

OMAKOTITALON UKKOSSUOJAUS

Pauli Kurkoja

Opinnäytetyö
Toukokuu 2011
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähköinen talotekniikka
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähköisen talotekniikan suuntautumisvaihtoehto

KURKOJA, PAULI: Omakotitalon ukkossuojaus

Opinnäytetyö 41 s., liitteet 2 s.
Toukokuu 2011

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin monipuolisesti omakotitalon perusukkossuojaukseen. Myös sähköturvallisuutta pohdittiin. Opinnäytetyössä käytiin läpi ukkosen syntyminen, omakotitalon suojaustarpeet, lainsäädäntö, maadoitus, ylijännitesuojat ja UPS:t. Työ tehtiin mielenkiinnosta ukkosta ja sähkötekniikkaa kohtaan. Useita sähköstandardeja käytiin läpi ja tehtiin sähköstandardien mukainen omakotitalon esimerkkiukkossuojauksuunnitelma. Asioita havainnollistettiin kuvin ja taulukoin. Eri materiaaleista olevien kattorakenteiden ukkossuojaus ja salamaiskutavat käytiin läpi. Erityisesti ukkossuojat ja niiden asennustavat käsiteltiin kiinteistöjen pienjänniteverkoissa. Keskijänniteverkosta käsiteltiin jakelumuuntajien ukkossuojat. Sähkölaitteiden perus- ja lisäsuojaukset käytiin läpi.

Tulokseksi saatiin monipuolisesti asiaa käsittelevä opinnäytetyö. Tuloksia voitiin hyödyntää omakotitalon sähkösuunnittelussa, sähkösuunnitelman toteuttamisessa ja ukkossuojaamisessa. Ukkossuojien ja sähkönjakelun tulevaisuutta sekä niiden kehitysehdotuksia pohdittiin.

Toimiva ukkossuojaus edellyttää maadoitusta. Ylijännitteet on määritelty standardissa SFS 6000:4-44. Omakotitalon asukas, suojaustarve, ukkossuojatekniikka ja lainsäädäntö vaikuttavat ukkossuojauksen sisältöön ja laajuuteen. Lainsäädäntö ei vaadi ukkossuojausta, mutta ukkossuojaus tuo lisäsuojaa. Eri sähköstandardeissa esitellään myös ukkossuojausta tarkentavista näkökulmista. Tämä opinnäytetyö voi olla pohjana asian lisäpohdinnalle, esimerkiksi jollekin seuraavalle opinnäytetyölle.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electric Technique
Option of Electrical Householding

KURKOJA, PAULI: The Thunder Protection of the Households

Bachelor's thesis 41 pages, appendices 2 pages
May 2011

The purpose of this Bachelor's thesis consists of the wide thunder protection of the households'. The electrical safety is thought widely. This Bachelor's thesis presents the birth of the thunder, the protection needs of the household, legislation, grounding, overlight protection shields and UPS-devices. The work has been done because of the interest into the thunder and the electric technique. Several electric standards were handled and there was made the thunder protection plan according to the electric standards. There have been used excels and photos to illustrate main things. The thunder protection of the ceiling structures consisting different materials and the lightning striking ways are handled. The thunder shields and their installing ways are handled specifically in small voltage nets of the households'. The thunder shields of the distribution transformers are handled from the middle voltage net. The basic and the extra ways to protect the electrical devices are handled.

As a result, there has got very much the thunder protection handling graduation. The results can be used in the household's electric planning as thought doing the electric planning and in the thunder protection. The future of the thunder shields, the electric distributing and their development ideas is thought.

The grounding is the hypothesis for the working thunder protection. The overlight protection classes have been defined 1-4 in the standard SFS 6000:4-44. The member of the household, the thunder protection need, the thunder protection technique and legislation will affect on the content and the wideness of the thunder protection. Legislation does not demand the thunder protection, but the thunder protection will give extracover. Different electric standards present also the thunder protection from specifying point of views. This graduation can be the starting point into the next new one.

Key words: The thunder protecting, grounding, overlight protecting.

ESIPUHE

Kiitän Tampereen ammattikorkeakoulua ja sen opettajistoa luentomateriaaleineen tämän opinnäytetyön tekemisen mahdollistamisesta. Kiitän saamastani tuesta kotiväkeä ja neuvoista opettaja Martti Honkiniemeä sekä sähkötekniikan koulutusohjelman koulutuspäällikkö Jarkko Lehosta. Kiitän myös vantaalaista arkkitehtitoimistoa Sähkö Pietikäinen Oy:ta ja sähkösuunnittelija Markku Pietikäistä, jolta sain omakotitalon sähkösuunnitelman käyttööni ukkossuojauksen suunnittelemista varten.

Tampereella toukokuussa 2011

Pauli Kurkoja

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	2
2 YLIJÄNNITTEET: TAUSTA JA TEORIA	3
2.1 Ukkosen syntyminen	3
2.2 Ylijännitteet ja ukkossuojauksen tarve	5
2.3 Ulkoinen ja sisäinen ukkossuojausjärjestelmä	7
3 UKKOSSUOJAUKSEN VAKUUTUKSET, MÄÄRÄYKSET JA STANDARDIT....	9
4 SUOJAUSMENETELMÄT	13
4.1 Maadoituksen perustaso	13
4.2 Maadoituksen ukkossuojattu taso	14
4.3 Omakotitalon rakenteiden ja kattotyyppejen ukkossuojaus	15
4.4 Tele- ja informaatioverkkojen ukkossuojaus	18
4.5 Yhteis- ja/tai eromuotoiset jännitteet	19
5 YLIJÄNNITESUOJAT	21
5.1 Omakotitalon ylijännitesuojat	21
5.1.1 Omakotitalon ylijännitesuojien valinta	22
5.1.2 Omakotitalon ylijännitesuojien asentaminen ja toteuttaminen	23
5.2 Keskijänniteverkon ukkossuojaus	28
5.3 Omakotitalon muut suojautumiskeinot	28
5.4 Suorat salamaniskut rakennukseen tai rakennuksen läheisyyteen	29
5.5 Sähkölaitteiden perus- ja lisäsuojaus	31
6 ESIMERKKIOMAKOTITALON UKKOSSUOJAUKSEN TOTEUTTAMINEN	33
6.1 Haja-asutusalue- tai maaseututalon ukkossuojaus	33
6.2 Kaupunkitalon ukkossuojaus	34
7 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	36
LÄHTEET	39
LIITTEET	41

1 JOHDANTO

Ukkonen on vaarallinen sähkötekniinen luonnonilmiö, jota ei kannata aliarvioida. Pienasuuntojen, esimerkiksi omakotitalojen, sähköturvallisuus on hyvin tärkeää ihmisille ja eläimille. Tässä opinnäytetyössä pohditaan omakotitalon sähköturvallisuutta ja omakotitalon hyvin suunniteltua ja huolellisesti asennettua ukkossuojausta. Ukkossuojien hintoja pohditaan erikseen ja sähköammattilaisen asennustyön kanssa.

Ylijännitesuojilla tarkoitetaan samalla erityisesti ukkossuojia, ei ylikuormitussuojausta. Ukkossuojien tarkoitus on omakotitalon salamasuojauksen tehostaminen. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on antaa ukkossuojaamiseen vaihtoehtoja. Ukkossuojauksella tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä omakotitaloympäristössä toteutettavaa tehokasta maadoitusta ja teknisesti erilaisia ukkossuojia, jotka valitaan muun muassa oikean suojausluokan ja -kohteen mukaan. Lisäksi sähkölaitteille on perus- ja lisäsuojaukset, joita tarkastellaan asian ymmärrettävyyden vuoksi. Erilaisista kehittyneistä ukkossuojista kerrotaan mahdollisimman monipuolisesti tässä opinnäytetyössä.

Ukkossuojaus suunnitellaan maaseudun ja kaupungin esimerkkiomakotitaloon valmiin sähkösuunnitelman pohjalta. Kodeissa on yhä enemmän kodin elektroniikkaa sisältäviä eli herkkiä sähkölaitteita, ja siksi ne lisäävät myös tarvetta tehokkaille ja laadukkaille ukkossuojille entistäkin enemmän.

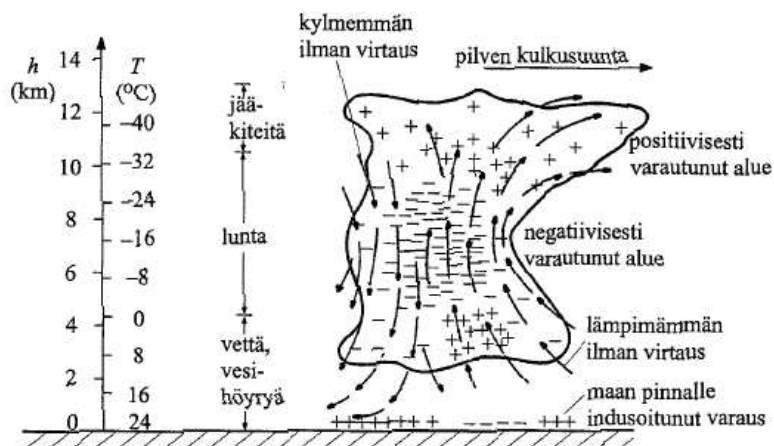
STUL ry:n Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus -kirjaa viittaauksineen SFS-käsikirjaan sekä IEC 61024-1 -standardiin on käytetty ajattelun pohjana tämän opinnäytetyön tekemisessä. Tässä opinnäytetyössä sivutaan ukkossuojaukseen aktiivisesti liittyviä IEC-standardeja. Niihin ei kuitenkaan syvällisesti paneuduta tässä opinnäytetyössä.

2 YLIJÄNNITTEET: TAUSTA JA TEORIA

2.1 Ukkosen syntyminen

Ukkonen on hyvin voimakas sähkötekninen luonnonilmiö, joka tasoittaa maanpinnan ja alailmakehän lämpötilaeroja. Salamajännite on $5 \cdot 10^6$ V ja salamavirta on 30 000 A. Sääilmiöt syntyvät ilmakehän alimmassa kerroksessa troposfäärissä, joka ulottuu noin kymmeneen kilometriin. Kun maan pinnan lämpötila ja ylempänä syntyvä lämpötilaero sekä ilmankosteus ovat riittävät, syntyy ukkospilveksi asti kasvava pystyvirtaus, jossa ylempät lumi- ja alemmat jääkiteet törmäilevät toisiinsa voimakkaasti. Tämä synnyttää erivarauksisen ukkospilven. Ukkospilven yläosa varautuu positiiviseksi ja alaosa negatiiviseksi. Maanpinta on varaukseltaan yleensä positiivinen.

Ukkospilvi ionisoi alailmakehän ja maanpinnan, eli ilma alkaa johtaa sähköä. Kolme neljäsosaa salamoista purkautuu pilvien sisällä pilven yläosan positiivisen ja pilven alaosan negatiivisen sähkövarauksen välillä. Kun maanpinnassa syntyy positiivinen varaus ja alailmakehän pilven alaosaan negatiivinen varaus, varaus purkautuu esisalaman kautta salamana pilvestä maanpinnalle. Näin syntyy yksi neljäsosa salamoista. Mitä korkeampi kohde, sitä helpommin salama iskee siihen ja purkautuu kohti maata. Ukkosta esiintyy Suomessa eniten kesäisin kesä-heinäkuussa. Ukkosta voi esiintyä myös harvemmin muinakin vuodenaikoina. (Paasonen 2001, 136-139.)

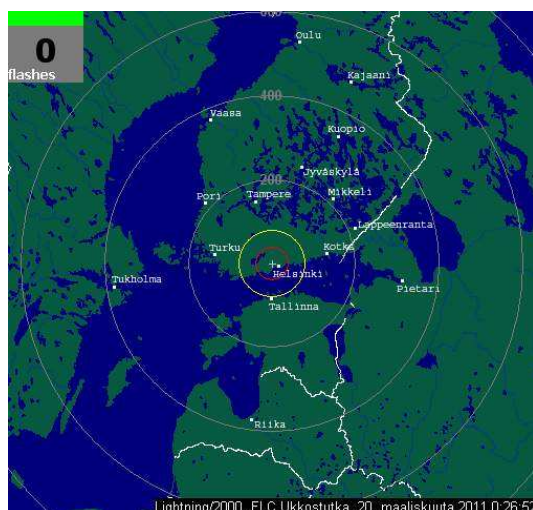


KUVIO 1. Ukkospilven syntyminen (Suurjännitetekniikka 2003.)

Kesällä 2010 Suomen Länsi-, Etelä- ja Itä-Suomessa esiintyi niin sanottu superhellekausi eli useina peräkkäisinä päivinä kesä-elokuussa lämpötila ylitti 30 °C. Tällainen todennäköinen superhellekausi on kerran 20 vuodessa. Tämän jälkeen hyvin

voimakkaissa myrskyissä esiintyneet salammat olivat vähintään muutamissa tapauksissa todennäköisin tuhoisankin tulipalon aiheuttaja eri rakennuksille. Perusteellinen ja huolellisena suunniteltu ja hankittu ukkossuojaus on tarpeellinen omakotitaloille. Tässä kiteytyy tämän opinnäytetyön ukkossuojauksen näkökulma.

Salama noudattaa fysiikan lakeja ja iskee maanpintaa korkeampiin kohtiin, esimerkiksi rakennukseen. Rakennukseen iskettyään salama etsii parhaiten johtavan reitin maahan, esimerkiksi metalliputkistot ja/tai sähköjohdot. Salama aiheuttaa näin suoraan ylijännitteen tai lähelle iskemällä epäsuorasti eli induoiden. Salama iskee eniten ilmajohtoihin, koska ne ovat maaseutualueilla ja korkealla olevat rakenteet houkuttelevat salamaa puoleensa, esimerkiksi TV-/radioantennit. Salaman tuhovoima perustuu ylivirtaan tai valokaareen, joka aiheuttaa usein myös tulipalon. (ST 53.16; ST 97.25.)



KUVIO 2. Salamalaskuri (Finnish Lightning Center 2011.)

Kuvan 2 salamalaskuri kuvaa reaaliajassa ukkostavien alueiden salamaniskuja Suomessa. Tämä laskuri on sääaiheistoon keskittyvältä Finnish Lightning Center – sivustolta. Internet-sivustoilla on nähtävillä muita ukkostutkia asennuspaikkakunnittain. Joidenkin paikkakuntien ukkostutkasivustoilla voi nähdä salamaniskutilastoja. Vastaavista salamattutkista on paljon hyötyä kuluttajalle, koska niiden avulla nähdään reaaliaikaisesti ukkostavat alueet. (Finnish Lightning Center 2011.)

2.2 Ylijännitteet ja ukkossuojauksen tarve

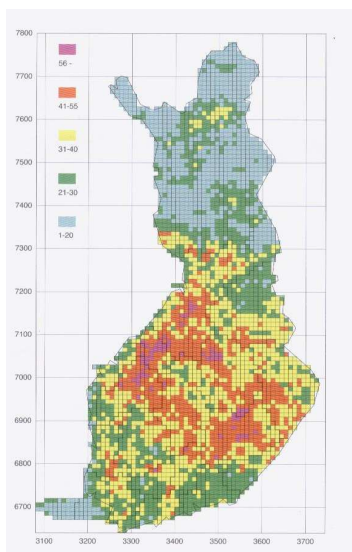
Vaarallisimmat ja siten vahingollisimmat rakennukseen kohdistuvat ylijännitteet johtuvat ilmastollisista ylijännitteistä, joilla tarkoitetaan salamoita sekä niiden suurta ja äkillistä salamavirtaa. Sähkömagneettiset häiriöt aiheutuvat suuresta salamavirrasta. Sekä keskijännite- että pienjänniteverkoissa tapahtuvista tilapäisistä kytkentätoimenpiteistä (esimerkiksi huollon yhteydessä) johtuvat ylijännitteet eivät ole ensisijaisesti niin vaarallisia kuin salamavirran aiheuttamat ylijännitteet. (Suurjännitetekniikka 2003.)

Ylijännitteet jaotellaan seuraavasti: jyrkkiä ilmastollisia ylijännitteitä ovat suorat, ilmajohtoon kautta rakennukseen iskevät salamat ja epäsuorat, maata pitkin tulevat salamat. Kytkentäylijännitteet ovat loivia ylijännitteitä. Salamat voivat kulkeutua rakennukseen jakelumuuntajien jälkeen olevia 0,4 kV:n ilmajohtoja pitkin rakennukseen asti useiden kilometrienkin matkan sekä sähkö- että puhelinilmajohtoja pitkin.

Suoraan ilmajohtoja pitkin iskeytyvää salamaa kohtaan sähkönjakeluyhtiöllä ei ole ollut haluja ja tarvetta asentaa yhdistelmäukkossuojia pienjänniteverkon puolelle eli ilmajohtopylväeseen ilmajohtopylvään ja omakotitalon välille, koska ukkossuojausta edellyttäviä kohteita on vähän pienjänniteverkossa. Kuluttajat ovat aktivoituneet hankkimaan ukkossuojia, koska elektronisten sekä sähkö- että televerkkoon liitettyjen sähkölaitteiden määrä on lisääntynyt. Ne ovat erityisen alttiita ylijännitevaurioille. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005; Sarmalux Oy 2010.)

Ukkossuojauksen tarve voidaan kartoittaa alueellisesti: omakotitalon omistaja on sähköasennuksille tilaaja, jonka tahto ratkaisee myös ukkossuojauksen hankinnan laajuuden. Asukas määrittelee ukkossuojauksen tarpeellisuuden paikalliselta sähkönjakeluyhtiöltä ja lähimmältä Ilmatieteenlaitoksen asemalta. Ukkossuojauksen tarve voidaan määrittää myös standardin IEC 61024-1 ja D1:443 mukaan vapaaehtoisena riskiarviointina. Siinä määritellään lyhyesti rakenteet tai palvelut (esimerkiksi sähkönjakelu), rakenteisiin tai palveluihin kohdistuvat vahingot ja päätellään, asennetaanko tarpeelliset ukkossuojat vai ei, eli onko kyseinen rakenne tai palvelu suojassa kyseisen tyyppiseltä vahingolta. Riskit kartoitetaan salaman aiheuttamille vahingoille: onko omakotitalossa esimerkiksi arvokasta eli tulipaloilta

suojattavaa omaisuutta. Tämä liittyy oleellisesti ukkossuojauksen periaatteeseen eli ilmastollisilta ylijännitteiltä suojaamiseen.



KUVIO 3. Vuosittainen salamatiheys 1998-2007 (Tuomi ja Mäkelä 2009.)

Kuviosta 3 voidaan havaita salamoiden esiintymistiheys Suomessa. Maantieteellisesti aktiivisin salamointialue on Etelä-Suomi. Pohjois-Suomessa ei ole aktiivista salamointia tuoksi ajaksi. Tästä voidaan päätellä salamaesiintymisen vähyys Pohjois-Suomessa.

Salaman vaikutukset jaetaan seuraavasti:

Ihmiselämään vaikutukset ovat esimerkiksi turvajärjestelmiin ja sairaaloiden lääkintälaitteisiin. Julkisiin palveluihin vaikutukset ovat esimerkiksi julkisten palveluiden keskeytymiseen, tietokonekeskuksiin ja museoihin. Kaupallisiin tai teollisiin toimintoihin vaikutukset ovat esimerkiksi hotelleihin, pankkeihin, teollisuuteen, liikekeskuksiin ja maatiloihin. Ihmisryhmiin vaikutukset ovat esimerkiksi isoihin asuintaloihin, kirkkoihin, toimistoihin ja kouluihin. Yksittäiset vaikutukset ovat esimerkiksi pieniin ja keskikokoisiin asuinrakennuksiin sekä pieniin toimistoihin. Ukkossuojaus on toteutettava turvajärjestelmissä, sairaaloiden lääkintälaitteissa ja julkisissa palveluissa. Suojausvaatimus riippuu laskennan tuloksesta muissa kohteissa. Standardi IEC 61024-1 sisältää tarvittavat laskentakaavat. (D1 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2005.)

2.3 Ulkoinen ja sisäinen ukkossuojajärjestelmä

Ulkoisen ukkossuojajärjestelmän tarkoituksena on estää suojattavassa kohteessa suoran salamaniskun aiheuttamat vahingot. Se koostuu salamanvangitsijoista, jotka voivat olla sieppaustangot, ripustetut johtimet ja verkkorakenteet sekä näiden yhdistelmät, antennimastot tai luonnollisina suojattavaa tilaa peittävät metallilevyt, kattorakenteen metalliosat tai metalliputket. Riippuen katemateriaalin syttyvyydestä, salamanvangitsijan tai kattojohtimien etäisyys katosta on 50-400 mm. Pyrkimyksenä on saada salamanisku salamanvangitsijaan eikä suojattavaan kohteeseen.

Ulkoinen ukkossuojajärjestelmä jaotellaan verkko-, suojakulma- ja pallomenetelmiin. Verkkomenetelmässä katto jaetaan tiettyihin samankokoisiin osiin eli verkoksi. Suojakulmamenetelmä perustuu suojattavaan kulmaan (yleensä 45 °) ukkossuojauksen ja suojattavan kohteen välille. Pallomenetelmä rakentuu monikulmaisessa talossa salamaniskun jäljittelyyn: pallolla ja sen säteellä tarkoitetaan salamasuojauksen tasoa. Palloa ja sädettä pienentämällä parannetaan salamansuojauksen tasoa.

Mikäli ukkosmaadoitussuojaus ei auta, ilmajohtoa pitkin suoraan omakotitaloon saapuva salama kulkeutuu seuraavaksi kohti pääkeskusta, jatkaa ryhmäkeskukselle ja lopulta jakautuu useisiin osiin ryhmäjohtoja pitkin pistorasioihin eli kulutuslaitteisiin. Puhutaan sisäisestä ukkossuojajärjestelmästä, jolla tarkoitetaan potentiaalintasausta eli johtavien osien yhdistämistä maadoitukseen. Sillä tarkoitetaan myös turvaväliden ylläpitämistä eli vaarallisen kipinöinnin estämistä, kun potentiaalintasausta ei voida toteuttaa.

Potentiaalintasausta vaikuttaa erittäin olennaisesti hengen-, palo- ja räjähdysvaaran pienentämiseen suojattavan alueen sisällä. Potentiaalintasausta suoritetaan yhdistämällä sähköverkon PE- ja PEN-johtimet maadoituselektrodina käytettyyn metalliputkistoon tai vaatimukset täyttävään maadoitusjohtimeen. Sähköjohdon vaihe- ja televerkon johtimet tulee yhdistää yleensä maadoituskiskoon ylijännitesuojien välityksellä ukkossuojauksen kannalta. Kun olennainen osa eli vähintään 25 % salamavirrasta kulkee potentiaalintasausjohtimen kautta, tasausjohtimen poikkipinnan on oltava vähintään sama kuin alastulojohtimen tapauksessa, muulloin 6-16 mm². (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)



KUVA 4. Salaman purkautuminen pilvestä maahan (Paasonen 2001.)

3 UKKOSSUOJAUKSEN VAKUUTUKSET, MÄÄRÄYKSET JA STANDARDIT

Ukkossuojaus on enimmäkseen vapaaehtoista. Tarpeellinen ukkossuojaus vaatii talomistajan omaa valveutuneisuutta. Vain pätevä eli S1/S2-luokituksella ja TUKES:in rekisterissä toimiva sähköasentaja tai -urakoitsija voi asentaa ukkossuojat. (ST 53.16; ST 97.25; Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)

Vakuutusyhtiöiden vakuutusehdoissa on vaatimuksia edellä mainittujen kohteiden ukkossuojaamisesta ja ukkosylijännitteiden aiheuttamien sähkölaitevaurioiden korvaamisesta. Useat kiinteistö- ja kotivakuutukset kattavat sähköilmiöiden aiheuttamat vahingot, mutta välillisiä vahinkoja vakuutukset eivät välttämättä korvaa. Vakuutuksilla on omavastuu ja vakuutusehdoista on hyvä tarkistaa erikseen vakuutuksen kattavuus ukkosylijännitteiden aiheuttamissa vahingoissa. Salamaniskun vahingot ovat hyvin usein aineellisia ja taloudellisia. Ne voivat olla myös henkilövahinkoja. Palovahinkojen korvaamisen lisäksi jotkut vakuutukset voivat kattaa myös sähköilmiöiden aiheuttamia vahinkoja. Vakuutusyhtiöt ja Finanssialan keskusliitto eivät ole koonneet ukkosvauriotilastoja pitkällä aikavälillä. (ST 53.16; ST 97.25; Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)

Teollisuus- ja elinkeinoministeriön (TEM) määräykset vaativat ukkossuojauksen vain eräille arvokkaille tai vaarallisia aineita sisältäville rakennuksille, esimerkiksi näkötorneille, ydinvoimaloille ja kirkoille. Esimerkiksi, TEMp 130/80 (muutos 438/1982) edellyttää suojausta salaman vaaraa vastaan tehdasalueella olevissa rakennuksissa, joissa käsitellään tai varastoidaan vähintään 50 kg tai enemmän vaarallisuusluokassa 1.1, 1.2 tai 1.3 olevia räjähdystarvikkeita. Ukkossuojauksen kunto tulee tarkistaa edellä mainituissa kohteissa vähintään kerran vuodessa. Ukkossuojausmääräykset koskevat räjähdystiloja ja palavien nesteiden säiliöitä.

Muita ylijännitemääräyksiä ovat IEC 61024-1: Yleiset periaatteet ukkossuojaamiselle, IEC 61312-1: Yleiset periaatteet salaman iskun suojaamiselle, IEC 61662-1: Riskienarviointi, IEC 61663-1: Tietoliikennekaapelien ukkossuojaus, IEC 61643-1: Ylijännitesuojat, IEC 60 364-4-443 sekä julkaisut A1-93. (ST 53.16; ST 97.25; Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)

Sesko ry:n SFS 609 Rakennusten ja rakenteiden salamasuojaus kuvaa IEC-standardia 62305 ja siihen liittyviä standardeja. Se ei korvaa muita standardeja, vaan pyrkii opastamaan ukkossuojauksessa. Telehallintokeskuksen THK 43/1998M määräys koskee Televerkkojen sähköistä suojasta. (ST 53.16; ST 97.25; Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)

Ukkossuojauksen periaate esitetään standardissa SFS 6000-4-44:2007, jossa ylijännitesuojaamisen vaatimukset on jaettu neljään lukuun. Luku 442 on pienjänniteasennusten suojaaminen tilapäisiltä ylijännitteiltä ja maasuluilta, luku 443 on suojaus ilmastollisilta sekä kytkentäylijännitteiltä, luku 444 on suojaus sähkömagneettisilta vaikutuksilta (sähkömagneettiset häiriöt EMI = ElectroMagnetic Impulses) ja luku 445 on alijännitesuojaus. (SFS 6000-4-44 2007.)

Salama voi aiheuttaa myös maasulun keskijänniteverkkoon. Maasulku voi aiheuttaa pienjänniteverkkoon jännitekuoppia eli nopeita jännitteenalenemia 1-90 %:in vallitsevasta arvosta ja nostaa PEN-johtimen potentiaalia maahan nähden. Pienjänniteverkot suojataan maasuluilta tehokkaalla maadoituksella: ilmajohtoverkkojen 0,4 kV:n päälinjat maadoitetaan 500 m välein, ja jokainen päälinjan haarautumislinja maadoitetaan. (Suurjännitetekniikka 2003.)

Salaman iskiessä ilmajohtoon ensimmäisenä salamareitillä on muuntaja, jonka vahingoituttua sähköjakelun jännite alenee hetkeksi eli pienjänniteverkkoon muodostuu alijännite, joka riittää lähes aina sammuttamaan kodeissa muun muassa tietokoneetkin. Salamanisku voi oikosulkea esimerkiksi pienjänniteverkon vaiheet ja nollajohtimen keskenään. Mikäli jännitteenalenemasta tai jännitekatkosta ja jännitteen jälleenkytkeytymisestä voi aiheutua vaaraa, ryhdytään varotoimiin. Pienjänniteverkossa käytetään online-UPS:eja, jotka tauottomasti syöttävät varavirtaa äkillisenkin sähkökatkon aikana. Keskijänniteverkossa alijännitesuojalaitteet ovat alijännitereleet. Sähkölaitteisiin käytetään soveltuvia alijännitesuojalaitteita, joiden uudelleenkytkeytyminen ei saa tapahtua automaattisesti mahdollisesta jännitekatkosta johtuneesta vaaratilanteesta. Kun käytetään kontaktoreita, niiden avaus- ja sulkeutumismekanismeissa tapahtuva hidastuminen ei saa estää ohjaus- ja suojalaitteiden välitöntä katkaisua. (ABB 2010; SFS 6000-4-44 2007.)

Yleensä kytkentäyliännitteet ovat pienempiä kuin ilmastolliset yliännitteet eli transientit. Asennuksen liitäntäpisteessä esiintyviin yliännitteisiin, odotettavissa olevaan salamavirtatasoon sekä ukkossuojien sijoitukseen ja ominaisuuksiin on kiinnitettävä huomiota siten, että häiriöt voidaan pienentää hyväksyttäväksi.

Luontainen suojaus tarkoittaa maakaapeliverkossa pelkästään ukkossuojien käyttämistä. Mikäli syöttönä on ilmajohtoverkko, suojaus pitää toteuttaa riskiarvioinnin mukaan, jos sijaintipaikan ukkospäiviä on yli 25. Ukkossuojan suojatase ei saa ylittää yliänniteluokkaa 2. Saman asian ilmaisee määräys A2-94, kohta 131.6: yliännitesuojaus. Yliänniteluokka 1:n sähkölaitteiden suojaamiseen on kiinnitettävä huomiota kaikissa tapauksissa. Soveltuva suojaamistaso saavutetaan käyttämällä ukkossuojia. (ST 53.16; ST 97.25; Rakennusten yliännite- ja ukkossuojaus 2005.)

TAULUKKO 1. Laitteiden vaadittu yliännitesuojaustaso (SFS 6000-4-44-443.4 2007.)

Taulukko 44B				
Asennuksen U_N a) [V]	Laitteille vaadittu impulssiyliännitteen			
	kestävyys b) [kV]			
Kolmivaihejärjestelmä	Yliänniteluokka 4	Yj-luokka 3	Yj-luokka 2	Yj-luokka 1
230/400	6	4	2,5	1,5
400/690	8	6	4	2,5
1000	12	8	6	4
a) SFS-IEC 60038 mukaan				
b) Tämä jännite johdetaan				
äärijohtimien ja suojajohdinpäiriin välille				

Ukkosen aiheuttamat sähkömagneettiset häiriöt voivat vahingoittaa tietotekniikan ja liikenteen laitteita, elektroniikan komponentteja, tai elektronisia piirejä sisältäviä laitteita. Voima- ja tietoliikennekaapelit asennetaan eri kulkureiteille. Ukkossuojauksessa ne erotetaan alastulojohtimista riittävällä etäisyydellä tai suojuksilla. Minimietäisyys määritellään standardin IEC 62305-2 mukaisesti. Ukkossuojia ja lisäjohtimia käytetään oikosulkuvirran rajoittamiseksi vaipallisissa tietoliikennekaapeleissa.

Tehokkaita häiriösuodattimia voidaan käyttää myös magneettisten häiriöiden suodattamiseen. EMC-suojaus tarkoittaa sähkölaitteille sähkömagneettista yhteensopivuutta (EMC = ElectroMagnetic Compability). Sähköasennuksien

sähkölaitteiden sähkömagneettinen yhteensopivuus varmistetaan EU:n direktiiveillä 2004/108/EY ja 2005/95/EY. (SFS 6000-4-44-444 2007.)

Sähkömagneettinen LEMP-pulssi (Lightning ElectroMagnetic Pulse) syntyy salaman iskusta ja siltä suojaudutaan ylijännitesuojilla. Sähkömagneettisen häiriökentän suuruuteen vaikuttavat salamavirran lisäksi metallijohteissa, kuten potentiaalintasauskiskossa, kaapelivaipoissa ja putkissa kulkevat virrat, kaapelien reititys ja kaikki rakenteissa olevat aukot, esimerkiksi ovet ja ikkunat. Kaapelien reititys, suojavaippon käyttö kaapeleissa ja häiriösuojien käyttö ovat tehokkaita suojauskeinoja. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005).

4 SUOJAUSMENETELMÄT

Tehokas maadoitus tarkoittaa yhtenäistä ja luotettavaa potentiaalintasausta. Maadoitusta tarvitsevat kiinteistön sähkölaitteet ja tärkeimmät metalliosat, jotka yhdistetään maadoituskaapeilla pääkeskuksen (PK) läheisyydessä sijaitsevaan päämaadoituskiskoon (PMK), jotta salama- ja oikosulkujen aiheuttamat vikavirrat purkautuvat kohti maata mahdollisimman vaarattomasti ihmisen ja eläimen turvallisuuden kannalta. Maadoituskaapelin väri on aina keltavihreä (KeVi). Perusmaadoituskaapelin koko on 6 mm² KeVi. Tätä isompia ovat 16 mm², 25 mm², 50 mm² ja niitä käytetään kohteesta riippuen. Pienjänniteverkon maadoittaminen alentaa tehokkaasti nolla- ja suojamaadoitusjohtimen välisiä ylijännitteitä.

4.1 Maadoituksen perustaso

Kiinteistöön on aina asennettava maadoituselektrodi. Yleensä rakennuksen perustan alle ja rakennuksen ympäri asennetaan paljasta kupariköyttä, jonka koko on 16 mm². Asennussyvyyden korkeusväli on vähintään 0,5 m ja korkeintaan 1,0 m. Rengaselektrodin etäisyys on vähintään 1 m rakennuksen seinistä. Alumiini syöpyy ja hapettuu helposti, joten käytetään kuparia. (SFS 6000-5-54 2007.)

Maadoituskaavion korroosiolta suojatut kuparikaapelit on saatu SFS 6000:sta, s. 319 – 335, taulukoista 54-2 s. 322 (1b; s. 333) ja 54-1 s. 320 (T; s. 333). Suojajohtimen S pinta-ala neliömillimetreinä lasketaan kaavalla:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k}, \text{ jossa} \quad (1)$$

S = suojajohtimen pinta-ala [mm²]; laskemalla mainituilla olevilla arvoilla saadaan likimain $2 \text{ mm}^2 = 6 \text{ mm}^2$. \Rightarrow 16 mm² kohdan SFS 6000-544.1.1 mukaan PK:lta PMK:lle.

I = suojalaitteen kautta kulkevan prospektiivisen vikavirran tehollisarvo [A] = 110 A (3*25 A tulppapääsulakkeet)

t = suojalaitteen toiminta-aika [s] = 5,0 s

k = kerroin, jonka arvo riippuu muun muassa olosuhteista ja materiaalista. [Liite 54A, s. 329]

= 143 .

Suojaavat potentiaalintasausjohtimet, jotka liitetään päämaadoituskiskoon:

SFS 6000, kohta 544.1.1:

Suojaavien potentiaalintasausjohtimien poikkipinnan pitää olla vähintään

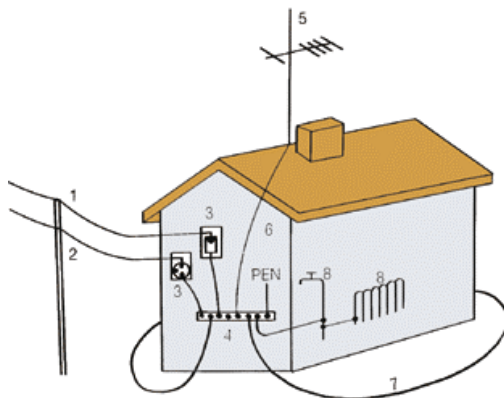
- 6 mm² kuparia
- 16 mm² alumiinia tai
- 50 mm² terästä.

Maadoituselektrodi (*T*):

Korroosiota kestävä ja mekaanisesti luja maadoituselektrodi (*T*) on kuparista valmistettu ja pintakäsittelyltään paljas. Vaakaelektrodin pyöreä johdin on Suomessa poikkipinnaltaan vähintään 16 mm², esistandardin mukaan minimivaatimus on 25 mm². Liitteen maadoituskaaviossa maadoituselektrodi *T* olisi siten korroosiosuojattua ja mekaanisesti kestävää paljasta 16 mm² köysikuparia, joka on asennettuna rakennuksen perustuksien alle. (SFS 6000-5-54 2007.)

4.2 Maadoituksen ukkossuojattu taso

Ukkossuojauksessa maadoituselektrodin kooksi tulee 25 mm². Käytön perustelu on SFS 6000:n luvun 5-54 kohdan 542 taulukossa 54.1 f. Ukkosmaadoitusjohtimille suositellaan 16 mm² kokoa. Maahan on tarpeen asentaa erikseen erillinen pystyrauta, joka on yhteydessä maadoituselektrodista maahan. Pystyrauta varmistaa osaltaan suuren salamavirran kulkeutumisen maahan. (SFS 6000-5-54 2007.)



KUVIO 5. Pienrakennuksen ukkossuojauksen periaaterakenne (Tukes 2010.)

1 = Kiinteistön liittymissähkökaapeli

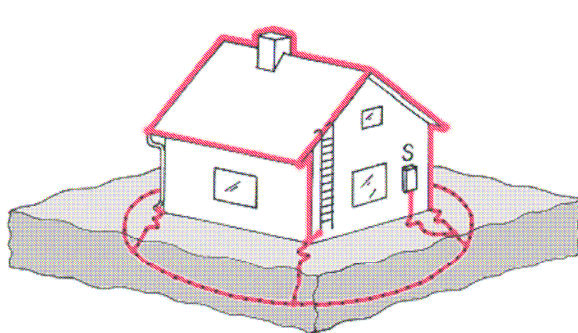
- 2 = Kiinteistön liittymispuhelinkaapeli
- 3 = Venttiilisuoja
- 4 = Potentiaalintasauskisko
- 5 = Antenni
- 6 = Antennin maadoitusjohdin potentiaalintasauskiskolle
- 7 = Maadoituselektrodi
- 8 = Kiinteistön metallisien osien maadoitusjohtimet

4.3 Omakotitalon rakenteiden ja kattotyypin ukkossuojaus

Katolta maadoituselektrodiin olevien ukkossuojausosien liitokset on toteutettava hyvin luotettavasti kaikkien kattotyypin maadoituksessa. Samoin pitää käyttää korroosiosuojattuja liittimiä, ruuveja ja muttereita ruostesuojaksi. (ST 97.25.)

Kiinteistön peltikaton jokaiseen nurkkaan asennetaan 16 mm² -ruuvikiinnitteiset kattojohdinpitimet. Ne yhdistetään seinäasenteisiin alastulojohtimiin, jotka yhdistetään päämaadoituskiskoon. Kattojohtimet yhdistetään alastulojohtimilla päämaadoituskiskoon. Metallirakenteet, esimerkiksi metallitikkaat, yhdistetään jo erikseen peltikattoon kiinni. Metallitikkaiden alapää on hyvä yhdistää myös päämaadoituskiskoon. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)

Ukkossuojausjohtimena voidaan käyttää esimerkiksi 10 mm² kuparilankaa tai 16 mm² kupariköyttä. Katto- ja alastulojohtimina voidaan käyttää myös metallisia rännikouruja ja syöksytorvia. SFS 6000:n suosituksesta induktiosilmukan eli maadoituselektrodin vahvuuden määrittäminen on käsitelty luvussa 4. (SFS 6000-5-54 2007.)



KUVIO 6. Peltikattoisen omakotitalon ukkossuojauksen rakenne (Tukes 2010.)

Harjakattoisessa talossa katon harjalle sekä pääty- ja sivurännien yläreunaan asennetaan metalli- eli kattoukkosjohtimet, ja ne liitetään 16 mm² alastulojohtimiin, jotka yhdistetään päämaadoituskiskoon. Harjajohtimesta vedetään haara savupiipun nokalle,

johon salama voi myös iskeä. (SFS 6000-5-54 2007; Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)

Tiilikatolle asennetaan harjajohtimen pidin. Tasakatolle asennetaan säänkestävät betoni- ja muovikiinnikkeet. Ränniasennukseen voidaan asentaa myös ukkosjohdinpidikkeitä. Johdinpidikkeisiin voidaan asentaa myös sieppaus- tai maahanvientitangot, jotka ovat salamanvangitsijoita. Pieni maadoitusresistanssin arvo sekä mahdollisimman lyhyet ja useat virtatiet katolta maadoituselektrodiin ovat hyvin suositeltavia. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)

Sieppaustankojen halkaisija on 16 mm. Maahanvientitankojen pituus on 1,75 m ja halkaisija 16 mm sekä niiden ylä- ja alapäässä ovat liittimet johtimille. Maahanvientitankojen käyttö on paikoissa, joissa on maadoitusköyden mekaanisen maanpäällisen vaurioitumisen vaara. Maahanvientitankojen maanalainen osuus on peitettävä korroosionestonauhalla, kun käytetään kuparimaadoitusköyttä. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005; SLO 2010.)

Alastulojohtimet on asennettava mieluiten rakennuksen kulmiin ja järjestettävä siten, että salamavirralla on useita rinnakkaisia kulkuteitä maahan. Virtatien pituus eli yhteys maahan on oltava mahdollisimman lyhyt pystysuoraan asennettavilla alastulojohtimilla sekä mutkaton, jotta alastulojohtimen impedanssi Z pysyy pienenä. Mikäli palava rakenne on helposti suojatuksi tarkoitettussa rakenteessa, alastulojohtimen ja suojattavan tilan välisen etäisyyden on oltava vähintään 0,1 m.

Jos salamavirta tunkeutuu suojattavan tilan sisälle, tarvitaan vähintään kaksi alastulojohdinta, joiden välinen etäisyys on 10-25 m. Tässä tapauksessa alastulojohtimet on yhdistettävä maatasossa vaakasuoralla renkaan muodostavalla johtimella, ja tällainen johdin vaaditaan myös korkeussuunnassa aina 20 m välein.

Metallisia sadetorvia ja tikkaita voidaan käyttää alastulojohtimina, kunhan ne on liitetty alapäästään maadoitukseen. Rakennuksessa pitää olla aina vähintään kaksi alastulojohdinta, eikä piste rakennuksen seinällä saisi olla 10 m etäämpänä alastulojohtimista seinää pitkin mitattuna. Jos alastulojohtimia on vähintään kaksi, ja ne sijaitsevat rakennuksen vastakkaisilla puolilla, 10 mm² kuparijohdin ja 25 mm² kuumasinkitty teräsjohtin riittävät käytännössä salamavirtojen kannalta. Vain erittäin

harvinaiset, energialtaan suurimmat salamet voivat ylikuormittaa näitä johtimia, mutta tällöinkin suojaus hoitaa tehtävänsä.

Kattojohtimet on asennettava siten, että tuuli, jää ja lumi eivät vaurioita niitä, ja ne ovat hyvin korroosiosuojattuja. Esimerkiksi galvanoidun teräksen ja kuparin väliset kontaktipinnat ovat hyvin korroosioherkkiä, joten niitä tulee välttää. Mikäli kattopinnoitemateriaali on palonarkaa, palovaaraa voidaan pienentää seuraavalla kolmella tavalla: suurentamalla kattojohtimien poikkipinta-alaa tai lisäämällä kattojohtimien lukumäärää, asentamalla kattojohtimet kauemmaksi kattopinnasta tai asentamalla lämpösuojailevy johtimien ja kattopinnan väliin.

Harjakatoissa harjajohdin ja muut kattojohtimet kiinnitetään johdinpidikkeillä kattoon korkeintaan 1,2 m välein. Ränneissä kattojohtimet yhdistetään alastulojohtimiin. Tasakattokiinnityksissä käytetään esimerkiksi betonisia johdinpidikkeitä. Riittävä suojavaeli salamanvangitsijan ja jonkin muun sähköisen tai metallisen rakenteen välillä on 0,8 - 1,0 m.

Antennit voivat vangita salamoita. Antenniputki on maadoitettava yhdistämällä se potentiaalintasauskiskoon ja ukkossuojauksessa kattojohtimiin. Antennimaadoitusjohtimen on oltava ukkossuojauksessa vähintään Cu 16 mm² KeVi. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)

TAULUKKO 2. Katto- ja alastulojohtimien käyttöluokittelu (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)

Katto- ja alastulojohtimien käyttöluokittelu			
Materiaali	Johtimien poikkipinta-ala [mm ²]		Pienin suositeltu ainepaksuus [mm]
	Tavalliset rakennukset	Erikoisrak.	
Kupari	16	35	1
Teräs	35	50	2
Alumiini	25	50	2

Teräksen tulee olla hyvin korroosiosuojattua. Sinkityksen pitää olla vähintään 60 mm vahvuinen. Alumiinia ei saa käyttää maassa eikä syöpymistä aiheuttavalla alustalla. Kattojohtimien etäisyydeksi kattopinnasta riittää tavallisesti 50 mm. Jos kattomateriaali on herkästi syttyvää, etäisyyden tulee olla 400 mm. (ST 97.25; Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005; SLO 2010.)

Salama iskee yleensä 45 asteen kulmassa ja sen iskukulma vaihtelee 10 - 170 °:n välillä. Johtimien ja myös maadoituksen vastus on 100 - 500 Ω. Noin 8 - 10 m johto riittää vastukseksi suojiin välissä eri jaksoluville. Vastus alenee aina puoleen haaroitettaessa. Vastus, haaroitus ja varistori auttavat tehokkaasti salamavirrasta selviytymiseen ja minimoivat vahingot. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)

4.4 Tele- ja informaatioverkkojen ukkossuojaus

Tele- ja informaatioverkoista muodostuu tähti- tai verkkomaisia. Tähtijärjestelmässä on yksi ja keskitetty potentiaalintasauspiste, josta yleensä tehdään ukkosmaadoitus maassa olevaan perustusmaadoituselektrodiin. Verkkomaiseksi rakennetun verkon ukkossuojaus toteutetaan monesta kohtaa maadoitukseen, koska ei ole keskitettyä keskusta.

Tele- ja informaatioverkkojen ukkossuojaus toteutetaan Viestintäviraston määräyksellä 43 viestintäverkon sähköisestä suojaamisesta ja kaasupurkaussuojista eli kipinäväleistä, diodi- tai tyristorityyppisillä puolijohdesuojilla. Ne ovat nopeampia kuin kaasupurkaussuojat, mutta eivät kestä yhtä suuria virtoja. Edellä mainittuja puolijohdesuojia käytetään yhdessä kaasupurkaussuojien kanssa yleensä televerkkojen laitteiden sisällä, jolloin ulkopuolisena ukkossuojana riittää kaasupurkaussuoja ja niiden välille tarvitaan koordinaatiokomponentti, joka varmistaa kaasupurkaussuojan syttymisen ennen kuin puolijohdesuoja tuhoutuu. ITU-T:n suositusten K.20 ja K.21 vaativa testaustaso on hyvä suuntaviitta komponenttien mitoittamiseen.

Päätelaitteet ovat usein huonommin suojattuja, jolloin yhdistelmäsuojan käyttö voi olla paikallaan. Silloin pitää varmistaa yhdistelmäsuojan yhteensopivuus suojattavan järjestelmän kanssa sekä toimintajännitteen että transmissio-ominaisuuksien kannalta. Päätelaitteissa käytetään varistoreja, joiden sähköpiireissä tasajännitteen suuruus estää kaasupurkaussuojien käyttämisen. Varistori rajoittaa jännitteen kynnysjännitteen tasolle. Yksinään tai puolijohdesuojan paikalla yhdistelmäsuojassa voidaan käyttää varistoria. Suurtaajuisiin virtapiireihin se ei sovellu, koska varistorin kapasitanssi on rakenteen vuoksi suurehko.

Tele- ja tietoverkkojen ylivirtasuojat ovat piirin sarjakomponentteja, jotka katkaisevat virtapiirin, kun niiden läpi kulkee riittävän suuri virta. Ylivirtasuojia ovat sulake, PTC-

vastus ja puolijohdeylivirtasuojat. Viestintäviraston määräys 43 määrittelee, että ylivirtasuojia asennetaan käytännössä teleasemien jakotelineisiin, yhdistäviin kaapelipäätteisiin ja maaseutuasiakkaiden talopäätteisiin. Tilaajan oman puhelinvaihteen alaliittymiä voidaan myös joutua suojaamaan. Pientalojen tele- ja tietoverkkojen suojaus toteutetaan samoin kuin sähkökeskustenkin suojaus: talopäätteen ja pääkeskuksen päämaadoituskiskon välissä on oltava mahdollisimman lyhyt johdin. Pienjänniteverkon jännite ei saa päästä maaseudulla olevan pientalon puhelinverkkoon, jos taloa syöttävän PEN-johdin sattuu katkeamaan. Tämä estyy käyttämällä ylijännitesuojia. Yhteisantenniverkon potentiaali tasataan rakennuksen potentiaaliin. Se toteutetaan yhdistämällä antennijärjestelmän päävahvistin 4 mm²:n kuparisella potentiaalintasausjohtimella potentiaalintasauskiskoon. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)

Yhteismaadoituksella tarkoitetaan pienjänniteverkon ja televerkon yhteismaadoitusta teleasemilla sekä silloin, kun ei käytetä erillisiä maadoituselektrodeja. Jo viitisentoista vuotta on ollut voimassa määräys asentaa maaseudulla ukkossuojat asiakkaan puhelinjohdon johtimien ja pienjänniteverkon maadoituksen väliin. Nykyisin verkossa käytetään useimmiten yhteisiä tele- ja pienjännitesähkömaadoituksia.

Yhteismaadoituksilla estetään verkkojen väliset ylijännitteet. Maasulkuvirtojen esteetön pääsy haittaa selvästi televerkon kaapeleita. Maasulkujännite ei riitä syyttämään ylijännitesuojaa pieniresistanssisissa virtapiireissä, mikä on tuonut haasteita laitesuunnittelulle. Yhtenäinen maadoitusjärjestelmä on suositeltavaa myös sähkö- ja telejärjestelmille, koska yhdistämisellä saadaan aikaan toimiva potentiaalintasaus. Näin saadaan vahva perusta ukkossuojien toimivuudelle. Ukkossuojauksen kunnollisen toimivuuden ja tehokkuuden kannalta on yhtenäinen maadoitus ehdottoman tärkeää rakennuksen sisä- ja ulko-osien metalliosissa, jotka ovat yhdistettyinä maadoituselektrodiin. Puristushitsaus hitsataan hyvin, jotta liitosten maadoituksesta tulee luotettava ja siten maadoitus on yhtenäinen. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)

4.5 Yhteis- ja/tai eromuotoiset jännitteet

Yhteismuotoiset ylijännitteet vaikuttavat kaikkiin maadoitusjärjestelmiin. Yhteismuotoiset ylijännitteet esiintyvät jännitteisen johtimen ja maan välillä (esimerkiksi vaihe/maa tai nollajohdin/maa). Jännitteiset johtimet eivät tarkoita

pelkästään vaihejohtimia, vaan myös nollajohtimia. Tällöin luokan 1 ja luokan 2 sähkölaitteet tuhoutuvat.

Eromuotoiset ylijännitteet kiertävät jännitteisten johtimien välillä vaihe/vaihe tai vaihe/nollajohdin. Eromuotoiset ylijännitteet vaikuttavat TT-maadoitusjärjestelmiin. Nämä ylijännitteet vaikuttavat myös TNS-maadoitusjärjestelmään, jos nollajohtimen ja suojamaadoituksen kaapelien pituudet poikkeavat toisistaan huomattavasti.

(ST 53.16; Massinen 2002; Korhonen 2009.)

5 YLIJÄNNITESUOJAT

Ylijännite- eli ukkossuojien tarkoituksena on eliminoida sähköverkon ja salaman aiheuttamat jännitepiikit. Ylijännitesuojaus valitaan siten, että ylijännitesuojien suojaus alittavat ylijänniteluokkien vaatimukset, ja suojien syöksyvirrat vastaavat asennuskohtien todennäköisiä syöksyvirtoja. Myös sähköverkon nimellisjännite pitää ottaa huomioon. Kaikki ylijännitesuojat valitaan periaatteessa suojan suurimman sallitun, jatkuvan käyttöjännitteen, suojaustason ja nimellisvirran perusteella. Sähkölaitteiden ylijännitekestoisuus vaikuttaa ylijännitesuojaukseen. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)

Ylijännitesuojien pitää kestää hyvin suuri salaman aiheuttama ylijännite eli transientti, jotta ne toimivat kunnolla. Ylijännitesuojan purkauskyky on yleensä 12 kA - 60 kA. Delta-ylijännitesuojat kestävät 60 kA vahingoittumatta, ja ne ovat täysin vesitiiviit, joten ne käyvät muun muassa puutolppiin kiinnitettäväksi. Hankalasti määritettävän ja laitekohtaisen kynnyksijännitteen ylittyessä ylijännitesuoja alkaa johtaa ylivirtaa maata kohti. Mitä nopeammin ylijännitesuoja toimii, sitä parempi se on sähkölaitteille. Ylijännitesuojan johtamiskyky riippuu neljästä tekijästä: salamapulssin huippujännitteestä, energiasisällöstä, ylijännitesuojan laukeamisnopeudesta sekä johtamiskyvystä. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005; Heikkinen 2010; Reps 2010.)

5.1 Omakotitalon ylijännitesuojat

Pienjänniteverkon ylijännitesuojat rajoittavat ylijännitteet suojaustasonsa mukaiseen arvoon, joka on yleensä 1,5 - 3 kV. Suojien räjähtämättömyys ja kyky estää pysyvä maasulun syntyminen sekä vikaantumisen suojan havaitsemisen helppous on syytä myös huomioida. Tämä tulee ottaa huomioon suunniteltaessa rakennuksen sähkö- ja telejohtojen ylijännitesuojauksen virtakestoisuutta. Selektiivisyys pitää huomioida ylijännitesuojien sähkösuunnittelun valinnassa ja toiminnassa. Selektiivisyys tarkoittaa mahdollisimman pienen verkon osan vikaantumista kerrallaan. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005; ABB 2010.)

Piensähköasennusten salamasuojaaminen toteutetaan ylijännitesuojilla. Niitä ovat pääkeskukseen asennettavat karkean tason ylijännitesuojat (B), ryhmäkeskuksiin tai

alakeskuksiin asennettavat keskitason ylijännitesuojat (C), ryhmäkeskuksiin ja kiinteistön pistorasiatasoon laitteisiin suoraan sekä ryhmäjohdossa kytkettyihin laitteisiin kiinteästi asennettavat hienotason kojesuojat (D). Eräiden D-mallien ledit ilmaisevat toimintakykyä ja vikaantumista. Kukin ylijännitesuoja (B, C, D) noudattaa SFS 6000-4-44-443.4 2007 taulukon 44B mukaista ylijännitesuojaustasoluokitusta. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005; Tukes 2010; Lahti 2005.)

Suurin osa juuri salamaniskun jälkeisestä syöksyvirtaenergiasta pyritään purkamaan syötön sisäänmenopisteessä kohti maata, ja samalla syöksyjännite rajoitetaan kiinteän asennuksen kestäväksi tasolle. Seuraavilla tasoilla rajoitetaan ylijännitettä ja syöksyvirtaenergiaa edelleen. Pääkeskuksen ylijännitesuoja on välttämätön, koska siihen kohdistuu todennäköisimmin aina voimakkain ylijännite. Virta-aallot ovat B- ja C-tason ylijännitesuojien läpi kulkevat ylivirrat, kun kyseessä oleva ylijännitesuoja on altistunut salaman aiheuttamalle ylijännitteelle. B-tason virta-aalto on 10/350 - ja C-tason virta-aalto on 8/20. Ukkossuojan läpi kulkeva ylivirta tarkoittaa ukkossuojan sähköistä ominaisuutta. (ABB 2010; Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)

5.1.1 Omakotitalon ylijännitesuojien valinta

Korkealuokkainen suojaus edellyttää vähintään karkean ja keskitason (B + C) yhdistelmäsuojausta. Useampitasoinen suojaus on tehokkain ukkossuojausta tavoiteltaessa. Sähkökeskuksissa kannattaa olla karkean ja keskitason (B+ C) yhdistelmäsuoja. Pistorasiatasolla kannattaa olla antenni- tai yhdistetty puhelinliityntä- ja sähköliityntäsuoja. Yhdistelmäsuojat käyvät myös puhelinlaitteisiin. Moniportaista suojausta tarvitaan, jotta jäännösjännitetasot saataisiin riittävän alhaisiksi ja energian purkauskkyky yhteenlaskettuna riittävän suureksi. Kun salamaniskun todennäköisyys on suuri, käytetään B + C - tai lisäksi D - eli B + C + D -suoja. Kun salamaniskun todennäköisyys on keskisuuri tai pieni, käytetään C - tai C + D -suoja. Kolmivaiheiset yhdistelmäsuojat suojaavat paremmin 5-johdinjärjestelmää (TNS) kuin 1-vaiheiset, koska kaikki vaiheet ovat samanaikaisesti suojattuja. TNS-järjestelmässä käytetään karkean tason suojauksessa kolminapaisia ylijännitesuojia, jotka sijoitetaan välittömästi pääsulakkeiden jälkeen. Keskitason suojauksessa käytetään nelinapaisia ylijännitesuojia. Kaksinapaisia ylijännitesuojia käytetään suojaamaan 1-vaihe ryhmää. Suomessa käytetään ensisijaisesti 5-johdinjärjestelmää tehokkaan maadoituksen vuoksi. (ABB 2010; Tukes 2010; Korhonen 2009.)

Ylijännitesuoja B asennetaan mahdollisimman lähelle sähkösyöttökohtaa, sen jälkeen ryhmä- tai alakeskukset varustetaan ylijännitesuojilla C ja laitetason pistorasioihin asennetaan ylijännitesuojat D. Vaikka rakennus ei sijaitse ukkosherkällä alueella, verkossa voi ilmetä kytkentäylijännitteitä, joita varten käytetään ylijännitesuojaa C. IP-luokitus B- ja C-ylijännitesuojille on IP20 ja D-suojille varsinaisesti kuivissa tiloissa IP20. (ABB 2010; Massinen 2002; Haapalainen ja Tomminen 2003.)

Yleiskaapelointi (PUH + ATK) eli tietoliikennelaitteet suojataan ukkoselta seuraavilla komponenteilla: suojakipinäväleillä, kaasupurkausputkilla, varistoreilla sekä zener- eli transienttisuojilla ja häiriösuodattimilla. Tehokkaassa ylijännitesuojassa on useita yhtäaikaaisesti suojaavia komponentteja. Karkean tason ylijännitesuojat koostuvat suojakipinäväleistä, keskitason suojat 10 000 A asti kestävästä kaasupurkausputkista ja hienotason suojat noin kiloampeerin kestävästä varistoreista sekä myös nopeimmin toimivista, korkeintaan muutamia satoja ampeereja kestävästä zener- eli transienttisuojusta. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)

Koordinointia tarvitaan sähkökeskusten välillä, mikäli ensimmäinen ukkossuoja on yli kymmenen metrin päässä toisesta ukkossuojasta. Yhdistelmäukkossuojat ovat parhain mahdollinen suojaustapa torjua ylijännitettä. Koordinointi tarkoittaa kahden ukkossuojan tarkkaa suunnittelua ja asentamista. (ABB 2010.)

TAULUKKO 3. Ukkossuojien standardivastaavuus (ABB 2010; Korhonen 2009.)

Luokitus	Ukkospurkaussuojat	Ylijännitesuojat	Kojesuojat
IEC	Class 4	Class 3	Class 2 ja 1
VDE	B	C	D
EN	Type 1	Type 2	Type 3
Merkintä	T1	T2	T3

5.1.2 Omakotitalon ylijännitesuojien asentaminen ja toteuttaminen

Rakennusten ukkossuojauksen perusohje on ylijännitepulssin saaminen lyhintä reittiä maadoituselektrodiin. Ylijännitepulssi jakautuu useisiin pienempiin osiin reitillään kohti maadoituselektrodia. Sähkökeskusten ylijännitesuojat asennetaan DIN-kiskoon. Kun TNS-järjestelmän nollajohdin on maadoitettu, ylijännitesuojat pitää asentaa lähelle liittymiskohtaa tai lähellä liittymiskohtaa olevaan pääkeskukseen ja ryhmäkeskukseen. Useimmiten ylijännitesuoja asennetaan keskuksen vaihejohtimien ja keskuksen

suojakiskon välille, koska reitti on lyhyempi kuin vaihejohtimien ja keskuksen päämaadoituskiskon välillä. Mikäli nollajohdinta ei ole maadoitettu, ylijännitesuojat asennetaan edellä mainitun nollajohtimen ja keskuksen suojakiskon välille. Johtimet ovat mahdollisimman lähellä toisiaan. Näin menetellään TNC-maadoitusjärjestelmässä.

Ylijännitesuojat asennetaan yleensä sarjaan, mahdollisimman lähelle toisiaan suojausvaikutuksen maksimoimiseksi. Suojalaitteiden tulee kestää tilapäiset ylijännitteet ja laitevalmistajien ohjeet pitää ottaa huomioon ylivirtasuojan valinnasta sekä palo- ja räjähdysvaaran mahdollisuudesta, joka voi aiheutua ylijännitesuojan ylikuormituksesta. Yleensä ylijännitesuojia ei saa asentaa palo- ja räjähdysvaarallisiin tiloihin. Ylijännitesuojat yhdistävien johtimien kokonaisuspituus ei saisi olla 0,5 m:ä pidempi. Ylijännitesuojien maadoitusjohtimen poikkipinnan tulee olla vähintään 4 mm².

Ylijännitesuojan mahdollisesta vioittumisesta pitää saada selvyys joko ylijännitesuojan tilailmaisimella tai erillisellä ylijännitesuojan suojalaitteella. Jotta sähkön syöttö ei katkeaisi ylijännitesuojan vioittumisen vuoksi, voidaan käyttää laitteisiin sisältyviä tai laitteiden kanssa sarjassa olevia suojalaitteita. Ne antavat lisäsuojaa ylivirroilta tai maahan meneviltä vikavirroilta. Valmistaja määrittelee tämäntyyppisen menettelyn tarpeellisuuden. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)

Ylijännitesuojavalmistajat vaativat kuluttajia noudattamaan tiettyjä suosituksia: kunkin ylijännitesuojalaitteen nimelliskuormitusta ei saa ylittää kytkemällä siihen liikaa kodin sähkölaitteita. Seinäpistorasiaan kytkettävä ylijännitesuoja kytketään suoraan pistorasiaan ilman sovittimia eli adaptereita ja jatkojohtoja.

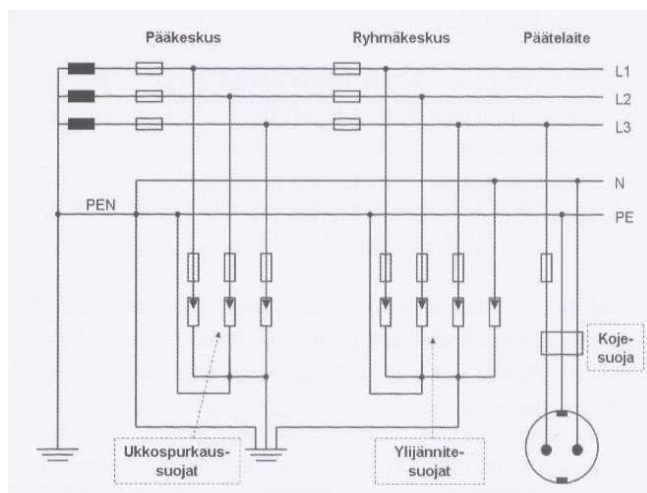
D-kojetason ylijännitesuojat pitää vaihtaa uusiin ensimmäisen salamaniskun jälkeen. Varistorit eivät kestä suuria ylijännitteitä eikä -virtoja, ne heikentyvät. Myös kalliimmat sekä B- ja C-tason ylijännitesuojat kannattaa vaihtaa uusiin parin salamaniskun ja parin vuoden jälkeen, jotta ylijännitesuojien sisällä olevat komponentit, esimerkiksi varistorit ja sulakkeet, toimivat hyvin tehokkaasti. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)

Sähkö-, soittokello- ja paloilmaisinjohdot on pyrittävä asentamaan siten, että niiden etäisyys ylijännitesuojajohdosta rakennuksen yläosassa on vähintään yksi metri. Saman etäisyyden tulisi olla myös mahdollisen peltikatkon ja johtojen välissä. Jos kyseiset

johdot on jouduttu asentamaan yli 10 m:n matkalta yhdensuuntaisesti ukkosjohdon johtimien kanssa, tarvittava suojaetäisyys on 2 m. Jos riittävää etäisyyttä ei voida saavuttaa, käytetään konsentiivista suojajohdinta, metallipunoksella varustettua kaapelia, potentiaalitasattuja tai maadoitettuja metallikoteloita kaapeleiden päällä tai tehostettua laitesuojausta. (ST 53.16; Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005; ST 97.25.)

Eri suojaustason laitteiden väliin kytketyt kaapelit toimivat kytkentäinduktanssina. Yleisesti 15 m kaapelia riittää ylijännitesuojien B ja C erottamiseksi. Tämä ei ole kuitenkaan tarpeellista käytettäessä yhdistelmäsuojia. Jos kaapelietäisyys ylijännitesuojien välillä ei riitä, on käytettävä erillisiä erotusinduktansseja SP936 tai SP937. (ST 97.25; ABB 2010.)

TNS-järjestelmälle on niin sanottu 4+0 -kytkentä, jossa ylijännitesuojat asennetaan vaihejohtimien ja nollajohtimen kautta suojajohdinkiskoon sekä 3+1 -kytkentä, jossa ylijännitesuojat asennetaan vaihejohtimilta nollajohdinkiskoon ja seuraavaksi nollajohdinkisko (summavirtasuojia) maadoitetaan erikseen suojajohdinkiskoon. TNC-järjestelmässä ylijännitesuojat asennetaan vaihejohtimilta PEN-kiskoon ja PEN-kisko maadoitetaan erikseen. TNS-järjestelmän ylijännitesuoja-asentamisen periaatekuva on esitetty kuviossa 7. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005; SFS 6000-5-52 2007.)



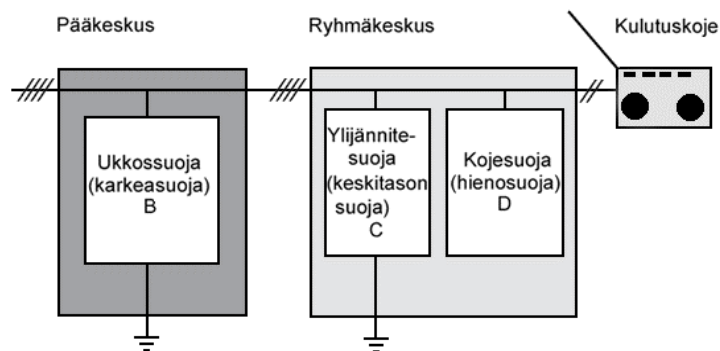
KUVIO 7. Ukkossuojauksen kytkentäkaavio TNS-järjestelmässä (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)

Seuraavat esimerkkikuvat osoittavat, miten ukkossuojia käytetään jäännösjännitteen madaltamiseen tai sähköverkon jännitepiikkien eliminointiin. Pääkeskuksen

ukkosuojaus toteutetaan pääkeskukseen asennettavalla 6 kV transienttisella eli nimellijännitteensä kestäväällä pääylijännitesuojalla, joka on B- eli karkeatason suoja. Näin toteutetun ukkossuojauksen tarkoituksena on pysäyttää hyvin suuri salamaniskujännite pääkeskuksen kohdalle rikkomatta komponentteja pääkeskuksesta. SFS 6000:n luvun 4-44:n kohdan 443.4 taulukon mukaan pääkeskuksessa käytetään IEC 60664-1 mukaista transienttista ylijänniteluokka 4:ää, neljästä mahdollisesta ylijänniteluokasta. (SFS 6000-4-44 2007.)

Ryhmäkeskuksen ukkossuojaus toteutetaan ryhmäkeskuksiin asennettavalla 6 kV transienttisella eli nimellijännitteensä kestäväällä pääylijännitesuojalla, joka on C- eli keskitason suoja. Näin toteutetun ukkossuojauksen tarkoituksena on pysäyttää hyvin suuri salamaniskujännite ryhmäkeskuksen kohdalle rikkomatta komponentteja ryhmäkeskuksesta. SFS 6000:n luvun 4-44:n kohdan 443.4 taulukon mukaan käytetään ryhmäkeskuksessa IEC 60664-1 mukaista transienttista ylijänniteluokka 4:ää, neljästä mahdollisesta ylijänniteluokasta. (SFS 6000-4-44 2007.)

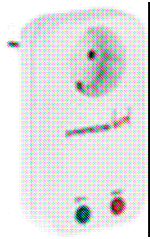
Yhdistetyllä sähkökeskuksella tarkoitetaan yhdistettyä pää- ja ryhmäkeskusta. Yhdistetyn sähkökeskuksen ukkossuojaus toteutetaan 3-vaiheisella yhdistelmäsuojalla B + C, joka tarkoittaa yhdistettyä karkea- ja keskitasosuojaa. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)



KUVIO 8. Ylijännitesuojat verkosta kulutuskojeeseen (SFS 6000-4-43-443 2007.)

D-luokan eli laitekohtainen suojaus on hyväksi erityisesti sähkö- ja televerkkoon liitetyissä sähkölaitteissa. Tehokkaimmillaan tämäntyyppinen suojaus on toteutettuna sekä sähkö- että televerkon puolella, jolloin potentiaalintasaus toteutuu myös verkkojen välillä. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)

Huonepistorasioihin on helppo liittää CE- ja FI-hyväksytyjä ylijännitesuojia, joihin 230 V:n vaihejännitteen ylittävä nopea ylijännitepiikki pysähtyy - esimerkiksi salaman purkautuminen. Nämä ukkossuojat ovat SFS 6000:n luvun 4-44:n kohdan 443.4 taulukon mukaisia. Ryhmäkeskuksessa käytetään IEC 60664-1 mukaista transienttista ylijänniteluokka 4:ää, neljästä mahdollisesta ylijänniteluokasta. (SFS 6000-4-44 2007; Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)



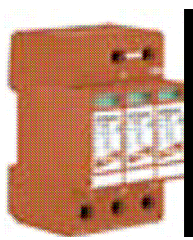
KUVA 9a. Dehn-yleisyljännitesuoja, 16 A (Obo-Bettermann 2010).



KUVA 9b. Belkin-yljännitesuoja (Markantalo 2010).



KUVA 10. Dehn 1-napainen keskitason ylijännitesuoja (Obo-Bettermann 2010).



KUVA 11. Dehn 3-napainen keskitason ylijännitesuoja (Obo-Bettermann 2010).

5.2 Keskijänniteverkon ukkossuojaus

Kipinävälit ja venttiilisuojat ovat ilmastollisia ylijännitteitä varten tarkoitettuja suojauslaitteita, jotka asennetaan jakelumuuntajiin. Maasulun suojaaminen toteutetaan keskijänniteverkossa 110 kV/20 kV sähköasemalla suojareleillä, esimerkiksi maasulkureleillä. Puhelin- tai sähköverkon suojaksi voidaan asentaa jo liityntäkaapelin päähän ilmajohtopylvään ja rakennuksen väliin venttiilisuoja, joka on nykyisin lähinnä kipinävälitön MO-suoja eli metallioksidivaristori. Markkinoilla on sekä sisään että ulos asennettavia malleja. Suojattavien laitteiden kestotason ja suojalaitteen suojaustason väliin tulee jättää tietty marginaali, joka on yleensä vähintään 30 %. Venttiilisuoja voidaan maadoittaa joko kiinteistön maadoituselektrodiin tai suoraan maahan. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005; Korhonen 2009; Haapalainen ja Tomminen 2003.)

5.3 Omakotitalon muut suojautumiskeinot

Pääkeskuksen pääkytkimen avaaminen ei välttämättä suojaa ollenkaan, koska riittävä ylijännite voi hypätä koskettimien yli. Sisätiloissa kannattaa pysyä etäällä sähkölaitteista ja tulisijoista, koska noki johtaa hyvin sähköä ja savupiippu on antennin ohella rakennuksen korkein kohta. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005; Eaton 2010; Haapalainen ja Tomminen 2003.)

Katkottomat virtalähteet eli online-UPS:t antavat hyvän perussuojan tietokoneille ja pienjänniteverkkojen alijännitteitä varten. UPS:ien akku pitää sähkökatkon ajan virtaa yllä, ja ne tasaavat muutenkin ylijännitteitä ja verkkohäiriöitä, esimerkiksi harmonisia yliaaltoja. UPS-laitevalmistajia ovat APC ja Eaton. Toisaalta on aina hyvä tehdä riittävän usein varmuuskopioita, koska välillisiä vahinkoja eli tärkeiden tiedostojenkaan menetyksiä ei mikään vakuutus korvaa, tai niiden palauttaminen niihin tarkoitettujen yritysten kautta on hyvin kallista. Ongelma-alueilla akkukäyttöinen sylimikro sopii hyvin hyötykäyttöön, koska siinä on jo valmiiksi sisäänrakennettuna eräänlainen UPS. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005; Korhonen 2009; Eaton 2010.)

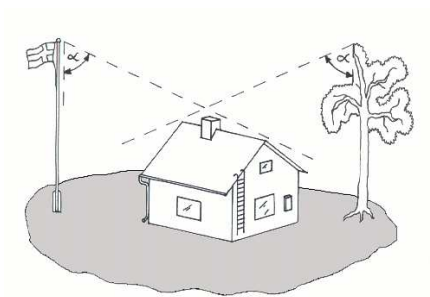


KUVA 12. APC Smart-UPS SC 1000 VA (Bulldog 2010).

Yllättäen nousseen ukkosen yhteydessä suurin apu ovat mainitut ukkossuojat, kun ei ole ehtinyt tai ei ole mahdollista irrottaa kaikkia pistotulppia. Kesämökillä ei ole ehkä tarvetta ukkossuojille, mikäli vetää kaikki pistotulpat pois ukkosella tai jättää kesämökin asumattomaksi.

5.4 Suorat salamaniskut rakennukseen tai rakennuksen läheisyyteen

Jos rakennuksen läheisyydessä on korkeita puita, ne voivat ainakin valtaosin estää rakennukseen suoraan osuvat salamaniskut. Puiden vaikutusta kuvaa suojauskulma α . (Taulukko 3). Tämä todennäköisyyslaskennan avulla saatu suojauskulma ei ole aivan yksiselitteinen, vaan sen arvo riippuu muun muassa puiden ja rakennuksen korkeudesta sekä salamavirran suuruudesta. Lisäksi suojauspinta, joka on kuviossa 13 merkitty katkoviivalla, ei ole todellisuudessa aivan suora. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005; Korhonen 2009.)



KUVIO 13. Puiden suojaama rakennus (Korhonen 2009.)

TAULUKKO 4. Puuston rakenteen ja paikan vaikutus suojauskulmaan α . (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)

Puuston rakenteen ja paikan vaikutus suojauskulmaan α	
Puusto	α [°]
Metsä ympäröi rakennusta joka puolelta	<60
Metsää rakennuksen kahdella vastakkaisella puolella	<50
Metsää yhdellä puolella rakennusta	<30
Yksinäinen puu	<25

Taulukossa 4 esitetyillä kulman arvoilla saavutetaan lähes täydellinen suojaus, mutta suuremmillakin kulmilla saavutetaan vielä kohtuullinen suojaus, jolla tarkoitetaan erityisesti suuria salamavirtoja. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005; Korhonen 2009.)

Mikäli suoraa salamaniskua rakennukseen ei tule, se riittää vain siinä tapauksessa, kun puurakennuksessa ei ole sähkö- tai puhelinjohtoa eikä metallista vesijohtoa. Jos niitä on, puuta myöten tuleva salamapurkaus voi maahan jatkamisen sijasta hypätä läheiseen ränniin ja siitä edelleen rakennuksessa olevaan johtoon. Korkean puun kasvaessa liian lähellä rakennusta voi tapahtua samoin. Jos reitille osuu ihminen tai helposti syttyvää ainetta, vaara on ilmeinen. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005; Korhonen 2009.)

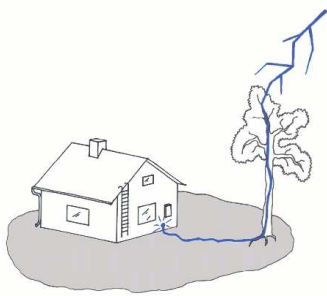


KUVIO 14. Isku puusta rakennukseen (Korhonen 2009.)

Mikäli rakennuksessa on sähkö- tai puhelinjohtoja tai metallinen vesijohto, sivuisku siihen on erittäin epätodennäköinen, jos puun etäisyys rakennuksesta on enemmän kuin 1,5 kertaa rännin korkeus ($a > 1,5 h$). Sivuisken vaara korostuu, jos rakennus sijaitsee muuten aukeassa maastossa, mutta sen lähellä on yksinäinen korkea puu tai muutamia puita. Sivuisken haitat voidaan estää yhdistämällä metallinen sadekouru rakennuksen

maadoitukseen tai asentamalla maadoitettu metallijohdin rännin reunaan. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005; Korhonen 2009.)

Vaikka puu olisikin sivuiskun kannalta riittävällä etäisyydellä rännistä, puuta myöten maahan menevä salamavirta voi nostaa puun tyven maapotentiaalin vaarallisen suureksi. Näin voi käydä, jos maa on huonosti sähköä johtavaa, kuten kalliota, soraa, moreenia tai hiekkaa. Silloin maan läpi tai pintaa myöten voi syntyä valokaari lähimpään laajaan metalliosaan, joka on johtavassa yhteydessä maahan. Tällainen osa voi olla esimerkiksi toisen rakennuksen maadoituselektrodi, sähköjohto tai metalliputkisto. Tällaista salamaniskua kutsutaan maavalokaareksi. Maavalokaaren tai takaiskun aiheuttama vaara voidaan välttää upottamalla maahan puun ja rakennuksen väliin paljas johdin, joka yhdistetään rakennuksen maadoitusjärjestelmään. (Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005; Korhonen 2009.)



KUVIO 15. Maavalokaari puusta rakennukseen (Korhonen 2009.)

5.5 Sähkölaitteiden perus- ja lisäsuojaukset

Sähkön käyttäminen on yleistynyt paljon 1900-luvun lopusta alkaen 2000-luvulle: ihmiset käyttävät apuvälineinään erilaisia laitteita, joissa kulkee voimakas sähköjännite ja -virta. Ihmisen sydäntoiminnan vakavalle vaarantumiselle rajana on 48 mA. Turvallinen sähkölaite on hyvin maadoitettu eli virtaa ei pääse vuotamaan laitteen runkoon, johon ihminen tai eläin voi koskea.

Sähkölaitteiden perussuojauksella tarkoitetaan kosketussuojauksia. Kosketussuojaukset ovat hyvin tärkeitä sähköturvallisuudessa: esimerkiksi peitelevyt ovat tarkoitettuja juuri kosketussuojaukseen sähkökeskuksissa, pää- ja ryhmäkeskuksissa. Sähkölaitteen erillinen koteloitinta eristää hyvin vuoto- ja oikosulkuvirtaa. Vähintään IP2X tai IPXXB -luokitukset antavat tarpeellisen suojan. Sähköasennuksien liitosten ja kiinnitysten tulee

olla luotettavat. Kaksoiseristys sähkölaitteen sisällä vähentää vuoto- ja oikosulkuvirtaa. Tällöin ei ole suojajohdinta eli KeViä mukana. Eristeenä käytetään sähköä johtamattomia aineita, varsinkin kumia ja muovia. (SFS 6000-4-43 2007; Harsia 2008.)

Lisäsuojauksella voidaan lisätä sähköturvallisuutta pienkiinteistöissä. Johdonsuojakatkaisijoiden perään asennetut 30 mA vikavirtasuojat varmistavat sähkönkatkeamisen ryhmäjohdon päässä olevalta kulutuskojeelta, erityisesti oikosulun vuoksi. Esteitä ja etäisyyttä voidaan käyttää myös tarvittaessa sähkölaitteiden suojaukseen. Lisäsuojauksella vahvistetaan osaltaan myös ukkossuojauksen toimivaa kokonaisuutta. (SFS 6000-4-43 2007; Harsia 2008; Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus 2005.)

6 ESIMERKKIOMAKOTITALON UKKOSSUOJAUKSEN TOTEUTTAMINEN

Omakotitalon sijainti vaikuttaa ukkossuojauksen kannattavuuteen ja toteuttamiseen; sijaitseeko rakennus maaseudulla vai kaupungissa. Ukkossuojauksen tarkastelussa on Nurmijärvellä sijaitseva esimerkkitalo, joka on 120 m²:n 1,5-kerroksinen omakotitalo. Omakotitalon ukkossuojauksessa käytetään valmista sähkösuunnitelmaa, jossa on TNS- eli 5-johdinjärjestelmä. Valmiiseen sähkösuunnitelmaan on suunniteltu tarpeelliset kolmivaiheiset ukkossuojat teoriaosaan pohjautuen.

Ukkossuojausta koskevat merkinnät on lisätty maadoituskaavioon (liite 1).

Yleiskaapelointikaavio täydentää liitteessä 2 olevaa tietoliikennesuojaamista. Antennijärjestelmän sähkökuva ei ole mukana, koska se on maadoitettu tavalliseen ja riittävään tapaan CU 6 KeVi:lla päämaadoituskiskoon ja kattomastoantenni CU 16 KeVi:lla päämaadoituskiskoon.

6.1 Haja-asutusalue- tai maaseututalon ukkossuojaus

Maadoituskaavion (liite 1) mukaisessa maadoituksessa asennetaan ennen sähköpääkeskusta tulevat ukkossuojat sähkönjakelun ilmajohtopylvääseen, joka on lähimpänä sähköpääkeskusta. Ilmajohtopylvään ukkossuojat maadoitetaan perustuselektrodiin, jotta salamavirta jakautuu mahdollisimman pian maata kohti ja ennen omakotitaloa. Ilmajohdon ja maakaapelin oma resistanssi ja konduktanssi muodostavat häviöitä kulkevalle salamavirralle. Ne pienentävät sitä salaman iskettyä ilmajohtoon. Suunnitellun ukkossuojauksen hinta-arvio koostuu tehokkaimmista yhdistelmäsuojista (B, C) asennettuina yhdistettyyn sähkö- ja puhelinpylvääseen sekä pääkeskukseen. Ryhmäkeskukseen asennetaan vain C-ukkossuoja. (Kotitieto 2010; KST 2010).

Maaseutuomakotitalon ukkossuojauksen vertailukohtana on samantyyppisen vastaavan kaupunkiomakotitalon ukkossuojaus Espoossa. Molemmat esimerkkisuojaukset asennetaan kuvio 8:an mukaan eli pääkeskukselta kulutuskojeelle.

TAULUKKO 5. Ukkossuojaus maaseudun omakotitalossa

Maaseudun 3-v. ukkossuojaamisen kustannusarviokartoitus					
Nurmijärvi: 1,5-krs. omakotitalo					
Kirkkonummen Sähkötyö Oy					
Ukkossuojan				Hinta	
asennuspaikka	suojaluokitus	nimi	hinta = työ + suojat e	Yht. e	Valm.
			Työ e = 52 e/h * 6 h =		
			312 e		
Ilmajohdtopylväs (sähkö ja puh.)	B+C (1 ja 2)	Venttiilisuoja	Sähkönjakeluyhtiö *)	300	
Pääkeskus	B+C (1 ja 2)	Yhdist. suoja	312 e + n. 550 e	862	Obo-B.
Ryhmäkeskus	C (2)	Yhdist. suoja	n. 550 e	550	Obo-B.
Yleiskaap. järj. (PUH + ATK)	B+C (1 ja 2)	Yhdist. suoja	n. 550 e	550	Obo-B.
			Kokonaishinta yht.	2262	
Sähkönjakeluyhtiö:					
Nurmijärven Sähkö					
Yht. 300 e					

*) = Sähkönjakeluyhtiö veloittaa venttiilisuoja-asennuksen asiakkaalta.

6.2 Kaupunkitalon ukkossuojaus

Kaupunkiomakotitalossa toteutetaan maadoituskaavion (liite 1) mukainen maadoitus, josta jätetään tarpeettomina pois ennen sähköpääkeskusta tulevat ukkossuojat. Kaupungeissa liittymiskaapelit tulevat sähkönjakeluverkkoon maakaapeilla maan alla 0,7 m - 1,0 m syvyydessä. Salama ei voi iskeä suoraan liittymiskaapeliin. Suunnitellun ukkossuojauksen hinta-arvio koostuu tehokkaasta yhdistelmäsuojasta (B, C) asennettuna pääkeskukseen ja vain C-ukkossuoja asennettuna ryhmäkeskukseen. (SFS 6000-5-52, 5-54; Kotitieto 2010; Nurmijärven Sähkö Oy 2010.)

TAULUKKO 6. Ukkossuojaus kaupunkialueen omakotitalossa

Kaupunkialueen 3-v. ukkossuojaamisen kustannusarviokartoitus					
Espoo: 1,5-krs. omakotitalo					
Espoon Asennus					
Ukkossuojajan					
asennuspaikka	suojualue	nimi	hinta (työ + suojat) e	Yht. e	Valm.
			Työ e = 52 e/h * 6 h = 312 e		
Ilmajohtopylväs (sähkö ja puh.)	B+C (1 ja 2)	Venttiilisuoja	Ei tarvita!	0	0
Pääkeskus	B+C (1 ja 2)	Yhdist. suoja	312 e + n. 550 e	862	Obo-B.
Ryhmäkeskus	C (2)	Yhdist. suoja	n. 550 e	550	Obo-B.
Yleiskaap. järj. (PUH + ATK)	B+C (1 ja 2)	Yhdist. suoja	n. 550 e	550	Obo-B.
			Kokonaishinta yht.	1962	

7 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Salamaniskun mahdollisuuteen on syytä varautua erityisesti kesäisin Suomessa. Niin sanotut superhellekaudet ovat yleistymässä Suomessa pitkällä aikavälillä. Keski-Euroopan kehitys on kulkenut ukkossuojaamisen suuntaan, koska siellä esiintyy voimakkaita ukkosia salamoineen.

Mikään ukkossuojaus ei estä aivan kokonaan salamaniskun mahdollisuutta, koska salamanisku on hyvin epälooginen ja sattumanvarainen. Salama voi iskeä pienjännitevoimalinjaan kaukaa, ja ylijännite voi kulkeutua pitkän matkan ajan sähköverkossa, kunnes saavuttaa ensimmäisen maahankulkeutumiskohdan. Tämä voi olla vasta kiinteistössä ja kohtalokkain seurauksin. Seurauksia voidaan minimoida tai jopa osittain poistaa tässä opinnäytetyössä selostetuilla tavoilla. Hyvä varautuminen mahdollistaa ihmisten ja eläinten lähes varman vahingottomuuden ja sähköturvallisuuden.

Tässä opinnäytetyössä on esitelty laajasti perusukkossuojausta omakotitalossa. Ylijännitesuojista puhuttaessa on tarkoitettu samalla ukkossuojia. Omakotitalojen ukkossuojaus on tärkeää. Luotettavien lähteiden käyttämisen myötä myös tuloksien luotettavuus on onnistunut. Kehittämisehdotuksia on kerätty luotettavasti käyttäjiltä kokemusperäistä tietoa ukkossuojien toimivuudesta luotettavalle taholle pitkän aikavälin tarkastelua varten sekä pyrkii noudattamaan valmistajien kesken sovittua sähköalan standardia, jotta esimerkiksi ukkossuojien varaosat eivät eroa paljonkaan toisistaan. Esimerkiksi Turvallisuus- ja kemikaalivirasto TUKES tutkii jatkuvasti ukkossuojauksen sähköturvallisuutta ja ukkossuojien teknistä toimivuutta sekä pyrkii parantamaan niitä. Ukkossuojien kilpailutus vaatii parantamaan niiden laatua ja halventaa niiden kuluttajahintoja.

Seuraavat asiat nousevat olennaisimmin esiin tässä opinnäytetyössä: tehokas maadoitus, ukkossuojat, sähkölaitteiden lisäsuojaustavat sekä asukkaiden oma valppaus, jotka varmistavat omakotitalon tehokkaan ukkossuojauksen. Tehokas maadoitus on lähtökohta ukkossuojien toimivuudelle. Tehokkaalla maadoituksella tarkoitetaan tässä kohtaa maadoituselektrodin suuruutta ja huoneissa pitää olla asennettuina suojamaadoitetut pistorasiat. Tehokas ukkossuojaus on perusteellisesti suunniteltu ja toteutettu kerralla ja kunnolla hyvin. Jo taloa rakennettaessa on hyvä miettiä

ukkossuojausta. Tämä toteutuu muun muassa yhdistämällä hyvin tehdyt metalliliitokset ja teräsrakenteet keskenään. Ne yhdistetään maadoitusjärjestelmään. Tämä pienentää muun muassa asennuskustannuksia, parantaa ukkossuojauksen tehokkuutta ja toimivuutta. Ukkossuojaustarvikkeiden pitää olla korroosiokestäviä ja niiden välietäisyyden tulee olla riittävä, jotta voimakas salamajännite ei indusoidu viereisiin johtimiin ja salamavirta ei siirry niihin aiheuttamaan lisätuhoa. Mitä enemmän kuluttaja panostaa taloudellisesti ukkossuojaukseen, sitä vahvempi on omakotitalon ukkossuojaus. Kuluttajan kannattaa kysyä ukkossuojaukseen liittyviä asioita esimerkiksi ukkossuojia myyvien kauppojen myyjiltä ja pätevistä ammattilaissähkösuunnitteluyrityksistä, jotka käyttävät laadukkaita ammattilaissähkötukkuja. Sähköammattilaiset osaavat sekä neuvoa kuluttajaa oikeaan ratkaisuun että asentaa luotettavasti tarvittavat komponentit omakotitalon sähkökeskuksiin.

Nykyään markkinoilla on teknologisesti hyvin kehittyneitä ja yhä kehittyviä erilaisia ukkossuojia, jotka suojaavat sekä voimavirta- että tietoliikennesähköjärjestelmiä. Kolmivaiheiset yhdistelmäsuojat yhdistävät yksittäissuojien ominaisuudet, joten yhdistelmäsuojat ovat tehokkaimmat ukkossuojat. Ukkossuojien hinta-laatu-suhde vastaa toisiaan ja niiden hinnat vaihtelevat karkeasti arvioiden suojausluokasta riippumatta muutamasta kymmenestä eurosta muutamaan tuhanteen euroon saakka. Sähköasennustyö lisää kokonaishintaa, joka on suunnilleen noin 1000 e - 2000 e ja pätevä sähköurakoitsija tekee aina asennustyön.

Online-UPS:t ovat tarkoitettut sähkökatkon jälkeiseen tilapäiseen pienitehoiseen virransyöttöön, joten on hyvä toimia nopeasti UPS:ien alkaessa toimia: tietokonekäyttäjän on hyvä ottaa mahdollisimman nopeasti varmuuskopiot tärkeimmistä tiedostoista, jos ei ole ottanut paremmassa tapauksessa aikaisemmin varmuuskopioita. UPS:it eivät ole varsinaisia ylijännite- tai ukkossuojia, vaan tilapäisiä varavoimalähteitä. Koteihin soveltuvien UPS:ien hintaluokka on noin 100 – 150 e.

Yksinkertainen ja varma keino on ottaa mahdollisuuksien mukaan kulutussähkölaitteiden pistotulpat pois huoneiden pistorasioista. Kotien herkkiä sähkölaitteita ovat tavallisesti (taulu)televisiot, videot, digiboksi, kelloradiot ja tietokoneet sekä vastaavat laitteet.

Omakotitalojen ukkossuojaaminen on enimmäkseen vapaaehtoista ja hyvin harvinaista. Ukkossuojauksen tilaajan pitää olla aktiivinen ja oma-aloitteinen, kun ukkossuojausta toteutetaan. Kuitenkin arvokasta omaisuutta sisältävän omakotitalon suojaaminen on suositeltavaa, sillä ukkossuojaus vähentää tehokkaasti vahingollisia tulipaloja omakotitaloissa. Ukkosen aiheuttamia sähkölaite- ja tulipalovahinkoja korvaavat laaja kiinteistö- ja kotivakuutus. Kuluttaja kommunikoi eri tahojen eli sähköammattilaisten sekä vakuutusyhtiöiden kanssa.

Suomalaiset sähkönjakeluyhtiöt, kuten Fortum, suunnittelevat muuttavansa tulevaisuuden ilmajohdot maakaapeleiksi. Niiden pääajatus ja keskeisin tavoite on ehkäistä mahdollisimman paljon myrskyjen aikaisia sähkönjakeluhäiriöitä. Maassa suojassa kulkevat kaapelit parantavat samalla huomattavasti ukkossuojausta. Lisäksi omakotitalojen ukkossuojaus muuttuu tärkeämmäksi enemmän tulevaisuudessa kuin on tällä hetkellä asukkaiden aktivoitumisen myötä.

LÄHTEET

- ABB. 2010. Ukkossuojat ja valintaopas. Sähköinen esite. Helsinki. [www-sivu] [online] [http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/714929bf5d32c23bc1257241004440d0/\\$File/ABB_OVR_fi_online.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/714929bf5d32c23bc1257241004440d0/$File/ABB_OVR_fi_online.pdf). [Viitattu 9.1.2010]
- Aro, M. Elovaara, J. Karttunen, M. Nousiainen, K. Palva, V. 2003. Suurjännitetekniikka. Helsinki: Otatieto.
- Bulldog Oy. 2010. UPS-varavoimalähteet. Verkkokauppa. Internet. [www-sivu] [online] <http://www.bulldog.fi/index.php?parent=251855872> [Viitattu 12.1.2010] <http://www.jimms.fi/bdog?parent=251855872> [päivitetty 9.3.2011]
- D1. 2005. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo: Sähköinfo.
- Eaton Oy. 2010. UPS-varavoimalähteet. Verkkokauppa. Internet. [www-sivu] [online] <http://fi.rsdelivers.com/product/eaton/67841/pulsar-extreme-rackmount-online-ups-3kva/3754407.aspx> [Viitattu 30.1.2010]
- Finnish Lightning Center. 2011. Ukkostutka. Helsinki. [www-sivu] [online] <http://www.flcenter.net/ukkostutka.html> [Viitattu 20.3.2011]
- Haapalainen, A. Tomminen J. 2003. Tietoturvasuojaukset. Suojaudu ukkoselta. [www-sivu] [online] <http://mikropc.net/nettilehti/pdf/1206200349.pdf> [Viitattu 26.2.2010]
- Harsia, P. 2008. Liittymän mitoitus ja suojaus sähköiskulta. PDF.
- Heikkinen, E. 2010. Sähköhäiriöiltä suojautuminen. [www-sivu] [online] <http://saku.amigafin.org/lehti/online/31/osastot/sekalaiset/sahkohairiot.html> [Viitattu 26.2.2010]
- Kirkkonummen Sähkötyö (KST) Oy. 2010. Yhteystiedot. Kirkkonummi. [www-sivu] [online] <http://www.kirkkonummensahkotyo.fi/2> [Viitattu 1.8.2010]
- Korhonen, H. 2009. Ylijännitesuojaus pienjänniteverkossa. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. [www-sivu] [online] <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/3529/Ylijannitesuojaus%20pienja%20nniteverkossa.pdf?sequence=1> [Viitattu 26.1.2010]
- Kotitieto. 2010. Espoon Asennus. Espoo. [www-sivu] [online] <http://www.kotitieto.fi/index.php?232&yryitys=211&toimiala=87&paatoimiala=1> [Viitattu 1.8.2010]
- Lahti, J. 2005. Ukkosesta ja salamasta. AX-uutiset. [www-sivu] [online] www.axcons.fi/mp/db/file.../05ukkosestajasalamasta.pdf [Viitattu 9.12.2009]
- Lehtonen, J. 2011. Sähkölaitostekniikka-kurssi. HV-ylijännitteet. Maasulkusuojaus. PDF.

Markantalo Oy. 2010. Belkin-ylijännitesuoja. Verkkokauppa. Internet. [www-sivu] [online] <http://www.markantalo.fi/product/tv-ja-aani/tarvikkeet/F9M820EY4M/belkin-ylijannitesuoja?scid=1984> [Viitattu 12.1.2010]

Massinen, O. 2002. Sähkömarkkinoiden seminaari. Kiinteistöjen ylijännitesuojaus. 15.3.2002. Lappeenrannan Teknillinen Korkeakoulu. Lappeenranta. [www-sivu] [online] <http://www.ee.lut.fi/fi/opi/kurssit/Sa2710800/ylijannitesuojaus-massinen.pdf> [Viitattu 15.1.2010]

Nurmijärven Sähkö Oy. 2010. Yhteystiedot. Nurmijärvi. [www-sivu] [online] <http://www.nurmijarvensahko.fi/fi/yhteystiedot> [Viitattu 9.8.2010]

Obo-Bettermann. 2010. TBS-salamasuojatarvikkeet. Ukkossuojat. Helsinki. [www-sivu] [online] http://www.obo-bettermann.com/downloads/fi/prospekte/TBS_Salamasuojatarvike.pdf [Viitattu 9.1.2010]

Paasonen, S. 2001. Sää. Porvoo: WSOY.

Rakennusten ylijännite- ja ukkossuojaus. 2005. Espoo: STUL ry.

Reps Oy Ab. 2010. Tuotteet. Ukkossuojat. Helsinki. [www-sivu] [online] <http://www.reps.fi/fi/frames-prod-thunder-fi.htm> [Viitattu 26.2.2010]

Sarmalux Oy. 2010. Ylijännitesuojien tietoisuus. Helsinki. [www-sivu] [online] <http://www.ylijannitesuoja.fi/> [Viitattu 9.12.2009]

SFS 6000 ja SFS 6002. 2007. Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus. Helsinki: SFS.

SLO. 2010. Ukkos- ja ylijännitetuoteluettelo. Edita.

ST 53.16. Ohjeet rakennusten sähkölaitteiden ukkos- ja ylijännitesuojauksesta. Sähkötieto ry.

ST 53.24. Ohjeet kiinteistöjen johtojen mitoituksesta ja suojauksesta ($U_N \leq 1000$ V). Sähkötieto ry.

ST 97.25. Sähkö- ja tietojärjestelmien kuntotutkimus, ukkos- ja ylijännitesuojaus. Sähkötieto ry.

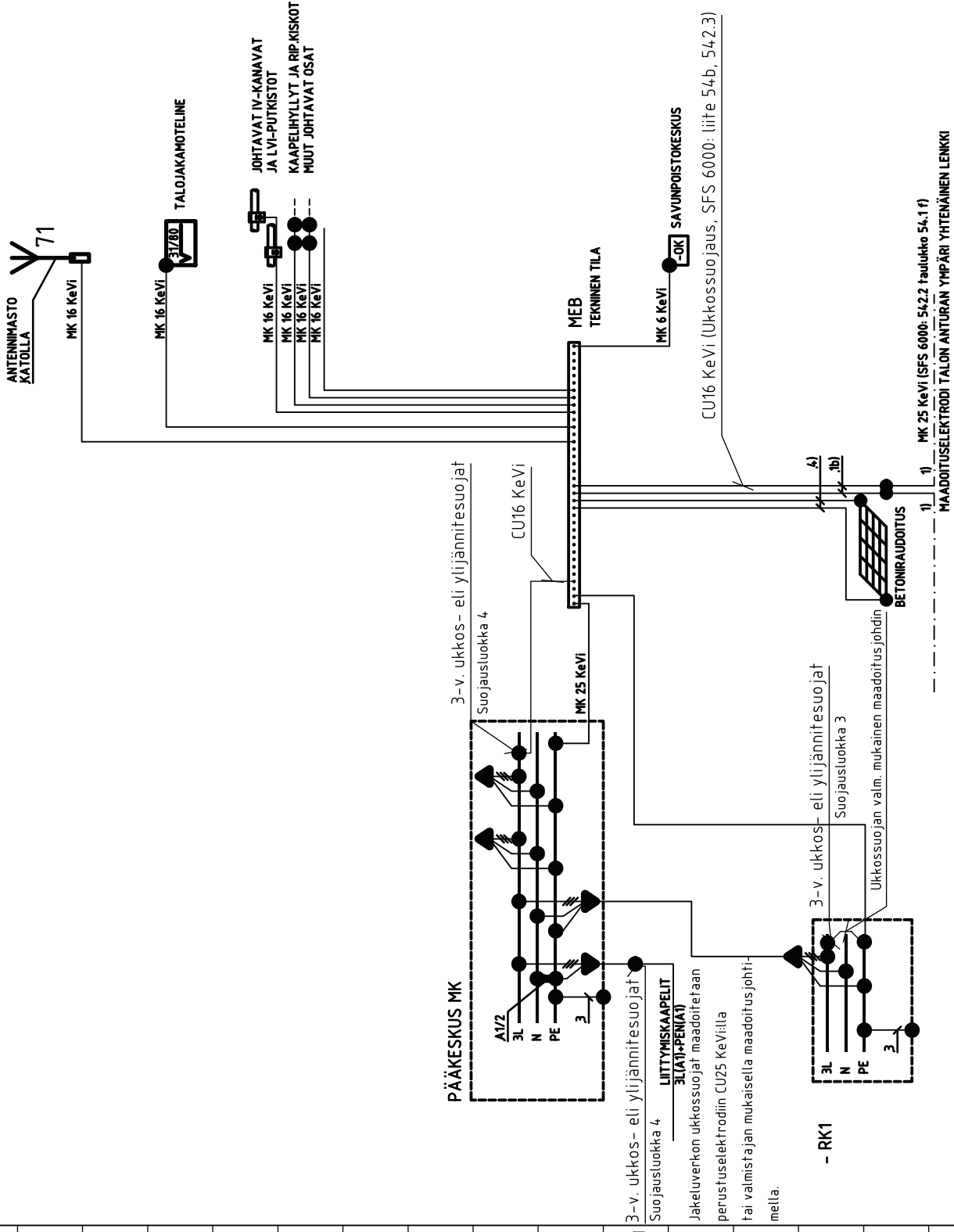
Tukes. 2010. Ukkossuojaus. Helsinki. [www-sivu] [online] <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Ukkossuojaus/> [Viitattu 9.1.2010, päivitetty 9.3.2011]

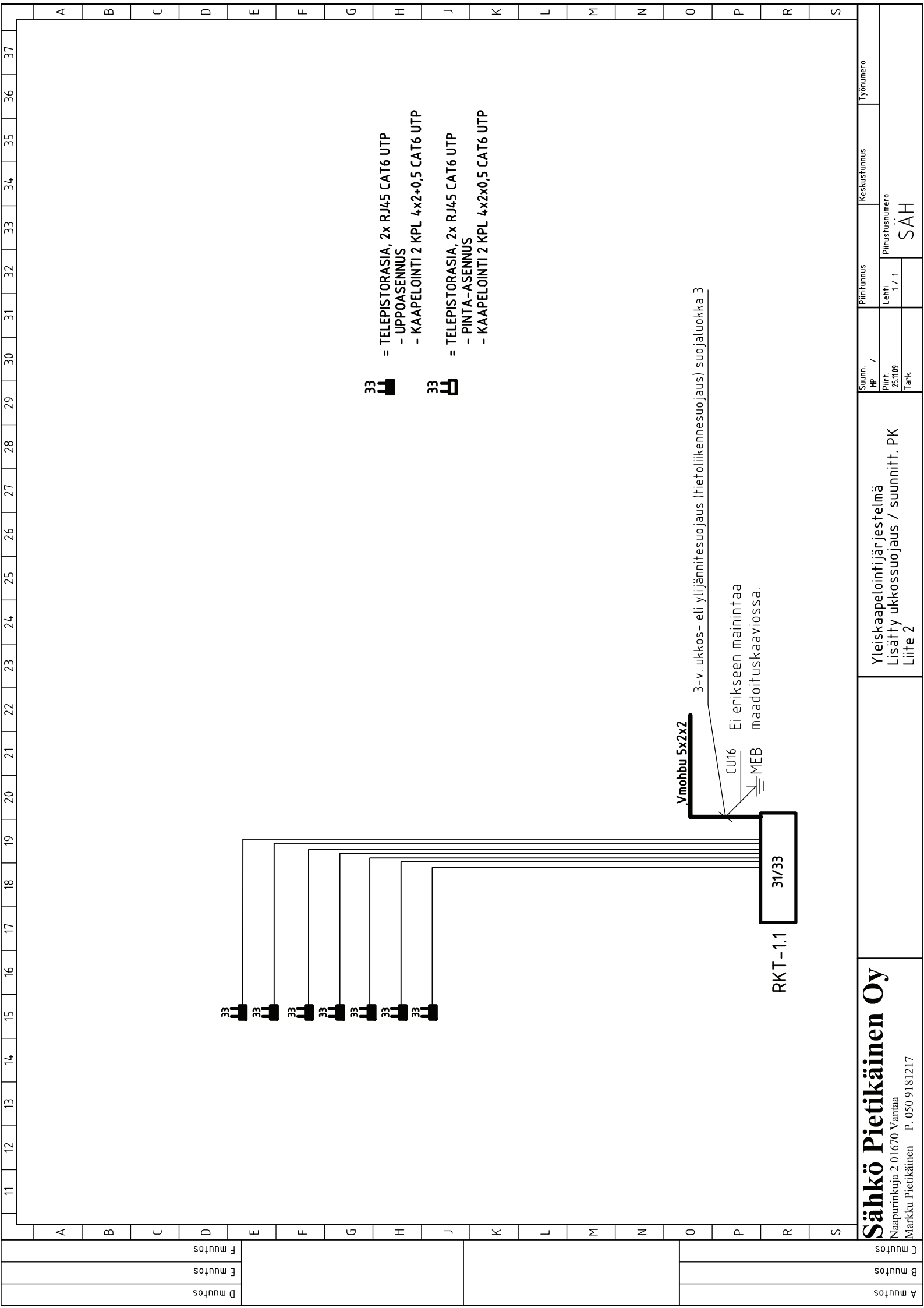
Tuomi, T. Mäkelä A. 2009. Ukkosta ilmassa. Helsinki: Ursa ry.

LIITTEET

Liite 1: 120 m² 1-kerroksisen omakotitalon maadoituskaavio

Liite 2: 120 m² 1-kerroksisen omakotitalon yleiskaapelointikaavio





Sähkö Pietikäinen Oy

Naapurinkuja 2 01670 Vantaa
 Markku Pietikäinen P. 050 9181217

Yleiskaapelointijärjestelmä
 Lisätty ukkosuojaus / suunnitt. PK
 Liite 2

Suunn. / MP	Piiritunnus	Keskustunnus	Työnumero
Piirt. 25.11.09	Lehti 1 / 1	Piirustusnumero	
Tark.		SÄH	