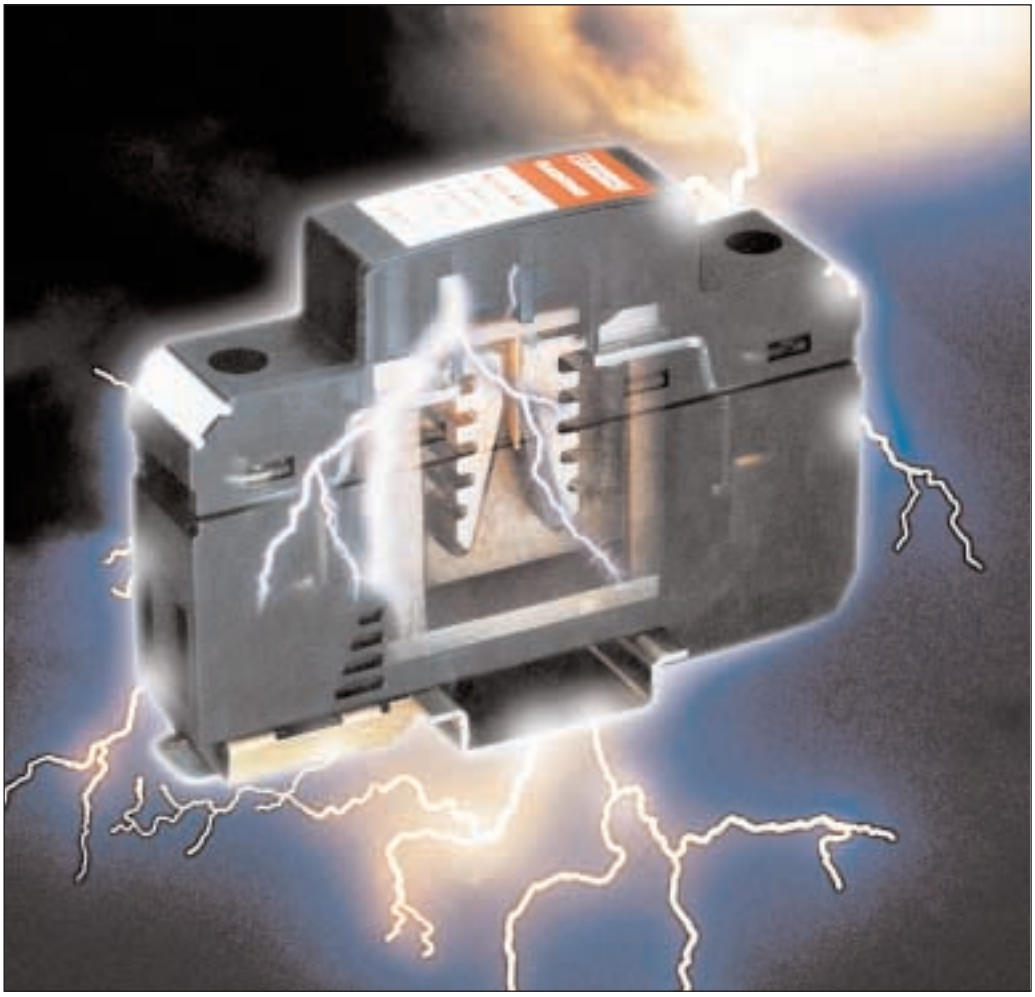
Veikko Karjalainen

Elektroniikan ylijännitesuojaus:

Miten suojautua ukkoselta?

Kehittyvistä EMC-määräyksistä ja CE-merkeistä huolimatta ukkonen rikkoo joka kesä kasvavan määrän elektroniikkaa. Erityisesti tuhoja tapahtuu haja-asutusalueilla, mutta ukkosen tai sähköverkon käyttökytkentöjen aiheuttamilta ylijännitepiikeiltä eivät ole täysin suojassa kaupunkilaistenkaan laitteet. Miten sitten ylijännitepiikit syntyvät ja miten niiltä voi yrittää suojautua?



Kuva: Timo Simpanen ja Phoenix Contacts

Maassamme esiintyy ukkosia eri paikkakunnilla hyvin erilaisia määriä. Jotkin yksittäiset pienet alueet ovat tuntuvasti alttiimpia salamaniskulle kuin toiset. Tällainen paikka voi sijaita joskus jopa notkossa eikä välttämättä viereisellä mäellä, kuten olettaa saattaisi.

Salama käyttäytyy toisinaan muutenkin oikullisesti, mutta enimmäkseen se noudattaa tunnettuja fysiikan lakeja; sen ”tekniset ominaisuudet” tunnetaan nykyään melko hyvin. Silti hyvin yleisesti luullaan esimerkiksi, että pelkkä ukkosenjohdatin suojaa automaattisesti koko talon sähköjärjestelmän ja samalla kaikki hienoimmatkin laitteet. Ukkosenjohdatin suojaa kuitenkin vain itse rakennusta lähinnä tulipalolta; rakennuksen sisäiset sähkö- ja telejärjestelmät vaativat omat lisäsuojauksensa.

Suomessa sähkö- ja telejakelijat suojaavat vaihtelevin käytännöin omat verkkonsa ylijännitteitä vastaan vain kuluttajan liitäntäpisteeseen saakka. Siitä eteenpäin kiinteistö vastaa itse omista suojauksistaan tai niiden puuttumisesta. Esimerkiksi maaseudulla perinteinen keino on ollut irrottaa pistokkeet seinästä. Nykyään ukkoselle herkkiä laitteita vain alkaa olla jo liian paljon irrotettaviksi ja osa elektroniikastakin on liitetty verkkoon kiinteästi.

Isku nostaa maatasoa

Salama hakeutuu aina maahan ja monesti ukkosenjohdattimen, sähkölinjan tai rakennuksen käyttömaadoitus johtaa sen. Maadoituksella on kuitenkin aina jokin maadoitusvastus, ja mikä tässä tilanteessa pahinta, sen suuri reaktiivinen osuus. Lisäksi se on jonkinasteinen huonosti päätetty siirtolinja, jonka aaltoimpedanssi on suhteellisen suuri.

Transienttiluontoisen salamavirran kulkiessa maahan kasvaa tämän maadoituselektrodin ja sen ympärillä olevan maan potentiaali Ohmin lain mukaan voimakkaasti: Jos kymmenen kiloampeerin suuruinen (= pienehkö) salama kulkee 200 ohmin maadoitusimpedanssin omaavan maadoituksen läpi, kasvaa jännite kaksi megavolttia! Koska maadoituselektrodit on käytännön muiden vaatimusten takia yhdistetty sähköjärjestelmän potentiaalintasaukseen, joka on käytännössä yhtä kuin verkon suojamaa, joka on aina viime kädessä yhdistetty nollaan, syntyy tähän pisteeseen vaihejännitteisiin nähden huima jännitepiikki. Maadoituselektrodin, kuten myös vaihejohtimen, siirtolinjaominaisuus saattaa vielä pahimmillaan heijastaa iskuaallon takaisin niin, että piikin amplitudi miltei kaksinkertaistuu. Tämä jännite sitten yrittää maahan kaikkia mahdollisia ja mahdottomiakin reittejä.

Nämä ilmiöt ovat samankaltaisia riippumatta siitä, tuleeko isku ukkosenjohdattimen vai sähkölinjan kautta; erona on vain se, että linjan kautta tuleva isku ja etenkin sen nousunopeus vaimenevat matkan kasvaessa johdon induktanssin ja häviöiden seurauksena.

Mitä särkyy ja miksi?

Ukkosen sähköverkkoon aiheuttamien syöksyvirtojen näyttävimmät vauriot elektroniikkalaitteissa aiheutuvat ylijännitteistä: Esimerkiksi kuoret lentävät piireistä ja piirilevyn folioita irtoaa. Usein jälki on korjauskelvotonta, eivätkä vauriot välttämättä rajoitu pelkästään näkyviin vahinkoihin ja yhteen laitteeseen.

Nykyaikaiset monitorit ja tietokoneet ottavat tehonsa hakkuritekniikalla, ja usein sattuu, että pelkkä teho-osa särkyy ja muu säästyy, mutta tämän varaan ei voi laskea.

UPS-varavoimalaitteiden takana oleva elektroniikka useimmiten säästyy, vaikka itse UPS särkyy. Kunnon iskusta särkyy joskus myös suojia, mutta usein niiden takana olevat laitteet kuitenkin säästyvät.

Suuren salamavirran kulkiessa jakeluverkossa tai maadoitusjohtimessa sen ympärille syntyy myös erittäin voimakas magneettikenttä, ja tämä virta toimii ikään kuin muuntajan ensiökääminä indusoiden samansuuntaisesti kulkeviin johtimiin suuriakin jännitteitä.

Tietoverkkojen ja modeemien kautta on rakennusten sähköverkkoihin nykyään syntynyt suljettuja tai pienen eristyksen varassa olevia silmukoita. Voimakas magneettikenttä tuottaa silmukoihin virtoja, jotka ovat riippuvaisia etäisyydestä ”ensiökäämiin” ja silmukan pintaalasta. Tätä kautta voi syntyä vaurioita täysin irrotettuihinkin laitteisiin. Ukkosen aiheuttamassa ylijännitetilanteessa muutaman kilovoltin kestävä optoeristin tai muuntaja ei ole kovin kummoinen eriste.

Televerkko toinen tie

Sähköverkkojen ohella puhelinlinjat ovat toinen ukkosen aiheuttamien vaurioiden kulkutie, jonka kautta tulleet modeemi- ja faksivauriot ovat haja-asutusalueella lähes väistämättömiä.

Telepäätelaitteiden kuten modeemien ja faksien linjan puoleiset ylijännitesuojat on maadoitettava samaan potentiaaliin, johon niihin kytketyt muutkin laitteet maadoitetaan. Suojan toimiessa saattaa sitten kyllä käydä niin, että kuparia häviää telekaapelista, mutta laite saattaa säästyä.

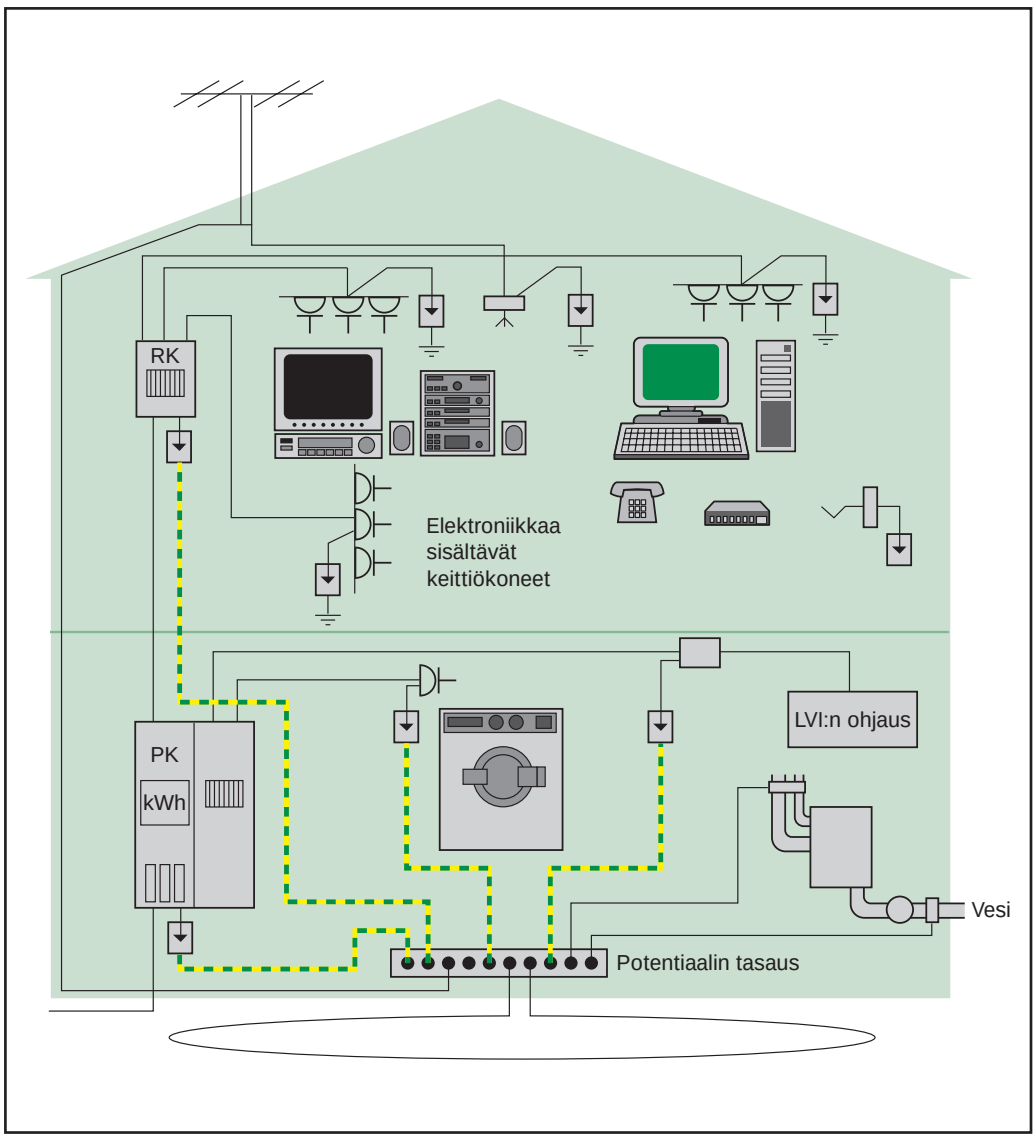
Laitteita saattaa hajota monista suojauksista huolimatta; jopa galvaanisesti täysin erotettuihin laitteisiin on syntynyt vaurioita voimakkaan magneettikentän välityksellä. Tietoverkkojen ja vastaavien pitkät kaapelit olisi myös syytä suojata asianmukaisesti, vaikka sähkönsyöttöpuoli olisikin kunnossa.

Harmeja kulkeutuu kaukaakin

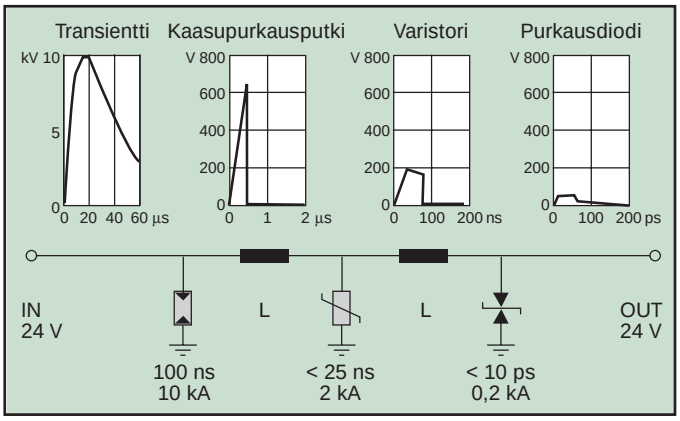
Salama saa aikaan tuhoja myös matkan päästä. Vaikutusmekanismeja on monia ja usein ne toimivat rinnakkain.

Ukkospilven alla maan pinnalla kasvaa kentänvoimakkuus voimakkaasti, jopa kilovoltteihin metrille, kun se ilman ukkosta on osapuilleen kymmenesosa. Pilven varauksen purkautuminen salaman myötä vähentää kentänvoimakkuutta jyrkästi, ja jo tämä saattaa aiheuttaa häiriöitä esimerkiksi telelaitteisiin. Ilmiötä nimitetään influenssiksi ja se voidaan ymmärtää lähinnä kapasitiivisena.

Myös salamavirran synnyttämä muuttuva magneettikenttä indusoi lähistöllä kulkeviin sähkö- ja muihin johtimiin voimakkaita virtoja. Ilmiö on pahimmillaan, jos johtimet ovat salamavirran suuntaisia. Täten myös pilvisalamat saavat aikaan virtoja maan päällä, vaikka ovatkin maanpäällisen tekniikan kannalta kaikkein harmittomimpia.



Nykyaikaisessa kodissa on jo paljon elektroniikkaa. Jos kiinteistö on ukkosherkällä alueella tai ilmajohtojen varassa, saattaa olla kannattavaa asentaa kiinteistöön kattava ylijännitesuojaus. Kukin laiteryhmä pitää maadoittaa omaan pistorasiaansa.



Porrastetun ylijännitesuojauksen perustana ovat erilaiset suojakomponentit ja niiden välissä olevat induktanssit.

Magneettikentän voimakkuutta kuvaa taas tapaus, jossa TV:n kuvaputken reikälevymaski magnetoitui sekoittaen värit täysin salaman iskiessä lähistöllä olevaan tukiasemamastoon. Automaattinen maskin demagnetointipiiri korjasi tilanteen, kun TV käynnistettiin uudelleen.

Jos on yleensä suojauduttu ukkosylijännitteiltä, nämä pienet ongelmat hoituvat siinä samalla.

Mitä tehdä ylijännitteille?

Suora salamanisku kuluttajien sähkölinjaan leviää sitä pitkin kiinteistöihin, mutta ei yleensä vahingoita järjestelmällisesti suojattua jakeluverkostoa.

Tietotekniikan ja elektroniikan käytön laajetessa olisi maaseudun kiinteistönomistajien kuitenkin nykyään syytä paneutua ylijännitesuojauksien rakentamiseen. Tietotekniikan lisäksi esimerkiksi elektroniset kytkinkellot, tunnistinvalaisimet ja elektroniset termostaatit ovat rikkoutumiselle alttiita.

Monia ylijännitesuojaukseen soveltuvia komponentteja löytyy, mutta niillä on tuiki erilaisia ominaisuuksia niin toimintanopeuksien kuin virrankestonkin suhteen. Yhdistelemällä näitä ominaisuuksia saadaan aikaan toimivia kokonaisuuksia. Suurena apuna tässä on johtimien luontainen induktanssi, joka on noin yksi mikrohenry metriä kohti, ja se mahdollistaa ylijännitteen käsittelyn porrastamisen eli selektiivisyyden.

Porrastamisen perustana on myös sähkölaitteiden erilainen kestävyys ylijännitteitä vastaan. Kiinteästi asennettavat sähkötarvikkeet kestävät suurempia transientteja kuin verkkoon kytkettävät siirrettävät laitteet. Lisäksi kaikkein pienimmän keston laitteiden suojaus on toteutettu itse laitteessa.

Täten kiinteistön liittymään asennetaan karkeasuoja, joka purkaa syöksyjännitteen neljän kilovoltin tasolle. Seuraavaksi se pienennetään ryhmäkeskuksien tasolla 2,5 kilovoltin tasolle ja viimeisenä suojana käytetään kojesuojia, jotka pienentävät syöksyjännitteen 1,5 kilovolttiin, joka nykyaikaisen CE-merkin ansaitsevan laitteen tulee kestää.

Pientalossa tai kesämökillä porrastamiseen ei kuitenkaan löydy tarpeeksi johtopituuksia, sillä pääkeskus on yleensä samalla ryhmäkeskus. Tämä puute voidaan korvata tarkoitukseen tehdyillä erotusinduktansseilla.

Erilaisia suojia ei saa kytkeä suoraan rinnakkain. Hienommat suojat nimittäin vioittuvat nopeammin kuin karkeammat ehtivät toimia, koska hienommalla suojalla on lyhempi havahtumisaika.

Kiinteästi asennettu kojesuoja on siitä hyvä, että se ei unohdu pois käytöstä kuten voi käydä pistorasian ja pistokkeen väliin laitettavalle yksiköille.

Kaikkein parasta olisi tehdä ylijännitesuojaussuunnitelma jo kiinteistön sähkösuunnittelun yhteydessä. Tällöin voidaan varata paikat suojauskomponenteille, sillä niiden asentaminen jo olemassa olevaan järjestelmään teettää usein paljon lisätyötä. Kun joudutaan asentamaan uusia koteloita, saattaa tarvittava johdotus huonontaa tuntuvastikin suojauksen toimivuutta. Lisäksi on muistettava, että sähköasennustöitä saa tehdä vain alan ammattilainen.

Telepuolella kevyemmin

Tele- ja signaalipuolella tullaan toimeen pienempienergisillä suojauspiireillä, koska siellä käytettävät johdinpoikkipinnat eivät pysty siirtämään yhtä suurienergisiä transientteja kuin sähköpuolella käytettävät.

Toisaalta tiedonsiirtopuolella pitää suojata huomattavasti arempia laitteita. Sellaisia varten esimerkiksi saksalainen Phoenix Contact on kehittänyt suojia, joista osa on sähköjärjestelmiä vastaavasti moniportaisia.

Salamoinnin vaikutusmekanismeja

Salamoinnin vaikutuksia tilanteessa, jossa kiinteistöissä ei ole minkäänlaista suojausta.

1. Isku ukkosenjohdattimeen nostaa maatasoa rajusti, jolloin koko sähköjärjestelmän potentiaali kasvaa. Pienempään potentiaaliin jäävä telelinja ja modeemi kokevat kovia, samoin sähköverkon vaihejohtimet alkavat toimia maajohtimina salamavirralle. Kuvassa kaikki PC:n ympärillä olevat laitteet saavat sähkönsyöttönsä eri ryhmistä, ja vahingot niissä ovat lähes varmoja. Myös syntynyt voimakas magneettikenttä indusoi silmukoihin suuria virtoja.

2. Pitkän alastulojohdon, huonon maadoituksen tai puutteellisen potentiaalintasauksen seurauksena on sivuiskun vaara seinän läpi putkistoihin tai sähköverkkoon. Välimatkaa niihin pitäisi olla reilusti.

3. Puuhun iskevä salama saattaa johtua puun juuria pitkin vesijohtoon ja maadoituksiin leviten laajalle. Myös pystysuoraan kulkevan virran magneettikenttä saa aikaan suuria jännitteitä pitkään vaakasuoraan johtimeen sen aaltoimpedanssin ja maata vastaan olevan kapasitanssin takia.

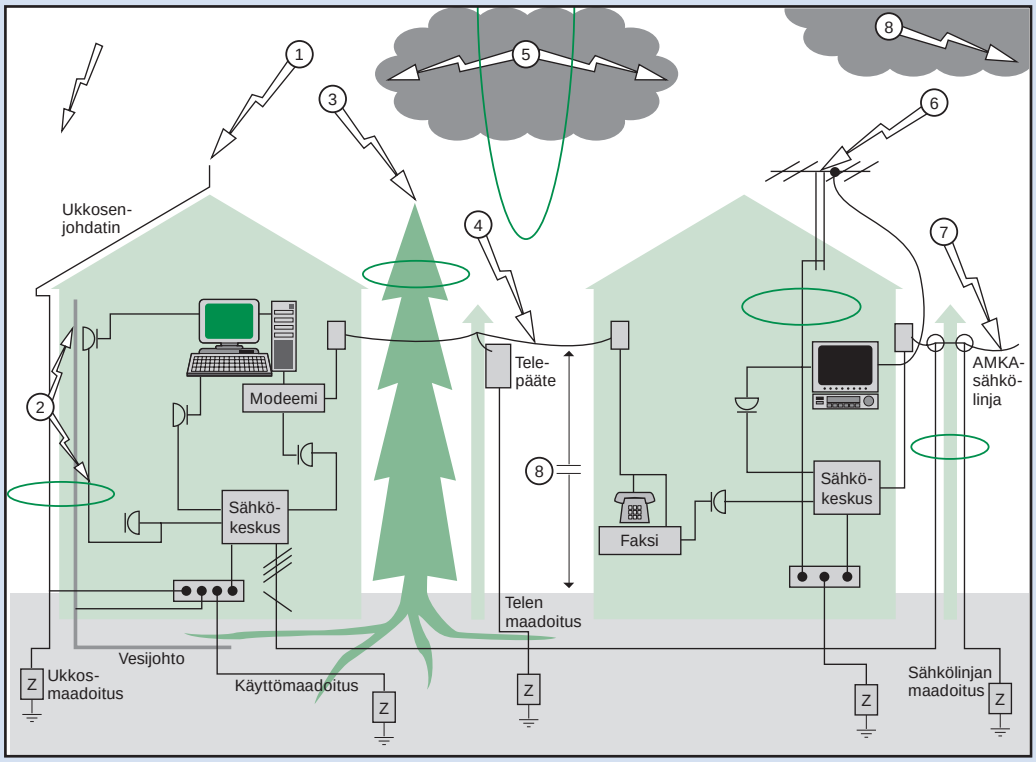
4. Isku telelinjaan tuhoten sen, leviten päätelaitteisiin ja keskukseen, pyrkien sieltä niiden ja sähköverkon kautta maahan. Eivät edes galvaaniset erotukset pysäytä kymmenien tai satojen kilovolttien jännitettä.

5. Pilvisalaman magneettikenttä vaikuttaa myös maan päällä esimerkiksi telelinjoihin.

6. Isku määräysten mukaisesti maadoitettuun mutta ilman ukkosmaadoitusta olevaan antenniin tekee pahaa jälkeä, koska ukkosenjohdattimena toimii käyttömaadoitus, jonka potentiaalin kasvu on tässä tilanteessa erittäin suuri. Ainakin faksin kautta virta hakeutuu telelinjaan.

7. Sähkölinjaan osuva isku leviää koko sähköverkkoon; tosin vaimentuen haaroituksissa ja matkan kasvaessa. Linjan päätepylväässä esiintyvä heijastus saattaa kasvattaa jännitteen suuremmaksi.

8. Kaukanakin iskevä salama vaikuttaa varausta purkaessaan maan pinnalla influenssin välityksellä kentänvoimakkuuteen; ilmiö on luonteeltaan lähinnä kapasitiivinen.



Phoenix Contact valmistaa esimerkiksi kojerasiaan asennettavia kojesuojia. Suojan punainen merkkivalo ilmaisee vioittuneen ja katkenneen suojauksen, vihreä ilmaisee verkkojännitteen olemassaolon.

Lisäksi eri laitteistoryhmillä on omia erityisvaatimuksia: Jossain on pienikin kapasitanssi tai induktanssi pahasta, toisissa taas ei sallita minkäänlaisia vuotovirtoja, ja löytyy tilanteita, joissa väärin valittu komponentti suojatessaan jää tyristorin tapaan johtavaksi, kunnes virta katkaistaan. Siksi suosittelen hiukan kalliimpien mutta valmiiksi mietittyjen ratkaisujen käyttöä myös näissä tilanteissa. Markkinoilla on esimerkiksi valmiita televisioantennin ja sen sähkönsyötön sekä puhelinlinjan ja tietokoneen sähkönsyötön suojaavia yhdistelmäsuojia. Niiden suojausteho riittää vain taajama-alueen sähkönjakelussa esiintyville ylijännitteille.

Erilaisia suojia

Ylijännitteiden suojauksissa eniten käytettäviä komponentteja ovat kaasupurkausputki, liukukipinäsuoja, varistori ja purkausdiodi.

Karkeasuojina käytettävän kaasupurkausputken yhteyteen on asennettava myös siihen sopivat sulakkeet, ja jotta niiden vioittuminen ei poistaisi suojaa käytöstä, on niiden kunnosta saatava jotenkin tietoa.

Varistori on puolestaan jännitteestä riippuva vastus, joka katkaisee itse oikosulkuvirran, kun jännite vähenee alle kynnysjännitteen. Kuitenkin varistorit vanhenevat käytössä ja toistuvien kuormitusten seurauksena niiden vuotovirta hiljalleen kasvaa ja aiheuttaa komponentin lämpenemistä. Signaalipiireissä vuotovirta aiheuttaa häiriöitä ja sähköverkkoon liitetty varistori on varustettava lämpösuojilla.

Hurjimmillaan salaman aiheuttama ylijännite tekee elektroniikasta korjauskelvotonta.

Näin suojasin oman kotini ukkoselta

Asun haja-asutusalueella, joten olen joutunut käytännössä opettelemaan monet suojausasiat. Ukkosongelmat olivat aiemmin jatkuvia. Tunnistinvalaisimia sai korjata monta kertaa kesässä ja puhelimina voi pitää vain numerolevykoneita.

Kaikki pistokkeet piti repiä seinästä, kun kotoa lähdettiin johonkin. Kun aloin järjestellä työtilaa itselleni kotiin omaa toiminimeä varten, oli suojausten rakentaminen lähes ensimmäisenä listalla. Vanhastaan minulla oli kokemusta saksalaisen Phoenix Contactin tuotteista, joita käytin myös omassa suojausjärjestelmässäni.

Matkaa sähköpääkeskukselta pylväälle, johon sähköntoimittajan linja loppuu, on maakaapelia pitkin nelisenkymmentä metriä. Siksi en katsonut karkeasuojia heti tarpeellisimmiksi, vaan asennutin ensin kolme keskisuojaa talon ainoaan keskukseen. Ne riittivät, koska keskuksen syöttöjohto on PEN-johto (nolla ja suojamaa sama).

Puhelinlinja tulee samaan pylvääseen ja myös ISDN-päätteelle tulee maakaapeli. Telelaitoksen linja on päätetty pylväässä kolmielektrodiseen kaasupurkaussuojaan, joka toimii pylväästä alas tulevaa sähkölinjan maadoitusjohtoa vastaan. Lisäksi ISDN-päätteen linjan puoleiseen päähän on asennettu pistokemallinen telelaitesuoja. Samaan pistorasiaan on liitetty telefaksi, joka on vanha analoginen niin kuin puhelimetkin.

Näillä toimilla loppui talossa olevien tunnistinvalaisimien rikkoutuminen ja myös telelaitteet ovat säästyneet, vaikka ovat aina kiinni linjassa ja sähkönsyötössä. Pari ukkosvauriota on telelinjassa tämän jälkeen ollut. Ukkonen on lyönyt linjan poikki ja rikkonut keskuskortteja.

Telelaitoksen korjaaja ihmetteli kovasti sitä, miksei meillä ollut vaurioita, kun kuulemma muiden päätelaitteet yleensä särkyvät, vaikka ukkonen olisi kymmenien kilometrien päässä.

Tämän jälkeen on ulkorakennuksessa oleva tunnistinvalaisin vielä rikkoutunut pari kertaa. Koska siellä on vanha asennus, joka lähtee pääkeskukselta omana maakaapelinaan ja jossa on pistorasioita vaarallisissa käyttöolosuhteissa, päätettiin sitä syöttävään linjaan laittaa asiaankuuluva vikavirtasuoja, ja keskisuoja siihen samaan koteloon, mutta sen syöttävälle puolelle. Siihen loppuivat särkymiset.

Hankittuani melkoisen määrän kalliita elektroniikan mittauslaitteita, jotka on sijoitettu työpöytäni yläpuolella oleville hyllyille ja jotka on paljon vaihtelevien töideni takia hyvä pitää aina käyttövalmiina kiinni sähköverkossa, asennettiin työpöydässä olevaan kouruun vielä kojesuoja.

Kannassa on vianilmaisulle potentiaaliton kosketin, mutta en katso aiheelliseksi kytkeä sitä, sillä suojan vioittumisesta kertova LED on aina työskennellessäni näkyvissä. Pistokeosaa saisi myös viasta kertovalla summerilla varustettuna.

Viimeksi kuluneina kesinä on seudulla esiintynyt niin rajuja ukkosia, että noin vuosi sitten päätin hankkia pääkeskukseen vielä karkeasuojat. Niitä ei vanhaan tulppasulakkeilla tehtyyn mittauskeskukseen millään saatu mahtumaan, vaan kaapin kylkeen piti istuttaa toinen pienempi kaappi, johon ne asennettiin.

Viime kesänä tuli melkoisesti kokemuksia omastakin suojauksesta. Minkäänlaisia vaurioita ei meillä esiintynyt, vaikka puolen kilometrin päässä olevissa kahdessa naapurissa vioittui monikin laite.

Veikko Karjalainen

Karkeasuojat on johdotettava kunnon neliöillä eikä jännitteellisiä osia saa olla suojien puhallusaukkojen kohdalla. Lisäksi kotelossa on oltava ylipaineventtiili.

Myös nopea purkausdiodi yleensä oikosulkeutuu liian rajun ylikuormituksen seurauksena. Sen virrankäsittelykyky on lisäksi niin pieni, ettei siitä yksinään ole ukkossuojaukseen, ja sitä käytetäänkin lähinnä hienosuojana tele- ja signaalipiireissä.

Ukkoselta voi suojautua

Ukkoselta ja sen aiheuttamilta ylijännitteiltä pystytään suojautumaan, kun asiaan paneudutaan. Eri standardeista ja julkaisuista löytyy tietoa potentiaalintasauksesta ja maadoituksista ja niiden oikeasta järjestelystä häiriösuojauksen kannalta.

Yleensä näiden ohjeiden perustana ovat verkkovirran ilmiöt, mutta aaltoimpedanssi ja siitä johtuvat ilmiöt muutaman mikrosekunnin nousuajoin käyttäytyvät eri tavalla ja vaativat erilaisia toimia sekä uutta lähestymistapaa.

Asia on kuitenkin jo tiedostettu, ja todennäköisesti tulevaisuudessa saadaan tähän liittyviä ohjeita. Ne ovat tarpeen myös lisääntyvien EMC-määräysten takia. ●

Kirjallisuutta

Standardi IEC TC81, Protection against LEMP, part 1, general principes -93
Standardit SFS 6000-4 ja -5
SFS-käsikirja 33, Rakennusten ukkosuojaus
Ylijännitesuojaus, Suomen Sähköurakoitsijaliitto 1994, ISBN 952-9756-06-2
Johtotransmissio ja sähkömagneettinen suojaus, Otakustantamo
Suurjännitetekniikka, Otakustantamo

Lisää tietoja

Phoenix-suojat:
Phoenix Contacts Oy,
puh. (09) 350 9020
Kleinhuisin suojat:
Sarmalux Oy, puh. (09)-754 3233
Tietoa ukkosesta:
www.pp.clinet.fi/ode/uktutsis.htm
Phoenix Contact:
www.phoenixcontact.com
Kleinhuis: www.kleinhuis.de
East Coast Lightning Equipment:
www.eastcoastlightning.com
Indelec: www.indelec.com
Turvatekniikan keskus:
www.tukes.fi/sahkoturvallisuus

Artikkelin kirjoittaja asuu ja ylläpitää elektroniikkakorjaamoa hajaasutusalueella. Artikkelin asiatietojen tarkistamiseen hän on saanut apua sähkötarkastaja Seppo Asikaiselta Ameplan Oy:ltä ja sähköinsinööri Osmo Massiselta.

Salaman syvin olemus

Salama ei ole yksinkertainen eikä myöskään kovin nopea sähköilmiö.

Salama alkaa muodostua pilveen syntyneistä varauskeskuksista sysäysionisaation vaikutuksesta; potentiaalierot saattavat niissä olla jopa gigavoltin luokkaa. Näiden peräkkäisten ja polveilevien, pilvestä vastakkaismerkkisen varauskeskuksen suuntaan lähtevien ionivyöryjen etenemisnopeus on alle sadasosa valon nopeudesta, ja ne saavat lisäenergiaa pilven varauskeskuksista jatkaen ionisaatiokanavaa pätkittäin aina kohtalaisen lähelle maan pintaa. Tämä indusoi maassa oleviin kohteisiin sähkökentän.

Kuten tunnettua, kentänvoimakkuus muodostuu suurimmaksi terävissä kohteissa, ja kun ilman läpilyöntilujuus (1 MV/m) ylitetään, syntyy varsinainen salama, joka neutraloi varauskeskukset ainakin osittain. Tämän jälkeen esiintyy monesti vielä useita peräkkäisiä heikkeneviä jälkipurkauksia, jolloin salama näyttää välkkyvän.

Purkauksen etenemisnopeus on kymmeniä metrejä mikrosekunnissa. Virrat vaihtelevat muutamasta kiloampeerista satoihin; virran muoto on iskussa aina lähes vakio. Energiasta kuitenkin onneksi vain noin kaksi prosenttia kuluu iskukohdassa ja muu kuluu esimerkiksi ilman kuumentamiseen plasmaksi.

Koska salaman lopullinen iskukohta määräytyy melko lähellä maan pintaa, ei sen tarkka ennustaminen ole mahdollista. Kuitenkin tiedetään, että kentänvoimakkuus kasvaa terävien esineiden kohdalla, ja juuri tätä käytetään hyväksi ukkosenjohdattimien salamansieppaimissa.