

Teho ja tehon mittaus

Energiavarojen rajallisuus on viime aikoina johtanut siihen, että energiaa koskevat kysymykset ovat alkaneet kiinnostamaan yhä useampia. Taloudellisuus ja tehokkuus ovat tänä päivänä sähköteollisuuden kaksi suurinta tekijää. Energiantuotannon, siirron ja jakelun tuomat korkeat kustannukset lisäävät kiinnostusta sähkön kulutuksen valvontaa sekä hallintaa kohtaan.

Sähköteollisuuden tärkein päämäärä on pystyä tyydyttämään eri asiakkaiden vaihtelevat energiantarpeet. Energian tarve kasvaa yhdessä lisääntyneiden muutosten sekä sähköverkoston laajennustöiden myötä. Tämä tarkoittaa lisääntyneitä kustannuksia. Sähköverkon mittaus- ja valvontatoimenpiteiden merkitys on lisääntynyt erilaisten katkosten sekä materiaalivirheiden aiheuttamista korkeista kustannuksista johtuen.

Sähköyhtiöt tuottavat taloudellisista syistä sähköä melko korkealla jännitteellä (> 1 kV). Sähkö muunnetaan kuluttajille sopivaksi muuntajien avulla.

Näin toimitaan paremman turvallisuuden ja saatavuuden saavuttamiseksi, sekä kaupallisella että teollisella puolella.

Turvallisuus on tärkein tekijä mitä tulee energianjakeluun. Turvallisen (sekä käyttäjille että laitteistoille) sähköjakeluverkon aikaansaamiseksi vaaditaan tietämystä, ennaltaehkäisevää kunnossapitoa sekä sähköverkon valvontaan ja analysointiin soveltuvien mittalaitteiden käyttömahdollisuutta.

Muutamia tavallisia verkkoasennuksia

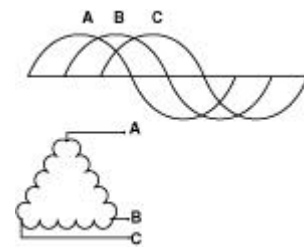
1-vaiheverkko

Asuinalueille sähköä toimittavan yksivaihejärjestelmän kaapelit koostuvat 3:sta johtimesta

(vaihe, nolla ja maa), jotka syötetään 230 V:n jännitteellä.

3-vaiheverkko 3:lla johtimella

Järjestelmää kutsutaan usein delta- tai kolmioyhteyksiksi ja sen syöttöjännite on 230/400 V. Johtinten välinen jännite on saman suuruinen kuin muuntajan jännite. Järjestelmän kolmella sähköisellä johtimella on sisäinen, 120°:n sisäinen vaihesiirto.

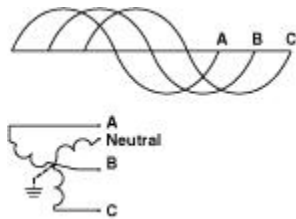


Kuva 1: 3Ø- järjestelmä 3:lla johtimella.

3-vaiheverkko 4:llä johtimella

Järjestelmää kutsutaan myös Y- tai tähtikytkennäksi ja sen syöttöjännite on 230/400 V. Järjestelmässä on kolme sähköistä johdinta sisäisellä 120°:n vaihesiirrolla sekä nollajohtimella. Asunnoissa, toimistoissa sekä muissa pienemmissä laitoksissa kytketään useimmat laitteistot vaihejohtimen ja nollajohtimen välille.

Tavallinen jännite:
Vaihe-vaihe = 400V
Vaihe-nolla = 230V



Kuva 2: 3Ø- järjestelmä 4:llä johtimella.

Symmetrisiä sekä epäsymmetrisiä järjestelmiä

Vaihtovirtajärjestelmä useammalla kuin kahdella johtimella on symmetrisesti kuormitettu, mikäli jokaisessa johtimessa kulkee yhtä paljon virtaa. Monet järjestelmät tänä päivänä ovat epäsymmetrisiä yhden vaiheen kuluttaessa enemmän tai vähemmän virtaa kuin muut. Tämä tapahtuu useimmiten sähköverkon laajennuksen yhteydessä,

Chauvin-Arnoux Pohjoismaissa
CA Mätssystem AB
info@chauvin-arnoux.fi
www.chauvin-arnoux.fi

jolloin ei oteta huomioon vaiheiden välistä, tasaista kuormitusta tai useiden epälineaaristen kuormien yhteen kytkemistä.

TRMS ja RMS

RMS (root-mean-square) -termiä käytetään puhuttaessa vaihtovirrasta (AC). Se tarkoittaa "vastaavaa" tai "tehokasta" ja se vastaa tasavirran (vastaavalla arvolla) suorittamaa työmäärää.

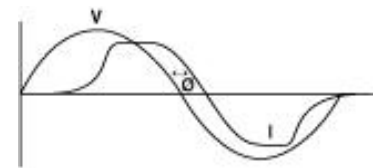
RMS -termiä tarvitaan tasaisin väliajoin amplitudia sekä polaarisuutta vaihtavan tasavirran arvon kuvaamiseksi. RMS -mittaukset antavat tarkemman kuvan virta- ja jännitearvoista, mikä on erittäin tärkeää epälineaarille (häirityille) signaaleille.

Suurin osa sähköverkon kuormituksista olivat aikaisemmin lineaarisia. Lineaarille kuormitukselle impedanssin arvo on vakio ja riippumaton jännitteen arvosta. Epälineaaristen kuormitusten osuus sähköverkossa on kasvanut huomattavasti lisääntyneen tietokoneiden sekä erilaisten moottoreiden käytön johdosta.

Ei-sinimuotoisen jännitteen ja virran mittaus vaatii TRMS -mittalaitteen. Tavalliset laitteet mittaavat käyrän amplitudin keskiarvon. Osa näistä laitteista on ohjelmoitu näyttämään

vastaavan RMS (0,707 x huippuarvo) -arvon. Tämän tyyppinen laite näyttää todellisen kuvan käyrästä ainoastaan silloin kun se on täysin sinimuotoinen (ilman minkäänlaisia häiriöitä). Häiriöiden ollessa läsnä, muuttuu luetun RMS -arvon sekä TRMS -arvon välinen suhde huomattavasti. Ainoastaan TRMS -arvon mittaavat laitteet antavat oikean kuvan ei-sinimuotoisesta käyrästä.

Mitattaessa TRMS -laitteella, tallentuvat tulossignaalit korkealla näytteenottonopeudella. Laitte digitalisoi jokaisen arvon, korottaa sen toiseen ja lisää sen edelliseen arvoon korotettuna toiseen. Tämän jälkeen laite laskee neliöjuuren kyseisestä kokonaissummasta. Saatua tulosta kutsutaan TRMS -arvoksi.



Kuva 3: Epälineaarinen virtakäyrä.

Energian kulutus

Sähköverkossa käytettävää energian määrää kutsutaan energian kulutukseksi. Mikäli energiankulutus on epäsäännöllistä, tulee

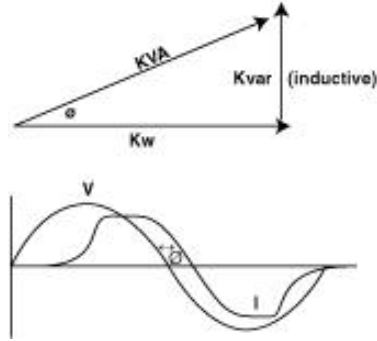
sähkölaitoksilla olla suurempi kapasiteetti kuin jos kulutus olisi säännöllistä. Kapasiteetin tulee olla riittävä, jotta voidaan suoriutua nopeasti tapahtuvista muutoksista liittyen energian kulutukseen.

Watt ja Var antavat hetkellisen kuvan siitä mitä piirissä tapahtuu tiettyä ajankohtana. Kyseisten parametrien vaihdellessa voimakkaasti jakson aikana, on energiankulutuksen integrointi suhteessa aikaan välttämätöntä. Energian mittauksessa käytettäviä perussuureita ovat wattitunti (Wh) sekä kilowattitunti (kWh). Kilowattitunnin arvo vastaa 1000 W:n kulutusta tunnissa.

Tehokerroin

Tehokerroin on piirissä käytettävä pätöteho jaettuna virtalähteen toimittamalla näennäisteholla. Pätöteho mitataan watteina (W) tai kilowatteina (kW). Näennäisteho mitataan voltiampereissa (VA) tai kilovoltiampereissa (kVA). Loisteho lasketaan kertomalla virran määrä jännitteellä.

Tehokerroin =
Pätöteho (kW) /
Näennäisteho (kVA)



Kuva 4: Tehokerroimen laskenta.

Tietyt kuormitukset (esim. Induktiiviset moottorit) luovat vaihesiirron tai viiveen virran ja jännitteen välille. Induktiivinen kuormitus siirtää virran suhteessa kulmalliseen jännitteeseen. Kyseinen kulma on nimeltään vaihekulma ϕ .

Täysin resistiivisille kuormituksille ei tapahdu vaihesiirtoa virran ja jännitteen välillä. Vaihekulma ϕ on näin ollen 0 astetta.

Seuraavat esimerkit kuvaavat tehokerrointa erityyppisillä kuormituksilla.

Esimerkki 1: Juottimessa virtalähteestä kulkeva näennäisteho on muutettu suoraan lämmöksi (pätöteho). Pätö- ja näennäistehot ovat tässä tapauksessa yhtä suuria. Tehokerroin on näin ollen 1.

Esimerkki 2: Yksivaihemoottorin pätöteho koostuu useista eri komponenteista:

- Järjestelmässä suoritettava työ, esim. nostokurjella tehtävät nostot, tuulettimella siirrettävä ilma tai esineiden siirto kuljetushihnalla.
- Moottorikäymien tehohäviöistä johtuva lämpeneminen.
- Pyörrevirta- ja hystereesihäviöistä johtuva raudan lämpeneminen.
- Kitkahäviöt moottorilaakereissa
- Kitkahäviöt moottorin pyöriessä.

Voimme siis todeta, että näennäisteho on yksivaihemoottorille korkeampi kuin pätöteho. Tehokerroin on näin ollen < 1 .

Tehokerroin ilmoittaa kuormitusten välisestä eroavaisuudesta. Juotin on täysin resistiivinen kuormitus, joka kuluttaa yhtä paljon virtaa kuin mitä se muuntaa takaisin lämmöksi. Virtaa kutsutaan pätövirraksi, sillä se vaikuttaa suoraan pätötehon tuottamiseen.

Yksivaihemoottori edustaa sitä vastoin osittain induktiivista kuormitusta, mikä koostuu pätötehoksi muuttuvasta pätövirrasta sekä magnetisoitavasta virrasta, joka luo moottorin käyttöön vaadittavan magneettikentän. Loisvirraksi

kutsuttava, magnetisoiva virta vastaa virtalähteen ja moottorin välistä energianvaihtoa, joka ei muutu pätötehoksi.

Reaktiivinen tehokompensointi

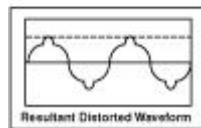
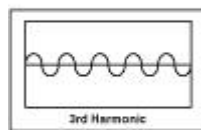
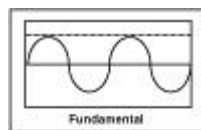
Reaktiivisella tehokompensoinnilla tarkoitetaan matalan tehokertoimen korjaamiseen vaadittavia kapasitiivisia arvoja, jotta tehokerroin olisi mahdollisimman lähellä yhtä (1).

Useimmat teolliset kuormitukset ovat induktiivisia, mikä merkitsee sitä, että virta siirtyy muutamalla asteella jännitteeseen verrattuna. Tehokerroin saadaan nostettua yhteen asentamalla kondensaattori rinnakkain kuormituksen kanssa. Kondensaattori ei kuluta tehoa, joten kuormitusteho pysyy samana.

Yliaallot

Aikaisemmin sähkönlaatu oli osoitus siitä, miten hyvin sähköyhtiöt toimittivat sähköä asiakkailleen ilman katkoksia. Termi käsittää nykyään kaikkia siniaalloista poikkeavia, eli transientteja sekä jatkuvia häiriöitä. Yliaallot ovat esimerkki jatkuvista häiriöistä ei-toivotuin seurauksin. Yliaaltoja voi esiintyä virrassa ja/tai jännitteessä. Arvioltaan 60 % kaikista sähkölaitteista käyttää epälineaarista virtaa.

Sähköyhtiöt investoivat vuosittain suuria rahasummia varmistaakseen, että toimittamansa jännite on mahdollisimman sinimuotoinen. Mikäli käyttäjä kytkee järjestelmään resistiivisen kuormituksen (esim. hehkulamppuja), tulee myös saatu virta olemaan sinimuotoinen. Mikäli kuormitus on epälineaarinen, mitä se yleensä on, tulee virta kulkemaan lyhyissä pulsseissa ja virtakäyrä häiriintyy. Kokonaisvirta koostuu perustaajuudesta sekä kaikista yliaalloista



Kuva 5: Yhdistetty käyrämuoto.

Yliaallot voivat aiheuttaa vakavia ongelmia. Yliaallot voivat laukaista ylijännitesuojan, aiheuttaa muuntajien, nollajohdinten ja moottorien ylikuumenemista sekä vikoja kondensaattoreissa. Yliaaltojen aiheuttamat ongelmat ovat helposti

havaittavissa mutta vaikeasti diagnostisoitavissa.

On tärkeää ymmärtää miten yliaallot syntyvät ja näin ollen pystyä vaikuttamaan aktiivisesti niiden havaitsemiseen ja valvontaan. Yliaaltojen määrä sähköjärjestelmässä vaihtelee huomattavasti eri osien välillä. Yliaallot voivat vaikuttaa järjestelmään suorien järjestelmäkytkentöjen tai kapasitiivisten tai induktiivisten kytkennän välityksellä.

Yliaalto voidaan määritellä perustaajuuden kokonaisluvun kerrannaisena ja sille jaetaan järjestysluku. 50 Hz:n perustaajuuden myötä, on järjestyksessään toisen yliaallon taajuus 50×2 Hz, eli 100 Hz. Kolmannen yliaallon taajuus on näin ollen 150 Hz jne.

Epälineaariset sähkölaitteet aiheuttavat yliaaltoja. Epälineaarinen luonne aiheuttaa sen, että laite kuluttaa virtaa, mikä ei noudata jännitteen aaltomuotoa. Tästä hyvänä esimerkkinä elektroninen laitteisto. Vaikka kyseessä onkin laaja kategoria, on niillä yleensä yksi yhteinen tekijä: Kaikki sisältävät sisäänrakennetun

tasavirtalähteen (DC) virransyöttöön.

Virtayliaaltoja aiheuttavia kuormituksia ovat muun muassa:

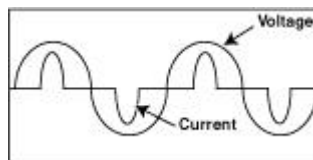
- Elektroniset himmentimet
- Nopeuden hallinta
- Tietokoneet
- Elektroninen hitsauslaitteisto
- Tasasuuntaajat
- Säätimet
- Alimittaiset muuntajat
- Lääketieteelliset laitteet

Kaikkien elektroniikkaan perustuvien laitteiden voidaan epäillä aiheuttavan häiritseviä yliaaltoja.

Johtuen elektroniikan lisääntyneestä käytöstä, on virtayliaaltoja aiheuttavien laitteiden määrä noussut huomattavasti. Yliaalloista johtuvat ongelmat kasvavat laitteissa käytettävien diodien lisääntyneen käytön myötä. Tämän tyyppiset laitteet kuluttavat lyhyen virtapulssin ainoastaan sinikäyrän huippuarvojen kohdalla. Korkeataajuuksisia yliaaltoja esiintyy tämän seurauksena 50 Hz:n perustaajuudella.

Yliaaltoja syntyy diodikondensaattoritulon muuntaessa vaihtovirran tasavirraksi. Piiri kuluttaa verkon virtaa ainoastaan jännitekäyrän huippuarvojen

kohdalla. Kondensaattori ladataan tällä tavalla jännitteen huippuarvolla. Laitteistoon syötetään kondensaattorin kautta tasavirtaa, minkä seurauksena virtakäyrä häiriintyy.



Kuva 6: Epälineaarinen virta.

Sähköjärjestelmässä sijaitsevat yliaallot aiheuttavat häiriöitä yhdessä perustaajuuden kanssa. Häiriötasolla on suora yhteys virtayliaallon taajuuden ja amplitudin kanssa.

Perustaajuuteen vaikuttavia yliaaltotaajuuksia kutsutaan yliaaltopitoisuudeksi tai THD:ksi (Total Harmonic Distortion). THD mitataan perustaajuuden prosenttiosuutena. Yli 10 %:n THD -arvo ei ole hyvä.

THD-arvo lasketaan ottamalla neliöjuuri yliaaltotaajuuksien kokonaissummasta jaettuna perustaajuudella (50 Hz). Laskenta antaa häiriöarvon prosenteissa. THD % on matemaattisesti yliaaltojen RMS-yhteisarvo jaettuna perustaajuuden RMS-arvolla, ilmoitettuna prosenteissa.

Toinen käytännöllinen parametri on särökerroin tai DF %. Särökerroin on yliaaltopitoisuus yhteensä RMS-

kokonaissignaalin funktiona. THD lasketaan prosenteissa ja se ei voi ylittää perustaajuuden arvoa. DF -arvo ei voi koskaan olla yli 100 %. Termi on erittäin käytännöllinen ja se löytyy myös kansainvälisestä IEC-555 -standardista. DF % on matemaattisesti yliaaltojen RMS-arvo jaettuna RMS-arvolla, ilmoitettuna prosenteissa.

Epälineaarinen kuormitus suurissa määrin aiheuttaa myös yliaaltoja sähköjakeluverkossa. Yliaaltoja aiheuttavia laitteistoja löytyy useista eri ympäristöistä, toimistoista tehdusrakennuksiin.

Sähköiset tehonmuuntajat tehdasympäristöissä, kuten nopeudensäätimet, ovat suurin yliaaltoja aiheuttava lähde. Lähes 25 %:n THD -tasot ovat joissain teollisuusympäristöissä melko yleisiä. Yliaallot voivat aiheuttaa monenlaisia ongelmia. Muutamia esimerkkejä ovat kaapeleiden, muuntajien sekä moottoreiden ylikuormitukset.

Yksivaiheisten toimistolaitteiden syöttövirta on yleensä epälineaarinen. Suurin yliaaltoja aiheuttava tekijä toimistoympäristöissä ovat tietokoneet. Myös fluoresoiva valaistus

sähköisellä kuormituksella sekä muun tyyppiset toimistovarusteet toimivat vaikuttavina tekijöinä. Toimistolaitteet ovat erittäin herkkiä sähköön laadussa tapahtuville vaihteluille.

Tehdasympäristöissä voi sijaita suuri määrä epälineaarisia, 3-vaihekuormituksia. Epätoivotuimmat yliaaltotaajuudet ovat perustaajuuden parittomat kerrannaiset (kolme, viisi ja seitsemän). Järjestyksessään kolmas yliaalto (150 Hz) voi aiheuttaa eniten häiriöitä. Yliaaltotaajuuden ollessa aina perustaajuutta (50 Hz) korkeampi, muodostuu pintatehoista myös yksi tekijä. Pintateho on ilmiö, jossa korkeampi taajuus aiheuttaa sen, että elektronit alkavat liikkumaan johtimen pintaa kohti. Tämä pienentää johtimen halkaisijaa huomattavasti, jonka ansiosta myös kaapelin kapasiteetti pienenee. Pintateho voimistuu taajuuden ja amplitudin myötä. Korkeammat yliaaltotaajuudet aiheuttavat tämän seurauksena korkeamman asteen ylikuumentumisen johtimissa.

Vaiheilla on keskinäinen, 120°:n vaihesiirto tasapainoisessa 3-vaihejärjestelmässä ilman yliaaltoja. Vaiheet kumoavat täten toisensa ja hyvin vähän virtaa

pääsee nollajohtimeen. Kun jollakin vaiheella ilmenee häiriöitä, lisääntyy muiden vaiheiden yliaaltojen määrä ja näin ollen ne eivät kumoa toisiaan. Nollajohtimen virran määrä nousee tämän tuloksena huomattavasti. Yliaallot kolmen parittomilla kerrannaisilla (kolme, yhdeksän, viisitoista) lisätään nollajohtimeen ja ne voivat nopeasti aiheuttaa vaarallista ylikuumentumista.

Nollajohtimessa kulkeva maksimivirta on teoriassa 1,73 x vaihevirta. Johdin voi ylikuumentua mikäli sitä ei mitoiteta oikein. Mikäli nollavirta on normaalia korkeampi, johtaa tämä nollajohtimen ja maan välisen jännitteen laskuun. Yli neljän voltin arvot viittaavat korkeaan nollavirtaan.

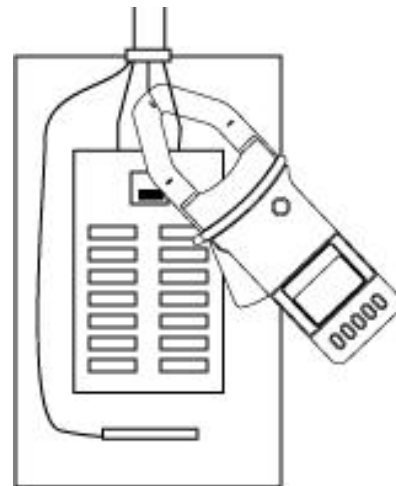
Virheellisesti laukeavat virtakytkimet ovat korkeiden yliaaltotaajuuksien tuoma lisäongelma. Huippuarvon tunnistava virrankatkaisin laukeaa usein vaikka maksimaalista virran arvoa ei ole saavutettu.

Virtayliaaltojen huippuarvo voi olla moninkertainen verrattuna sinikäyrän huippuarvoon.

Yliaaltojen havaitseminen ja mittaus

Yliaaltoanalyysillä tarkoitetaan sitä, että mittaukset suoritetaan taajuuksien sekä elektronisten laitteistojen aiheuttamien yliaaltovirtojen

laajuuden tunnistamiseksi. Useimmat epälineaariisiin yliaaltoihin liittyvät ongelmat ovat luettavissa suoraan mittalaitteen näytöltä. Nollajohtimessa sijaitseva korkea virta on mahdollista havaita TRMS -mittalaitteen avulla.



Kuva 7: Virtapihdillä suoritettava mittaus.

Mittaa jokaisen vaiheen ja nollan virran RMS -arvo. Vertaa nollajohtimelle suoritettuna mittauksen arvoa virran oletusarvoon mikäli vaiheet ovat epätasapainossa. Mikäli vaihevirratt ovat yhtä suuria, tulee nollavirran vektorisumma olemaan nolla. Mikäli nollajohdin sisältää suuria määriä järjestyksessään 3:n, 9:n, 15:n jne. yliaaltoja, voi nollavirta olla vaihevirtaa korkeampi.

Jännitteen THD -arvon mittaaminen voi myös olla

hyödyksi. IEEE 519-1992 -standardi täsmentää sekä maksimaalisen yliaaltopitoisuuden että suositellut korjaustasot. 5 %:n yliaaltopitoisuudella alkaa olla merkittävä vaikutus sähköjakeluverkkoon.

Virtayliaaltojen mittausta määrittelee yliaaltoja aiheuttavan kuormituksen. Virran mittausta tulisi näin ollen suorittaa mahdollisimman lähellä kuormitusta. Jänniteyliaallot määrittelevät miten järjestelmä reagoi yliaaltoihin ja ne mitataan tavallisesti sähkökaapista.

Yhteenveto

Virtayliaalloilla on negatiivinen vaikutus sähköjärjestelmään. Epälineaarisen kuormituksen läpi kulkeva virta vaikuttaa Ohmin lain mukaisesti järjestelmän impedanssiin, jonka seurauksena syntyy jänniteyliaaltoja.

Korkeasti kuormitettuun muuntajaan vaikuttaa se, että yksi piireistä syöttää epälineaarista kuormitusta. Syntyvät jänniteyliaallot voivat siirtyä muihin piireihin, joiden syöttö tapahtuu samalla muuntajalla. Jänniteyliaallot voivat aiheuttaa ongelmia järjestelmässä. Moottorin katsotaan olevan lineaarinen kuormitus, mutta mikäli jännitelähde sisältää suuren määrän yliaaltoja, tulee se kuluttamaan yliaaltoja

sisältämää virtaa. Moottorin käyttölämpötila nousee ja -ikä lyhenee tämän seurauksena.

Taajuudesta riippuen, pyörii moottori vastakkaiseen suuntaan (negatiivinen vääntömomentti). Etenkin järjestyksessään viidennellä yliaallolla on tällainen vaikutus moottoreihin.

Kohinaa voi esiintyä kommunikointilaitteissa sekä puhelinjärjestelmissä kun ääni- tai radiotaajuuksien (induktiivinen tai kapasitiivinen) yliaallot yhdistetään kommunikointi- tai dataverkkoon.

Muuntajat ja k-kerroin

Useimpien muuntajien toiminta perustuu häiritsemättömiin, 50 Hz:n signaaleihin. Signaalien sisältäessä paljon yliaaltoja, voi se johtaa huonontuneeseen toimintaan tai onnettomuuteen.

Muuntajien K-kerroin mitataan vaarallisen ylikuumentumisen ennaltaehkäisemiseksi mikäli muuntajat syöttävät kuormituksia yliaalloilla. K-kerroin ilmaisee muuntajan kykyä käsitellä epälineaarista kuormitusta ilman normaalista poikkeavaa ylikuumentumista.

K-kerroin kertoo muuntajan kyvystä käsitellä yliaaltoja (mitä korkeampi k-kerroin, sitä parempi).

Mittalaitteen tulkinta

Yliaaltojen tuomat ongelmat ovat helpommin analysoitavissa, mikäli käytössä on oikeanlainen mittalaite. Käsite Todellinen RMS -arvo (TRMS) vastaa saman arvoisen tasavirran (DC) suorittamaa työmäärää.

Kohteissa, missä esiintyy yliaaltoja, tulee TRMS -laitetta käyttää tarkkojen mittaustulosten aikaansaamiseksi. Jos mittaukset suoritetaan ainoastaan keskiarvon (RMS) mittaavilla laitteilla, eivät tulokset vastaa virallisia arvoja. Mikäli yliaaltoja esiintyy, voi laitteen antama arvo poiketa 25-45 % virallisesta arvosta. Monet markkinoilta löytyvät laitteet näyttävät keskiarvon sekä huippuarvon kertaamalla mittaustuloksen luvulla 1,11 / 0,707. Nämä laitteet näyttävät oikean arvon, mikäli signaali on täysin sinimuotoinen.

TRMS -laitteet keräävät näytteitä korkealla otantaopeudella ja antavat tarkan sekä luotettavan kuvan myös häiriöistä signaaleista.

Sisäänrakennetut mikroprosessorit keräävät näytteitä, digitalisoivat ja korottavat toiseen jokaisen otannan. Saatu arvo lisätään edelliseen otantaan korotettuna toiseen ja tämän

jälkeen otetaan neliöjuuri saadusta kokonaissummasta. Tulokseksi saadaan TRMS - arvo, riippumatta signaalin häiriöiden määrästä.

Huippukerroin

Huippukerroin on signaalin huippuarvo jaettuna RMS-arvolla.

Huippukerroin (crest Factor, CF) = Huippuarvo / RMS-arvo

Huippukerroin ilmaisee laitteen kykyä käsitellä vääristynyttä signaalia ilman mittausvirheiden syntyä. Puhtaan siniaallon huippukerroin on 1,414. Mitä korkeampia huippukertoimia

laite pystyy mittaamaan, sitä paremmin se kykenee myös mittaamaan komplekseja signaaleja. Kun yliaaltoja esiintyy, voi huippukerroin (kanttiaallon huippukerroin on 1) olla pienempi tai suurempi kuin 1,414.

Yliaaltojen aiheuttamien vaikutusten rajoittaminen

Suodattimien käyttö on tänä päivänä tavallisin tapa rajoittaa yliaaltojen aiheuttamia vaikutuksia. Suodattimet koostuvat yleensä muokatuista LC-piireistä, joiden impedanssi voidaan jättää huomioimatta suhteessa muuhun järjestelmään. Suodatin

mitoitetaan ottaen huomioon sekä RMS- että yliaaltovirran.

Järjestelmät tulevaisuudessa

Tässä vaiheessa emme pysty sanomaan miltä järjestelmät tulevat näyttämään tulevaisuudessa, voimme vain arvailla millaiset menetelmät meillä tulee olemaan käytössä. Järjestelmä kykenee mahdollisesti tuottamaan signaaleja, joiden amplitudi vastaa yliaaltojen amplitudia vastakkaisella vaiheella. Tällä tavalla olisi mahdollista suojautua yliaaltojen aiheuttamilta negatiivisilta vaikutuksilta.