa aurinkovoima-, vara-voima- ja IT-konesalien sekä teollisuuden sähkönsyötön varmistuksen järjestelmät. Kytkintuotteita käytetään sähköenergian tuottamiseen ja siirtämiseen liittyvissä sovelluksissa. Ne sallivat, erottavat tai estävät sähkövirran kulun energian siirrossa ja käytössä. Tuotteita on moottorien käynnistyksessä ja pysäytyksessä sekä suojauksena ylikuormalta ja oikosuilta. Niitä käytetään myös energian varasyötön kytkentään.

Suomen ABB:n kojetuotteita valmistava tehdas sijaitsee Vaasassa. Vastaavia tehtaita ABB:llä on eri puolilla maailmaa puolenkymmentä.

Breakers and Switches -yksikkö Suomessa työllistää kaikkiaan noin 250 henkilöä. Se vastaa maailmanlaajuisesti kytkintuotteiden tutkimuksesta ja tuotekehityksestä sekä myynnistä ja markkinoinnista ABB:ssä. /2/

3 KYTKIMET

3.1 Kytkin

Kytkin on elektroniikan tai yleisesti sähkövirtapiirin komponentti, joka kytkee tai katkaisee sähkövirtapiirin sähkövirran tai ohjaa virran tiettyyn piiriin. On olemassa mekaanisia, sähkömekaanisia ja elektronisia kytkimiä.

Sähköisesti ohjattua kytkintä kutsutaan releeksi tai kontaktoriksi.

Rakenteeltaan yksinkertaisimmassa kytkimessä on kaksi metallipalaa (kontaktit), jotka koskettaessaan toisiaan päästävät virran läpi ja erillään ollessaan estävät virran kulun.

Kontakteissa käytetään hapettumatonta metallia virhetoiminnan estämiseksi; joskus kontaktit päällystetään jalometallilla.

Kontaktin syntymistä ohjataan painikkeella, vivulla tai muulla mekaanisella laitteella kytkimen tyypistä riippuen. /3/

3.2 Turvakytkin

Turvakytkin on sähköinen kytkin, jota käytetään koneiden turvajärjestelyissä koneiden tahattoman käynnistymisen estämiseen saattamalla koko laite jännitteettömäksi huoltotöiden ajaksi. Turvakytkimen tulee olla vikaturvallinen ja sillä täytyy olla tarkastuslaitosten hyväksyntä. Tyypillisiä käyttökohteita ovat teollisuuden ja kiinteistötekniikan koneet. Turvakytkimissä on mahdollista estää kytkimen sulkemisen esim. riippulukkoa käyttäen, jotta koneen huollon aikana jännitteen kytkeminen ja koneen käynnistyminen vahingossa voidaan estää. Sähkökaavioissa ja positiomerkinnoissa turvakytkimestä käytetään tunnusta QS. /4/

3.3 Vaihtokytkimet



Kuva 1. Vaihtokytkimiä.

Vaihtokytkimet ovat suunniteltu vaihtamaan kuormaa yhdestä tehonlähteestä toiseen erilaisissa sovelluksissa, joita voidaan käyttää joko manuaalisesti, kauko-ohjattuna moottorin avulla tai soveltaen automaatiota.

Kytkimet sopivat kaikkiin varavoimajärjestelmiin, ja ne ovat ihanteellinen ratkaisu varsinkin silloin, kun helppokäyttöisyys ja luotettavuus ovat avainasioita.

Kytkimet sopivat erityisesti sovelluksiin, jotka edellyttävät keskeytymätöntä sähköntuottoa aggregaateista, UPS-laitteista tai sähkölaitoksista. Jos sähkönsyöttö katkeaa, vaihtokytkin varmistaa nopean siirtymän varajärjestelmään./5/

3.4 Kuormankytkin

Kytkin, joka kykenee sulkemaan, johtamaan ja katkaisemaan normaaleissa piirin olosuhteissa esiintyviä virtoja ja joka auki asennossa täyttää erottimelle esitetyt erottamisvaatimukset./6/

4 STANDARDOINTI

4.1 Standardien tarkoitus ja tavoitteet

Standardien tarkoitus on hyödyttää koko yhteiskuntaa. Kaikilla aloilla teollisuudesta kaupan ja tutkimukseen yhteisesti hyväksytyt käsitteet ja määritelmät nopeuttavat työtä, vähentävät virheitä ja auttavat saamaan entistä parempia käytännön tuloksia. Standardien ansiosta tuotteet, palvelut ja menetelmät sopivat siihen käyttöön ja niihin olosuhteisiin, joihin ne ovat tarkoitettu./7/

Standardit mahdollistavat muun muassa.

- Yhteistoiminnan systeemit ja organisaatiot (tieto, prosessit, valmistus, tuotteet ym.) voidaan liittää toisiinsa. Tämä taas mahdollistaa muun muassa erikoistumisen.
- Alihankinnat yhtenä yhteistoiminnan muotona; tuotteen osat voidaan valmistaa hajautetusti, kun kaikilla on sama yhdistävä standardi käytössä.
- Useampaa kuin yhtä valmistajaa voidaan käyttää tuotteen osassa.
- Yhteistyökumppaneiden arvioinnin, kun mahdollisella yhteistyökumppanilla on tietty standardi, esimerkiksi laadun osalta käytössä, yhteistyökumppania voidaan arvioida ja sen toimintaa, esimerkiksi laatua ennakoida
- Standardi yhdistää joukkoa toimijoita suuremmaksi, voimakkaammaksi toimijaksi.

Näiden eri tekijöiden yhteisvaikutuksesta standardoidun tuotteen tms. valmistamisen yksikkökustannukset voivat alentua ja se voi saada laajemman markkinan. Tuotteen käyttäjien kannalta standardit mahdollistavat kilpailuttamisen ja toimitusvarmuuteen pyrkimisen.

Standardien merkityksestä esimerkki on valtiollisella tasolla esimerkiksi DIN, Deutsche Industrie Normen. Se teki saksalaisista tuotteista yhteensopivia tietyllä tasolla. Globalisaation myötä maailmanlaajuisista standardeista tulee yhä tärkeämpiä.

Jos yritys on mukana uuden standardin luonnissa, se saa siitä kilpailuetua. Se voi vaikuttaa standardin lopulliseen sisältöön ja se ymmärtää standardia nopeammin ja syvällisemmin kuin sivusta mukaan tullut yritys. /8/

4.2 Kytкимиä koskettavat standardit

4.2.1 IEC Standardit

4.2.1.1 IEC 60947-1 Käyttöala ja tarkoitus

Tämän standardin tarkoituksena on yhdenmukaistaa kaikki pienjännitekytkinlaitteita koskettavat yleisluonteiset säännöt ja vaatimukset siinä määrin kuin on tarkoituksenmukaista, jotta koko laitevalikoiman osalta saavutettaisiin vaatimusten yhdenmukaisuus ja jotta vältettäisiin eri sisältöisten standardien mukaiset testaukset.

Kaikki ne eri laitteita koskettavien tuotestandardien osat, joita voidaan pitää yleisluonteisina, on siksi koottu keskeisiä erityisaiheita, kuten esim. lämpeneminen, eristyslujuus yms.

Kaikki kutakin pienjännite kytkin laitetta koskettavat vaatimukset ja kojeet on esitetty kahdessa erillisessä julkaisussa:

- 1) Tämä perusstandardi, joihin eri pienjännitekytkinlaitteita koskettavat laitekohtaiset standardit viittaavat kutsuen sitä ”yleisiksi vaatimuksiksi” tai ”Osaksi 1”.
- 2) Laitetta koskettavat tuotestandardit
 - Osa 3 kytkimet, erottimet, kuormanerotimet
 - Osa 5 ohjauspiirin laitteet
 - Osa 6 monitoimiset kytkinlaitteet.

/9/

4.2.1.2 IEC 60947-3 Käyttöala ja tarkoitus

Tämä osuus IEC 60947-standardia koskee kytkimiä, erottimia, kuormakytkimiä, ja kytkinvarokkeita jotka on tarkoitettu käytettäväksi jakeluverkoissa ja moottori-piireissä, joiden mitoitusjännite on vaihtosähköllä enintään 1000V tai tasasähköllä enintään 1500V.

Valmistajan on ilmoitettava varokekytkinyhdistelmään kuuluvien sulakkeiden tyypit, mitoitusarvot ja ominaisuudet asianmukaisen standardin mukaisena.

Tämä standardi ei koske laitteita, jotka kuuluvat standardien IEC 60947-2 ”Katkaisija”, 60947-4-1 ”Kontaktorit ja moottorikäynnistimet” ja 60947-5-1 ”Ohjauksi-piirin kytkimet” soveltamisalojen piiriin. Kuitenkin, jos tämän standardin sovel-tamisalaan kuuluvia kytkimiä tai varokekytkinyhdistelmiä käytetään normaalisti, yksittäisen moottorin käynnistämiseen, kiihdyttämiseen tai pysäyttämiseen, niiden on täytettävä tämän standardin liitteessä A esitetyt lisävaatimukset.

Tämän standardin mukaisiin laitteisiin asennettujen apukoskettimien on täytettävä standardin IEC 60947-5-1 vaatimukset./10/

4.2.1.3 IEC 60947-6-1 Käyttöala ja tarkoitus

Tämä osuus IEC 60947-standardia käsittää vaihtokytkimet, joita käytetään tehon-syöttö järjestelmissä syötön keskeytyksessä kuormalle siirron aikana, joiden mi-toitusjännite on vaihtosähköllä enintään 1000V tai tasasähköllä enintään 1500V.

Se kattaa:

- manuaalisesti ohjatut vaihtokytkimet
- kauko-ohjatut vaihtokytkimet
- automaattiset vaihtokytkimet.

Se kattaa vaihtokytkimet koteloituna ja ilman.

Laitteet jotka tarvitaan ohjaukseen (esim. ohjauskytkimet, jne.) ja suojaukseen (esim. katkaisija, jne), vaihtokytkimelle ovat katettu asiaankuuluvassa standardissa./11/

4.3 NEMA standardit

Kansallinen sähkölaitevalmistajien järjestö (The National Electrical Manufacturers Association) perustettiin 1926 ja on standardoiva elin Washingtonissa Yhdysvalloissa. Se julkaisee teknisten standardien sarjaa, mutta ei tarkista tai sertifioi tuotteita. Kotelointiluokituksia määrittävät UL50E ja UL50 standardit perustuvat NEMA250 standardiin./12/13/

4.3.1 Käyttöala NEMA250-standardi

Tämä standardi kattaa kotelot sähkökojeille alle 1000 Voltin käyttöjännitteellä ja asennettuna ja käytettynä seuraavasti:

a. Ei räjähdysvaaralliset tilat

1. kotelot sisäkäyttöön, Tyypit 1, 2, 5, 12, 12K, ja 13 ja
2. kotelot sisä tai ulkokäyttöön, Tyypit 3, 3X, 3R, 3RX, 3S, 3SX, 4, 4X, 6, ja 6P.

b. Räjähdysvaaralliset tilat

1. kotelot sisäkäyttöön, Tyypit 7 ja 9
2. kotelot tai ulkokäyttöön, Tyyppi 8 ja
3. kotelot kaivos sovelluksiin, Tyyppi 10.

Vaatimukset koteloiden ei-räjähdysvaarallisissa on sisällytetty standardiin. Vaatimukset koteloiden räjähdysvaarallisissa tiloissa ovat sisällytetty standardin liitteen A.

Tämän standardin lisävaatteet koteloiden, jotka sisältävät yksittäiset tuotestandardit.

Tämä standardi ei kata vaateita laitteidensuojaukselle, kuten kondensaatio, jäätyminen, korrosio, tai saastuminen, joka voi aiheutua johdinputkien tai tiivistämätömien aukotusten kautta.

Tuote, joka sisältää piirteitä, ominaisuuksia, komponentteja, materiaaleja, jotka eroavat niistä käytöistä, kun standardi kehitettiin ja joka sisältää riskin tulipalolle, sähköiskulle, tai vaikutukset henkilöille tulee arvioida käyttämällä sopivaa lisäkomponenttia ja lopputuote vaateita, kuten on määritelty tarpeelliseksi riittävän turvallisuuden ylläpitoon tuotteen käyttäjälle, kuten alun perin on tarkoitettu tämän standardin mukaan./14/

4.4 CSA standardit

CSA eli Canadian Standards Association on hallitus-, teollisuus- ja asiakasryhmittä koostuva Kanadan standardoimisyhdistys. CSA-merkintä on edellytyksenä valmistajille, jotka vievät ja myyvät tuotteita Pohjois- Amerikassa, ja toimii taakkeena Yhdysvaltojen ja Kanadan turvallisuus- ja kestävyysstandardien mukaisuudesta. Poikkeuksena CE-merkintään on, että CSA-merkinnän voi hyväksyä tuoteseen vain CSA:n lisensoima tai muuten valtuuttama henkilö.

CSA-merkinnän sovellusalueeseen kuuluvat elektroniikkatuotteet, mukaan lukien IT, AV, lääketieteelliset tuotteet, teolliset tuotteet, teolliset komponentit, vaarallisten tilojen tuotteet, kaasukäyttöiset tuotteet, HVAC-tuotteet, LVI-tuotteet sekä henkilökohtaiset suojaimet. CSA:n soveltamiin turvallisuus standardeihin lukeutuvat muun muassa ANSI-, ASME-, ASTM-, ASSE-, CSA-, NSF-, UL-standardit./15/

4.5 Koteloitujen kytkimiä koskettavat UL-standardit

Standardit UL98 turvakytkimille ja UL1008 vaihtokytkimille ovat laitekohtaisia standardeja, joiden vaatimukset koskettavat kytkimiä koteloituna. Standardit ottavat kantaa siihen millainen kytkimenkotelo tulee olla, kun sinne asennetaan turva tai vaihtokytkin. Pelkän kotelon konstruktion ottavat kantaa ilman, että sinne olisi asennettuna turva tai vaihtokytkin standardit UL50 ja UL50E. Laitekohtaiset standardit UL98 ja UL1008-standardit määrittelevät ne poikkeukset kytkinkotelolle, joita UL50 ja UL50E-standardit eivät määrittele. Jos standardeissa on määritelty ristiriitoja, laitekohtainen standardi on se jota noudatetaan.

4.5.1 UL98 Koteloidut kytkimet

4.5.1.1 Käyttöala

Nämä vaatimukset kattavat yksilöllisesti suljetut ilmakytkimet, mitoitukseltaan 4000 A / 600 V tai vähemmän, joissa on kaikki sähköä johtavat osat koteloitu.

Manuaalisesti käytettäviä ulkoisilla kahvoilla, käyttötarkoitus kansallisten asennus sääntöjen mukaan ANSI/NFPA 70, CSA C22.1 ja NOM-001-SEDE.

Kytkimellä tässä standardissa tarkoitetaan koteloitua kytkintä tai kytkintä, missä on sähköiset osat peitelevyn tai etupaneelin takana ellei toisin mainita.

Nämä vaateet kattavat myös kytkimet missä on sähköiset osat peitelevyn tai etupaneelin takana tai nämä kytkimet ovat käsin ohjattavissa ulkoisilla kahvoilla ja ovat tarkoitettu käyttöön niin kuin määritellään kansallisissa asennusohjeistuksissa ANSI/NFPA 70, CSA C22.1 ja NOM-001-SEDE.

Nämä vaatimukset kattavat koteloidut kytkimet tulppasulake käyttöön tai ilman.

Nämä vaatimukset kattavat koteloidut kytkimet yleiseen käyttöön ja joilla on virtaluokitus, ilman hevosvoima tai kilowattiluokitusta tai sen kanssa, ja koteloidut kytkimet, jotka on tarkoitettu moottoripiiri käyttöön ja joilla on hevosvoima tai kilowatti luokitukset, mutta ei virtaluokitusta yleiskäyttöön.

Nämä vaatimukset kattavat vaihtokytkimet varajärjestelmä käyttöön.

Nämä vaatimukset kattavat sulakkeilla varustetut sähköisesti laukeavat kytkimet yli 600 A ja 600 A tai vähemmän J, R tai T mallin sulakekäytöissä.

Nämä vaatimukset kattavat myös sähköisesti laukeavat kytkimet, jotka ovat hyväksytyt maasulkusuojaukseen maasulkuvirran tunnistuksella yhdistelmässä missä on maasulkuvirrantunnistus ja releointi seuraavasti:

- a) Kytkimet luokan I maasulkuvirran tunnistuksella ja releointi laiteilla, joilla kyky katkaista 12 kertaa nimellisvirta tai on varustettu estääkseen poiskytkentä vikavirralla joka ylittää kytkimen kontaktin katkaisukyvyyn.
- b) Kytkimet luokan II maasulkuvirran tunnistuksella ja releointi laiteilla, joilla kyky katkaista 10 kertaa nimellisvirta ja ovat tarkoitettu maasulkusuojaukseen, jolla on tarkoitus estää poiskytkeminen tasolla vikavirralla, joka ylittää kytkimen kontaktin katkaisukyvyyn laitteistoluokan I ja II maasulkuvirrantunnistuksella ja releointi varustuksella./16/

4.5.2 UL1008 Vaihtokytkinkojeet

4.5.2.1 Käyttöala

Tämä standardi soveltuu:

- a) automaatti vaihtokytkimille
- b) manuaalisille tai ei manuaalisille vaihtokytkimille
- c) säästömuuntaja vaihtokytkimet
- d) hybridi vaihtokytkimet
- e) vaihtokytkimet palopumpuille
- f) ohitus / eristyskytkimet
- g) pehmökäynnistys vaihtokytkimet ja
- h) vaihtokytkimet huoltolaitteena.

Joilla on maksimissaan 600 V jänniteluokitus ei vaarallisissa käytöissä asennussäännösten CSA C22.1, NOM-001-SEDE ja ANSI/NFPA70 mukaisesti.

Nämä vaateet koskettavat vaihtokytkimiä ja niihin liittyviä ohjauslaitteistoja sisältäen jännitteen tunnistukseen perustuvat releet, taajuuden tunnistavat releet, aika-releet ja vastaavat.

Nämä vaatimukset koskettavat kokonaisuudessaan koteloituja vaihtokytkimiä ja avoimia malleja joita on tarkoitettu kiinnitettäväksi muihin laitteisiin kuten kytkintauluihin.

Nämä vaatimukset koskettavat ohitus ja eristyskytkimiä joita käytetään manuaalisesti valitessa saatavilla oleva tehonlähde syöttääkseen latauspiirejä ja tarjotakseen täyden eristyksen automaattiselle vaihtokytkimelle.

Nämä kytkimet voivat olla täysin koteloitu, koteloitu vaihtokytkimellä, tai avoimen tyyppisellä, joka on tarkoitus liittää muihin laitteistoihin.

Canadassa Automaattiset vaihtokytkimiä koskettavat lisäksi varasyöttö järjestelmän vaateet joita tämä standardi ei kata. /17/

4.6 UL50 Kotelot sähkökojeille ei ympäristö vaateet

Tätä standardia tulee ajatella niin, että se koskettaa yleisesti kotelonvaateita sähkökojeille. Laitekohtaiset standardit UL98 ja UL1008 ottavat lisäksi kantaa siihen, että mitä vaateita kotelolle asetetaan, kun sinne asennetaan UL98 mukainen turvakytkin tai UL1008 mukainen vaihtokytkin, jos laitekohtaisten ja standardin yleisesti kotelointia koskettavan UL50 tai UL50E välillä on ristiriitoja, laitekohtainen standardi on määräävä.

4.6.1 Käyttöala

Tämä standardi koskettaa kotelointia sähköisille kojeille, joita asennetaan ja käytetään ei-vaarallisissa tiloissa. Standardin Canadian Electrical Code, Part I, CSA C22.1 säännöt National Electrical Code, NFPA 70 ja säännöt Mexico's Electrical Installations NOM-001-SEDE seuraavasti:

a) kotelot sisäkäyttöön, tyypit 1, 2, 5, 12, 12K, ja 13 ja

b) kotelot sisäkäyttöön tai ulkokäyttöön, tyypit 3, 3R, 3S, 4, 4X, 6, ja 6P.

Tämä standardi käsittää ei ympäristölliset ja suoritusvaateet kotelointia tarjotakseen valmiuden henkilö suojaukselle tahatonta kosketusta kotelointia koetta vastaan.

Lisä ympäristövaateet ja suoritusvaatimukset kotelointia ovat standardeissa C22.2 No. 94.2, UL 50E, ja NMX-J-235/2-ANCE (ks. Annex B, Ref. Nro. 14), jotka ovat tarkoitettu käytettäväksi tämän standardin ohessa. /18/

4.7 UL50E kotelot sähkökojeille, ympäristövaateet

Tätä standardia tulee ajatella niin, että se koskettaa yleisesti kotelonvaateita sähkökojeille. Laitekohtaiset standardit UL98 ja UL1008 ottavat lisäksi kantaa siihen, että mitä vaateita kotelolle asetetaan, kun sinne asennetaan UL98-standardin mukainen turvakytkin tai UL1008-standardin mukainen vaihtokytkin, jos laitekohtaisten ja standardin yleisesti kotelointia koskettavan UL50 tai UL50E-standardien välillä on ristiriitoja, laitekohtainen standardi on määräävä.

4.7.1 Käyttöala

Tämä standardi koskettaa koteloiden sähköisille kojeille, joita asennetaan ja käytetään ei-vaarallisissa tiloissa. Standardin Canadian Electrical Code, Part I, CSA C22.1 säännöt National Electrical Code, NFPA 70 ja säännöt Mexico's Electrical Installations NOM-001-SEDE seuraavasti.

a) kotelot sisäkäyttöön, tyypit 1, 2, 5, 12, 12K, ja 13 ja

b) kotelot sisäkäyttöön tai ulkokäyttöön, tyypit 3, 3R, 3S, 4, 4X, 6, ja 6P.

Tämä standardi kattaa lisäympäristö konstruktiot ja suoritusvaatimet koteloinneille. Yleiset vaatimet koteloinneille sisältyvät standardiin CSA C22.2 No. 94.1, UL50, ja NMX-J-235/1-ANCE (liite B/No. 10) tai loppukäyttö standardeihin, joissa käytetään osaksi tätä standardia.

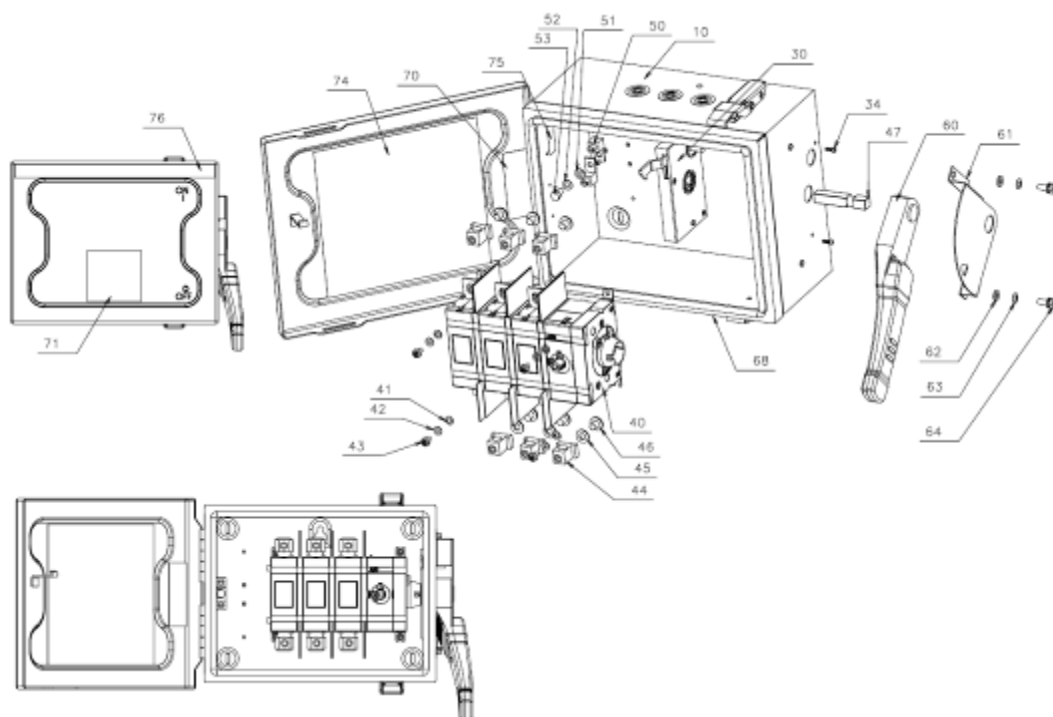
Tämä standardi ei kata vaateita suojaukseen laitteille olosuhteissa kuten, jäätyminen, korrosio, tai saastuminen joka voi esiintyä kotelossa tai, joka voi päästä sisään putkien tai tiivistämättömien aukotusten kautta.

Jos yksittäisen tuotteen standardi sisältää vaatimuksia, jotka ovat ristiriidassa tämän standardin vaatimusten kanssa yksittäinen standardi määrittää vaatimukset.

/19/

5 STANDARDIN UL98 VAATIMUKSET

Tähän lukuun on otettu niitä UL98-standardin vaatimuksia, joita vertaillaan luvussa 7 UL1008-standardin mukaisiin vaatimuksiin ja joiden on katsottu olevan yleisesti oleellisia, kun suunnitellaan koteloä kytkimelle.



Kuva 2. UL98 Turvakytkin tuoteperheen koteloitukytkin.

5.1 Kuvaus UL98 mukaisesta kytkimestä

Kytkimessä NEMA1-kotelointiluokalla on teräslevykotelo, johon turvakytkin kiinnitetään ruuveilla kotelon pohjaan NEMA12K, 3R, 4X koteloissa on erillinen asennuslevy johon kytkin kiinnitetään. Kytkintä ohjataan kahvalla, joka on kotelon kyljessä akseli välittää voiman kytkimen oven lukitusmekanismin kautta sivustaohjausmekanismille. Kytkimen ohjauskahva käännettäessä ON-asentoon kannen ollessa lukittuna salvoilla lukitusmekanismin salpa kääntyy ja lukittuu kannen koukkuun.

Kytkimeen kiinnitetään johdinliittimet, kun Amerikkalainen asennuskäytäntö ei tunne kaapelikenkiä. Kotelo on maalattu ja teräslevyn pinnoitusmenetelmänä on hehikutussinkitys. Kotelonsuuaukko on käännetty sisäänpäin 12.7 mm ja aukonreunoilla kulkee profiilitiiviste.

Kytkintuoteperhe käsittää 16 mekaanista kokoa, neljä kotelointiluokkaa NEMA1, 12K, 3R ja 4X sekä sulakkeelliset mallit ja sulakkeettomat.

5.2 Yleisesti

Kytkimessä tulee käyttää kauttaaltaan materiaaleja, jotka ovat hyväksytyjä osittaiseen käyttöön ja tulee valmistaa ja viimeistellä tasalaatuisesti ja laadukkaiden työskentelytapojen mukaisesti hyvin varustellussa tehtaassa./16/

Kytkimessä käytetyt materiaalit ovat joko UL-hyväksytyjä tai josko käytettäville materiaaleille ei ole vielä UL-hyväksyntälaitoksen hyväksyntää ne tulee testata standardien vaatimusten mukaisesti.

Hyvin varusteltu tehdas tarkoittaa sitä, että UL-hyväksyntälaitos auditoi ja tarkastaa tuotteen. Tarkastusajankohta määräytyy tuotteen valmistusmäärän mukaisesti. Tarkastaja katsoo valmistuskykyä ja tuotetta vain tuotteen kautta, että tuote täyttää vaatimukset ja on mitoitukseltaan sama, kuin tuote joka on käynyt läpi UL-testit jolle myönnetty UL-hyväksyntä perustuu.

5.2.1 Tehdastoimitus

Kaikki osat tulee asentaa paikoilleen, kun kytkin toimitetaan tehtaalta lukuun ottamatta, kuten mainitaan kappaleessa 5.2.2.

Pääsääntöisesti tämä tarkoittaa sitä, että kytkin on valmis testattukokonaisuus tehtaalta toimitettuna, missä jälleenmyyjän tai loppuasiakkaan vastuulle ei jää irrallisia kokoonpantavia osia tai tarpeita tehdä muutoksia tuotteeseen.

5.2.2 Lisävarusteet

Kytkimessä voi olla tarjolla tehdas tai kenttäasennettavia lisävarusteita kuten nollaliitin, kokoonpanoja tai apukoskettimia.

- a) Kytkin on molempiin käyttöihin ilman sekä varustettuna kyseisillä kokoonpanoilla.
- b) Kukin lisätarvike on hyväksytty sille tarkoitettuun käyttöön. ks.5.2.3.
- c) Kukin lisätarvike voidaan asentaa purkamatta tehdasasennettuja osia ja ilman erikoistyökaluja ellei sellainen työkalu ja ohjeet sen käyttöön ole joko kaisen lisätarvikkeen mukana. /16/

Esimerkkinä turvakytкинprojektissa toteutettiin suojamaa ja nollaliittimien yhteenkytkentä mahdollisuus siten, että toinen saman ruuvin alle kiinnitetyistä maaliittimistä voidaan irrottaa kenttäolosuhteissa ja kiinnittää nollaliitinkitin mukana ohessa olevilla kiinnitystarvikkeilla nollaliittimeen.

Maaliittimien asennustapa tehdastoimituksena on se, että maaliittimet ovat saman ruuvin alla kiinnitettynä kotelopohjaan. Pällekkäisten maaliittimien asettama ruuvin kiinnityspituus tarve vähenee, joko 2.57 mm tai 6.35 mm riippuen maadoitusliittimen kiinnityspaksuudesta.

Tästä seuraa se, että kiinnitysruuvi kiinnitettynä kotelopohjan lävitse ylittää kotelolon syvyysmitan ja asennustapa on koteloitu turvakytкин pinta-asennettuna seinälle ruuvi liian pitkänä kohtaa ensimmäisenä seinäpinnan.

Ratkaisu tähän haasteeseen oli se, että nollaliitinkitin mukana toimitetaan riittävä määrä aluslevyjä, joilla voidaan kompensoida kiinnitysmittatarpeen väheneminen asettamalla ne täytteeksi maadoitusliittimen ruuvin kannan alle kentällä.

Erityisesti tulee kiinnittää riittävään ohjeistukseen niin, ettei tulkinnan varaa jää asennustavasta Amerikkalainen tuotevastuulaki on hyvin haasteellinen ja UL asi-

antuntijoiden kommenttien mukaan asennuksen voi tehdä vailla ammattipätevyyttä oleva henkilö.

- d) Este joka on tarpeellinen, jos eristevälit olisivat muutoin vähemmän kuin vaaditut tai muusta syystä on luotettavasti liitettävä tehtaalla, joko kytkimeen tai lisävarusteeseen joka asennetaan. /16/

Tällä varmistetaan se, että tuote on loppukäyttäjällä turvallinen ja toteuttaa standardien vaateet. Esteellä mm. tarkoitetaan tässä kytkimen eriste vaihevälilevyjä tai mahdollisesti nollaliittimelle tarvittavaa eristelevyä, millä varmistetaan, että ilma ja ryömintävälit toteutuvat.

- e) Lisävaruste on periaatteeltaan valmis yksikkö eikä vaadi yksityiskohtaista kokoonpanoa kentällä. Leikkaamista ja olemassa olevien johtojen jatkamista tai liitosten uudelleen juottamista ei tule sallia. /16/
- f) Lisävaruste ja kytkin on merkitty 9.2.37 mukaisesti. /16/

5.2.3 Lisävarusteen merkitseminen

Jos kohdan 5.2.2 mukainen lisävaruste toimitetaan tehtaalta erikseen kytkimestä, jossa sitä on tarkoitus käyttää./16/

Sille tarkoitettuun käyttöön tarkoittaa, että lisävarustetta ei käytetä muissa kytkimissä kuin mihin se on merkitty käytettäväksi.

Esimerkkinä tilanne, missä loppuasiakas tai jälleenmyyjä tilaa lisävarusteen tulee kytkin ja siinä käytettävä lisävaruste merkitä sellaisella merkintätavalla, että voidaan todeta kytkimen ja lisävarusteen yhteensopivuus. Tämä toteutettiin UL98 mukaisessa turvakytkimessä niin, että turvakytkimessä on kilpi missä on vastaava tuotetunnus, kuin lisävarusteessa olevassa kilvessä, että käyttötilanteessa voidaan todentaa yhteensopivuus.

5.3 Kotelo

5.3.1 Yleisesti

Kotelon sähköisille kojeille tulee täyttää vaateet standardissa UL50 lukuun ottamatta poikkeuksia, jotka erityisesti mainitaan UL98-laitekohtaisessa standardissa. Niistä kohdista otettiin kappaleeseen 5.3 niitä, joilla on merkitystä suunniteltaessa UL98-standardin mukaista koteloitua kytkintä sekä niitä kohtia, jotka katsottiin tarpeellisiksi tehtäessä vertailua standardin UL1008-standardin vaatimuksiin kytkimen kotelolle.

Lisäksi ympäristön vaatimuksiin ottaa kantaa standardi UL50E kotelointiluokituksen kautta.

5.3.2 Ainepaksuuden määrittely

Koko kotelo kytkimineen, joka on tarkoitettu pinta-asennukseen tai laippasennukseen tulee olla muokattu teräksestä, joka ei ole alle 1.07 mm paksua (perusmetallin paksuus ilman pintakäsittelyn paksuutta) määräytyy kotelon ulkomittojen mukaan. Kotelon ulkomitoilla tässä tarkoitetaan laatikko-osan ulkomittoja. /16/

Tässä määritellään kotelon vähimmäis- ainepaksuus kotelon ulkomittojen leveys, korkeus ja syvyysmitan mukaan.

a) korkeusmitta ei ylitä 457 mm:ä ja leveysmittaa 356 mm

b) ja syvyysmittaa 127 mm

c) Paksuus kannelle, etuovelle ja samankaltaisille osille (kuten määritellään UL50-standardissa). /16/

Eli kotelolle vähintään 1.07 mm ainepaksuus, jos korkeus ei ylitä 457 mm:ä ja leveys 356 mm:ä ja syvyys 127 mm:ä ilman pintakäsittelyn paksuutta, josko nämä kotelon päämitat ylittyvät ainepaksuus määräytyy UL50-standardin mukaan. Oven tai vastaavan paksuus määräytyy myös UL50-standardin mukaan.

5.4 KytKentätilat

Koteloidussa kytkimessä tulee olla riittävästi tilaa johtimien asennukselle ja liittämiseen. /16/

5.4.1 Riittävä kytkentätila

Riittävä kytkentätila tulee päättää käyttämällä johdinkokoa ja johdin materiaalia, jota käytetään terminaaleissa kohdan 5.3.3.2 mukaan. Poikkeuksena jatkuvalle virrankestolle 100 A tai vähemmän koon tulee perustua +60 °C eristetyille kaapeleille, jos merkintä määrittelee molemmat +60 °C ja +75 °C johtimet. /16/

Jos liitin on hyväksytty yksittäisen johtimen tai kahden tai useamman johtimen yhdistelmälle jokainen sellaisista tulisi olla tarkoituksen mukainen sellaiselle liittimelle kohdan 5.3.3.2 mukaan. Yhdistelmä vaatii, että suurinta kytkentätilaa käytetään, ellei koteloitu kytkin ole merkitty 9.2.48 mukaan. /16/

5.4.2 Kenttäasennuskaapeleiden koon määrittely

Koot kenttäasennus kaapeleille tulee määritellä seuraavasti:

Virran mukaan, kuten määritellään taulukossa 8.

1) Johtimet määritellään +75 °C mukaisesti 1/0 AWG (53.5 mm²) kaapeleille ja sitä suuremmille.

2) Johtimet määritellään +60 °C mukaisesti 1 AWG (42.4 mm²) kaapeleille ja sitä pienemmille. Ellei kytkimessä ole merkittynä erikseen, että käytettävät kaapelien valinta tulee olla +75 °C mukaisesti. /16/

5.4.3 Liittimen koon määrittely

Kytkimen liitin, johon voidaan kytkeä kaksi tai useampia johtimia, joista millä tahansa on hyväksytty johtimen kuormitettavuus sovellukselle. Tulee identifioida ja merkitä, ellei kytkin ole hyväksytty 5.3.3.4 mukaisesti, missä johtimille vaaditaan suurin kytkentätila. Liitin tulee identifioida näkyvällä merkinnällä, kuten johdotuspiirroksella, missä on todettu määrä ja koko johtimille joille liitin on hyväksytty. /16/

5.4.4 Liittimet useammalle johtimelle

Jos liittimet ovat soveliaita useammalle johtimelle, jokaisen johdinkoon tulee perustua useamman johdinputken käyttöön. /16/

5.4.5 Reikäaihiot ja johdotustila

Reikäaihioita ollessa tarjolla johdotustilan sivulla sellaisen tilan leveys tulee olla mitoitettu maksimikaapeleiden mukaan, jota käytetään sellaisessa sovelluksessa. Kuitenkin sivujohdotustilat pienemmällä leveydellä voidaan sallia, jos hyväksytyt kokoiset reikäaihiot sijaitsevat muualla ja jos niitä voidaan käyttää johdottaakseen laite tarkoituksenmukaisella tavalla. Johtimille 8 AWG (8.4 mm²) tai suuremmille tulee käyttää taulukkoja 10 (sivulla 43) ja 11/(LIITE4). /16/

5.4.6 Vapaa johdotustila

Vapaa johdotustila missään kohdassa ei saa olla pienempiä leveydeltään tai syvyydeltään riippumatta projektiosta, esteistä ja kytkimen mekanismin liikkuvat osat huomioiden, kuin arvot taulukossa 9. (LIITE3) /16/

Vapaa johdotustila riippumatta projektiosta esteistä, kytkimen mekanismin liikkuvat osat huomioiden tulee olla asianmukainen laitteen johdotukselle. Tila ei saa olla vähemmän kuin kokonaisala 250 % maksimi johdinmäärän poikkialasta, jota voidaan käyttää kyseisessä tilassa. Minimi alat joillekin yleisimmille monisäiejohtimille annetaan taulukossa 9/(LIITE3). /16/

Viitaten kohdan 5.3.3.5 vaatimukseen johtimien määrä, joka kytkentätilalle on tarjolla, tulee olla kaksinkertainen kytkimien napojen määrään nähden maksimimäärän johtimia ollessa kyseessä, kun johtimet tulevat koteloon vastakkaisesta päästä, kuin missä liittimet sijaitsevat joihin ne kytketään. /16/

5.5 Korroosion suojaus

Kaikki rautapitoiset metalliosat muut kuin kotelot tulevat galvanisoida, maalata, emaloida, päällystää, tai muutoin hyväksytysti käsitellä korroosiota vastaan. /16/

5.6 Ohjauskahvan aukko

Aukko ohjauskahvalle tarkalle sovitukselle voidaan sallia, jos aukko on asianmukaisesti suljettu, kun kytkimen kahva on missä tahansa toiminta asennossa. Aukon reunan ja kahvan välinen etäisyys ei saa olla enempää, kuin 2.4 mm kummallakaan puolella ja yhteensä 3.2 mm molemmilta puolilta.

Etäisyydet tulee mitata kahvan ollessa täysin kiinni ja auki asennoissa. Kahva tukiosineen tulee asemoida niin, että se on asemassa, missä voi tulla suurin väli tehdasasennettuna. /16/

5.7 Yksiovi ratkaisu

Yksiovi ratkaisu voidaan tarjota riippumatta oven leveydestä. Tämä tarkoittaa, ettei kotelolla tarvitse olla standardin vaatimusten mukaan kahta ovea oli ovi miten leveä tahansa. Käytännössä voi joissain sähkötiloissa olla niin kapeita käytäviä ettei leveä ovi mahdu aukeamaan kunnolla mm. joidenkin laivojen sähkötilojen käytävät voivat olla vain 800 mm leveitä.

Näkökohtia joita kannattaa tarkastella ovi konstruktiota suunnitellessa:

Leveä ovi aukiasennossa riippuen tilasta, joka on käytettävissä sähkötilassa oven aukeamiselle ja ottaen huomioon poistumistilamäärittelyt sähkötilojen käytävillä riippuen asennuspaikasta voi olla niin, ettei ovea ole mahdollista avata aina yli 90 astetta vaikkakin kotelon ovi ja saranaratkaisu sitä tukisi. /16/

Lisäksi iso ovi on haasteellisempi jäykistettävä ja josko oveen lisätään erillisiä jäykisteripoja lisää se oven valmistuskustannuksia ja omat haasteensa tuovat vesitiiviiden rakenteet isolla ovella tulee olla kauttaaltaan riittävän tasainen puristus oven ja kotelo-osan välillä, jos ovi konstruktio ei ole riittävän jäykkä saattaa se joustaa ja tiivisteiden puristus ei välttämättä ole tasainen. Tätä voidaan kompensoida lisäämällä lukitussalpoja.

5.8 Oven kiinnittäminen

Ovi tai kansi, jonka tarkoituksena on antaa pääsy sulakkeille, tulee olla saranoitu, liu-utettu, tai vastaavasti kiinnitetty niin, että on estetty sen poistaminen. /16/

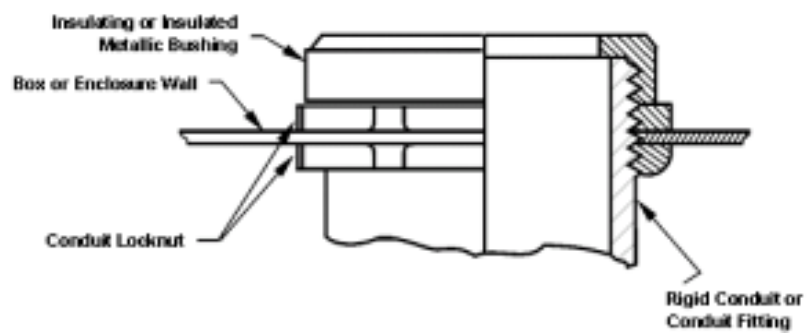
UL98-standardin mukaisissa turvakytkimissä ovi saranoitettiin kansi ja kotelo-osien saranat kiinnitettiin vielä ruuvilla ja lukitusmutterilla toisiinsa, ettei niitä olisi helppoa irrottaa toisistaan.

5.9 Reikäaihiot kotelossa

Kun reikä-aihoita on tarjolla kytkinkotelossa, niiden tulee sijaita niin, että läpivientiholkkien asennus ei aiheuta minimieristevälien alittumista tämän standardin vaateiden mukaisesti. Mitatessa eristevälejä tulee edellyttää, että holkit ovat tarkoitettu suurimmalle putkelle, jota voidaan käyttää reikäaihoissa./16/

Amerikkalainen tapa tuoda kaapelointi koteloon on metalliputkessa.

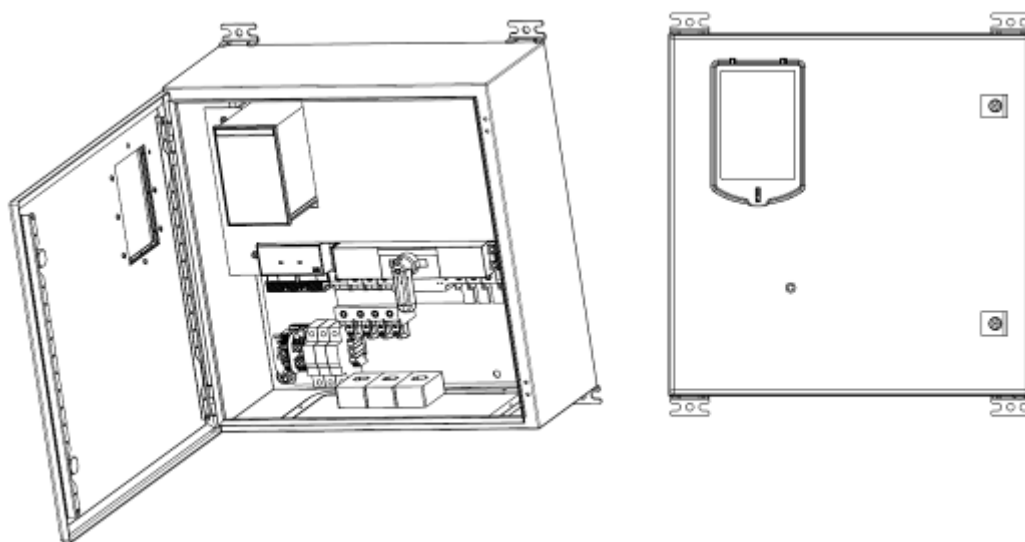
Seuraavan sivun kuvissa on kilpailijan turvakytкимиä asennettuna, läpivientiholkeja, piirros holkin asennustavasta ja monireikäaiho.



Kuvat 3. Johdinputken asennus monireikäihioon.

6 STANDARDIN UL1008 VAATIMUKSET

Tähän lukuun on otettu niitä UL1008-standardin vaatimuksia, joita vertaillaan luvussa 7 UL98-standardin mukaisiin vaatimuksiin ja joiden on katsottu olevan yleisesti oleellisia, kun suunnitellaan kotelo kytkimelle.



Kuva4. UL1008-standardin vaihtokytkin tuoteperheen koteloitu kytkin.

6.1 Kuvaus UL1008-standardin mukaisesta kytkimestä

Yllä olevassa kuvassa on vaihtokytkimen koteloitu kytkin, jota on hiukan modifioitu, niin että voidaan kuvata niitä eroja, joita kotelon konstruktiossa on verrattuna UL98-mukaisen turvakytkimen koteloon. Selvitysvaiheessa olevasta UL1008-standardin mukaisesta koteloidusta vaihtokytkimestä ei vielä tässä vaiheessa ole kuvia.

UL1008-standardin vaihtokytkimen kotelossa ei ole tarvetta vääntimelle, joka tulisi kotelon ulkopuolelle. Ajatuksena on, että kotelo tulisi täyttämään samat NEMA suojausluokitukset, kuin UL98-standardin mukainen kotelo NEMA1, 12K, 3R, 4X.

Kytkimen ohjauslaitteen ovipaneeli vaatii aukotuksen paneelin johtimien läpivienti ratkaisulle, sekä kytkimen ohjausnapille tulee aukko kanteen. Selvitystyön mu-

kaan nämä kaksi tarvetta kotelon osalta eroavat verrattuna UL98-standardin mukaiseen turvakytkimen koteloon.

6.2 Kotelot

Kotelorakenteiden vaateita koskettavat standardit UL50 ja UL50E lukuun ottamatta poikkeuksia, joita laitekohtainen standardi UL98 määrittelee.

6.2.1 Vaateet koteloinnille UL1008 mukaan

Tähän otettiin niitä kohtia tarkasteltavaksi koteloinnin vaateista, joita katsottiin tarpeellisiksi. UL1008 listaa pitkästi vaateita ilmastointiaukoille kotelossa. Ne jätettiin pois, koska tavoitteena on, ettei kumpaankaan kotelosarjaan tulisi ilmastointiaukotuksia. Kohdat 6.5.6 – 6.5.23 UL1008-standardissa käsittelevät ilmastointiaukotuksia.

6.2.2 Kotelon ainepaksuuden määrittely

Teräslevy kotelon maksimimittojen mukaan määritellään standardin UL1008-standardin taulukossa⁷ kotelon minimi seinien paksuudet.

Table 7
Thickness of sheet metal for enclosures – carbon steel or stainless steel
 (refer to 6.5.3)

Without supporting frame ^a		With supporting frame or equivalent reinforcement ^a				Minimum acceptable thickness, uncoated
Maximum width ^b	Maximum length ^c	Maximum width ^b	Maximum length ^c	Maximum length ^c		mm (inches)
Cm (inches)	cm (inches)	cm (inches)	cm (inches)	cm (inches)		
10.2 (4.0)	Not limited	15.9 (6.25)	Not limited	Not limited		0.51 ^d (0.020) ^d
12.1 (4.75)	14.6 (5.75)	17.1 (6.75)	21.0 (8.25)	Not limited		
15.2 (6.0)	Not limited	24.1 (9.5)	Not limited	Not limited		0.66 ^d (0.026) ^d
17.8 (7.0)	22.2 (8.75)	25.4 (10.0)	31.8 (12.5)	Not limited		
20.3 (8.0)	Not limited	30.5 (12.0)	Not limited	Not limited		0.81 (0.032)
22.9 (9.0)	29.2 (11.5)	33.0 (13.0)	40.6 (16.0)	Not limited		
31.8 (12.5)	Not limited	49.5 (19.5)	Not limited	Not limited		1.07 (0.042)
35.6 (14.0)	45.7 (18.0)	53.3 (21.0)	63.5 (25.0)	Not limited		
45.7 (18.0)	Not limited	68.6 (27.0)	Not limited	Not limited		1.35 (0.053)
50.8 (20.0)	63.5 (25.0)	73.7 (29.0)	91.4 (36.0)	Not limited		
55.9 (22.0)	Not limited	83.8 (33.0)	Not limited	Not limited		1.52 (0.060)
63.5 (25.0)	78.7 (31.0)	88.9 (35.0)	109.2 (43.0)	Not limited		
63.5 (25.0)	Not limited	66.0 (39.0)	Not limited	Not limited		1.70 (0.067)
73.7 (29.0)	91.4 (36.0)	104.1 (41.0)	129.5 (51.0)	Not limited		
83.8 (33.0)	Not limited	129.5 (51.0)	Not limited	Not limited		2.03 (0.080)
96.5 (38.0)	119.4 (47.0)	137.2 (54.0)	187.6 (86.0)	Not limited		
106.7 (42.0)	Not limited	162.6 (64.0)	Not limited	Not limited		2.36 (0.093)
119.4 (47.0)	149.9 (59.0)	172.7 (68.0)	213.4 (84.0)	Not limited		
132.1 (52.0)	Not limited	203.2 (80.0)	Not limited	Not limited		2.74 (0.108)
152.4 (60.0)	188.0 (74.0)	213.4 (84.0)	261.6 (103.0)	Not limited		
160.0 (63.0)	Not limited	246.4 (97.0)	Not limited	Not limited		3.12 (0.123)
185.4 (73.0)	228.6 (90.0)	261.6 (103.0)	322.6 (127.0)	Not limited		

^a See 6.4.1.3 of Annex A1, Item 2.
^b The width is the smaller dimension of a rectangular piece of sheet metal that is part of an enclosure. Adjacent surfaces of an enclosure may have supports in common and be made of a single sheet.
^c "Not limited" applies only if the edge of the surface is flanged at least 12.7 mm (1/2 inch) or fastened to adjacent surfaces not normally removed in use.
^d Steel sheet for an enclosure intended for outdoor use – rainlight or rainproof – shall not be less than 0.81 mm (0.032 inch) thick.

Taulukko7. Kotelon ainepaksuus. /17/

Vaihtokytkimelle joka on tarkoitettu huoltokäyttöön, kotelon paksuus ei saa olla alle 1.35 mm, jos kotelo on pinnoittamaton. Kotelolla jolla on sinkkipinnoitus, minimipaksuus ei saa olla alle 1.42 mm. Kotelon ollessa alumiinia minimipaksuus on 1.91 mm. /17/

6.3 Korroosion suojaus

Rauta ja teräsosat muut kuin laakerit ja niin edelleen, missä sellainen suojaus on mahdoton toteuttaa, tulee suojata korroosiota vastaan emaloinnilla, sherardisoinnilla, pinnoituksella, tai muilla tarkoituksen mukaisilla tavoilla.

Vaatus koskettaa kaikkia sekä levyosa, että valurauta koteloita, ja kaikkia jouksia ja muita osia, jotka ovat vaikutuksenalaisina koteloidun kytkimen asianmukaisen mekaanisen operoinnin yhteydessä.

Se ei kosketa sellaisia osia kuten aluslaatat, ruuvit, pultit ja vastaavat, jos ei mitään haittaa aiheudu laitteen toiminnalle sellaisten suojaamattomien osien kautta.

/17/

6.4 KytKentätilat

Vaihtokytkimen kotelossa tulee olla riittävästi tilaa kaikille johtimille ja kaapeleiden asennukselle perustuen vaihtokytkimen virtaluokkaan. Taulukoiden 11 (LIITE5), 12 (sivulla43) ja 13 (LIITE6) mukaan. /17/

KytKentätilan sovitus tulee olla sellainen, että pää ja varasyöttöjohtimet voidaan pitää erillään. /17/

Vaihtokytkimelle johtimien kytKentätila syötön ja kuorman puolen liittimien puolella määritellään taulukossa 12 johtimen koon mukaan, joka vastaa vaihtokytkimen maksimi virtaluokitusta. /17/

KytKentätila liittimestä mihin tahansa seinämään tai esteeseen, joka on osa vaihtokytkintä. Tulee olla kuten määritellään taulukossa 11. /17/

Jos johdin on estetty välilevyillä tai muilla tavoin taivuttamasta 90 astetta tai S-muotoon terminaalista mihin tahansa käyttökelpoiseen paikkaan kotelonseinässä. Etäisyys tulee mitata välilevyn tai muun vastaavan sulun päästä. /17/

Etäisyys joka on mainittu taulukoissa 12 ja 11, tulee mitata suorassa linjassa lähimmän johdinterminaalien päästä kohtisuorassa kotelon seinään tai muuhun esteeseen nähden. Johdinterminaalit tulee kääntää niin, että liittimen aukon akselin keskilinja on niin kohtisuorassa kotelon seinää vasten kuin voi olettaa ilman, että poistetaan niitä ominaisuuksia, jotka saattavat estää liittimen kääntämisen kohtisuoraan kuten korokkeet, olakkeet, syvennyksien seinämät, useamman pulttien vaikutukset liittimen kiinnityksessä. /17/

Este, olake tai vastaava tulee jättää huomioimatta, kun mittausta tehdään jos se ei pienennä taivutussädettä jonka kaapelin tulee taipua. Jos terminaaaleissa on tarjolla 1 tai useampia liittimiä kaapelien kytkemistä varten etäisyys tulee mitata lähim-

mästä johdinaukosta kotelon seinämään. Jos liittimet ovat kiinteästi asemassaan, esimerkiksi seinämien syvennyksessä niin, että ne on käännetty kohti toisiaan. Etäisyys tulee mitata lähimmästä johdinaukosta suhteessa seinään kohtisuorassa seinään nähden. /17/

KytKentätila, riippumatta projektiosta, tulee olla esteetön kytKentämekanismin liikkuvilta osilta.

- a) ei saa olla pienempi leveydeltään tai syvyydeltään kuin taulukossa 13 määritellään, ja
- b) tulee olla hyväksyttävä laitteen johdotukselle, ja
- c) Kokonaisala ei saa olla pienempi kuin 250 %, kuin kokonaispoikkiala maksimimäärän johtimille, joita voidaan käyttää tässä tilassa.

Pääteltäessä täyttääkö johdotustila kohtien a - c esteetön johdotustila huomiota tulee kiinnittää johtimien todelliseen kokoon, joita käytetään tilassa, mutta tulee olettaa ettei pienempiä johtimia 3.3mm² tarvitse ottaa huomioon laskettaessa kytKentätilaa. Huomiota tulee kiinnittää kaikkeen tilaan jossa johdot kulkevat.

Minimi alue arvoja on annettu taulukossa 13 yleisimmin käytetyille monijohdin kytKennöille. /17/

Toimintamekanismi ja sen yhteys johdotustilaan tulee olla sellainen, ettei se aiheuta vahinkoa johtimille, jotka voivat tulla kosketuksiin kytKentämekanismin toimiessa. KytKentätila ja osastot joihin on tarkoitus liittää johtimia, tulee olla sileitä, purseet, ulokkeet ja vastaavat jotka voivat aiheuttaa vahinkoa. /17/

Vaihtokytkin johdon on tarkoitettu asennettavaksi 1 tai useampia johto settejä syötön tai kuorman puolelle molemmat kulkevat kotelon läpi samaan päätyyn tulee olla runsaasti tilaa matkalla terminaaleista ulostulopisteisiin. /17/

6.4.1 Standardin määrittely kaapelin valinnalle

Koot kenttäkaapeloinnille tulee määritellä seuraavasti:

Virran mukaan kuten määritellään taulukossa 10: (ks.luku7.2)

1) Johtimet määritellään +75 °C mukaisesti 1/0 AWG (53.5 mm²) kaapeleille ja sitä suuremmille.

2) Johtimet määritellään + 60 °C mukaisesti 1 AWG (42.4 mm²) kaapeleille ja sitä pienemmille. Ellei kytkimessä ole merkittynä erikseen, että käytettävät kaapelien valinta tulee olla +75 °C mukaisesti. /17/

7 UL98/UL1008 STANDARDIEN VERTAILU

Tässä kappaleessa on vertailtu niitä standardien vaatimusten eroja joiden katsottiin olevan tärkeitä, kun tavoitteena oli tutkia tuleeko standardien erojen kautta estettä käyttää UL98-standardin turvakytkimen koteloa UL1008-standardin vaihtokytkimen kotelona.

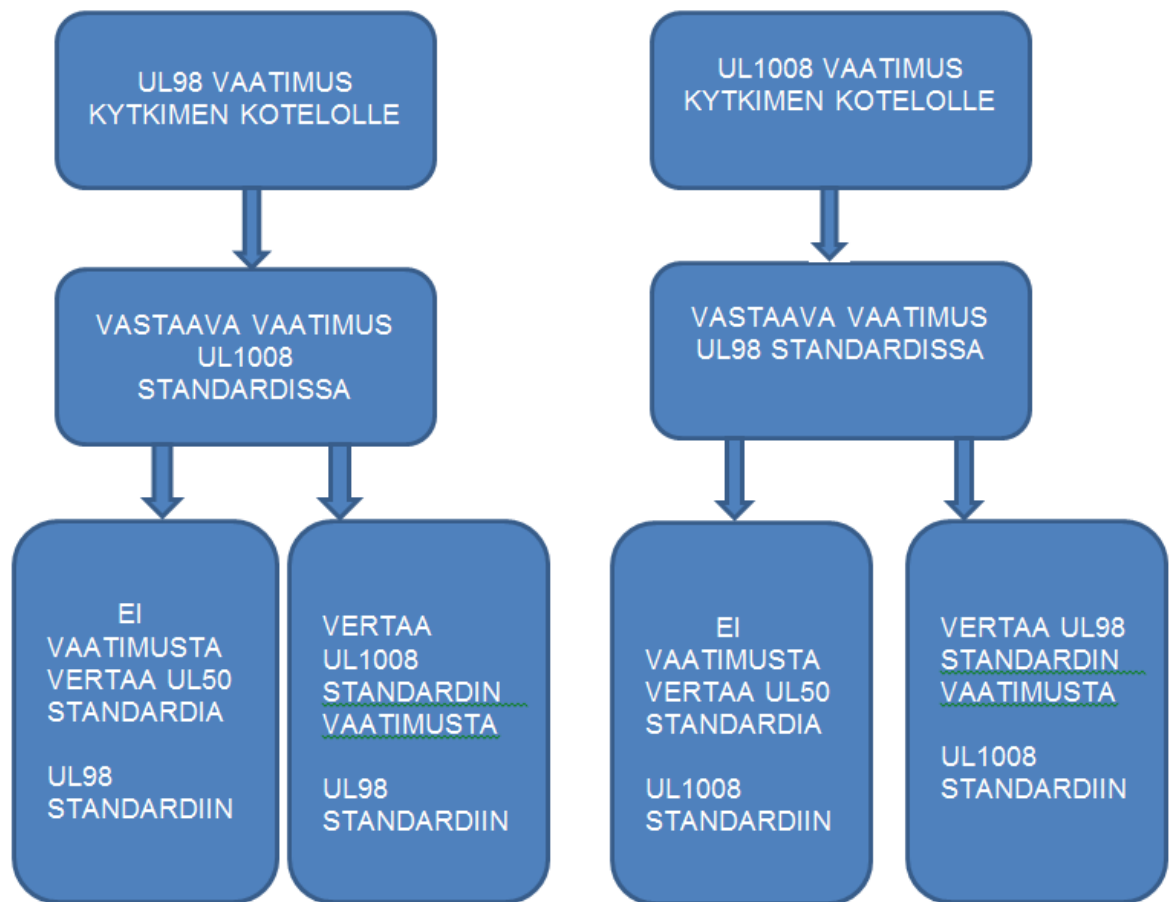
7.1 Kotelo

Kotelon konstruktion osalta UL98 ja UL1008 laitekohtaisten standardien mukaisien koteloitujen kytkimien koteloiden vaateet pohjautuvat UL50-standardin vaateisiin lukuun ottamatta laitekohtaisten standardien poikkeuksia.

Poikkeuksia koteloidille vertaillessa aina ei löytynyt vastaavaa vaatimusta laitekohtaisesta standardista silloin tuli ottaa vertailupohjaksi UL50-standardin vastaava vaatimus, että eroja voidaan vertailla.

Luku 5.3 kertoo näistä vaatimuksista UL98-standardin osalta ja luku 6.5 UL1008-standardin osalta. Tämän luvun tarkoituksena on vertailla eroja alempana kuvattu standardien vertailumalli lohkokaaavana.

Lohkokaaavio toimii polkuna, jota seurattiin tehtäessä tämän päättötyön standardeja vertailevaa osuutta.



Kuva5. Standardien vertailumalli.

7.2 KytKentätilat kotelon koon määrittäjänä

Kotelon kokoa määrittää sille vaadittu kytKentätila.

KytKentätilan suuruus määrytyy siinä käytettävän kaapelin koon mukaan.

Kaapelin koko määrytyy kaapelin jatkuvan virrankeston/kytkimen nimellisvirran ja kaapelin materiaalin mukaan.

Kumpaankin sekä UL98 ja UL1008-standardin mukaiseen koteloituun kytkimiin haluttiin valita tarjolle sekä alumiinikaapelit ja kuparikaapelit +60 °C tai +75 °C.

Alumiinikaapelille kytKentätilat vaatimukset ovat suurempia, kuin kuparikaapeleille.

Määrääväksi tekijäksi kytKentätilojen suuruudelle tuli alumiinikaapeli yhdessä kaapelin jatkuvan kuormitettavuuden kanssa.

Kaapelinvalinta UL98 ja UL1008-standardien mukaan:

- UL98-standardin taulukosta 8
- UL1008-standardin taulukosta 10

Kumpikin standardi määrittelee kaapelien valinnan taulukosta seuraavasti:

1) Johtimet määritellään +75 °C mukaisesti 1/0 AWG (53.5 mm²) kaapeleille ja sitä suuremmille.

2) Johtimet määritellään +60 °C mukaisesti 1 AWG (42.4 mm²) kaapeleille ja sitä pienemmille. /17/

Eroja valintataulukoissa 8 ja 10:

Taulukko 10 antaa 1.3 mm² ja sitä pienemmille jatkuvan virrankeston arvot kaapeleille ja taulukko 8 ei, mutta sillä ei ole merkitystä, koska suunnitelmissa on, että pienin nimellisvirraltaan kytkin on 30 A.

Taulukko 10 antaa kuormitettavuusarvot +60 °C sarakkeesta 53.5 mm² kaapeleille kupari 125 A ja alumiini 100 A, mutta standardien mukaan johtimet määritellään +75 °C mukaisesti 1/0 AWG (53.5 mm²) kaapeleille ja sitä suuremmille. Tämän määrittelyn mukaan sekä UL98 ja UL1008-standardien määrittelyt vastaavat toisiaan.

7.2.1 Vertailun tulokset

Taulukkojen vertailun ja kaapelivalintojen perusteella kummassakin koteloidussa kytkinsarjassa sekä UL98 ja UL1008-standardien mukaisissa kytkentätilat määräytyvät samojen mitoitusperiaatteiden mukaan eikä tämän kytkentätilavertailun pohjalta ole estettä käyttää UL98-standardin mukaisen koteloidun turvakytkimen koteloa UL1008-standardin mukaisen vaihtokytkimen kotelona.

Lopullinen kytkentätilan suuruus määräytyy kytkimen koon mukaan ja liitinlaivoissa olevien kaapeliliittimien mukaan. Kytkentätila mitataan liittimen suuaukosta kotelon seinään ks. Kuva6.

Seuraavilla sivuilla taulukot8 ja 10.

Table 8
Ampacity of insulated conductors^{a,b}

Wire size		60°C		75°C	
AWG	mm ²	Copper	Aluminum	Copper	Aluminum
14	2.1	15	–	15	–
12	3.3	20	15	20	15
10	5.3	30	25	30	25
8	8.4	40	30	50 (45) ^c	40 (30) ^c
6	13.3	55	40	65	50
4	21.2	70	55	85	65
3	26.7	80	65	100	75
2	33.6	95	75	115	90
1	42.4	110	85	130	100
1/0	53.5			150	120
2/0	67.4			175	135
3/0	85.0			200	155
4/0	107.2			230	180
kcmil					
250	127			255	205
300	152			285	230
350	177			310	250
400	203			335	270
500	253			380	310
600	304			420	340
700	355			460	375
750	380			475	385
800	405			490	395
900	456			520	425
1000	507			545	445
1250	633			590	485
1500	760			625	520
1750	887			650	545
2000	1010			665	560

Taulukko8. UL98-standardi, johtimien jatkuva kuormitettavuus. /16/

Table 10
Ampacity of insulated conductors
 (refer to 6.13.1.4 and 6.13.3.2)

Wire size		60°C (140°F)		75°C (167°F)	
mm ²	AWG or kcmil	Copper	Aluminum	Copper	Aluminum
0.20	24	2	–	–	–
0.32	22	3	–	–	–
0.52	20	5	–	–	–
0.82	18	7	–	–	–
1.3	16	10	–	–	–
2.1	14	15	–	15	–
3.3	12	20	15	20	15
5.3	10	30	25	30	25
8.4	8	40	30	50 [45 ^b]	40 [30 ^b]
13.3	6	55	40	65	50
21.2	4	70	55	85	65
26.7	3	85	65	100	75
33.6	2	95 [100 ^b]	75	115	90
42.4	1	110 ^a	85 ^a	130	100
53.5	1/0	125	100	150	120
67.4	2/0			175	135
85.0	3/0			200	155
107.2	4/0			230	180
127	250			255	205
152	300			285	230
177	350			310	250
203	400			335	270
253	500			380	310
304	600			420	340
355	700			460	375
380	750			475	385
405	800			490	395
456	900			520	425
507	1000			545	445
633	1250			590	485
760	1500			625	520
887	1750			650	545
1010	2000			665	560

Taulukko10. UL1008-standardi, johtimien jatkuva kuormitettavuus. /17/

Esimerkkinä:

Nimellisvirraltaan 30 A kytkimelle +60 °C sarakkeesta saadaan kaapelinkooksi 8.4 mm² kaapelin poikkialan mukaan. Tämän kaapelikoon avulla päästään valitsemaan taulukko 10/UL98-standardin ja taulukko 12/UL1008-standardin kotelolle kytkentätilaa.

Seuraavilla sivuilla on taulukot 10 ja 12.

Table 10
Minimum wire-bending space at terminals^a

Wire size		Wires per terminal (pole) ^b							
mm ²	AWG or kcmil	1		2		3		4 or more	
		mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
2.1 – 5.3	14 – 10	Not specified		–	–	–	–	–	–
8.4	8	38.1	1-1/2	–	–	–	–	–	–
13.3	6	50.8	2	–	–	–	–	–	–
21.2	4	76.2	3	–	–	–	–	–	–
26.7	3	76.2	3	–	–	–	–	–	–
33.6	2	88.9	3-1/2	–	–	–	–	–	–
42.4	1	114	4-1/2	–	–	–	–	–	–
53.5	1/0	127	5-1/2	127	5-1/2	178	7	–	–
67.4	2/0	152	6	152	6	191	7-1/2	–	–
85	3/0	165 (12.7)	6-1/2 (1/2)	165 (12.7)	6-1/2 (1/2)	203	8	–	–
107	4/0	178 (25.4)	7 (1)	191 (38.1)	7-1/2 (1-1/2)	216 (12.7)	8-1/2 (1/2)	–	–
127	250	216 (50.8)	8-1/2 (2)	216 (50.8)	8-1/2 (2)	229 (25.4)	9 (1)	254	10
152	300	254 (76.2)	10 (3)	254 (50.8)	10 (2)	279 (25.4)	11 (1)	305	12
177	350	305 (76.2)	12 (3)	305 (76.2)	12 (3)	330 (76.2)	13 (3)	356 (50.8)	14 (2)
203	400	330 (76.2)	13 (3)	330 (76.2)	13 (3)	356 (76.2)	14 (3)	381 (76.2)	15 (3)
253	500	356 (76.2)	14 (3)	356 (76.2)	14 (3)	381 (76.2)	15 (3)	406 (76.2)	16 (3)
304	600	381 (76.2)	15 (3)	406 (76.2)	16 (3)	457 (76.2)	18 (3)	483 (76.2)	19 (3)
355	700	406 (76.2)	16 (3)	457 (76.2)	18 (3)	508 (76.2)	20 (3)	559 (76.2)	22 (3)
380	750	432 (76.2)	17 (3)	483 (76.2)	19 (3)	559 (76.2)	22 (3)	610 (76.2)	24 (3)
405	800	457	18	508	20	559	22	610	24
456	900	483	19	559	22	610	24	610	24
507	1000	508	20	–	–	–	–	–	–
633	1250	559	22	–	–	–	–	–	–
760	1500	610	24	–	–	–	–	–	–
887	1750	610	24	–	–	–	–	–	–
1010	2000	610	24	–	–	–	–	–	–

^a Alternatively, for a product identified for use only in Canada, the use of the values in Appendix B, Ref. No. 16, shall be permitted.

^b Wire-bending space shall be permitted to be reduced by the number shown in parentheses under the following conditions:

- 1) Only removable wire connectors receiving one wire each are used (there may be more than one removable wire connector per terminal), and
- 2) The removable wire connectors can be removed from their intended location without disturbing structural or electrical parts other than a cover, and can be reinstalled with the conductor in place.

Taulukko10. KytKentätilat UL98-standardin mukaan. /16/

Table 12
Minimum wire-bending space at terminals in inches
 (refer to 6.18.1 and 6.18.3)

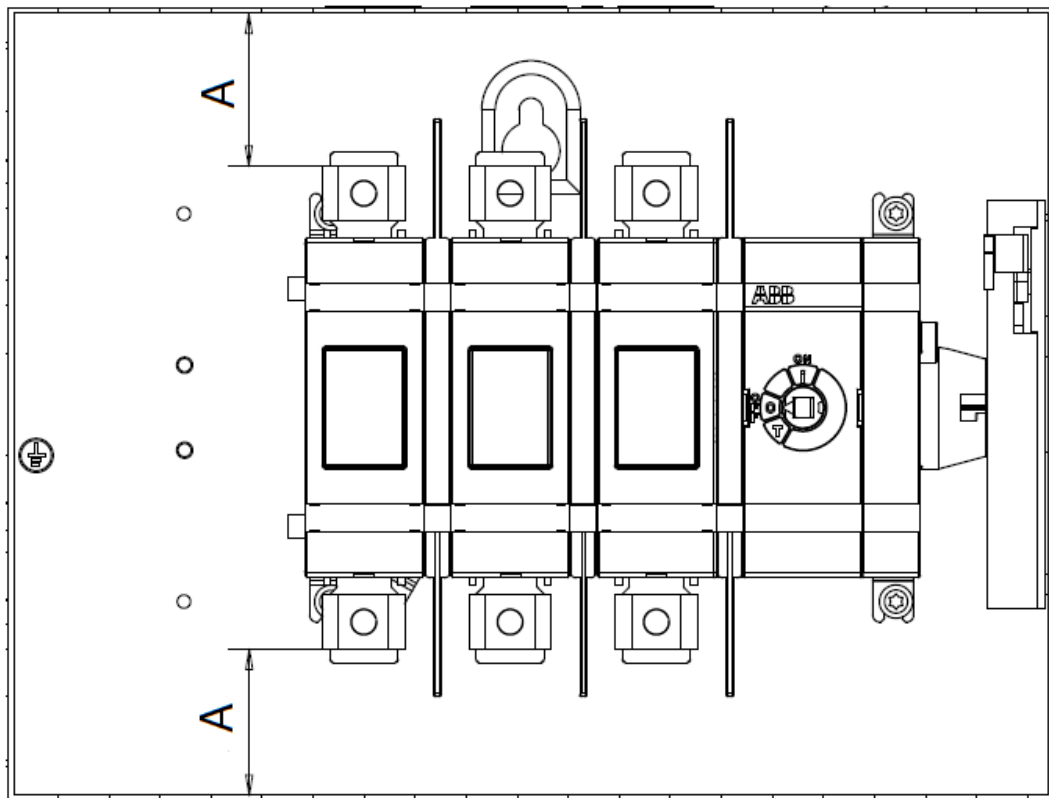
Wire size,		Wires per terminal (pole) ^a							
AWG or MCM		1		2		3		4 or more	
		mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
2.1 – 5.3	14 – 10	Not specified							
8.4	8	38.1	1-1/2						
13.3	6	50.8	2						
21.2	4	76.2	3						
26.7	3	76.2	3						
33.6	2	88.9	3-1/2						
42.4	1	114	4-1/2						
53.5	0	140	5-1/2	140	5-1/2	178	7		
67.4	2/0	152	6	152	6	191	7-1/2		
85.0	3/0	165 (152)	6-1/2 (6)	165 (152)	6-1/2 (6)	203	8		
107	4/0	178 (152)	7 (6)	191 (152)	7-1/2 (6)	216 (203)	8-1/2 (8)		
127	250	216 (165)	8-1/2 (6-1/2)	216 (165)	8-1/2 (6-1/2)	229 (203)	9 (8)	254	10
152	300	254 (178)	10 (7)	254 (178)	10 (7)	279 (254)	11 (10)	305	12
177	350	305 (229)	12 (9)	305 (229)	12 (9)	330 (254)	13 (10)	356 (305)	14 (12)
203	400	330 (254)	13 (10)	330 (254)	13 (10)	356 (279)	14 (11)	381 (305)	15 (12)
253	500	356 (279)	14 (11)	356 (279)	14 (11)	381 (305)	15 (12)	406 (330)	16 (13)
304	600	381 (305)	15 (12)	406 (330)	16 (13)	457 (381)	18 (15)	483 (406)	19 (16)
355	700	406 (330)	16 (13)	457 (381)	18 (15)	508 (432)	20 (17)	559 (483)	22 (19)
380	750	432 (356)	17 (14)	483 (406)	19 (16)	559 (483)	22 (19)	610	24 (21)
405	800	457	18	508		508	22	610	24
456	900	483	19	559		610	24	610	24
507	1000	508	20						
633	1250	559	22						
760 – 1010	1500 – 2000	610	24						

^a Wire-bending space may be permitted to be reduced to the number shown in parentheses under the following conditions:

1. Only removable wire connectors receiving one wire each are used (there may be more than one removable wire connector per terminal), and
2. The removable wire connectors can be removed from their intended location without disturbing structural or electrical parts other than a cover, and can be reinstalled with the conductor in place.

Taulukko12. KytKentätilat UL1008-standardin mukaan. /17/

KytKentätilaksi saadaan 8.4 mm² kaapelin poikkialan mukaan 38,1 mm. KytKentätätila mitoitetaan liittimenlapaan kiinnitetyn liittimen kaapelin suuaukosta kotelon ala tai yläseinään. Sivun 43 kuvassa on kytKentätilan mitoituspäriaate.



Kuva 6. Kytentätilan mitoitus.

Seuraavassa luvussa vertaillaan ainepaksuuden määräytymistä kotelokoon mukaan standardeissa UL98 ja UL1008.

7.3 Kotelon ainepaksuuden määrittely

UL98-standardi nojaa UL50-standardiin lukuun ottamatta kohdan 6.2.3 poikkeusta, missä kotelon laatikko-osan ulkomittojen kautta määritellään kotelon ainepaksuus. Tässä työssä tarkastelu on rajattu teräslevykoteloihin muille raaka-aineille alumiini, kupari ja pronssi löytyvät standardeista omat määrittelynsä.

Standardin UL98 kohdan 6.23 kotelon mitoilla leveys 457 mm, korkeus 356 mm, syvyys 127 mm saakka ainepaksuus ei saa olla pienempi kuin 1.07 mm. Muutoin UL98-standardin mukaiselle kotelolle ainepaksuus määritellään standardin UL50-taulukon 3 mukaan ja sitä tulee käyttää vertailupohjana UL1008-standardin taulukkoon 7.

Table 3
Thickness of sheet metal for boxes, steel
(See 6.4.1.1 and 8.1.1)

Without supporting frame		With supporting frame or equivalent reinforcing		Minimum thickness ^c						
Maximum width ^a	Maximum length ^b	Maximum width ^a	Maximum length ^b							
mm	(Inches)	mm	(Inches)	mm	(Inch)					
457	(18.0)	Not limited	686	(27.0)	Not limited	1.35	(0.053)			
508	(20.0)	635	(25.0)	737	(29.0)	914	(36.0)	1.52	(0.060)	
559	(22.0)	Not limited	838	(33.0)	Not limited	1092	(43.0)	1.70	(0.067)	
635	(25.0)	787	(31.0)	889	(35.0)	Not limited	1295	(51.0)	2.03	(0.080)
635	(25.0)	Not limited	991	(39.0)	Not limited	1676	(66.0)	2.36	(0.093)	
737	(29.0)	914	(36.0)	1041	(41.0)	Not limited	2134	(84.0)	2.74	(0.108)
838	(33.0)	Not limited	1295	(51.0)	Not limited	2616	(103.0)	3.12	(0.123)	
965	(38.0)	1194	(47.0)	1372	(54.0)	Not limited	3226	(127.0)		
1067	(42.0)	Not limited	1626	(64.0)	Not limited					
1194	(47.0)	1499	(59.0)	1727	(68.0)					
1321	(52.0)	Not limited	2032	(80.0)	Not limited					
1524	(60.0)	1880	(74.0)	2134	(84.0)					
1600	(63.0)	Not limited	2464	(97.0)	Not limited					
1844	(73.0)	2286	(90.0)	2616	(103.0)					

^a The smaller dimension of a rectangular sheet metal piece that is part of an enclosure. Adjacent surfaces of an enclosure may have supports in common and be made of a single sheet.

^b "Not limited" applies only if the edge of the surface is flanged at least 12.7 mm (1/2 Inch) or fastened to adjacent surfaces not normally removed in use.

^c The minimum thickness refers to the base material and does not include a coating thickness.

Taulukko3. Ainepaksuus kotelolle standardin UL50 mukaan. /18/

Table 7
Thickness of sheet metal for enclosures – carbon steel or stainless steel
(refer to 6.5.3)

Without supporting frame ^a		With supporting frame or equivalent reinforcement ^a		Minimum acceptable thickness, uncoated	
Maximum width ^b Cm (inches)	Maximum length ^c cm (inches)	Maximum width ^b cm (inches)	Maximum length ^c cm (inches)	mm	(inches)
10.2 (4.0)	Not limited	15.9 (6.25)	Not limited	0.51 ^d	(0.020) ^d
12.1 (4.75)	14.6 (5.75)	17.1 (6.75)	21.0 (8.25)		
15.2 (6.0)	Not limited	24.1 (9.5)	Not limited	0.66 ^d	(0.026) ^d
17.8 (7.0)	22.2 (8.75)	25.4 (10.0)	31.8 (12.5)		
20.3 (8.0)	Not limited	30.5 (12.0)	Not limited	0.81	(0.032)
22.9 (9.0)	29.2 (11.5)	33.0 (13.0)	40.6 (16.0)		
31.8 (12.5)	Not limited	49.5 (19.5)	Not limited	1.07	(0.042)
35.6 (14.0)	45.7 (18.0)	53.3 (21.0)	63.5 (25.0)		
45.7 (18.0)	Not limited	68.6 (27.0)	Not limited	1.35	(0.053)
50.8 (20.0)	63.5 (25.0)	73.7 (29.0)	91.4 (36.0)		
55.9 (22.0)	Not limited	83.8 (33.0)	Not limited	1.52	(0.060)
63.5 (25.0)	78.7 (31.0)	88.9 (35.0)	109.2 (43.0)		
63.5 (25.0)	Not limited	66.0 (39.0)	Not limited	1.70	(0.067)
73.7 (29.0)	91.4 (36.0)	104.1 (41.0)	129.5 (51.0)		
83.8 (33.0)	Not limited	129.5 (51.0)	Not limited	2.03	(0.080)
96.5 (38.0)	119.4 (47.0)	137.2 (54.0)	167.6 (66.0)		
106.7 (42.0)	Not limited	162.6 (64.0)	Not limited	2.36	(0.093)
119.4 (47.0)	149.9 (59.0)	172.7 (68.0)	213.4 (84.0)		
132.1 (52.0)	Not limited	203.2 (80.0)	Not limited	2.74	(0.108)
152.4 (60.0)	188.0 (74.0)	213.4 (84.0)	261.6 (103.0)		
160.0 (63.0)	Not limited	246.4 (97.0)	Not limited	3.12	(0.123)
185.4 (73.0)	228.6 (90.0)	261.6 (103.0)	322.6 (127.0)		

^a See 6.4.1.3 of Annex A1, Item 2.
^b The width is the smaller dimension of a rectangular piece of sheet metal that is part of an enclosure. Adjacent surfaces of an enclosure may have supports in common and be made of a single sheet.
^c "Not limited" applies only if the edge of the surface is flanged at least 12.7 mm (1/2 inch) or fastened to adjacent surfaces not normally removed in use.
^d Steel sheet for an enclosure intended for outdoor use – raintight or rainproof – shall not be less than 0.81 mm (0.032 inch) thick.

Taulukko7. Ainepaksuus kotelolle standardin UL1008 mukaan. /17/

Seuraavat määrittelyt ovat yhteneväisiä UL98 ja UL1008-standardeissa.

- Kotelon leveysmitalla standardissa tarkoitetaan aina kotelon lyhyemmän sivun mitta.
- Taulukon 3 ja 7 mukaan kotelon korkeusmittaa ei ole rajoitettu merkintä tarkoittaa, kun kotelon suuaukon reunat on taivuteltu vähintään 12.7 mm laipaksi tai laippa kotelon suuaukolla voi olla kiinteästi asennettu tai kiinnitetty ja sitä ei poisteta laitteen normaalikäytön aikana.
- Minimi ainevahvuus tulee määrittellä ilman pintakäsittelyn tuomaa lisäpak-suutta.

UL1008-standardi ei nojaa UL50-standardiin ainepaksuuden määrittelyssä, vertailupohja teräslevykoteloidille löytyy suoraan UL1008-standardin taulukosta 7.

Poikkeuksena UL98-standardiin standardin UL1008-standardin taulukko 7 määrittelee minimiainepaksuuden NEMA-kotelointiluokan/ UL50E-standardin sadevesisuojausten omaavien 3, 3R, 3S, 4, 4X, 6, tai 6P kotelointiluokkien kautta. Ainevahvuus ei saa olla vähemmän kuin 0.81 mm.

7.3.1 Vertailun tulokset

Näiden UL98 tai UL1008-standardien poikkeuksien kautta ei tule estettä käyttää UL98-standardin mukaisen kotelosarjan koteloidia UL1008-kytkinsarjan koteloina, koska niissä kaikissa on vähintään 1.5 mm perusaineen paksuus ilman pintakäsittelyä ja muutoin taulukon arvot molemmissa standardeissa antavat samat minimiainepaksuudet kotelolle ulkomittojen mukaan.

7.4 Kotelon kansien ainepaksuuden määrittely

UL98 ja UL1008-standardit perustuvat koteloiden kansien ainepaksuuden osalta UL50-standardiin taulukossa 5 annetaan kansille minimi ainevahvuus. Taulukossa annettu mitta, jota kannen leveys tai korkeusmitta ei saa ylittää ja vastaavasti annetaan kotelon suuaukon maksimi poikkiala, joka ei saa myöskään ylittyä, jos näistä arvoista jompikumpi tai molemmat ylittyvät tulee minimiainepaksuus valita taulukosta suuremmaksi.

7.4.1 Vertailun tulokset

Kannen ainepaksuuden kautta tarkasteltuna ei UL98 ja UL1008-standardissa ole eroja, joten UL98-standardin mukaan mitoitettuna kotelon kansi soveltuu sellaiseen käytettäväksi UL1008-standardin mukaisten koteloiden kansissa.

Seuraavalla sivulla UL50-standardin taulukko5.

Table 5
Minimum thickness of sheet metal for covers and doors
 (See 6.7.2.1 and 8.1.1)

Maximum dimensions ^b		Minimum thickness based on maximum dimension, mm ^a (inch)					
		Flush-mounted enclosure			Surface-mounted enclosure		
Linear		Area		Steel ^d		Aluminum, copper, or brass	
mm	(inches)	mm ²	square inches			Steel ^d	Aluminum, copper, or brass
178	(7)	20 600	(32)	1.35	(0.053)	1.91	(0.075)
457	(18)	87 000	(135)	1.70	(0.067)	2.41	(0.095)
610	(24)	230 000	(360)	1.70	(0.067)	2.41	(0.095)
1 020	(40)	254 000	(1000)	2.36	(0.093)	3.10	(0.122)
1 520	(60)	970 000	(1500)	2.36	(0.093)	3.10	(0.122)
Over 1 520	(Over 60)	Over 970 000	(Over 1500)	3.12	(0.123)	3.89	(0.153)

^a The thickness of a separate dome used in conjunction with a flat sheet may be based on the dimensions of the dome.
^b The dimensions given are those of the opening in the enclosure. Neither the linear dimension nor the area of the opening shall exceed the indicated value in order to use the minimum thickness specified in that line. The extension required by 6.7.6.1 is not included in measuring the dimensions of a cover.
^c If a surface-mounted enclosure has a frame or trim and in addition a door-in-door construction, the thickness of sheet metal used for the frame, trim, and doors shall be as specified for a flush-mounted enclosure.
^d The minimum thickness refers to the base material and does not include a coating thickness.

Taulukko 5. Ainepaksuus kansille standardin UL50 mukaan.

7.5 Korroosion suojaus

7.5.1 UL98-standardin määrittelyt korroosionsuojaukselle

Kaikki rautapitoiset osat **muut kuin kotelot** tulee galvanisoida, maalata, emaloida, päällystää, tai muutoin hyväksytysti käsitellä korroosiota vastaan. /16/

Eli korroosionsuojaus tämän mukaan koskettaa kaikkia aluslaattoja, ruuveja, aksleita, pohjalevyjä, sulakepitimien jousia yms. rautapitoisia osia.

Lisämäärittelyjä korroosionsuojaukselle antaa standardi UL50 ja erityisesti UL50E. Näiden standardien määrittelyt korroosionsuojaukselle eivät pois sulje niitä määrittelyitä, joita tuodaan esiin UL98-standardissa, eikä myöskään toisinpäin. Kun haluttiin selvittää perusteellisesti korroosionsuojauksen vaateet, oli käytävä kaikki 3 standardia lävitse aloittaen laitekohtaisesta standardista UL98.

Tarkastelu on tehty ulkotilojen korroosionsuojauksen mukaisesti, koska UL98-standardin mukaisen kytkinsarjan koteloidissa on samat pinnoitusmenetelmät sekä ulkokäyttöön ja sisäkäyttöön tarkoitetuilla koteloiduilla kytkimillä, kun korroosionsuojaus on tehty vaativimpien ulkokäyttö vaateiden mukaisesti se täyttää myös sisätalokorroosionsuojaus vaateet.

7.5.2 UL50-standardin määrittelyt korroosionsuojaukselle

Muut rautamateriaaliosat, kuin kohdassa **7.5.4** mainitut tulee suojata ulko ja sisäpinoiltaan. /18/

7.5.3 UL50E-standardin määrittelyt korroosionsuojaukselle

Tämä standardi ei kata vaateita suojaukselle laitteille olosuhteissa, kuten kondensaatio, jäätyminen, korrosio, tai saastuminen, joka voi aiheutua kotelolle tai voi päästä sisään putken tai tiivistämättömien aukkojen kautta.

Kiinnitystarvikkeet ja saranat, joita käytetään kotelossa, tulee korroosiosuojata ja samojen vaatimusten tulee täyttyä kuin kotelolla.

Muutoin kuin määritellään kohdassa 7.5.4 molemmat sisä ja ulkopinnat kotelossa, jotka on valmistettu rautapitoisesta materiaalista, sekä mikä tahansa rautapitoisenosa, joka on liitetty näihin koteloihin, tulee suojata korroosiota vastaan ulkotilojen korroosionsuojaus kohtien mukaisesti. /19/

7.5.4 Poikkeukset kohdan 7.5.3 korroosionsuojaus vaateeseen

- a) Laakerit, liukupinnat akselilla ja saranoilla, ja vastaavilta jotka sijaitsevat kotelon ulkopuolella.
- b) Leikatut reunat ja lävistetyt reiät galvanoidussa teräslevyssä.
- c) Osat kuten koristeverkko tai vastaava, joita ei vaadita kotelon muodossa.

/19/

7.5.5 Ulkotilojen korroosionsuojaus

Kotelointiluokissa NEMA3 ja 3R. Rautapitoisesta materiaalista valmistetut kotelot ja ulkopuoliset osat, jotka on liitetty näihin koteloihin, tulee suojata yhdellä alla olevista pinnoitemenetelmistä (a – d). /19/

- a) Kuumasinkitty teräslevy, joka tulee täyttää standardin ASTM A 653/A653M-05 vaatimukset sinkkipinnoitukselle.

b) Sinkkipinnoitus muu kuin kuumasinkitys tasaisesti käytettynä keskimääräinen paksuus ei saa olla vähempää, kuin 15 μm jokaisella pinnalla ja minimipaksuudella 14 μm . Mittausmenetelmä sinkkipäällysteen mittaamiselle löytyy standardista ASTM B 555 – 86. Hehkutussinkitys tulee täyttää vaateet (UL50E/7.2.3.2 ja 7.2.3.3.)

c) Sinkkipinnoitus kohtien (1) tai (2) mukaan ja yksi kerros orgaanista epoksi- tai alkydihartsimaalia tai muuta ulkomaalia jokaisen pinnan muodon muovauksen jälkeen. Maalin hyväksyttävyyys voidaan harkita sen koostumuksen mukaan tai korroosiotestillä, jos se katsotaan tarpeelliseksi. /19/

1) Kuumasinkitty teräslevy, joka noudattaa pinnoite merkintää G60 tai A60 standardin ASTM A 653/A653M – 05 taulukko 1.


 A 653/A 653M – 09

TABLE 1 Weight [Mass] of Coating Requirements^{A,B,C}

NOTE 1— Use the information provided in 8.1.3 to obtain the approximate coating thickness from the coating weight [mass].

Type	Coating Designation	Minimum Requirement ^D		
		Triple-Spot Test		Single-Spot Test
		Inch-Pound Units		
		Total Both Sides, oz/ft ²	One Side, oz/ft ²	Total Both Sides, oz/ft ²
Zinc	G01	no minimum	no minimum	no minimum
	G30	0.30	0.10	0.25
	G40	0.40	0.12	0.30
	G60	0.60	0.20	0.50
	G90	0.90	0.32	0.80
	G100	1.00	0.36	0.90
	G115	1.15	0.40	1.00
	G140	1.40	0.48	1.20
	G165	1.65	0.56	1.40
	G185	1.85	0.64	1.60
	G210	2.10	0.72	1.80
	G235	2.35	0.80	2.00
	G300	3.00	1.04	2.60
	G360	3.60	1.28	3.20
Zinc-iron alloy	A01	no minimum	no minimum	no minimum
	A25	0.25	0.08	0.20
	A40	0.40	0.12	0.30
	A60	0.60	0.20	0.50

Taulukko1. Standardin ASTM A 653/A653M – 05 taulukko 1. /20/

2) Sinkkipinnoitus muu kuin kuumasinkitys tasaisesti käytettynä keskimääräinen sinkin paksuus ei saa olla vähemmän kuin 10 μm jokaisella pinnalla ja minimipaksuus 9 μm . Mittausmenetelmä sinkkipäällysteen mittaamiselle löytyy standardista ASTM B 555 – 86.

d) Maalin tulee täyttää standardin UL1332 vaatimukset. /19/

7.5.6 UL1008-standardin määrittelyt korroosionsuojaukselle

Rauta ja teräsosat muut kuin laakerit jne. Missä sellainen suojaus on mahdoton toteuttaa, tulee suojata korroosiota vastaan emaloinnilla, sherardisoinnilla, pinnoituksella, tai muilla tarkoituksen mukaisilla tavoilla.

Vaatus koskettaa kaikkia sekä levyosa, että valurautakoteloita, ja kaikkia jousia ja muita osia, jotka ovat vaikutuksenalaisina koteloidun kytkimen asianmukaisen mekaanisen operoinnin yhteydessä.

Se ei kosketa sellaisia osia kuten aluslaatat, ruuvit, pultit ja vastaavat, jos ei mitään haittaa aiheudu laitteen toiminnalle sellaisten suojaamattomien osien kautta.
/17/

7.5.7 Vertaileva osuus UL98 ja UL1008

UL1008-standardi tekee poikkeuksen UL98-standardiin nähden, se lukee kiinnitystarvikkeet pois korroosiosuojattavista osista kuitenkin sanomalla ympäripyöreästi, että laitteen toiminnalle ei saa aiheutua haittaa laitteen toiminnalle suojaamattomien osien kautta.

Toisaalta useasti käytännön olosuhteet kentällä vaativat kiinnitystarvikkeille korroosionsuojauksen erityisesti virtaliitoksissa käytettävät kiinnitystarvikkeet ja koteloiden ulkopuoliset, kuten mahdolliset saranoiden kiinnitysruuvit.

UL98-standardi sanoo, että kaikki rautapitoiset materiaalit tulevat korroosiosuojata mainitsematta ruuveja ja muita kiinnitystarvikkeita lainkaan otsikon korroosiosuojaus alla, mutta UL50E-standardin kautta saadaan UL98-standardin mukaisen koteloidun kytkimen kiinnitystarvikkeille määrittely.

UL50E-standardi sanoo, että kiinnitystarvikkeiden tulee täyttää samat vaatimukset, kuin kotelolla sen mukaan galvanoiduille ruuveille siis tulisi olla keskimäärin 15 µm paksuinen sähkösinkitys tämä taas kuulostaa isolta paksuudelta, kun yleisesti ruuveille pinnoitteen paksuus on 5 - 8 µm tälle määrittelylle voisi vielä tehdä jakotutkimusta kysymällä UL-hyväksyntälaitokselta tulkintaa.

UL98-standardista löytyy kohdasta 6.7 määrittely rauta ja teräs kiinnitystarvikkeiden sinkin 5 µm minimi pinnoituspaksuudelle ja ruuvien minimihalkaisijaksi 3/16", kun kiinnitystarvikkeilla toteutetaan virtaliitoksia.

UL1008-standardi listaa vain yleisesti kohta 7.3.8.1 pinnoitusmenetelmiä, joilla korroosion suojaus voidaan toteuttaa, kuten UL98:kin. Tarkemmin kantaa ottavat standardit UL50 ja laajemmin UL50E kumpikin standardi nojaa näiden standardien kautta korroosionsuojaukseen. Tässä työssä kohdat 7.3.6 - 7.3.7.2.

7.5.8 Vertailun tulokset

Korroosionsuojauksen kautta tarkasteltuna, kun tavoitteena oli tutkia voiko UL98-standardin mukaista koteloa käyttää UL1008-standardin kotelona.

Kyllä, koska UL98-standardin mukaisessa kotelossa on valittu pinnoitus menetelmäksi maali, joka on hyväksytty standardin UL1332 mukaan ja ohjeistettaessa kotelon valmistajaa maalausmenetelmästä on maalin valmistajalta tiedusteltava oikea maalausmenetelmä, joka sama kuin UL1332-standardin mukaisissa korroosiotesteissä, kun maali on hyväksytetty.

8. VERTAILUN TULOKSET KOOSTE

8.1 Tulokset

TULOKSET

Vertailtu UL standardin vaatimus	Soveltuu	Ei sovellu	Perusteet
Ainepaksuus kotelolle	X		ks.7.3.1.1
Ainepaksuus kansille	X		ks.7.3.3.1
KytKentättila	X		ks.7.2.1
Korroosionsuojaus	X		ks.7.3.8.2

8.2 Tulokset yhteenveto

Vertailuun mukaan otettujen koteloa koskevien laitekohtaisten standardien UL98 ja UL1008-standardien vaatimusten, jotka poikkeavat pelkkää koteloa sähkökojeille koskettavista standardeista UL50 tai UL50E.

Ei ole estettä käyttää UL98-standardin mukaisen turvakytkimen koteloa UL1008-standardin mukaisen vaihtokytkimen kotelona.

9. SUUNNITTELUOHJEISTUS

Aiemmissä kappaleissa 5,6,7 ja 8 käsiteltiin kotelon konstruktion vaikuttavia seikkoja standardien kautta ja käsiteltiin kytkin koteloiden mitoitusperusteita standardien vaateiden näkökulmasta. Kotelon ja kansien ainepaksuuden, korroosionsuojauksen ja kytkentätila vaatimuksia kotelon koon määrittäjänä.

Nämä toimivat myös osaltaan suunnittelun ohjeistuksena, kun määritellään koteloa UL1008-standardin mukaiselle vaihtokytkimelle. Tässä luvussa on myös kappale 9.3, missä on kuvattu malli ohjeeksi, kuinka valitaan UL1008-standardin mukaiselle vaihtokytkimelle UL98-standardin mukaisen turvakytkimen koteloista kytkentätilojen vaatimusten kautta sovelias kotelo.

Muut seikat kuin standardin vaateet, jotka vaikuttavat kotelon käytettävyyteen tulevat koteloon asennettavien UL98-standardin mukaisen turvakytkimen ja UL1008-standardin mukaisen vaihtokytkimen konstruktion eroista. UL1008-standardin vaihtokytkimen konstruktiossa on tämän tutkimuksen mukaan 3 seikkaa, jotka vaikuttavat UL98-standardin mukaisen kotelon konstruktion.

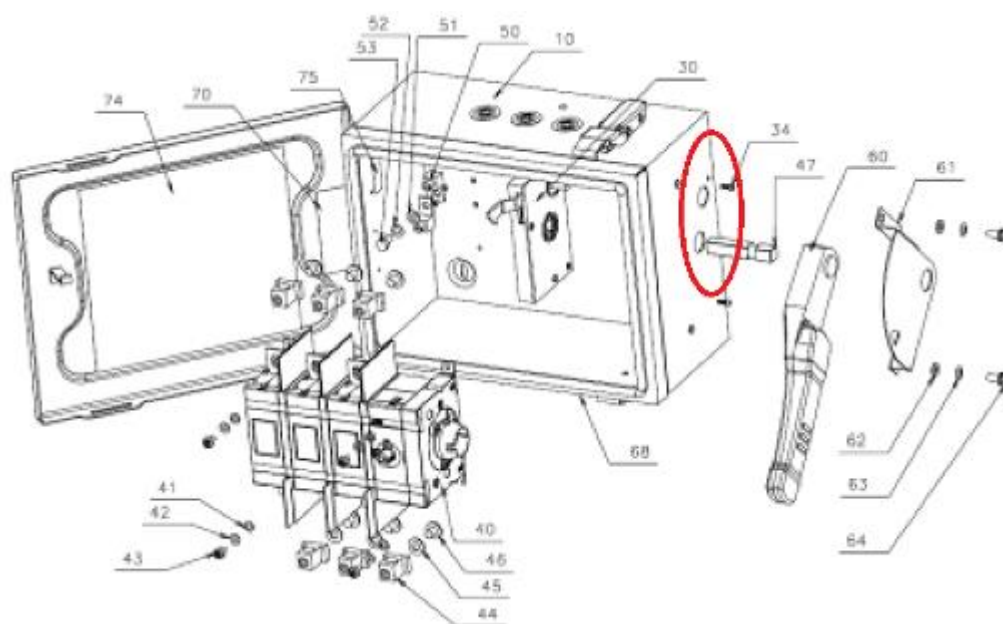
UL1008 mukaisen turvakytkimen konstruktiiviset erot, jotka vaikuttavat koteloon:

1. Vaihtokytkimelle ei sijoiteta kytkimen ohjauskahvaa kotelon ulkopuolelle.
2. Vaihtokytkimelle tulee kotelon kanteen aukotus ovipaneelin johtimien läpiviennille.
3. Vaihtokytkimen kanteen tulee aukotus painonapille.

Näiden erojen myötä näyttää siltä, ettei kotelo voisi olla täysin identtinen UL98-standardin mukaisen turvakytkimen kotelon kanssa, mutta todella paljon hyvin haastavan UL98-standardin mukaisen turvakytkimen kotelon kehitystyöstä on mahdollista siirtää UL1008-standardin mukaisen vaihtokytkimen kotelon hyväksi. Tässä osuudessa haetaan ratkaisumallia, jolla voitaisiin saada kotelot identtisiksi.

9.1 Kytkimen ohjauksehva kotelon sisäpuolella

Ohjauksehva UL1008-standardin mukaisessa vaihtokytkimessä sijoitetaan kytkimeen kotelon sisäpuolelle kiinni kytkimen mekanismiin. Näin ollen UL98-standardin mukaisen turvakytkinkotelon ulkopuolisen ohjauksehvan akselin aukkoa, eikä kahvan tuentamekaniikan kiinnitysruuvien kierrereikiä ei tarvita. Eikä niitä voida jättää avoimeksi, koska NEMA3R, NEMA12K ja NEMA4X koteloitiluokat vaativat tiiviin kotelon. Kotelointiluokkien vaatimuksia avaa tarkemmin tämän työn luvut 10 ja 11.



Kuva10. UL98-standardin turvakytkimen kahvan aukotukset ja ruuvireiät

Mahdollisuuksia on ratkaista asia monellakin tapaa:

Käytetään olemassa olevaa koteloa ja laitetaan akselien aukkoihin läpivientitiivisteet ja ruuveja, joissa on tiivisteaine valmiina tai käytetään ruuvien alla erillistä tiivistettä. Näiden tiiveys on suhteellisen helppoa todeta suihkuttamalla koteloa ulkopuolelta ja katsomalla onko vettä tullut kotelon sisään vaatimus, kun oli, ettei vettä saa tulla lainkaan. NEMA12K ja NEMA3R testausvaatimuksista on nyt kohtuullisen paljon käytännön kokemusta.

Toki tässä on nyt sitten se, että kun kotelo ei ole täysin identtinen voi UL katsoa tämän ratkaisun testauksen näkökulmasta ”uudeksi koteloksi” joka tulee testata uudelleen. Mutta ei välttämättä, tämä voi hyvinkin olla neuvoteltavissa oleva asia, koska ratkaisu on niin lähellä aikaisemmin testattuja, ettei sille tarvita uudelleen testausta.

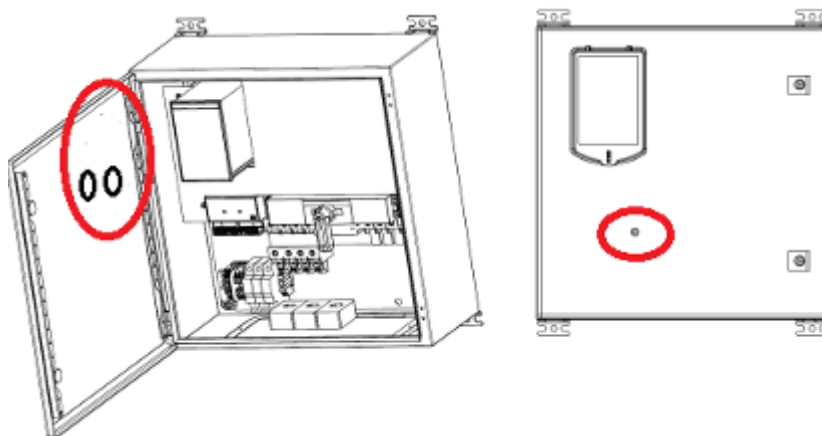
Josko käytämme samaa tiivistys ratkaisua ruuvien alla, kuin UL98 mukaisessa kotelossa, eli laitamme saman tiivisteeseen ruuvin alle ja akselin läpiviennissä on nyt läpivientitiiviste, joka voisi olla muutoin sama, mutta keskeltä ummessa eli tiiviedeltään parempi, kuin nykyinen ratkaisu.

Hyvä puoli tässä ratkaisussa olisi se, että kotelon laatikko-osa olisi oikeasti identtinen ja voitaisiin varioida loppukokoonpanovaiheessa ruuveilla ja tiivisteratkaisuilla. Iso kotelomäärä tuotannossa on haasteellinen hallittava. Kotelot vievät paljon hyllytilaa ja määrä näkyy kotelon valmistusprosessissa monessa muussakin vaiheessa aihioidentyöstö levytyökeskuksella, särmäyksessä, hitsauksessa, kaikessa siirtelyssä työvaiheesta toiseen, kuljetuksessa, maalauksessa ja loppukokoonpanossa. Tämä tukisi massaräätälöinnin oppeja siltä osin, että tuotteet varioidaan mahdollisimman myöhäisessä vaiheessa.

Toinen tapa on jättää levyntyyöstövaiheessa akselien aukot ja ruuvikaulukset pois kokonaan kotelon laatikko-osa ei ole silloin täysin identtinen kotelonvalmistusta ajatellen tässä on se hyväpuoli, ettei ruuveja, läpivientitiivisteitä tarvita ja säästetään aikaa loppukokoonpanossa aikaa jonkin verran.

9.2 Aukotukset ovipaneelille ja painonapeille

Vaihtokytkimen kotelon kanteen on tarpeita ovipaneelin johdinaukoille ja painonapin aukolle tulee aukotuksia.

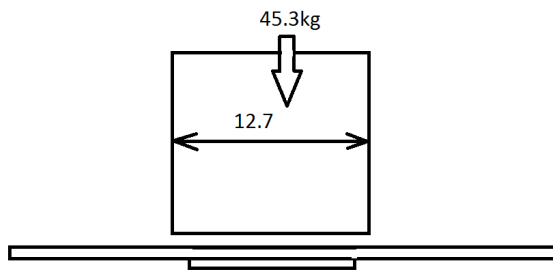


Kuva11. UL1008-standardin vaihtokytkimen ovipaneelin ja painonapin aukot

Standardien vaatimusten kautta aukotuksia tarkastellessa ajatuksena oli, että painonapin ja ovipaneelin johtimien läpivientiaukoille käytettäisiin poislyötäviä reikäihioita, näin saataisiin kansiosastakin identtinen UL98-standardin mukaisen turvakytken kotelon kannen kanssa ja samat edut kansien valmistusprosessissa, kuin aiemmin kuvattiin kotelolle kappaleessa 9.2.

Standardien kautta tulee 3 vaatimusta, joita kannattaa tarkastella kantta suunniteltaessa.

- 1) Kannelle tehdään poikkeamatesti neliönmuotoisella tangolla, jonka sivunmitta on 12.7mm, jota kuormitetaan 45.3kg painolla. Testiä on kuvattu tarkemmin kappaleessa 11.6. Jos poislyötäviä reikäihioita (ks.kappale11.1) halutaan käyttää, on otettava huomioon, että myös reikäihion kohtaan voidaan kohdistaa poikkeamatestin kuorma neliötangolla. Ainakin reikäihion tulisi olla jonkin verran pienempi halkaisijaltaan kuin 12.7mm neliötango, että se ei kuormita reikäihion keskustaa.



Kuva12. Periaatekuva neliötangon päästä ja reikäaihiosta

Sillä reikäaihio ei kestä 45.3 kg kuormaa. Tarkemmin reikäaihioiden testauksesta kertoo luku 11.1. Ratkaisu tosin muuttaa kannen ulkonäköä ”look and feel” halutaanko tästä tinkiä vaikka se toisi edut valmistuksessa ja logistiikassa.

Toinen vaihtoehto on tehdä omakansi, missä on aukotukset painonapeille ja ovipaneelin johtimien aukoille, jos aukot kannessa ovat pieniä voi olla, ettei UL hyväksyntälaitos näe kansia ”uusina” testauksen näkökulmasta, sillä ne eivät paljoa vaikuta kannen taipumaan tästä kannattaa tarpeen tullessa neuvotella.

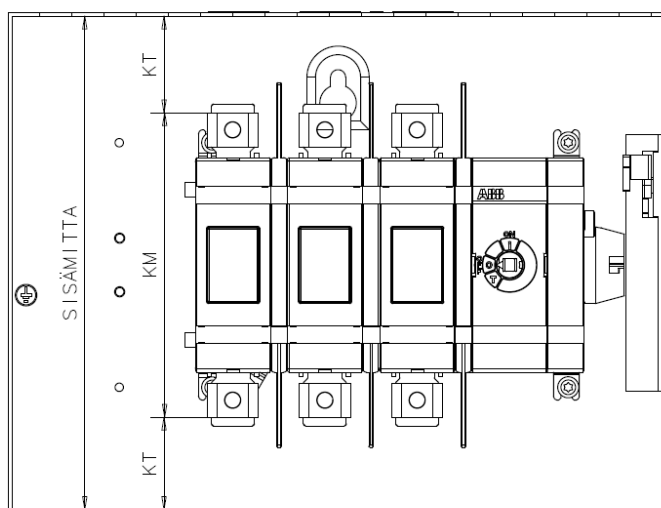
- 2) Mutta mitä tulee kannen tiiveysvaatimuksiin kotelointiluokkien NEMA3R ja NEMA12K ks. kappale 10.7 sadetesti.
- 3) Ja kappale 10.8 atomisoituvetestesti, näiden testien kautta reiät kotelon kannessa ovipaneelin johdinaukkojen läpivientitiivisteet ja painonappi asennettuna vaativat uudet tiiveystestaukset.

9.3 Kotelonvalinta kytkentätilojen näkökulmasta

Kytkenntätila määräytyy kaapelin jatkuvan kuormitettavuuden ja koteloitujen kytkimien nimellisvirran mukaan. Valintaperusteita tarkemmin käsiteltiin kappaleessa 7.2.

Tässä kytkentätilan ja UL1008-standardien vaihtokytkimien kytkimien mekaanisen koon mukaan määritellään kotelon sisämitan tarve. Kotelon sisämitantarpeen perusteella päästään valitsemaan UL98-standardin mukaisista kotelosta UL1008-standardin vaihtokytkimille.

UL1008 kytkimenmitta	UL1008 Kytkin	Kaapelin neliömäärä	Minimi kytkentätila X 2	UL1008 Kotelon sisämitan tarve	UL98 koteloiden sisämitat
143	30A	8,40	76.2	219	233
149	60A	21,20	101.6	251	299
174	100A	21,20	101.6	276	324
192	200A	127,00	228	420	620
307	400A	253,00	506	813	1015
370	600A	355,00	750	1120	1180



KOTELON SISÄMITAN
TARVE = (2 x KT)+KM

KT = MINIMI KYTKENTÄTILA VAATIMUS
(LIITTIMEN SUUAUKOISTA MITATTUNA)
KM = KYTKIMENMITTA

Kuva13. Periaatekuva kytkentätilan määrittelystä

Valinta tässä on periaatteellinen, kytkimien mittoihin tulee vielä tarkennuksia.

10 NEMA KOTELOINTILUOKITUKSET

10.1 Yleisesti

UL50 ja UL50E-standardeihin on ”adoptoitu” NEMA250-standardin vaatimuksia, jotka koskettavat NEMA kotelointiluokituksia. Tarkoituksena on kehittää ohjeistusta NEMA3R, NEMA12K ja NEMA4X kotelointiluokkien testaamista varten tavoitteena on, että tämä ohjeistus tukisi tuotekehitystä koteloitujen kytkintuotteiden osalta.

Ymmärrys siitä miten testaus suoritetaan käytännössä eri kotelointiluokille, voisi ohjata kotelon suunnittelu ja ylläpitoratkaisuja niin, että kotelointiluokkien tiiveysvaatimukset täyttyvät ja ennen kaikkea tärkeää on se, että valitut mitoitusperiaatteet palvelevat todellisia käytännön ympäristövaatimuksia. Ajatuksena on, että kerätty tieto palvelisi myös tuotteen ylläpitoa ja henkilöitä, jotka työskentelevät asiakaspalauterajapinnassa.

10.2 NEMA-kotelointiluokat

10.2.1 NEMA1

Kotelot sisäkäyttöön tarjoavat suojauksen henkilön tahatonta kosketusta vastaan koteloitua laitetta vastaan ja tarjoaa suojan putoavaa pölyä vastaan.

NEMA1 Kotelointi luokitus vaatii 2 testiä standardin UL50E mukaan.

1. Rod entry test = koesauvan sisäänmeno testi. Halkaisija 12.7 mm, kun sähköinen osa on alle 102 mm päässä aukosta ja, kun yli 102 mm päässä niin sauvan halkaisija 19 mm testi katsotaan läpäistyksi, kun koesauva ei pääse koteloon sisälle. /19/

Tämä testi koskettaa vain niitä kotelointilaitteita, joissa on ilmastointiaukotukset kotelossa. Testi mallintaa sitä, että onko tahaton kosketus estetty.

UL98-standardin mukaisissa turvakytkimissä ilmastointiaukoille kotelossa ei ollut tarvetta. Näin UL-hyväksyntälaitoksen oli helppo päätellä, ettei koesauva testiä tarvita.

2. Indoor corrosion protection = sisätilojen korroosion suojaus.

Kotelo ja sen osat tulee suojata korroosiota vastaan emaloinnilla, maalaamisella tai galvanoinnilla.

tai

Testauttaa 24 tunnin suolasumukokeessa. /19/

Kaikki turvakytkimet on maalattu standardin UL1332-standardin mukaisella maalilla ja noudatettu maalin valmistajan ohjeistusta maalausmenetelmässä.

UL-laitokselle riitti, että heille määritteli UL-hyväksytyyn maalin tyyppin ja maalausmenetelmän. Suolasuomukoe ei ollut tarpeellinen, kun maali kotelon pinnassa on UL-hyväksyttyä.

NEMA1 kotelointiluokan koteloituja turvakytkimiä ei tarvinnut käyttää testeissä. UL-hyväksyntälaitos näki jo kotelon rakenteesta ja kotelon pinnoitusratkaisumäärittelystä, ettei sitä ole tarvetta testata.

Standardin UL50-standardin mukaan NEMA1 koteloa koskettaa 2 testiä.

1. Deflection test = Poikkeama testi ovelle (tarkempi kuvaus luvussa 11)
2. Multiple knockout test = Monireikäaihio testi (tarkempi kuvaus luvussa 11)

Samat testit koskettavat myös NEMA3R, NEMA12K-suojausluokkia.

Poikkeama testejä oville ei tarvinnut tehdä NEMA1 koteloiden oville, koska sama oviratkaisu on myös NEMA3R koteloidessa. Riitti, että poikkeamatesti tehtiin NEMA3R-suojausluokan oville.

Samoin NEMA3R koteloista löytyvät samat monireikäihiot, kuin NEMA1 kotelosta joten riitti, että monireikäihio testi tehtiin NEMA3R kotelolle. UL hyväksyntälaitoksella on tapana niputtaa asioita, mikä on hyvä, koska testaaminen on kohtuullisen arvokasta.

10.2.2 NEMA3R

Kotelot jotka on konstruoitu sekä **sisä ja ulkokäyttöön** tarjoavat suojauksen henkilön tahatonta kosketusta vastaan koteloitua laitetta vastaan ja tarjoaa suojan putoavaa pölyä vastaan, sadetta, räntää ja lunta sekä ulkopuoliselta jäänmuodostumiselta koteloon.

NEMA3R kotelointiluokitus vaatii 5 testiä standardin UL50E mukaan.

1. Koesauvan sisäänmeno testi (ks. 10.2.1).
2. Sadetesti (ks. 10.7.1).
3. Ulkoisen jäätyneen testin testi (Standardi UL50E/8.5).

Tätä testiä ei vaadittu UL98 mukaisille kotelolle. Standardissa sanotaan, että:

Kotelolle, missä ei ole ulkoisia onkaloita, jotka keräävät vettä, kun se kiinnitetään normaali käyttöasentoonsa. Ei tarvitse tehdä ulkoisen jäätyneen testiä. UL-hyväksyntälaitos katsoi, ettei UL98 mukaisessa turvakytinkotelo konstruktio ollut sellainen, joka voisi vahingoittua siihen muodostuneen ulkoisen jään seurauksena.

UL50E-standardi sanoo, että testi on läpäisty, kun jää on sulanut pois ja se ei ole aiheuttanut kotelolle vahinkoa.

4. Ulkotilojen korroosiotesti 8.8.

Tätä testiä ei vaadittu UL98 mukaisille kotelolle. Standardissa sanotaan, että:

600-tunnin suolasumukoe vaaditaan koteloille, joissa ei ole (ks. 7.3.7.2 a - d) kohdan mukaista korroosion suojausta. Maali koteloidissa täyttää UL1332-standardin vaatimukset, joten testiä ei vaadittu.

5. Tiivistetesti

Tiiviste joka valittiin oven ja kannen väliin, täyttämään NEMA-luokitusten tiiveysvaatimukset, oli jo tiivisteiden valmistajan kautta UL-hyväksytetty. Jos olisimme valinneet sellaisen tiivisteiden, jolle ei olisi vielä ollut UL hyväksyntää. Tiivisteelle olisi tullut tehdä standardin UL50E/8.13 mukaiset testit.

- a) Puristus testi, standardin UL50E kappale 8.13.3. /19/
- b) Öljyyn upottamistesti, standardin UL50E kappale 8.13.4. /19/

10.2.3 NEMA12K

Kotelot joissa on reikäaihioita ja jotka on konstruoitu **sisäkäyttöön**, tarjoavat suojausta henkilön tahatonta kosketusta vastaan koteloitua laitetta vastaan ja tarjoaa suojausta putoavaa pölyä vastaan, kiertävää pölyä, kuituja, säikeitä, putoavia ja keveitä roiskeita ei korroosioivia nesteitä vastaan ja vuotavaa öljyä sekä ei korroosioivia jäähdytysaineita.

10.2.3.1 Sisätiloissa kiertävän pölyn testi

Tämä vaatimus testattiin UL98-standardin mukaisille koteloidille atomisoidulla vesitestillä. (ks. kappale 10.8) Se on vaihtoehtoinen testi sisätiloissa kiertävän pölyn testille.

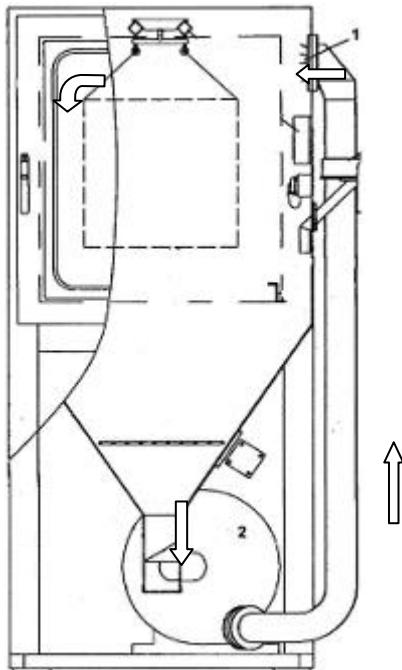
Testissä kotelo asetetaan sille tarkoitettuun käyttöasentoonsa ilmatiiviiseen kammioon, joka ei ole tilavuudeltaan vähempää, kuin 0.169 m³. Kammion tilavuus ei saa olla vähempää, kuin 150 % testattavan kotelon tilavuudesta. Testikammion tulee olla huoneenlämpötilassa ja suhteellinen kosteus tulee olla 20 – 50 %.

Vähintään 1.5 kg kuivaa Portlandin tyyppi1 mukaista sementtiä kuutiometriä kohden. Testikammion ilmaa tulee kierrättää puhallinimussa 5 minuuttia, että kotelo ympäröidään sementtipölyllä täysin. Ilman nopeus puhaltimen ulostulossa tulee

olla n. 305 m/min. Kotelon katsotaan täyttävän vaatimukset, kun yhtään pölyä ei ole mennyt kotelon sisään. Koteloon *ei imetä testissä alipainetta* UL-standardin UL50E/8.4.2.1 mukaisessa testissä niin kuin IEC60529 standardin mukaisessa IP-kotelointiluokitusten **kategoria1** mukaisessa pölytestissä.



Kuva 14. UL laboratorion pölykaappi sisältä.



Kuva 15. Pölykaapin periaatekuva.

1. Pölyn ulostuloaukot.
2. Puhallin.

10.2.3.2 Sisätilojen korroosionsuojaus testi

Sisätilojen korroosionsuojausta varten on UL50E-standardissa määritelty 8.7 luvussa 24-tunnin suolasumukoe, mutta sitä ei tarvinnut tehdä kotelolle, koska maali koteloidessa täyttää UL1332-standardin vaatimukset, joten testiä ei vaadittu.

10.2.3.3 Tiivistetesti (ks.10.2.1/5)

10.2.4 NEMA4X

Kotelot jotka on konstruoitu sekä **sisä ja ulkokäyttöön** tarjoavat suojauksen henkilön tahatonta kosketusta koteloitua laitetta vastaan ja tarjoaa suojan putoavaa pölyä vastaan, sadetta, räntää, lunta, tuulen tuomaa pölyä, roiskevettä ja vesisuihkua, korroosiota vastaan sekä ulkopuoliselta jäänmuodostumiselta koteloon. /19/

NEMA4X kotelointiluokka vaatii 5 testiä:

1. Ulkoisen jäätyamisen testi (ks.10.2.2/kohta 3)
2. Vesisuihku testi (ks.11.4)
3. Ulkotilojen Korroosion suojaus testi (ks.10.2.2/kohta4)
4. Lisä korroosiotesti

NEMA4X kotelointiluokitus vaatii lisä korroosionsuojaus testin. 200 tunnin suolasumu kokeen, jos kotelon materiaali on joku muu, kuin ruostumaton teräs AISI304 tai haponkestävää terästä AISI316 tai muovia.

NEMA4X kotelot UL98 mukaisissa turvakytkin koteloidessa ovat, joko ruostumaton terästä AISI304 tai haponkestävää terästä AISI316, **joten testiä ei vaadita.**

5. Tiiviste testi (ks.10.2.1/5)

11 STANDARDIT UL50/UL50E TESTAUS

11.1 Reikäaihiotestit standardin mukainen teoria

Osa ohutlevykotelon seinämää niin muotoiltuna, että se voidaan vaivatta poistaa vasaralla, ruuvimeisselillä ja pihdeillä asennuksen aikana tarjotakseen aukon liitettävälle lisälaitteelle, kaapelikourulle tai kaapelille. Kun metallikoteloissa käytetään reikäaihiota, ainevahvuus kotelolle tulee olla vähintään 1.35 mm. /18/



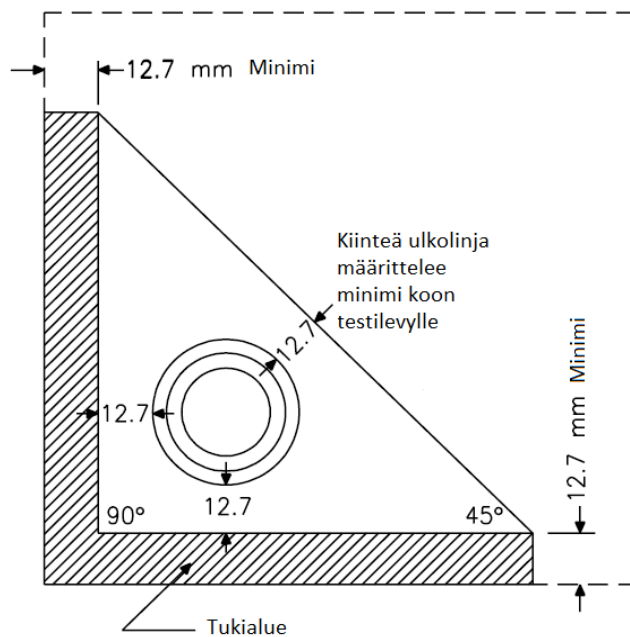
Kuva 16. Monireikäaihiota testitilanteessa.

11.1.1 Standardin UL50 määrittelemä testaustapa

11.1.1.1 Yleisesti

Tämä lauseke määrittää testivaateet, kun yhdistelmä sisältää sisimmän reikäaihiota, jota ympäröi lisärenkaat, jotka ovat valmistettu niin, että kun yksi tai useampi sen osista poistetaan ja muutoksia jäljelle jääviin renkaisiin ei synny. Eikä myöskään koteloon missä ne sijaitsevat poistamisen aikana. Eikä johdinputkien asennuksen aikana. /18/

Testikappaleet tulevat olla joko kotelaita tai testilevyjä, jotka täyttävät esimerkiksi kuvan vaatimukset.



Kuva 17. Monireikäihio testilevy.

11.1.1.2 Reikäihoiden poislyönti testi

Reikäihio ja jokainen lisärenkas alkaen pienimmästä tulee olla helposti ja siististi poistettavissa ilman, että siitä koituu haittaa muille renkaille tai kotelo ei vääntyile. /18/

11.1.1.3 Tuurna ja läpivientiholkkitesti

Nämä testit tehdään samalle testilevyllä tai kotelolle ensin tuurnatesti ja sitten testaus johdinputkella ja läpivientiholkilla.

Tuurnatesti:

Reikäihion tulee olla paikoillaan, kun siihen kohdistetaan vakaasti asemoitu kuorma 44 N (4.5 kg) vähintään 1 minuutin ajan kohtisuoraa levyn pintaa vasten tuurnalla, jonka halkaisija on 1/4" (6.35 mm) ja pää on tasainen. Tuurna tulee sijoittaa kohtaan missä reikäihiolle voi todennäköisemmin tapahtua siirtymistä ja suunta kuormitukselle tulee valita samaan suuntaan jonne reikäihio on alun perin lävistetty. /18/

Läpivientiholkkitesti:

Kuormitus 220 N (22.4kg) tulee olla vakaasti asetettu kuormitusaika vähintään 1 minuutti ensin puristus ja sitten veto kuormitus johdinputkeen, joka on asennettu poistettuun reikäaihioon läpivientiholkilla. Testiä tehdessä johdinputkin ei saa poiketa enempää kuin 5 ° kohtisuorasta pinnalle. /18/

Kaksiosainen testi voidaan katsoa läpäistyksi, jos renkaat eivät väännä merkittävästi tai renkaidenhaitat eivät murre. /18/

11.1.2 Käytännön oma esitetaus ja tarkastelu

11.1.2.1 Tuurnatesti

Testi välineet

- Tuurna halkaisija 6.35mm
- Kuorma 4.5kg

Testaustapa:



Kuva 18. Tuurnatestin ”setup”.

Tuurna asetettiin keskelle reikäaihioryhmää ja 4.5 kg kuorma päälle ja pidettiin kuormitettuna vähintään 1 minuutin ajan. Keskimmäisen reikäaihion keskusta kuorman suunta samaan suuntaan, kuin lävistys aihiolle oli tehty, katsottiin sellaiseksi kohdaksi, missä todennäköisesti voi aiheutua painumaa reikäaihioille. Tämä oli sama tapa jolla UL-laboratorio toteutti testin.

Jotkut reikäaihioiden keskustat saatiin kohtuullisen kevyellä voimalla irti levystä vaikkakin ne kestivät tuurnatestin 44 N kuormituksen. UL-standardi sanoo myös, ettei reikäaihioiden tulisi irrota kuljetuksessa ja normaalin käsittelyn aikana. Reikäaihio saatiin tiukemmaksi säätämällä lävistyksen syvyyttä.

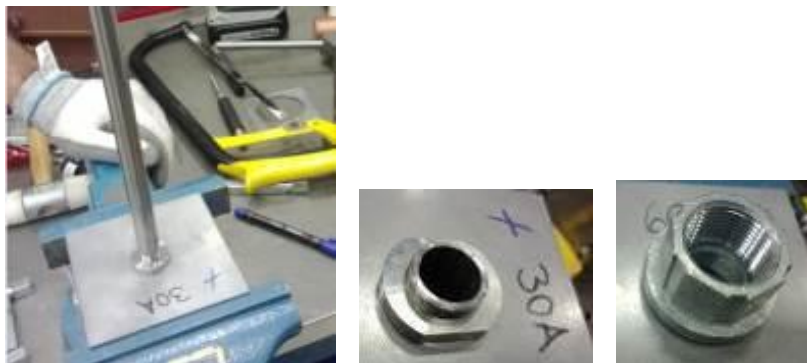


Kuva 19. Monireikäaihiotyökalu.

11.1.2.2 Testaus läpivientiholkilla ja tarkastelu

Välineet:

- kierre putket ja läpivientiholkit
- kuorma 22.4 kg
- testilevyt.



Kuva 20. Testausvälineistöä läpivientiholkkitestille.

Reikäaihioryhmän keskusta lyötiin irti ja asetettiin siihen sopiva putki missä oli putken päässä oleviin kierteissä kierrelaipat (ks. Kuvat) laipat molemminpuolin levyä tai käytettiin sopivan kokoista läpivientiholkkia, rengas kerrallaan poistaen ja testi toistaen. Kuormituspaino 22.4 kg asetettiin, joko putken tai holkin päähän ja kuormitusaika oli vähintään 1 minuutti.

Oikea tapa on aloittaa puristuskuormitus testi samasta suunnasta mistä testattavaa rengasta on lävistetty ja vetokuormitus testi sitten samalle renkaalle kääntämällä levy toisinpäin. Tämän varmistin vielä UL-insinööriltä, joka oli meillä kylässä. **Tätä ei UL-standardi määrittele.**

11.1.2.3 Reikäaihioiden poislyöntitesti

Välineet:

- ruuvimeisseli talttapää
- vasara.



Kuva 21. Monireikäaihioiden testausta.

Testaus tapa:

Aloittaen meistosuunnasta reikäaihioryhmän keskustasta ja sitten pienimmästä renkaasta suurimpaan lyödään vuorotellen renkaita irti levyn molemmilta puolilta. Jokaisen renkaan irrotuksen jälkeen tarkistetaan uloimmat renkaat ja kotelo ettei niissä ole muodonmuutoksia.



Kuva 22. Lyöntikohdat.

Tärkeää on kohdistaa iskut etäälle renkaanpidättimistä, muutoin on suuri todennäköisyys, että isku vaurioittaa ulompia renkaita.

UL98-standardin mukaisen koteloidun kytkinsarjan koteloiden tuli täyttää myös NEMA-kotelointiluokat 12K ja 3R joissa vaatimuksena on, että kotelon tulee olla täysin vesitiivis, joten on hyvin tärkeää, että myös reikäaihiot ovat tiiviit. Omien esitestauksien pohjalta syntyi ohje reikäaihioiden poistamiseen (LIITE2).

11.2 Poikkeamatestit oville

11.2.1 Poikkeamatesti oville, oma esitestaus



Kuva1. Testattava ovi asetettiin tasaiselle alustalle.

Kuva2. Neliötanko asetettiin testattavaan pisteeseen ja pinoamisvaunulla laskettiin kuorma 45.3 kg tangon päähän.

Kuva3. Kannen päälle asetettiin L-rauta kannen koko mitalle ja mitattiin poikkeama neliötangon juuresta.

Kuva4. Silmämääräisesti haettiin usea testattava piste missä kannen arvioitiin taipuvan eniten. Tämä testi oli suuntaa-antava esitesti, virallinen testi tehtiin kotelon kanssa kansi salvoilla paikoilleen lukittuna.

11.2.2 Poikkeamatesti oville UL50 standardin mukaan

Ovi ei saa poiketa enempää, kuin 6.4 mm (1/4"), kun pystysuoraan kohdistettu voima 445 N (45.3 kg) kohdistetaan mihin tahansa oven pisteeseen. Voima tulee kohdistaa oveen teräs neliötangolla jonka molempien sivujen mitta on 12.7 mm (1/2") ja tangon pää on tasainen. /18/

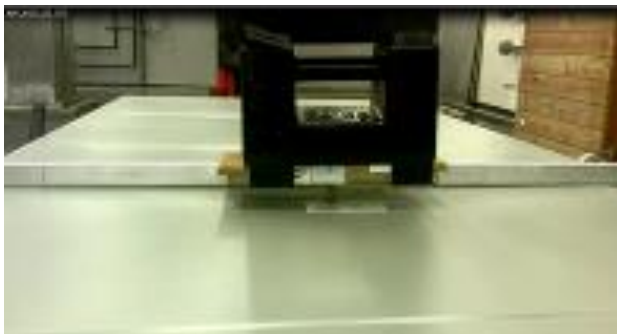
Kotelon tulee olla tasaisella kiinteällä pinnalla ovi suljettuna ja lukittuna niin, kuin on tarkoitettu. Jos lisättestaus katsotaan tarpeelliseksi, tulee testi tehdä toisella mallikappaleella. Mainitsemisen arvoista on, että kun pyysimme jos UL-laboratorio voisi tehdä sadetestin uudelleen koteloidulle kytkimelle jolle oli tehty myös poikkeamatesti. UL-laitos katsoo, että kotelon tiiviste tuhoutuu poikkeamatestissä ja jouduimme teettämään uuden testilaitteen sadetestiä varten.

Oveen on vielä projektin myöhäisemmässä vaiheessa tulossa tarkistusikkuna, toivottavaa olisi, ettei UL näe ovea "uutena" ovena jolle tulee tehdä poikkeamatesti uudelleen tähän kanttaa varautua myös, kun tehdään UL1008 koteloitua kytkin sarjaa, kun oveen on suunnitteilla aukotus ohjainpaneelille ja painonapille. Se saattaa tarkoittaa myös sitä, että sadetesti voidaan joutua toistamaan kotelolle.



Kuva 23. Kuormituspisteiden valintaa UL-labrassa.

Tanskalaiset UL-laboratorio insinöörit Sven ja Erik valitsevat poikkeamatestin kuormapistettä silmämääräisesti missä on mahdollinen suurin poikkeama.



Kuva 24. Testipaino ja tanko neliöpäällä lasketaan kuormituspisteeseen



Kuva 25. Testikuorman neliöpää

11.3 Sadetesti

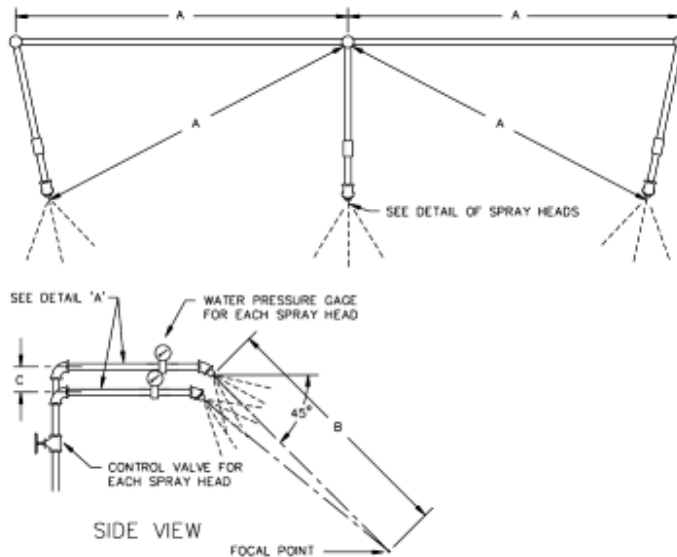
11.3.1 Sadetesti teoria UL50E-standardin mukaan

Valmis kotelo johdinputki kytkettynä tulee kiinnittää käyttöasentoonsa, poikkeuksena johdinputki tulee kiinnittää ilman, että käytetään kierrettiivistysaineita. Jäykkä johdinputki tulee kiertää kotelon aukkoon ja kiristää standardin taulukon momenttiin. /19/

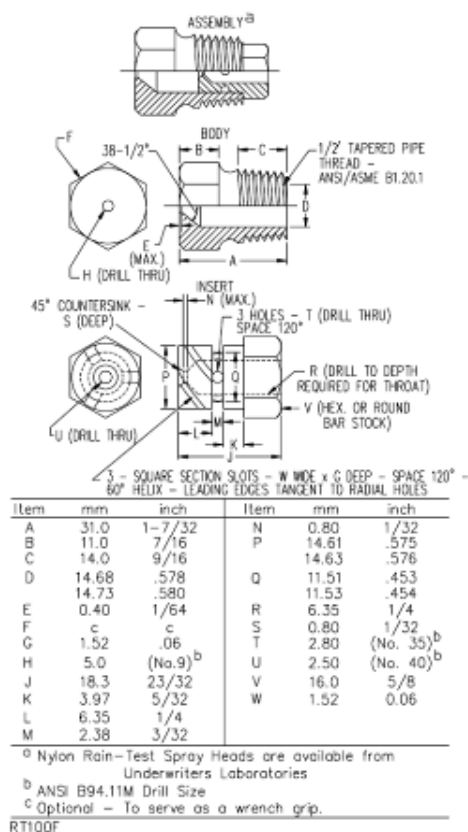
Kiristysmomentit johdinputkille: /19/

Kiristysmomentti Nm	Putken kauppakoko
90.4	3/4 ja pienemmät
113	1, 1-1/4" ja 1-1/2"
180.8	2" ja suuremmat

Testilaitteen tulee käsittää vähintään 3 suihkutussuutinta kiinnitettynä vesisyöttö putkitelineeseen, kuten seuraavalla sivun kuvassa.



Kuva 26. Suihkupäiden asemointi testissä. /19/



Kuva 27. Suihkupään mitoitus.

Kotelo tulee olla keskeisesti asemoitu suhteessa suihkupäihin niin, että suurin osa vedestä voisi mennä kotelon sisälle. Vedenpaine tulee pitää 34.5 kPa:ssa jokaisessa suihkusuuttimessa ja suihkutusaika on 1 tunti. /19/

NEMA3R-kotelointiluokituksen kotelon katsotaan läpäisseen testin:

- Jos kotelon sisällä ei ole testin jälkeen vettä ja
- Vettä ei ole päässyt korkeammalle tasolle, kuin alin jännitteinen osa muutoin, kuin määritellään kohdassa c.
- Vesi voi mennä koteloon jännitteisten osien yläpuolelle, kun alue kotelossa jonne sähköisiä osia ei saa olla sijoitettu on merkitty tai tulee olla sitä varten tehty ohjeistus. Kotelon konstruktion tulee olla sellainen, ettei vettä näy sähköisissä osissa, eristemateriaaleissa, tai mekanismin osissa ja eikä vettä esiinny missään tiloissa, joissa voi olla johdotuksia missä tahansa todellisessa asennuksessa.

11.3.2 Sadetesti UL-laboratoriossa



Kuva 28. Sadetesti UL-laboratoriossa.

Kuvista näkee kuinka UL-testilabra tulkitsee UL50E-standardi kohtaa, jossa sanotaan, että kotelo tulee olla keskeisesti asemoitu suhteessa suihkupäihin niin, että suurin osa vedestä voisi mennä kotelon sisälle. Vesi testissä osuu pääosin kotelon yläetupintaan ja yläpäätyyn mistä se valuu kylkiä ja kannen ja kotelon välisistä tiivistepintaa pitkin alas sekä UL98-standardin mukaisen koteloidun kytkimen mekanismin kiinnitysruuveille ja akseleille. Koteloa ei ruiskutettu alasuunnasta lainkaan.

Sadetesti kuvaa tilannetta, missä koteloitu turvakytkin on ulkokäytössä ja altistuu sateelle. Näkemäni mukaan sade on suhteellisen kevyttä. Omissa ennakkotesteissä teimme vielä lisätestin, missä suihkutimme vettä huomattavasti enemmän, jotta saisimme varmuuden siitä, että kotelo läpäisee testin. NEMA3R ja NEMA3-kotelointiluokitukset vaativat sadetestin.

11.4 Atomisoituvesitesti metodi A

11.4.1 Atomisoituvesitestin teoria

Kotelo tulee altistaa atomisoidulle vesisuihkulle käyttämällä suutinta, joka tuottaa pyöreän muodon vesisuihkulle halkaisijaltaan 75–100 mm, kun mitataan 300 mm päästä suuttimesta ja ilmanpaine tulee olla 200 kPa. /19/

Vedenmäärä ei saa olla vähempää, kuin 4.8 ml/cm suuttimen liikematalla. Veden virtausnopeus tulee olla 11.4 l/h. Suutinta tulee pitää 300 -380 mm päässä kotelosta ja vesisuihku tulee kohdistaa kerran kaikkiin potentiaaliin pölyn sisääntunkeutumiskohtiin, kuten saumoihin, liitoksiin ja ulkoiseen kytkentämekanismiin. /19/

Putki voidaan asentaa tasaamaan kotelon sisä ja ulkopainetta, mutta se ei saa toimia veden poisjuoksuputkena. Testissä tulee olla vähintään yksi sauma, joka edustaa jokaisen tyyppistä saumaa kotelossa. Sauma on yhtymäkohta, tai liitos kahdenkappaleen välillä. Kun kaksi kantta tai ovea on vierekkäin, niiden yhteiset päät tulee käsittää yhdeksi saumaksi. /19/

Kotelon voidaan katsoa läpäisseen testin vaateet, kun vettä ei ole päässyt kotelon sisälle. /19/

11.4.2 Atomisoituvesi testi UL-laboratoriossa

Atomisoituvesi testi on vaihtoehtoinen testi pölytestille, missä testataan NEMA12K ja NEMA12-kotelointiluokkavaatimuksia tämä kotelointiluokka on tarkoitettu sisäkäyttöön. Testi kuvaa sisäilmanpölyn tunkeutumista koteloon.

Atomisoituvesi on normaalia vesijohtovettä, joka lämmitetään +20 °C lämpötilaan ja saadaan hienojakoiseksi sumuksi puhaltamalla sekaan ilmaa. Tällä haetaan siispölyn olomuotoa testissä.



Kuva 29. Atomisoituvesitesti UL-laboratoriossa.

Testikotelo laitettiin vaakatasoon pöydälle ja ruiskutettiin vesisumulla koko kannen matkalta suihku vaakatasossa keskelle kohti kannen ja kotelon tiivistesaamaa n. 300 mm etäisyydeltä. Testivälineenä oli maaliruisku, joita on yleisesti myynnissä ja ilmanpainemittari näytti 2 Baria.

Kuvassa ympäröity kohta, joka standardin mukaan tulisi myös suihkuttaa testissä, mutta jostain syystä mekanismin kiinnitysruuveja ja akseleita ei ruiskutettu.

Testi on kohtuullisella vaivalla toistettavissa, jos tarvitaan omaa esitestausta. Testivälineistön saatavuus on helppoa ja vesimäärä on vielä kohtuullisen pieni.

11.5 Vesisuihkutesti NEMA4X/UL50E

11.5.1 Standardin UL50E määrittelemä testaustapa

Kotelo ja sen ulkoinen mekanismi tulee altistaa vesisuikulle suuttimesta, jonka sisähalkaisija on 25.4 mm ja vesimäärä testissä on vähintään 240 l/min. Vesi tulee suunnata kaikkiin liitoksiin etäisyydeltä 3 – 3.5 m. Suutin tulee ohjata pitkin jokaista liitosta yhden kerran nopeudella 6 mm/s. Johdinputki voidaan asentaa taasaamaan ulkoilman ja sisäilman painetta kotelossa, mutta johdinputki ei saa toimia veden valumiskanavana. /19/

Testi katsotaan läpäistyksi, jos yhtään vettä ei ole mennyt koteloon.

11.5.2 Käytännön vesisuihkutesti

Käytännön vesisuihkutestiä ei vielä ollut tehty tässä vaiheessa projektia alla kuvia testilaitteistosta ja vesisuihkusta.



Kuva 30. UL-laboratorion vesisuihku ”tykki”.



Kuva 31. Vesisuihku NEMA4X vesisuihku testissä.

LÄHTEET

- /1/ Insinööriyö, Langaton teknologia kytkin- ja kojeistotuotteissa, Mika Winter.
- /2/ <http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/yksikot/breakers-and-switches>.
- /3/ [http://fi.wikipedia.org/wiki/Kytkin_\(elektroniikka\)#Kytkintyyppej.C3.A4](http://fi.wikipedia.org/wiki/Kytkin_(elektroniikka)#Kytkintyyppej.C3.A4).
- /4/ <http://fi.wikipedia.org/wiki/Turvakytkin>
- /5/ [http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/01675940ba70df48c12573cc004636ec/\\$file/1SCC303004K1801.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/01675940ba70df48c12573cc004636ec/$file/1SCC303004K1801.pdf).
- /6/ <http://abblibrary.abb.com/global/scot/scot209.nsf/0>
/85750550ba727f4cc1257a94003810df/\$file/1scc301017c1801.pdf.
- /7/ http://www.sfs.fi/standardien_laadinta.
- /8/ http://fi.wikipedia.org/wiki/Standardi#Standardien_merkityksest.C3.A4
- /9/ Standardi IEC 60947-1
- /10/ Standardi IEC 60947-3
- /11/ Standardi IEC 60947-6-1
- /12/ http://en.wikipedia.org/wiki/National_Electrical_Manufacturers_Association
- /13/ http://www.rittal.com/fi-fi/content/fi/support/technischesw-sen/qminformiert/schutzarten/nema/nema_1.jsp
- /14/ http://www.nema.org/Standards/ComplimentaryDocuments/NEMA-250_2008-contents-and-scope.pdf
- /15/ http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/65040/Kaarre_Henri.pdf?sequence=1
- /16/ Standardi UL98 Enclosed and Dead-Front Switches.
- /17/ Standardi UL1008 Standard for safety/Transfer Switch Equipment.
- /18/ Standardi UL50 Enclosures for Electrical Equipment, Non-Environmental

Considerations.


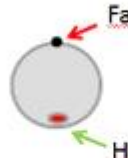
/19/ Standardi UL50E Standard for safety/ Enclosures for Electrical Equipment,
Environmental Considerations.

/20/ Standardi UL1332 <http://infohouse.p2ric.org/ref/39/38961.pdf>

LIITE1



Removing Multiple Knockouts (Center of knockouts)

● Hitpoint Sharp hit to inner edge of ring
 Note! Never hits to fastening points

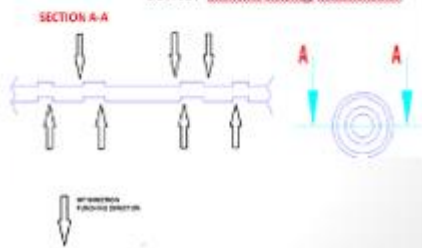



Fastening points
Hitpoints

Remove center with pliers with small movement

Note! Hit direction is always from same direction as punching direction of ring of center which being removed.

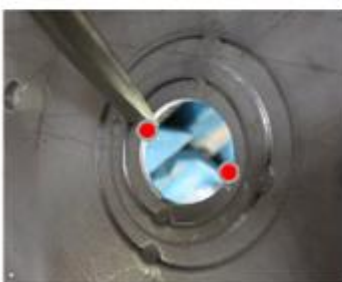
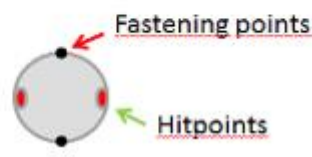


SECTION A-A
direction of punching material

Removing Multiple Knockouts (Ring removing)



● Hitpoint Note! When knockout punching direction is from inner side of enclosure, remove rings from inside of enclosure.

Sharp hit to inner edge of ring

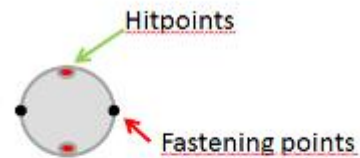
Fastening points
Hitpoints

Sharp hit to both edges of ring

Removing Multiple Knockouts (Ring removing)

● Hitpoint



Bend ring with pliers near of Fastening point

Note! Never bend from middle of ring

Remove ring with small movement Max 60°



Press with pliers together

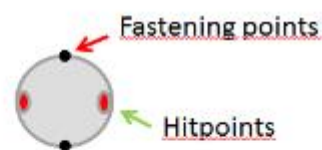
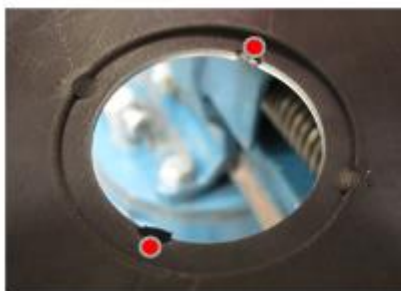


Removing Multiple Knockouts (Ring removing)

● Hitpoint

Sharp hit to both edges of ring

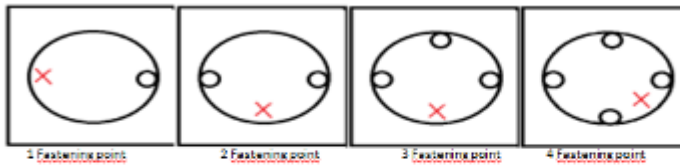
Note! When knockout punching direction is from inner side of enclosure, remove rings from inside of enclosure.



Removing Multiple Knockouts (Common Instructions)

- ✓ Always start from center of multi knockouts
- ✓ Always remove rings one by one

Principles of hitting points



✗ Hitpoint

○ Fastening point

LIITE2

Table 9
Enclosed switch wiring space

Maximum size of wire or cable involved	Minimum width and depth of wiring space		Minimum areas in mm ² (square inches) required for multiple wires based on factor of 250%											
			Two wires		Three wires		Four wires		Five wires		Six wires		Seven wires	
			mm ²	(in ²)	mm ²	(in ²)	mm ²	(in ²)	mm ²	(in ²)	mm ²	(in ²)	mm ²	(in ²)
10 AWG	9.5	3/8 ^a	148	0.23	219	0.34	297	0.46	368	0.57	439	0.68	516	0.80
8	12.7	1/2	277	0.43	413	0.64	548	0.85	690	1.07	826	1.28	968	1.50
6	15.9	5/8	400	0.62	600	0.93	800	1.24	1000	1.55	1200	1.86	1400	2.17
4	19.1	3/4	516	0.80	774	1.20	1032	1.60	1290	2.00	1548	2.40	1806	2.80
3	19.1	3/4	587	0.91	877	1.36	1174	1.82	1465	2.27	1755	2.72	2052	3.18
2	22.2	7/8	665	1.03	1000	1.55	1329	2.06	1665	2.58	2000	3.10	2329	3.61
1	25.4	1	877	1.36	1316	2.04	1755	2.72	2194	3.40	2632	4.08	3071	4.76
1/0	25.4	1	1000	1.55	1503	2.33	2000	3.10	2503	3.88	3006	4.66	3503	5.43
2/0	25.4	1	1155	1.79	1729	2.68	2310	3.58	2884	4.47	3458	5.36	4039	6.26
3/0	28.6	1-1/8	1342	2.08	2006	3.11	2684	4.16	3348	5.19	4013	6.22	4690	7.27
4/0	31.8	1-1/4	1561	2.42	2342	3.63	3123	4.84	3903	6.05	4684	7.26	5465	8.47
250 kcmil	34.9	1-3/8	1910	2.96	2865	4.44	3819	5.92	4774	7.40	5729	8.88	6684	10.36
300	38.1	1-1/2	2206	3.42	3310	5.13	4413	6.84	5516	8.55	6619	10.26	7716	11.96
350	38.1	1-1/2	2458	3.81	3690	5.72	4916	7.62	6148	9.53	7381	11.44	8606	13.34
400	41.3	1-5/8	2697	4.18	4045	6.27	5394	8.36	6742	10.45	8090	12.54	9439	14.63
500	44.5	1-3/4	3174	4.92	4761	7.38	6348	9.84	7935	12.30	9523	14.76	11110	17.22
600	47.6	1-7/8	3852	5.97	5781	8.96	7703	11.94	9632	14.93	11561	17.92	13484	20.90
700	50.8	2	4310	6.68	6465	10.02	8619	13.36	10774	16.70	12929	20.04	15083	23.38
750	50.8	2	4542	7.04	6813	10.56	9084	14.08	11355	17.60	13626	21.12	15896	24.64
800	54.0	2-1/8	4768	7.39	7155	11.09	9535	14.78	11923	18.48	14310	22.18	16690	25.87
900	57.2	2-1/4	5219	8.09	7826	12.13	10439	16.18	13045	20.22	15652	24.26	18264	28.31
1000	57.2	2-1/4	5658	8.77	8484	13.15	11316	17.54	14142	21.92	16968	26.30	19800	30.69
1250	63.5	2-1/2	7116	11.03	10677	16.55	14232	22.06	17794	27.58	21355	33.10	24910	38.61
1500	69.9	2-3/4	8219	12.74	12329	19.11	16439	25.48	20548	31.85	24658	38.22	28768	44.59
1750	73.0	2-7/8	9323	14.45	13981	21.67	18645	28.90	23303	36.12	27961	43.34	32626	50.57
2000	79.4	3-1/8	10348	16.04	15523	24.06	20697	32.08	25871	40.10	31045	48.12	36219	56.14

^a The minimum clear width and depth of a wiring space in an enclosed switch marked as acceptable for use as service equipment shall be not less than 12.7 mm (1/2 inch) in any case.

LIITE3

Table 11
Minimum width of gutter and wire-bending space in mm (inches)^a

Wire size		Wires per terminal (pole)									
mm ²	AWG or kcmil	1		2		3		4		5	
		mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
2.1 – 5.3	14 – 10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8.4 – 13.3	8 – 6	38.1	1-1/2	–	–	–	–	–	–	–	–
21.1 – 26.7	4 – 3	50.8	2	–	–	–	–	–	–	–	–
33.6	2	63.5	2-1/2	–	–	–	–	–	–	–	–
42.4	1	76.2	3	–	–	–	–	–	–	–	–
53.5 – 67.4	1/0 – 2/0	88.9	3-1/2	127	5	178	7	–	–	–	–
85.0 – 107	3/0 – 4/0	102	4	152	6	203	8	–	–	–	–
127	250	112	4-1/2	152	6	203	8	254	10	–	–
152 – 177	300 – 350	127	5	203	8	254	10	305	12	–	–
203 – 253	400 – 500	152	6	203	8	254	10	305	12	356	14
304 – 355	600 – 700	203	8	254	10	305	12	356	14	406	16
380 – 456	750 – 900	203	8	305	12	356	14	406	16	457	18
507 – 633	1000 – 1250	254	10	–	–	–	–	–	–	–	–
760 – 1010	1500 – 2000	305	12	–	–	–	–	–	–	–	–

^a The table includes only those multiple-conductor combinations that are likely to be used. Combinations not mentioned may be given further consideration.

LITE4

Table 13
Wiring space

(refer to 6.18.1, 6.18.7, and 6.18.8)

Maximum size of wire or cable involved		Minimum width and depth of wiring space		Minimum area in square millimeters (square inches) required for multiple wires based on factor of 2.5											
mm ²	AWG / MCM	mm	inch	Two wires		Three wires		Four wires		Five wires		Six wires		Seven wires	
				mm ²	in ²	mm ²	in ²	mm ²	in ²	mm ²	in ²	mm ²	in ²	mm ²	in ²
3.3	12	9.5	3/8	90	(0.14)	135	(0.21)	181	(0.28)	226	(0.35)	271	(0.42)	316	(0.49)
5.3	10	9.5	3/8	148	(0.23)	219	(0.34)	297	(0.46)	368	(0.57)	439	(0.68)	516	(0.80)
8.4	8	12.7	1/2	277	(0.43)	413	(0.64)	548	(0.85)	690	(1.07)	826	(1.28)	968	(1.50)
13.3	6	15.9	5/8	400	(0.62)	600	(0.93)	800	(1.24)	1000	(1.55)	1200	(1.86)	1400	(2.17)
21.2	4	19.1	3/4	516	(0.80)	774	(1.20)	1032	(1.60)	1290	(2.00)	1548	(2.40)	1806	(2.80)
26.7	3	19.1	3/4	587	(0.91)	877	(1.36)	1174	(1.82)	1465	(2.27)	1755	(2.72)	2052	(3.18)
33.6	2	22.2	7/8	665	(1.03)	1000	(1.55)	1329	(2.06)	1665	(2.58)	2000	(3.10)	2329	(3.61)
42.4	1	25.4	1	877	(1.36)	1316	(2.04)	1755	(2.72)	2194	(3.40)	2632	(4.08)	3071	(4.76)
53.5	1/0	25.4	1	1000	(1.55)	1503	(2.33)	2000	(3.10)	2503	(3.88)	3006	(4.66)	3503	(5.43)
67.4	2/0	25.4	1	1155	(1.79)	1729	(2.68)	2310	(3.58)	2884	(4.47)	3458	(5.36)	4039	(6.26)
85	3/0	28.6	1-1/8	1342	(2.08)	2006	(3.11)	2684	(4.16)	3348	(5.19)	4013	(6.22)	4690	(7.27)
107	4/0	31.8	1-1/4	1561	(2.42)	2342	(3.63)	3123	(4.84)	3903	(6.05)	4684	(7.26)	5465	(8.47)
127	250	34.9	1-3/8	1910	(2.96)	2865	(4.44)	3819	(5.92)	4774	(7.40)	5729	(8.88)	6684	(10.36)
152	300	38.1	1-1/2	2206	(3.42)	3310	(5.13)	4413	(6.84)	5516	(8.55)	6619	(10.26)	7716	(11.96)
177	350	38.1	1-1/2	2458	(3.81)	3690	(5.72)	4916	(7.62)	6148	(9.53)	7381	(11.44)	8606	(13.34)
203	400	41.3	1-5/8	2967	(4.60)	4045	(6.27)	5394	(8.36)	6742	(10.45)	8090	(12.54)	9439	(14.63)
253	500	44.5	1-3/4	3174	(4.92)	4761	(7.38)	6348	(9.84)	7835	(12.14)	9523	(14.76)	11110	(17.22)
304	600	47.6	1-7/8	3852	(5.97)	5781	(8.96)	7703	(11.94)	9632	(14.93)	11561	(17.92)	13484	(20.90)
355	700	50.8	2	4310	(6.68)	6465	(10.02)	8619	(13.36)	10774	(16.70)	12929	(20.04)	15083	(23.38)
380	750	50.8	2	4542	(7.04)	6813	(10.56)	9084	(14.08)	11355	(17.60)	13626	(21.12)	15896	(24.64)
406	800	54.0	2-1/8	4768	(7.39)	7155	(11.09)	9535	(14.78)	11923	(18.48)	14310	(22.18)	16690	(25.87)
456	900	57.2	2-1/4	5219	(8.09)	7826	(12.13)	10439	(16.18)	13045	(20.22)	15652	(24.26)	18264	(28.31)
507	1000	57.2	2-1/4	5658	(8.77)	8484	(13.15)	11316	(17.54)	14142	(21.92)	16968	(26.30)	19800	(30.69)
633	1250	63.5	2-1/2	7116	(11.03)	10677	(16.55)	14232	(22.06)	17794	(27.58)	21355	(33.10)	24910	(38.61)
760	1500	69.9	2-3/4	8219	(12.74)	12329	(19.11)	16439	(25.48)	20548	(31.85)	24658	(38.22)	28768	(44.59)
	1750	73.0	2-7/8	9323	(14.45)	13981	(21.67)	18645	(28.90)	23303	(36.12)	27961	(43.34)	32626	(50.57)
1010	2000	79.4	3-1/8	10348	(16.04)	15523	(24.06)	20697	(32.08)	25871	(40.10)	31045	(48.12)	36219	(56.14)