

Laakerivirrat uusissa vaihtovirtakäytöissä



| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Johdanto | 5 |
| | Yleistä | 5 |
| | Laakerivirtojen välttäminen | 5 |
| 2 | Laakerivirtojen muodostuminen | 6 |
| | Suurtaajuiset virtapulssit | 6 |
| | Nopea kytkentä | 6 |
| | Suurtaajuisten laakerivirtojen muodostuminen | 7 |
| | Kiertävä virta | 7 |
| | Akselinmaadoitusvirta | 7 |
| | Kapasitiivinen purkausvirta | 7 |
| | Yhteismuotoinen virtapiiri | 7 |
| | Hajakapasitanssit | 9 |
| | Virran kulku järjestelmässä | 10 |
| | Jännite-erot | 10 |
| | Yhteismuotoinen muuntaja | 11 |
| | Kapasitiivinen jännitteenjakaja | 13 |
| 3 | Suurtaajuisen laakerivirran aiheuttaman vahingon välttäminen | 15 |
| | Kolme tapaa | 15 |
| | Monijohdinkaapelit | 15 |
| | Lyhyt impedanssireitti | 16 |
| | Suurtaajuiset maadoituskytkennät | 17 |
| | Tuotekohtaiset ohjeet | 17 |
| | Muita vaihtoehtoja | 17 |
| | Suurtaajuisten laakerivirtojen mittaaminen | 18 |
| | Teetä mittaukset asiantuntijoilla | 19 |
| 4 | Lähdeluettelo | 20 |
| 5 | Hakemisto | 21 |

Yleistä

Uusissa taajuusmuuttajakäytöissä voi joskus esiintyä laakerivaurioita jo muutaman kuukauden kuluttua käyttöönotosta. Vauriot voivat johtua suurtaajuisista virroista, jotka kulkevat moottorin laakereiden kautta.

Vaikka laakerivirtoja on esiintynyt sähkömoottoreiden koko olemassaolon ajan, viime vuosina niiden aiheuttamat vahingot ovat lisääntyneet. Tähän ovat syynä uudet nopeussäädetyt käytöt, joiden tehoasteiden nopeasti nousevat jännitepulssit ja korkeat kytkentätaajuudet voivat aiheuttaa laakereiden kautta purkautuvia virtapulsseja. Virtapulssien toistuva purkautuminen voi vähitellen kuluttaa laakereiden vierintäpintaa.

Laakerivirtojen välttäminen

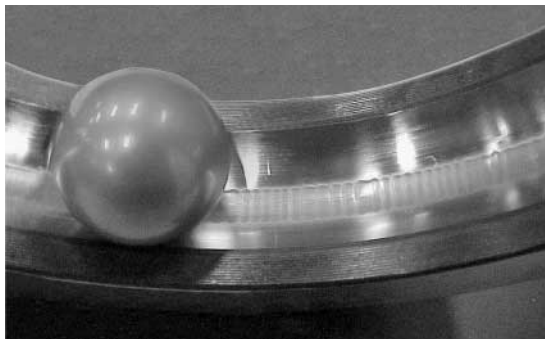
Jotta vahingoilta vältyttäisiin, on varmistettava kunnollinen maadoitus, joka sallii hajavirtojen palaamisen vaihtosuuntaajan runkoon muuta tietä kuin laakereiden kautta. Virtoja voidaan pienentää käyttämällä symmetrisiä moottorikaapeleita tai vaihtosuuntaajan lähtösuodinta. Moottorin laakerirakenteen eristäminen katkaisee laakerivirtojen reitit kokonaan.

Luku 2 - Laakerivirtojen muodostuminen

Suurtaajuiset virtapulsstit

Laakerivirtoja voi esiintyä monissa eri muodoissa. Vaikka nykyisten moottoreiden suunnittelu- ja valmistustavat ovat lähes poistaneet moottorin epäsymmetrian aiheuttamat pientaajuiset laakerivirrat, saattaa uusien vaihtovirtakäyttöjen tehoasteiden nopea kytkentä aiheuttaa laakereiden kautta purkautuvia suurtaajuisia virtapulsseja. Jos näiden pulssien energia on riittävän suuri, metallia siirtyy kuulalaakerista ja vierintäpinnasta voiteluaineeseen. Ilmiö tunnetaan nimellä kipinätyöstö (engl. EDM = Electrical Discharge Machining). Yksittäisen pulssin vaikutus ei ole merkittävä, mutta pienikin kipinätyöstön aiheuttama poikkeama kerää lisää pulsseja ja laajenee kipinätyöstökuopaksi. Uusien vaihtovirtakäyttöjen kytkentätaajuus on erittäin korkea ja pulssien suuri määrä nopeuttaa kulumista. Tämän seurauksena laakeri voidaan joutua vaihtamaan jo lyhyen käyttöajan jälkeen.

ABB on tutkinut suurtaajuisia laakerivirtoja vuodesta 1987 lähtien. Viime vuosina järjestelmien suunnittelusta on tullut yhä tärkeämpää. Järjestelmissä jokainen yksittäinen komponentti, kuten moottori, vaihdelaatikko tai taajuusmuuttaja, on itsessään luotettava laite, jolla on pitkä vikaantumisväli. Kun nämä komponentit yhdistetään ja järjestelmää tarkastellaan kokonaisuutena, huomataan, että asennuksessa on otettava huomioon tiettyjä näkökohtia, jotta uusia vikaantumismekanismmeja ei synny.



Kuva 1: Laakerivirrat voivat aiheuttaa säännöllisiä "pyykkilautakuvioita" laakerin vierintäpinnalle.

Nopea kytkentä

Nykyisissä vaihtovirtakäytöissä käytetään IGBT-transistoreita, joiden avulla kytkennät tapahtuvat 20 kertaa nopeammin kuin kymmenen vuotta sitten. On voitu todeta, että EDM-tyyppisten laakerivikojen määrä vaihtovirtakäytöissä on lisääntynyt viime vuosina suhteellisen pian käyttöönoton jälkeen, jopa 1-6 kuukauden kuluttua käyttöönotosta. Vikojen määrä on riippunut vaihtovirtakäytön rakenteesta ja käytetyistä asennustekniikoista.

Suurtaajusten laakerivirtojen muodostuminen

Laakerivirtoja synnyttää laakerin yli indusoituva jännite. Suurtaajuisia laakerivirtoja aiheuttava jännite voi syntyä kolmella eri tavalla. Muodostumistapa riippuu ennen kaikkea moottorin koosta sekä moottorin rungon ja akselin maadoitustavasta. Kaapeloinnin toteutustavalla, oikealla kaapelityypillä ja asianmukaisilla maadoitusjohtimien sekä suojavaijppojen kytkennöillä, on tärkeä merkitys laakerivirtojen ehkäisyssä. Vaihtovirtakäytön tehokomponenttien du/dt -arvo ja tasajännitevälipiirin jännite vaikuttavat myös laakerivirtojen määrään.

Kiertävä virta

Suurissa moottoreissa staattoria kiertävä suurtaajuinen vuo indusoi suurtaajuisen jännitteen moottorin akselipäiden välille. Tämän suurtaajuisen vuon aiheuttaa käämityksestä staattorin runkoon kulkevien kapasitiivisten vuotovirtojen epäsymmetria. Jos akselin päiden välille indusoitunut jännite on riittävän suuri, se kumoaa laakereiden öljykalvon impedanssin, jonka seurauksena vuota staattorissa kompensoiva virta alkaa virrata akselin, laakereiden ja staattorin rungon muodostamaan virtapiiriin. Kyseessä on kiertävä suurtaajuinen laakerivirta.

Akselin- maadoitusvirta

Staattorin runkoon vuotavan virran on virrattava takaisin vaihtosuuntaajaan, joka on virran lähde. Kaikki paluureitit sisältävät impedanssia ja siksi moottorin rungon jännite kasvaa lähdemaan tasoon verrattuna. Jos moottorin akseli on maadoitettu käytettävän laitteen kautta, moottorin rungon jännitteen kasvu näkyy laakereissa. Jos jännite kasvaa tarpeeksi suureksi, se voi ylittää laakereiden öljykalvon impedanssin ja osa virrasta voi vuotaa laakerin, akselin ja käytettävän laitteen kautta takaisin vaihtosuuntaajaan. Tällaista suurtaajuisia laakerivirtaa kutsutaan akselinmaadoitusvirraksi.

Kapasitiivinen purkausvirta

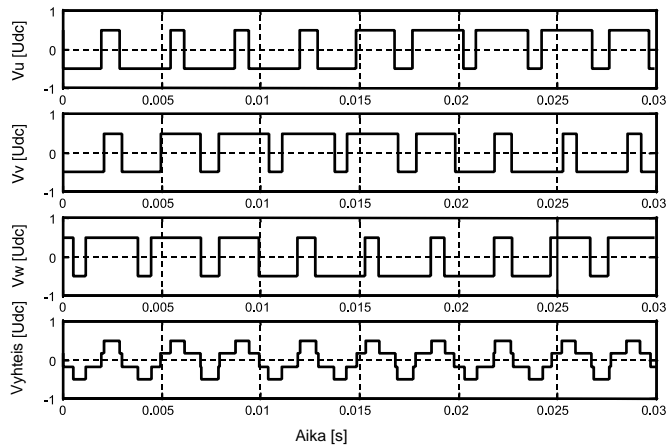
Pienissä moottoreissa yhteismuotoisen jännitteen sisäinen jännitejakauma moottorin sisäisissä hajakapasitansseissa voi aiheuttaa niin suuria akselijännitteitä, että niiden seurauksena syntyy suurtaajuisia laakerivirtapulsseja. Näin voi tapahtua, jos akselia ei ole maadoitettu käytettävän laitteen kautta, vaikka moottorin runko olisi suojattu maadoituksella normaalisti.

Yhteismuotoinen virtapiiri

Suurtaajuiset laakerivirrat ovat seurausta virran vuotamisesta vaihtovirtakäyttöjen yhteismuotoiseen virtapiiriin.

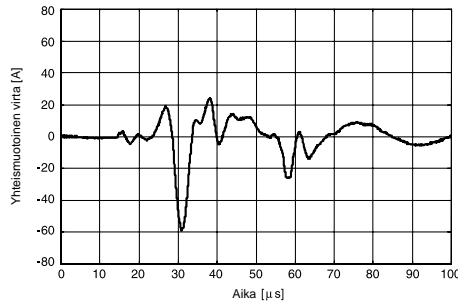
Tyypillinen kolmivaiheinen, sinimuotoinen teholähde on symmetrinen normaaleissa olosuhteissa. Tämä tarkoittaa, että kolmen vaiheen vektorisumma on aina nolla. Neutraalijännite on yleensä nolla voltia. Näin ei kuitenkaan ole pulssileveys-moduloidussa teholähteessä, jossa tasajännitteestä tuotetaan kolmivaiheinen jännite. Vaikka lähtöjännitteen perustaajuuskomponentit ovat symmetriset, on mahdotonta

muodostaa kolmen lähtöjännitteen summasta hetkellisesti nolla, jos lähtöjännitteitä on käytettävissä kaksi. Tällöin neutraalijännite ei ole nolla voltia. Tällaista jännitettä kutsutaan yhteismuotoiseksi jännitteeksi. Jännite voidaan mitata minkä tahansa kuorman nollassa pisteessä, esimerkiksi moottorin käämityksen tähtipisteessä.



Kuva 2: Kuvassa on tyypillisen kolmivaiheisen pulssileveysmoduloidun tehölähteen vaihejännitteet ja kolmen vaiheen keskiarvo eli neutraalijännite uudessa vaihtovirtakäytössä. Neutraalijännite ei ole nolla, ja se voidaan määrittellä yhteismuotoiseksi jännitteeksi. Jännite on verrannollinen tasajännitevälipiirin jännitteeseen, ja sen taajuus on yhtä suuri kuin vaihtosuuntaajan kytkentätaajuus.

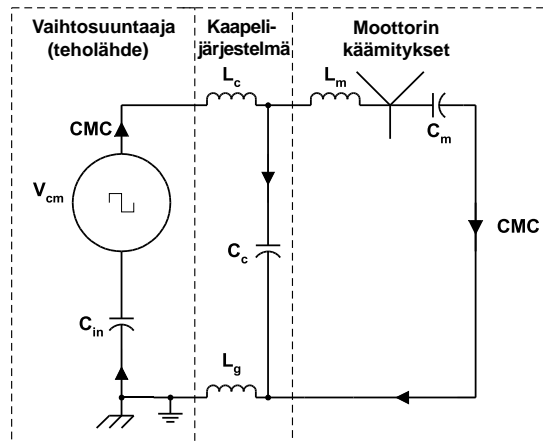
Jos yksi kolmesta vaihtosuuntaajan lähdöstä vaihdetaan toiseksi, jännitteen muutokseen verrannollinen virta virtaa maahan lähtöpiirin komponenttien maakapasitanssien kautta. Virta kulkeutuu takaisin lähteeseen maadoitusjohtimen ja vaihtosuuntaajan hajakapasitanssien kautta. Hajakapasitanssit ovat kolmivaiheisen järjestelmän ulkopuolella. Tällainen järjestelmän ulkopuolisessa virtapiirissä kulkeva virta tunnetaan nimellä yhteismuotoinen virta.



Kuva 3: Esimerkki yhteismuotoisesta virrasta vaihtosuuntaajan lähdössä. Pulssi sisältää useita taajuuksia, koska yhteismuotoisen virran paluureittien ominaistaajuuudet vaihtelevat.

Haja- kapasitanssit

Kapasitanssi syntyy aina, kun eristin erottaa kaksi johtavaa komponenttia. Esimerkiksi kaapelin vaihejohtimella on kapasitanssiarvo PVC-eristyksellä erotettuun PE-johtimeen nähden. Moottorin käämityksellä, joka on eristetty rungosta emalipäällysteellä ja uraeristyksillä, on kapasitanssiarvo moottorin runkoon nähden. Kapasitanssit kaapelin ja ennen kaikkea moottorin sisällä ovat hyvin pieniä. Pieni kapasitanssi tarkoittaa suurta impedanssia pienillä taajuuksilla ja estää siten pientaajuiset hajavirrat. Nykyisten tehollähteiden tuottamat nopeasti nousevat pulssit sisältävät kuitenkin niin suuria taajuuksia, että pienetkin kapasitanssit moottorin sisällä tuottavat virralle pieni-impedanssisen reitin.



Kuva 4: Pulssileveysmoduloidun vaihtosuuntaajan ja oikosulkumoottorin yksinkertaistettu yhteismuotoinen virtapiiri. Vaihtosuuntaaja toimii yhteismuotoisen jännitteen lähteenä (V_{cm}). Yhteismuotoinen virta (CMC) kulkee kaapelin ja moottorin induktanssien, L_c , L_m , sekä C_m :ksi yhdistettyjen moottorin käämitysten ja moottorin rungosta välisen hajakapasitanssien läpi. Moottorin rungosta virta etenee laitoksen maadoituspiiriin läpi, jonka induktanssi on L_g .

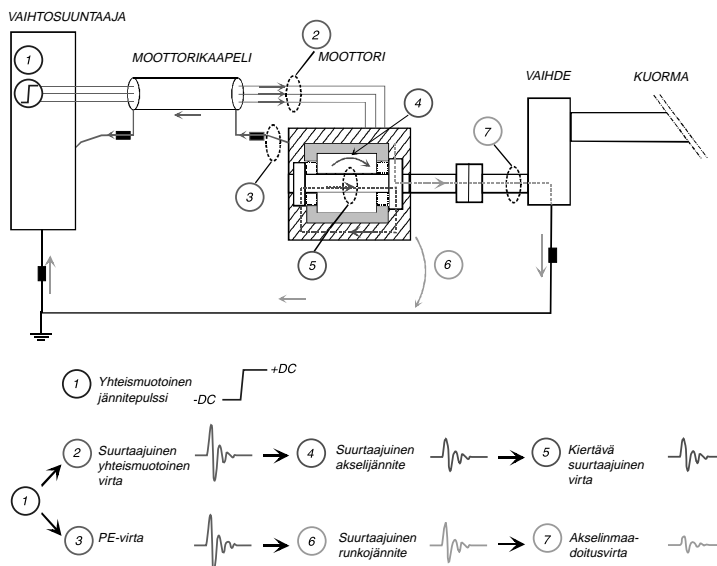
Myös kaapelin hajakapasitanssi C_c syöttää L_g :hen yhteismuotoista virtaa. Vaihtosuuntaajan runko on liitetty laitosmaahan, ja se kytkee vaihtosuuntaajan ja sen rungon hajakapasitanssien C_n kautta yhteismuotoisen virran/maavirran takaisin yhteismuotoiseen jännitelähteeseen.

Virran kulku järjestelmässä

Vuotovirran paluureitti moottorin rungosta takaisin vaihtosuuntaajan runkoon kulkee moottorin rungon, kaapelin suojavaipan tai PE-johtimien ja mahdollisesti myös laitosrakenteen teräs- tai alumiinikomponenttien kautta. Kaikki nämä reitit sisältävät induktanssia. Yhteismuotoisen virran kulku induktanssien läpi aiheuttaa jännite-eron, joka nostaa moottorin rungon potentiaalın vaihtosuuntaajan rungossa sijaitsevaa lähdemaata korkeammalle tasolle. Tämä moottorin rungon jännite on osa vaihtosuuntaajan yhteismuotoista jännitettä. Yhteismuotoinen virta hakee pieni-impedanssisimman reitin. Jos reiteillä on suuria määriä impedanssia, kuten esimerkiksi moottorin rungon PE-liitännässä, moottorin rungon jännite saa osan yhteismuotoisesta virrasta kulkemaan toista reittiä rakennuksen läpi. Käytännön asennuksissa paluuvirralla on useita rinnakkaisia reittejä. Useimmilla reiteillä ei juurikaan ole vaikutusta yhteismuotoisen virran tai laakerivirtojen arvoon, mutta niillä voi olla merkitystä EMC-vaatimuksia täytettäessä.

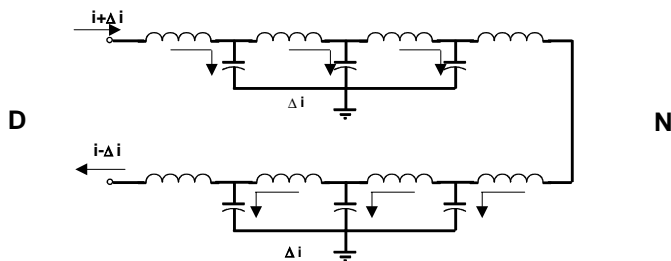
Jännite-erot

Jos virtatien induktanssin arvo on tarpeeksi suuri, reaktanssi tyypillisen yhteismuotoisen virran taajuusasteikon yläpäässä, 50 kHz - 1 MHz, voi edesauttaa yli 100 voltin jännite-eroa moottorin rungon ja vaihtosuuntaajan rungon välillä. Jos moottorin akselista on metallinen kytkentä vaihdelaatikkoon tai muuhun käytettävään laitteeseen, joka on maadoitettu hyvin ja lähellä samaa maapotentiaalia kuin vaihtosuuntaajan runko, on mahdollista, että osa vaihtosuuntaajan yhteismuotoisesta virrasta virtaa moottorin laakereiden, akselin ja käytettävän laitteen kautta takaisin vaihtosuuntaajaan.



Kuva 5: Kaaviokuva kiertävästä virrasta ja akselinmaadoitusvirrasta. Akselinmaadoitusvirta on seurausta moottorin rungon suuresta jännitteestä ja käytettävän laitteen hyvästä maadoituksesta.

Jos laitteen akseli ei ole suoraan yhteydessä maatasoon, virta saattaa kulkea vaihdelaatikon tai laitteen laakereiden kautta. Nämä laakerit voivat vioittua ennen moottorin laakereita.

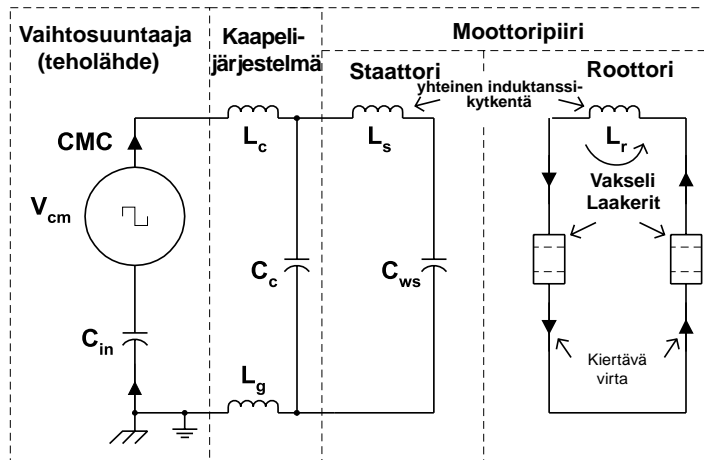


Kuva 6: Kiertävän suurtaajuisen laakerivirran lähde. Staattorin kapasitanssien läpi vuotavan virran summa staattorin ympäri ei ole nolla. Seurauksena on magneetoitumisvaikutus ja magneettivuon muodostuminen moottorin akselille.

Yhteis- muotoinen muuntaja

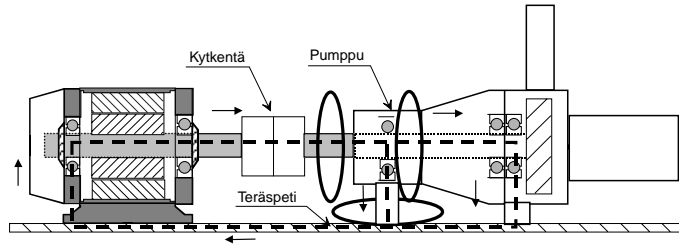
Suurin osa moottorin hajakapasitanssista muodostuu staattorin käämityksen ja moottorin rungon välille. Tämä kapasitanssi on jakautunut ympäri staattoria. Kun virtaa vuotaa käämistä staattorirunkoon, käämiin tuleva virta sisältää enemmän korkeita taajuuksia kuin siitä lähtevä virta.

Tämä virtojen erotus muodostaa suurtaajuisen magneettivuon, joka kiertää staattorin levyissä ja indusoi aksiaalijännitteen akselin päissä. Jos jännite on tarpeeksi suuri, kiertävä suurtaajuinen virta voi kulkea moottorissa akselin ja molempien laakereiden kautta. Moottoria voi tässä tapauksessa pitää muuntajana, jossa staattorin rungossa virtaava yhteismuotoinen virta toimii ensiönä ja indusoi kiertävän virran roottoripiiriin tai toisioon. Tällaista laakerivirtaa pidetään haitallisimpana, sillä sen huippuarvot vaihtelevat 3 - 20 ampeerin välillä moottorin nimellistehosta, vaihtovirtakäytön tehokomponenttien du/dt -kestoisuudesta ja tasajännitevälipiirin jännitetasosta riippuen.



Kuva 7: Suurtaajuinen akselin aksiaalijännite syntyy muuntajavaikutuksen tuloksena. Yhteismuotoinen, staattorin rungossa kulkeva virta toimii ensiönä ja indusoi kiertävän virran roottoripiiriin tai toisioon.

Toinen kiertävän laakerivirran muoto esiintyy silloin, kun virta ei kierrä kokonaan moottorin sisällä vaan kulkee akselin ja vaihdelaatikon tai käytettävän laitteen laakereiden kautta ulkopuolella olevaan, moottorin ja käytettävän laitteen yhteiseen osaan. Virtalähde on sama kuin moottorin sisällä kiertävällä virralla. Kuvassa 8 on esimerkki tällaisesta kiertävästä laakerivirrasta.

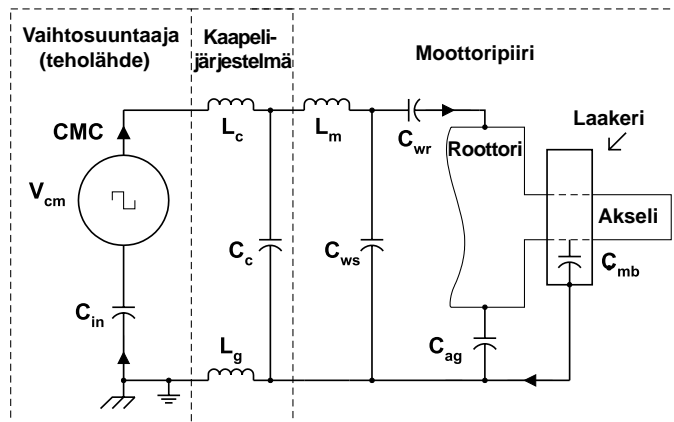


Kuva 8: Kiertävä laakerivirta, jossa virtasilmukka on moottorin ulkopuolella.

Kapasitiivinen jännitteenjakaja

Moottorissa esiintyy myös muita hajakapasitansseja, kuten staattorin käämitysten ja roottorin välinen kapasitanssi tai kapasitanssi, joka muodostuu moottorin ilmarakoon staattorin metalliosien ja roottorin välille. Myös laakereissa voi esiintyä hajakapasitanssia.

Staattorin käämitysten ja roottorin välille muodostuva kapasitanssi yhdistää staattorin käämitykset roottorin metalliosiin, joista on yhteys akseliin ja laakerin sisempiin vierintäpintoihin. Nopeat muutokset vaihtosuuntaajasta lähtevässä yhteismuotoisessa virrassa aiheuttavat kapasitanssivirtoja paitsi staattorikäänin ja moottorin rungon niin myös staattorikäänin ja roottorin välille ja tästä edelleen laakereihin.



Kuva 9: Nopeussäädettyjen käyttöjen yhteismuotoinen virtapiiri, jossa näkyvät staattorin, roottorin ja laakerin hajakapasitanssit.

Laakereiden läpi kulkeva virta voi muuttua nopeasti laakerin tilasta riippuen. Esimerkiksi laakereiden hajakapasitanssi säilyy vain niin kauan kuin laakereiden kuulat ovat öljyn tai rasvan peitossa eivätkä ole johtavia. Tämä kapasitanssi, jonka yli jännite nousee, oikosulkeutuu, kun laakerin jännite ylittää sen öljykalvon kestotason tai jos nysty kuulalaakerissa puhkaisee öljykalvon ja muodostaa kontaktin laakerin molempiin vierintäpintoihin. Hyvin alhaisella nopeudella laakereilla on metallikontakti, sillä kuulalaakerit eivät ole kohonneet öljykalvolle.

Yleisesti ottaen laakeri-impedanssi määrää jännitetason, jolla laakerit alkavat johtaa. Tämä impedanssi on laakerikuorman, lämpötilan, pyörimisnopeuden ja käytetyn voiteluaineen epälineaarinen funktio, ja impedanssi vaihtelee tapauskohtaisesti.

Luku 3 - Suurtaajuisen laakerivirran aiheuttaman vahingon välttäminen

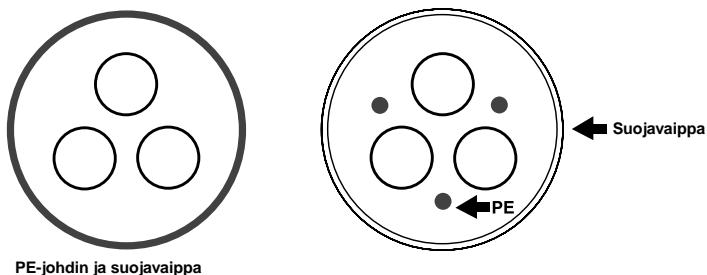
Kolme tapaa

Suurtaajuisiin laakerivirtoihin voidaan vaikuttaa kolmella tavalla: oikealla kaapelointi- ja maadoitusjärjestelmällä, laakerivirtapiirien katkaisemisella ja suurtaajuisen yhteismuotoisen virran vaimentamisella. Menetelmien tavoitteena on alentaa laakerijännite sellaisiin arvoihin, jotka eivät indusoi suurtaajuisia laakerivirtapulsseja tai vaimentaa pulssien arvo tasolle, jotka eivät vaikuta laakeriin. Erityyppiset suurtaajuiset laakerivirrat edellyttävät erilaisia toimenpiteitä.

Suurtaajuisen virran hallinta perustuu oikeaan maadoitusjärjestelmään. Tavanomaisten jakelujärjestelmien maadoituskäytännöt on suunniteltu tuottamaan riittävän pieni-impedanssinen kytkentä vikapaikan maatasen ja syötön tähtipisteen välille verkkotaajuisen vian sattuessa. Nopeussäädetty käyttö voidaan maadoittaa tehokkaasti myös suuria yhteismuotoisen virran taajuuksia varten, jos asennuksessa noudatetaan seuraavia kohtia:

Monijohdin-kaapelit

Käytä ainoastaan symmetrisiä monijohdinkaapeleita. Moottorikaapelin maadoitusjohdinjärjestelmän (suojamaa, PE) on oltava symmetrinen, jotta käyttötaajuisia laakerivirtoja ei indusoituisi. PE-johdinten symmetrisyys saavutetaan johtimella, joka ympäröi kaikkia vaihejohtimia tai kaapelilla, joka koostuu kolmen vaihejohtimen ja kolmen maadoitusjohtimen symmetrisestä rakenteesta.

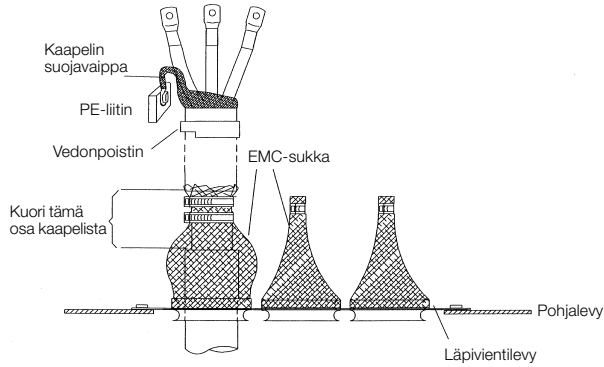


Kuva 10: Suositeltava, rakenteeltaan symmetrinen moottorikaapeli.

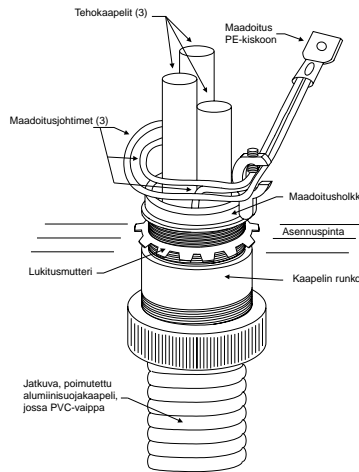
Lyhyt impedanssireitti

Toteuta lyhyt, pieni-impedanssinen yhteismuotoisen virran paluureitti vaihtosuuntaajaan. Paras ja helpoin tapa on käyttää suojattuja moottorikaapeleita. Suojavaipan on oltava jatkuva ja hyvin johtavasta materiaalista, kuten kuparista tai alumiinista, valmistettu. Lisäksi kaikkien liitosten on oltava 360° liitoksia.

Kuvissa 11a ja 11b näkyvät 360° liitokset eurooppalaisessa ja amerikkalaisessa kaapelointitavoissa.



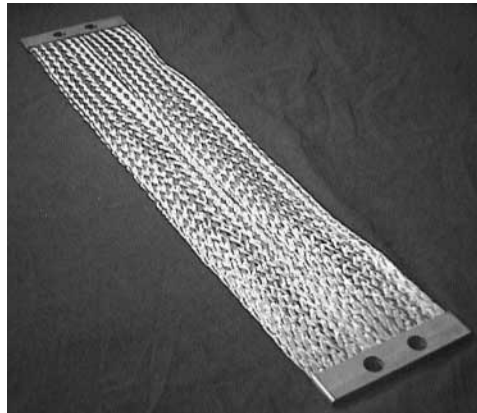
Kuva 11a: 360° liitos eurooppalaisen kaapelointitavan mukaan. Suojavaippa on liitetty PE-liittimeen mahdollisimman lyhyellä maadoituspunoksella. Kaapelin ulompaa eristettä on poistettu, jotta EMC-sukan ja kaapelin suojavaipan välille saadaan 360° suurtaajuusliitos.



Kuva 11b: 360° liitos amerikkalaisen kaapelointitavan mukaan. Maadoitusholkkia tulisi käyttää moottorikaapelin molemmissa päissä, jotta maadoitusjohtimet saadaan liitettyä suojavaippaan.

**Suurtaajuiset
maadoitus-
kytkennät**

Lisää suurtaajuisia maadoituskytkentöjä laitteen ja maatasojen välille potentiaalien tasaamiseksi. Käytä 50 - 100 mm levyisiä kuparipunoksia; litteät johtimet tuottavat pieniinduktanssiamman reitin kuin pyöreät johtimet. Näin on tehtävä kohdissa, joissa epäillään katkosta vaihtosuuntaajan ja moottorin maatasojen välillä. Lisäksi voi olla tarpeellista oikosulkea moottorin ja käytettävän laitteen rungot ulkoisella potentiaalintausjohtimella.



Kuva 12: Suurtaajuinen maadoitushihna.

**Tuotekohtaiset
ohjeet**

Vaikka asennusten perusperiaatteet ovat samat, eri tuotteisiin sopivat asennustavat voivat olla erilaisia. Tämän takia on tärkeää noudattaa tuotekohtaisen käyttöoppaiden asennusohjeita huolellisesti.

Muita vaihtoehtoja

Laakerivirtapiirit katkaistaan eristämällä laakerirakenne. Suurtaajuinen, yhteismuotoinen virta voidaan vaimentaa tarkoitukseen varatuilla suotimilla. Vaihtosuuntaajien ja moottoreiden valmistajana ABB voi tarjota kuhunkin tilanteeseen taloudellisimman ja tehokkaimman ratkaisun sekä yksityiskohtaiset ohjeet oikeaan maadoitukseen ja kaapelointiin.

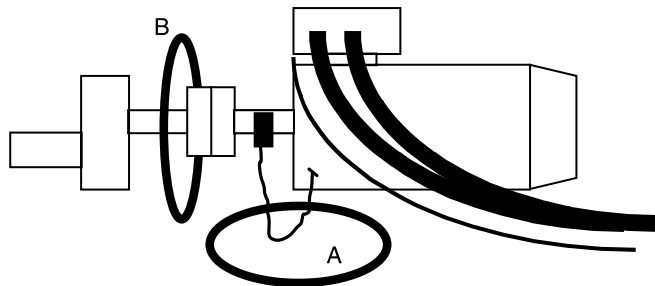
Suurtaajuisten laakerivirtojen mittaaminen

Laakereiden tarkkailussa on käytettävä värähtelymittauksia.

Laakerivirtoja on mahdoton mitata suoraan vakiomoottorista. Jos on kuitenkin syytä epäillä suurtaajuisia laakerivirtoja, tilanne voidaan tarkistaa kenttämittauksilla. Mittauslaitteiston taajuusalueen on oltava suuri (vähintään 10 kHz - 2 MHz), ja sen on pystyttävä havaitsemaan vähintään 150 - 200 A:n suuruiset huippuarvot ja toisaalta jo mA:n suuruiset RMS-arvot. Mitattujen signaalien huippuarvo on harvoin alle 20. Virta saattaa kulkea epätavallisissa paikoissa, kuten pyörivissä akseleissa. Tämän takia mittaukseen tarvitaan erikoislaitteita ja asiantuntevaa henkilöstöä.

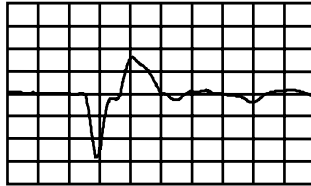
Esimerkiksi ABB käyttää erikoissuunniteltua, joustavaa, ilmasydämistä Rogowsky-tyyppistä virta-anturia suurtaajuisten laakerivirtojen mittaukseen. ABB:llä on myös laaja kokemus yli 1000 mitatusta käytöstä erilaisissa sovelluksissa eri puolilla maailmaa.

Tärkeimmät mittauspisteet ovat moottorissa. Mittauksen aikana moottorin nopeuden on oltava vähintään 10 % nimellisarvosta, jotta laakerit nousevat öljykalvolle. Perusmittaukset näkyvät kuvassa 13. Kuvassa 14 on esimerkkejä mitatuista virran aaltomuodoista. 1980-luvulla käytettiin pääasiassa GTO-vaihtosuuntaajia, kun taas nykyään käytetään IGBT-vaihtosuuntaajia. Huomaa, että taulukoissa on käytetty eri asteikkoja.



Kuva 13: Perusmittaukset: A) kiertävä virta, joka mitataan jumpperilla, B) akselinmaadoitusvirta.

A) Kiertävä virta

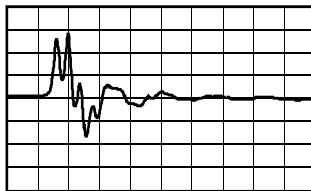


GTO-vaihtosuuntaaja, 5 μ s/div, 2A/div

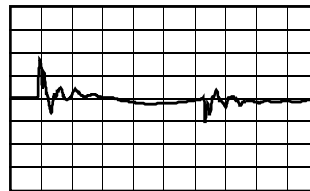


IGBT-vaihtosuuntaaja, 5 μ s/div, 2A/div

B) Akselinmaadoitusvirta



GTO-vaihtosuuntaaja, 2 μ s/div, 10A/div



IGBT-vaihtosuuntaaja, 5 μ s/div, 500mA/div

Kuva 14: Esimerkkejä virran aaltomuodoista kuvan 13 mittauspisteissä.

**Teetä mittaukset
asiantuntijoilla**

Koska sopivaa mittauslaitetta ei markkinoilla vielä ole ja mittausten tekeminen ja tulosten tulkitseminen edellyttää erityistä asiantuntemusta, on suositeltavaa, että laakerivirtojen mittaukset tekee vain kokenut henkilöstö.

Luku 4 - Lähdeluettelo

1. *Grounding and Cabling of the Drive System*,
ABB Industry Oy, 3AFY 61201998 R0125
2. *A New Reason for Bearing Current Damage in Variable Speed AC Drives*
J. Ollila, T. Hammar, J. Iisakkala, H. Tuusa. EPE 97, 7th European Conference on Power Electronics and Applications, 8-10. syyskuuta, 1997. Trondheim, Norja.
3. *On the Bearing Currents in Medium Power Variable Speed AC Drives*
J. Ollila, T. Hammar, J. Iisakkala, H. Tuusa, IEEE IEDMC:n julkaisu, Milwaukee, toukokuu 1997.
4. *Minimizing Electrical Bearing Currents in Adjustable Speed Drive Systems*
Patrick Link. IEEE IAS Pulp & Paper Conference Portland, ME, USA, kesäkuu 1998.
5. *Instruction on Measuring Bearing Currents with a Rogowski Coil*, ABB Industry Oy, 3BFA 61363602.EN.
6. *Laakerivirta ja sen minimoiminen säädettyjen vaihtovirtakäyttöjen moottoreissa*,
I. Erkkilä, Automaatio 1999, 16.9.1999, Helsinki.
7. *High Frequency Bearing Currents in Low Voltage Asynchronous Motors*,
ABB Motors Oy ja ABB Industry Oy, 00018323.doc.
8. *Bearing Currents in AC Drives*
ABB Industry Oy ja ABB Motors Oy. Kalvosarja LN-tietokannassa "Document Directory Intranet", ABB_FI01_SPK08/FI01/ABB
9. *The Motor Guide*
GB 98-12.

Katso myös tuotekohtaiset asennusohjeet.

- 360° liitos 16
- A**
ABB 17, 18
akseli 7, 12, 13
akselijännitteet 7
akselin aksiaalijännite 12, 13
akselipäät 12
aksiaalijännite 12
- E**
EDM 6
ensiö 12
- G**
GTO-vaihtosuuntaajat 18
- H**
hajakapasitanssi 7, 10, 11, 13, 14
hajavirrat 5
huippuarvo 18
- I**
IGBT-transistori 6
IGBT-vaihtosuuntaajat 18
- J**
jännitepulssit 5
jännite-erot 10
- K**
kaapeli 15
kaapelin kapasitanssi 10
kaapelin suojavaippa 16
kenttämittaukset 18
kiertävä virta 12
kipinätyöstö 6
kipinätyöstökuoppa 6
kolmivaiheinen teholähde 7, 8
korkeat kytkentätaajuudet 5
kuparipunokset 17
kuulalaakerit 14
käytettävä laite 7, 10, 11, 12, 17
käämitys 7, 8, 9, 10, 11, 13
- L**
laakereiden vierintäpinta 5
laakerijännite 14
laakerit 5, 6, 12, 13, 14
laakerivirrat 5, 6, 12, 15, 18, 19
laakerivirtapiirit 15, 17
laakerivirtojen reitit 5
litteät johtimet 17
- M**
maadoituskytkentä 17
maadoitusreitit 5
magneettivuo 12
metallinen kytkentä 10
moottori 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18
moottorikaapeli 15, 16
moottorin akseli 7, 10
moottorin käämitykset 10
moottorin laakerit 5
moottorin runko 7, 9, 10, 11
muuntaja 12
- N**
neutraalijännite 8
nopeussäädetty käyttö 5, 13, 15
- P**
pientaajuiset laakerivirrat 6
pulsseiveysmodulointi 7, 9
pyykkilautakuviot 6
- R**
Rogowski-tyyppinen
virta-anturi 18
roottori 12, 13
roottoriipiiri 12
- S**
sisäinen jännitejakauma 7
staattori 7, 11, 13
staattorin käämitykset 11, 13
staattorin levyt 12
staattorin runko 7, 11, 12
suojavaippa 7, 16
suotimet 17
suurtaajuinen kiertävä virta 12
suurtaajuinen laakerijännite 7
suurtaajuinen virta 5
suurtaajuinen virtapulssi 6
suurtaajuinen vuo 7
suurtaajuisen virran hallinta 15
suurtaajuiset laakerivirrat 7
symmetriset monijohdinkaapelit 15
symmetriset moottorikaapelit 5
sähkömoottorit 5
- T**
taajuusmuuttaja 6
tasajännitevälipiirin jännite 8
toisio 12
- U**
uudet vaihtovirtakäytöt 6, 8
- V**
vaihdelaatikko 6, 10, 12
vaihtosuuntaaja 7, 8, 9, 10, 13, 16, 17
vaihtosuuntaajan lähtösuodin 5
vaihtosuuntaajan runko 5
vaihtovirtakäyttö 6, 8
vierintäpinnat 6, 14
vikaantumisväli 6

virtapulssit 5

Y

yhteismuotoinen jännite 7, 8,
9, 10

yhteismuotoinen kaapeli 10

yhteismuotoinen virta 8, 9, 10,
11, 12, 13, 15, 16, 17

yhteismuotoinen virtapiiri 9, 13

Ö

öljykalvo 7, 18



ABB Industry Oy

Tuotemyynti

PL 182

00381 Helsinki

Puhelin 010 222 000

Telekopio 010 222 2913

Internet [http:// www.abb.com/fin](http://www.abb.com/fin)