

Joni Aalto

PROSESSIAUTOMAATION HÄIRIÖSUOJAUS

Sähkötekniikan koulutusohjelma

2015

PROSESSIAUTOMAATION HÄIRIÖSUOJAUS

Aalto, Joni
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
MAALISkuu 2015
Ohjaaja: Tuomela, Jorma
Sivumäärä: 20
Liitteitä: 18

Asiasanat: häiriösuojaus, automaatiojärjestelmät, maadoitus, prosessinohjaus

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua prosessiteollisuuden automaatio- ja ohjausjärjestelmien häiriösuojaukseen ja varmistaa sen oikeanlainen rakenne ja toiminta käytännössä. Työ tehtiin Insta Automation Oy:lle, joka vastaa Boliden Harjavallan sähkökunnossapidosta ja sähkösuunnittelusta. Työ tehtiin Boliden Harjavallan sulaton alueella.

Työhön kuului häiriöttömän eli TE-maadoituksen rakenteen tarkastaminen ja mittaus sekä prosessinohjaukseen käytettävän Metso DNA-järjestelmän sähkönsyötön laadun mittaus.

PROCESS AUTOMATION INTERFERENCE PROTECTION

Aalto, Joni

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in electrical engineering

MARCH 2015

Supervisor: Tuomela, Jorma

Number of pages: 20

Appendices: 18

Keywords: EMI protection, automation systems, earthing, process control

The purpose of this thesis was to familiarize oneself with interference protection used in control and automation systems by process industry. The work was commissioned by INSTA Automation. INSTA Automation is responsible for electrical and automation maintenance and electrical planning in Boliden Harjavalta's sulfuric acid factory and smelters.

The work included checking and measuring the technical ground system and measuring the quality of the electrical power for the automation system.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	5
2 PROSESSIAUTOMAATION RAKENNE	6
2.1 Metso DNA	6
2.2 TE-maadoitus	8
2.3 Potentiaalintasaus.....	9
3 SÄHKÖMAGNEETTISET HÄIRIÖT.....	10
3.1 Galvaaninen kytketyminen.....	10
3.2 Indusoituminen.....	11
3.3 Kapasitiivinen kytketyminen.....	12
4 HÄIRIÖLÄHTEET.....	13
4.1 Taajuusmuuttajat.....	13
4.2 Sähkösuodattimet.....	13
4.3 Hakkurivirtalähteet.....	14
5 HÄIRIÖSUOJAUS.....	16
5.1 Suojatut kaapelityypit.....	16
5.2 Kaapelien reititys.....	16
5.3 Kotelointi.....	17
5.4 Esimerkki käytännön häiriösuojauksesta.....	17
6 MITTAUKSET JA TARKASTUKSET.....	18
7 LOPPUSANAT.....	19
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Insta Automation on osa suomalaista Insta Groupia. Konserniin kuuluu Insta Automaation lisäksi Insta DefSec Oy, Insta ILS Oy sekä Insta Innovation Oy. Koko konsernin liikevaihto on 84,4 miljoonaa euroa ja henkilöstöä on noin 700. (Insta Groupin www-sivut 2015.). Insta Automation Harjavalta Oy vastaa Boliden Harjavalta Oy:n sähkö- ja automaatiokunnossapidosta ja sähkösuunnittelusta Suurteollisuuspuiston alueella.

Boliden on kansainvälinen monimetalliyritys, jonka Harjavallan toimipisteen pääasialliset tuotteet ovat anodikupari ja nikkelikivi. Anodikuparin vuosituotanto oli 210 000 tonnia vuonna 2014. Henkilöstöä Boliden Harjavallalla on noin 391. (Bolidenin www-sivut 2015)

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tarkastaa ja testata Boliden Harjavalta OY:n sulaton alueen häiriötön maadoitusjärjestelmä. Häiriötön maadoitusjärjestelmä, eli TE-järjestelmä, saa olla yhteydessä maihin vain yhdestä pisteestä ja sen rakenteen tulee olla tähtimäinen. Ellei rakenne ole tähtimäinen on vaarana että järjestelmään voi indusoitua tai muulla tavalla siirtyä häiriövirtoja, jotka voivat haitata prosessinohjauksen toimintaa. Kaksi tällaista maadoitusrengasta on alueelta aikaisemmin löydetty ja sittemmin korjattu.

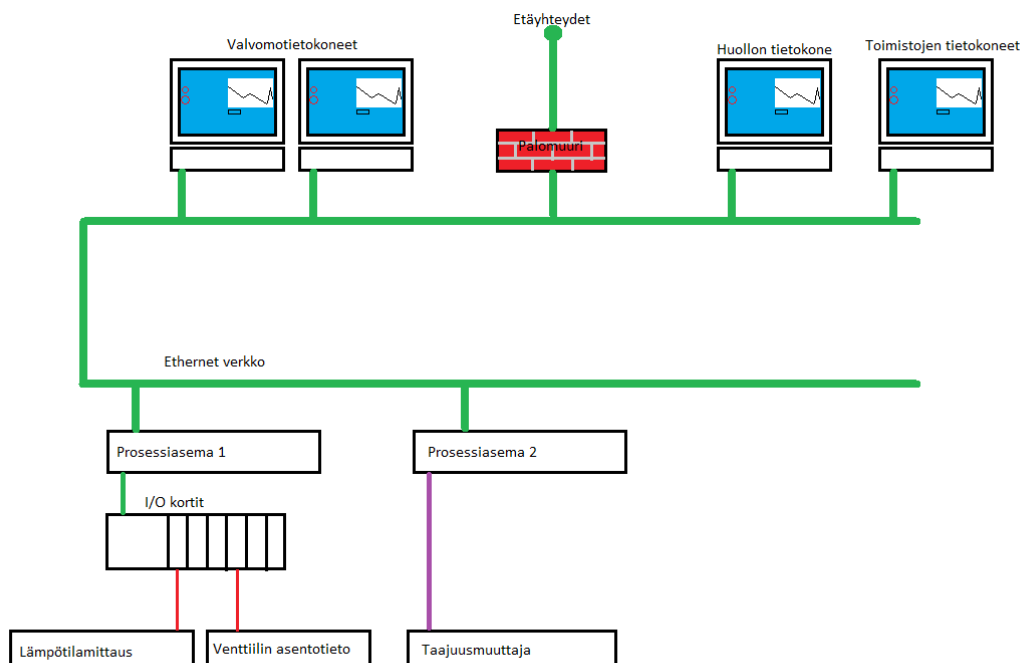
2 PROSESSIAUTOMAATION RAKENNE

Prosessiteollisuuden laitoksia on jo pitkään ohjattu eri laitteistot yhdistävillä automaatiojärjestelmillä. Automaatiojärjestelmä voi olla hyvinkin pieni ja suppea tai erittäin laaja, jopa useita eri laitoksia yhdistävä kokonaisuus. Se yhdistää prosessin eri laitteet, kuten anturit, logiikat ja taajuusmuuttajat yleensä jonkinlaiseen valvomo-ohjelmaan ja sen käyttöliittymään ja mahdollistaa laitteiden sekä antureiden yhteistoiminnan. Valmistajia on monia ja tässä työssä keskitytään erityisesti Metson DNA ja Damatic XD järjestelmiin, joita Bolidenin Harjavallan tehtailla käytetään.

2.1 Metso DNA

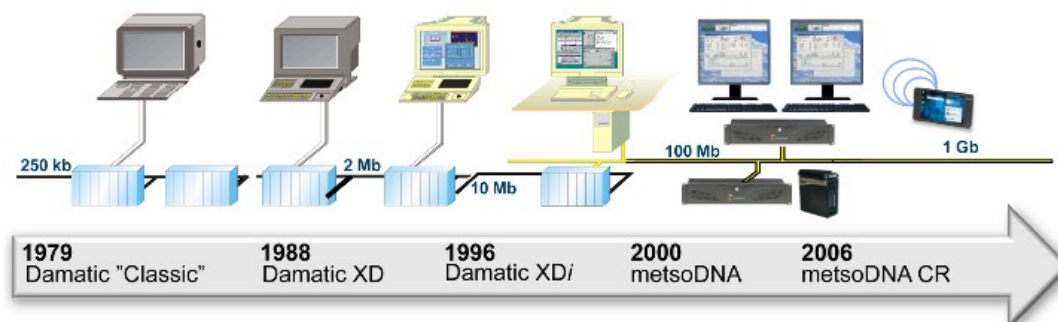
Metso DNA -prosessinohjausjärjestelmä on Metso Oyj:n kehittämä käyttöliittymä. Käyttöliittymänä toimii DNAuse-ohjelma. Metso toimittaa itse vaadittavat prosessiasemat ja liitäntäkortit analogisia ja digitaalisia tulo- ja lähtötietoja varten (Metso Oyj n.d.). Prosessiasemat ovat yhdistetty Ethernet-verkon kautta valvomotietokoneisiin ja mahdollisesti palomuurin kautta internettiin etäkäyttöä varten. Kenttälaitteet yhdistetään prosessiasemiin väylällä tai tulokorttien avulla. Kuvassa 1 esitellään järjestelmän perusrakenne.

Yleisesti ottaen järjestelmä on hyvin luotettava, mutta se on kuitenkin altis syöttöpuolen häiriöille, kuten sähkökatkoille. Tämän takia automaatiojärjestelmä on lähestulkoon aina liitetty katkeamattomaan tehonsyöttöön (UPS, Uninterruptible Power Supply). Laitteiston sähkönsyötössä voidaan käyttää myös erityistä verkkohäiriöiden vaimennusmuuntajaa.



Kuva 1. Metso DNA periaatekuva

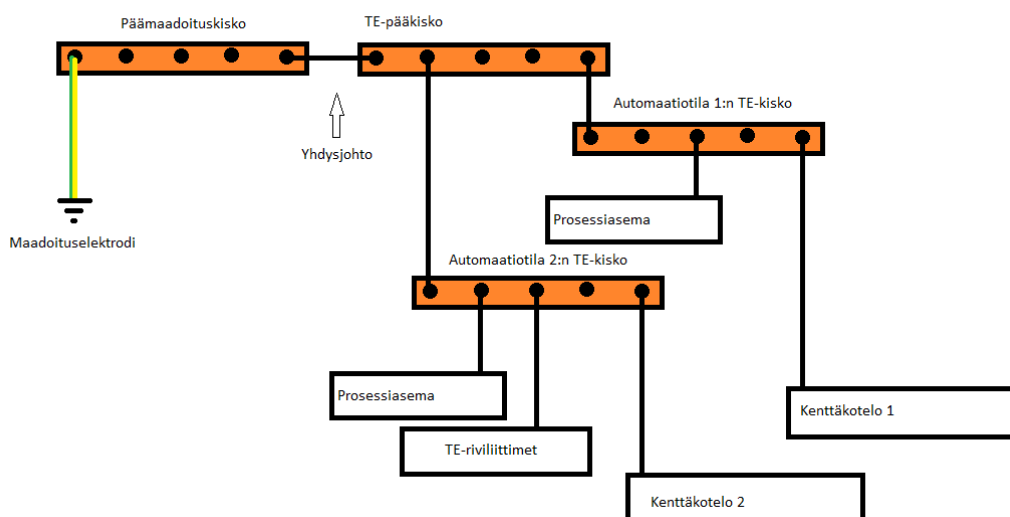
Metson uusin käyttöliittymä Metso DNA CR voidaan yhdistää myös vanhempiin versioihin kuten Damaticiin. Kuvassa 2 havainnollistetaan eri versioiden yhteensopivuutta. Bolidenin Harjallan sulatolla on vanhaa laitteistoa yhdistettynä uudempaan laitteistoon.



Kuva 2. Metso DNA yhteensopivuus (Metso Oyj 2010)

2.2 TE-maadoitus

TE-maadoitus eli häiriötön maadoitus on herkkien laitteiden häiriösuojaukseen tarkoitettu maadoitusjärjestelmä. Tällaisia laitteita ovat muun muassa teollisuuden tiedonsiirtokaapelit ja äänitys- ja äänentoistolaitteiden maadoitukset. Sähköiskulta suojaaminen ei ole TE-maadoituksen tarkoitus, eikä sitä tule suojamaana käyttää. Häiriösuojamaa on rakenteeltaan tähtimäinen, vain yksi piste on yhteydessä varsinaiseen maahan. Alla on periaatekuva TE-maadoituksesta. Yleensä yhdistäminen tehdään päämaadoituskiskoon (MEB, PMK), kuten Bolidenin Harjavallan sulatolla. Liitteessä 1 esitellään Bolidenin Harjavallan HTS-tehdasstandardien periaatekuva häiriösuojamaadoituksesta.



Kuva 3. TE-maadoituksen periaate

TE-maadoitukseen kytketään armeerattujen instrumentointikaapeleiden suojajohtimet. Edellä mainitusta esimerkkinä voidaan käyttää JAMAK-kaapelin parikohtaisia suojajohtimia sekä itse kaapelin suojajohdinta. Kytkentä tehdään yleensä kenttäkotelossa tai instrumentointitilassa. Kenttälaitteen kuten asennoittimen tai venttiilin kytkentärasasta suojajohtimia ei kuitenkaan kytketä maihin, vaan ne pitää eristää. Jos suojajohdin on yhteydessä maihin syntyy maadoitusrenkas, johon voi induoitua jännite jostain risteävästä kaapelista. Edellä mainitussa tapauksessa maadoitusrenkaassa alkaa kulkea virta, joka puolestaan häiritsee ohjausjärjestelmää

ja mittauksia. Periaatteessa häiriösuojamaadoituksessa ei normaalitilanteessa kulje virtaa, mutta käytännössä TE-järjestelmässä kuitenkin kulkee pieniä virtoja kapasitiivisen kytkeytymisen takia. Suurimmat mitatut virrat sulaton alueella olivat 500 mA:n luokkaa.

2.3 Potentiaalintasaus

Potentiaalintasaus tarkoittaa jännitteelle alttiina olevien johtavien rakenteiden kytkemistä maadoitukseen. Johtavia rakenteita ovat esimerkiksi putkistot, kaapelihyllyt, tikkaat ja kaiteet. Potentiaalintasauksella varmistetaan ettei vaarallisen suuria jännite-eroja pääse syntymään kosketeltavissa olevien rakenteiden välille. Esimerkiksi palavaa kaasua tai nestettä sisältävän putkilinjan laippaliitoksen yli lisätään potentiaalintasausjohdin. Potentiaalintasaus vaikuttaa myös antureiden toimintaan myönteisesti. Jos esimerkiksi säiliön tai putkilinjan potentiaali eroaa jostain syystä maan potentiaalista, voi se häiritä erityisesti antureita jotka käyttävät jänniteviestiä, jossa jännitteet ovat tyypillisesti hyvin pieniä.

3 SÄHKÖMAGNEETTISET HÄIRIÖT

Suuret teollisuuslaitokset ovat haastava ympäristö varsinkin pienillä jännitteillä ja virroilla toimiville laitteille kuten antureille ja ohjausjärjestelmille, joissa ne voivat altistua sähkömagneettisille häiriöille (EMI, electromagnetic interference). Erilaisia häiriölähteitä, kuten suurivirtaisia moottorikaapeleita, tehokkaita taajuusmuuttajia ja hakkuriteholähteitä käytetään teollisuudessa laajalti. Kytkeytymistavastaan ja lähteestään huolimatta häiriöt voivat aiheuttaa laitteiden virhetoimintoja, rikkoa herkimpiä laitteita, vääristää anturitietoja ja pahimmissa tapauksissa aiheuttaa ohjausjärjestelmien kaatumisia. Tässä luvussa käydään läpi millä tavalla häiriö kytkeytyy ja mikä sen mahdollinen lähde on.

3.1 Galvaaninen kytkeytyminen

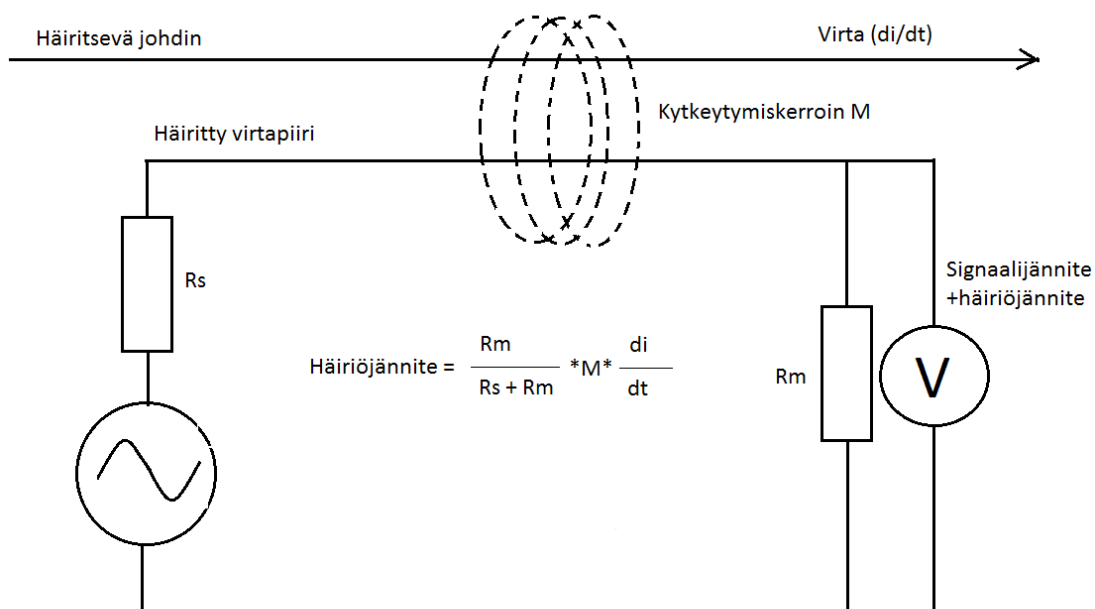
Galvaaninen kytkeytyminen eli johtuminen tarkoittaa, että häiriölähde on galvaanisessa yhteydessä eli fyysisesti kosketuksissa johonkin toiseen laitteeseen. Edellä mainittu tilanne johtuu melkein aina eristyksen mekaanisesta vaurioitumisesta. Myös johtava vierasesine voi aiheuttaa galvaanisen yhteyden. Galvaaninen kytkeytyminen voi aiheuttaa signaalin vääristymistä tai pahimmissa tapauksessa laitevaurion jos esimerkiksi 230 voltia pääsee rikkinäisen eristeen takia 24 voltin piiriin. Staattinen sähkö voi myös aiheuttaa vikoja herkimpiin laitteisiin kuten tietokoneiden prosessoreihin. Vika saattaa ilmentyä vasta pitkänkin ajan kuluttua. Staattinen sähkö on usein peräisin asentajasta ja sitä voidaan torjua käyttämällä antistaattisia rannekkeita tai käsineitä.

Häiriöiden suorin reitti laitteeseen on sähköverkon kautta. Häiriön vaikutus laitteessa riippuu hyvin paljon laitteen sisään rakennetuista suojuuksista. Yleisin syöttävän verkon aiheuttama häiriö on sähkökatko. Verkon kautta laitteeseen vaikuttavat myös mahdolliset jänniteylläallot ja ilmastolliset ylijännitteet. Sähköverkon rakenne itsessään voi myös tuottaa ongelmia, varsinkin jos käytössä on vanhanaikainen TN-C-järjestelmä, jossa yhdistetty maadoitus ja nollajohdin on virrallinen myös normaalitilanteessa. Usein teollisuuden parissa on käytössä myös useampia syöttöjä yhdelle keskukselle. Tässä tapauksessa tulee varmistaa että

syötönvaihtokatkaisija on nelinapainen, eli katkaisee myös nollajohtimen. Ellei näin ole, on vaarana että syntyy sähkömagneettisia häiriöitä aiheuttavia kiertovirtoja aiheuttava silmukka (SFS 6000 2012a, 172.)

3.2 Indusoituminen

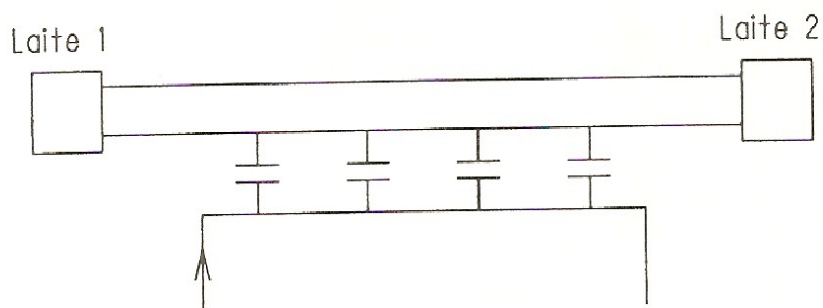
Indusoituva häiriö siirtyy muuttuvan magneettikentän välityksellä. Muuttuvan magneettikentän lähteitä ovat virralliset johtimet ja kiskot, muuntajat, taajuusmuuttajat ja sähkömoottorit. Indusoituvan jännitteen voimakkuuteen vaikuttavat etäisyys, virran voimakkuus, sekä virran muutosnopeus. Mahdollisia lähteitä ovat kaikki suurella virralla kuormitetut johtimet ja kaapelit. Taajuusmuuttajien ja hakkuriteholähteiden yliaaltopitoinen virta on erityisen ongelmallista suuren muutosnopeutensa takia. Pitkät kaapelivedot ovat alttiimpia induktiivisille häiriöille. Koska galvaanista yhteyttä ei tarvita, voi häiriölähteen löytäminen olla haastavaa. Kuvassa 4 havainnollistetaan virrallisen johtimen aiheuttamaa häiriöjännitettä virtapiirissä. Kytkeytymiskertoimeen vaikuttavat kaapelien geometriat ja etäisyydet.



Kuva 4. Häiriön induktiivinen kytkeytyminen ja häiriöjännitteen laskenta

3.3 Kapasitiivinen kytkeytyminen

Kapasitiivinen kytkeytyminen johtuu johtimien välisestä kapasitanssista. Vaihtojännite synnyttää johtimissa häiriövirtapiirin, jossa virta kulkee johtimien välisen kapasitanssin kautta, kuten alla olevassa kuvassa esitetään. Häiriytyvän piirin suuri impedanssi edesauttaa kapasitiivista kytkeytymistä (Kivimäki 1991a, 23.).

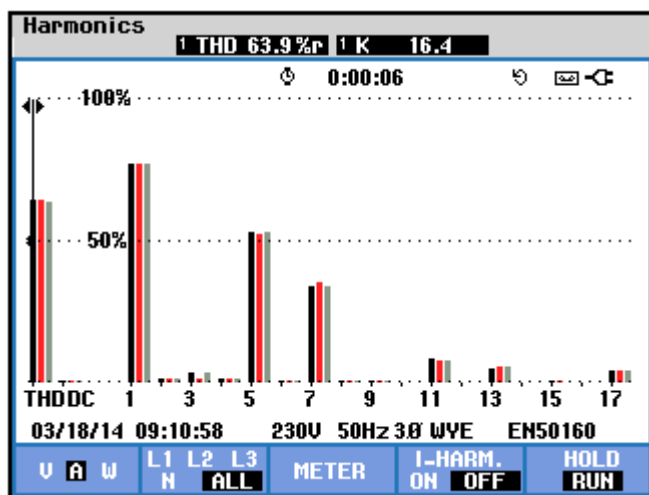


Kuva 5. Häiriön kapasitiivinen kytkeytyminen (Kivimäki 1991b, 23)

4 HÄIRIÖLÄHTEET

4.1 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttaja on laite jota käytetään vaihtojännitteen taajuuden muuttamiseen. Laitetta käytetään vaihtovirtamoottoreiden pyörimisnopeuden säätöön. Sisään menevä, hyvin usein kolmivaiheinen vaihtojännite tasasuunnataan ja sen jälkeen vakioidaan välipiirissä. Tasajännitteestä saadaan taas vaihtojännitettä laitteen invertterissä, jossa tehpuolijohteita kuten tyrstoreja tai IGB-transistoreita ohjaamalla saadaan halutun taajuinen vaihtojännite. Teholuokaltaan taajuusmuuttajia on muutamista wateista aina useisiin megawatteihin asti. Kuten kaikki puolijohdekuormat, myös taajuusmuuttajat aiheuttavat yliaalloja sähköverkkoon. Kuvassa 6 on esitetty erään taajuusmuuttajan verkkopuolen virtayliaallot Uudenaikaisissa taajuusmuuttajissa on kuitenkin haittavaikutuksia vaimentavia komponentteja, kuten taajuusmuuttajan ulostuloon asennettavia kuristimia, jotka vaimentavat virran nopeita muutoksia. Kuristimien pääasiallinen tarkoitus on kuitenkin moottorin tasaisempi käynti.



Kuva 6. Erään taajuusmuuttajan aiheuttamat yliaallot

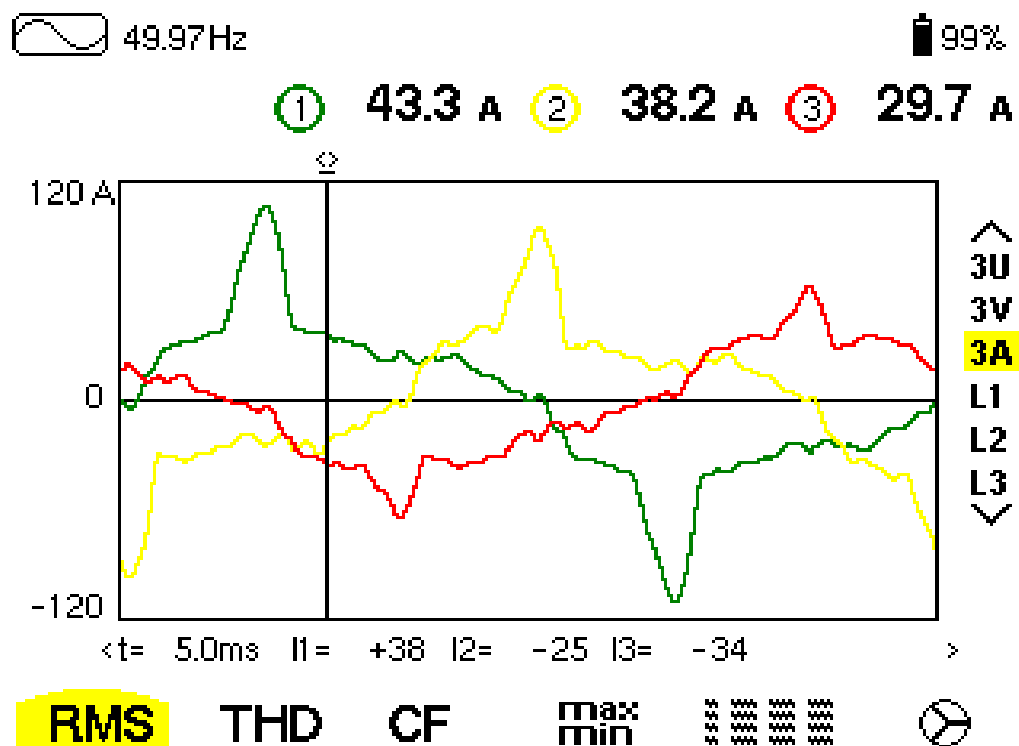
4.2 Sähkösuodattimet

Sähkösuodatin on laite kiinteiden hiukkasten ja pölyjen poistamiseksi kaasusta. Sähkösuodattimia käytetään esimerkiksi hiilivoimaloiden tai sulatusuunien

savukaasujen puhdistukseen. Laite vaatii toimiakseen hyvin korkean tasajännitteen, tyypillisesti yli 40 kilovolttia koronapurkauksen aikaansaamiseksi. Korkeajännitepuolen virta oikein toimivassa suodattimessa on suhteellisen korkea, noin kahdensadan milliampeerin luokkaa. Virta vaihtelee kaasumäärän mukaan. Laite koostuu itse suodattimesta, korkeajännitemuuntajasta ja kokoaaltoasasuuntaajasta. Hyvin usein laitteessa on myös jonkinlainen ohjausyksikkö. Suuret jännitteet aiheuttavat ympärilleen sähkökentän, joka voi aiheuttaa häiriöitä lähellä olevissa herkissä laitteissa. Yleensä itse suodatin on kuitenkin metallirunkoinen ja maadoitettu, joten vaikutus heikkenee. Sähkösuodattimet aiheuttavat tasasuuntaajan takia verkkoon yliaaltoja. Vanhan malliset suodattimet voivat myös olla kahdella vaiheella syötettyjä mikä aiheuttaa vinokuormaa sähköverkolle.

4.3 Hakkurivirtalähteet

Hakkurivirtalähde on tietokoneissa ja automaatiojärjestelmissä käytetty virtalähde. AC-DC-tyyppinen hakkuri tasasuuntaa verkkojännitteen, minkä jälkeen syntyvä tasajännite vaihtosuunnataan korkeataajuiseksi vaihtovirraksi. Tämä vaihtovirta muunnetaan muuntajalla sopivaan suuruusluokkaan, kuten esimerkiksi viiteen volttiin. Tämä vaihtojännite tasasuunnataan ja vakioidaan muuntajan jälkeen uudestaan. Ero lineaariseen virtalähteeseen on parempi hyötysuhde sekä pienempi koko, muuntajan ei tarvitse olla läheskään yhtä suuri korkeammilla taajuuksilla, kuin 50 hertsillä. Huonoja puolia ovat sähkömagneettiset häiriöt ja laitteen ottaman virran suuri yliaaltopitoisuus. Haittavaikutuksia saadaan vähennettyä laitteen sisään rakennetuilla suodattimilla. Kuvassa 7 esitetään hakkuriteholähteille tyypillinen virran käyrämuoto.



Kuva 7. Hakkuriteholähteen virran käyrämuoto.

5 HÄIRIÖSUOJAUS

Kuten edellä todettiin on häiriölähteitä joka puolella. Usein niitä ei voida poistaa, mutta niiden vaikutusta voidaan pienentää merkittävästi. Häiriövaikutusten pienentämiseksi tulee sähkölaitteiden olla EMC-vaatimusten mukaisia (SFS 6000 2012b, 158). Tässä luvussa käydään läpi miten laitteita voidaan suojata erityyppisiltä häiriöiltä.

5.1 Suojatut kaapelityypit

Kaapelin rakenteella on suuri vaikutus sen aiheuttamiin häiriöihin ja häiriönsietokykyyn. Yleensä instrumentointikaapelit on suojattu ainakin vähintään parikierrolla. On myös saatavilla erityisen häiriöalttiin olosuhteisiin suunniteltuja armeerattuja tiedonsiirtokaapeleita.

Instrumentointikaapeli, kuten JAMAK, on suojattu parikierrolla, muovitetulla foliolla sekä parikohtaisilla ja kaapelikohtaisilla eristämättömillä suojajohtimilla. Suojajohdin kytketään toisesta päästään häiriöttömään maadoitukseen. Folio tuo maadoitusjohtimen lisäksi suojaa induktiivisia häiriöitä vastaan.

Myös syöttöpuolella käytetään suojattuja kaapeleita kun halutaan estää suurivirtaisten kaapeleiden häiriövaikutuksia. Tehokkaissa taajuusmuuttajaohjatuissa moottoreissa käytetään nykyään armeerattuja, symmetrisiä syöttökaapeleita häiriöiden estämiseksi. Kaapelin armeeraus kytketään päistään erityisiin läpivientinippoihin joissa on jousikuormitteiset koskettimet ympäri asti. Esimerkiksi MJAM ja MCCMK ovat suojattuja voimakaapeleita.

5.2 Kaapelien reititys

Kaapelien reitityksellä voidaan vähentää häiriön siirtymistä kaapelista toiseen. Syöttökaapelit ja ohjauskaapelit tulisi pitää mahdollisimman etäällä toisistaan. Jos kaapelit sijaitsevat samassa kaapelihyllyssä ne tulisi sijoittaa eri reunoille. Paras

ratkaisu on kuitenkin oma hylly syöttökaapeleille ja ohjaus- ja instrumentointikaapeleille. Hylly itsessäänkin suojaa kaapeleita jonkin verran häiriöiltä. Suojausvaikutus on suurimmillaan lähellä hyllyn reunaa (SFS 6000 2012c, 186). Jos kaapelit kuitenkin joutuvat ohittamaan toisensa, on ohitus tehtävä suorassa kulmassa jolloin mahdollisen magneettikentän vaikutus saadaan minimoitua.

5.3 Kotelointi

Metallinen kotelointi suojaa laitetta säteilemällä siirtyviltä häiriöiltä kuten radioaalloilta ja magneettisilta haittavaikutuksilta. Maadoitettu metallinen kotelo toimii Faradayn häkkinä suojattavan laitteen ympärillä. Kaikki läpiviennit olisi hyvä pitää mahdollisimman pieninä ja mahdolliset ovet ja luukut on pidettävä suljettuna parhaan suojausvaikutuksen aikaansaamiseksi.

5.4 Esimerkki käytännön häiriösuojauksesta

Esimerkkinä käytännön häiriösuojauksesta käytetään pneumaattisen venttiilin asennoitinta. Kyseessä ei ole säätöventtiili, joten ainoat tarvittavat tiedot ovat auki ja kiinni rajat. Venttiilin ohjaus tapahtuu automaatiotilassa sijaitsevalla magneettiventtiilillä. Asennoittimen kytkentärasiasa on kaksi rajakytkintä liittimiseen. Kaapelina käytetään JAMAK $2 \times (2+1) \times 0,5$ parikierrettyä ja suojattua instrumentointikaapelia. Kyseisessä kaapelissa on kaksi johdinparia sekä parikohtaiset suojajohtimet. Kaapeli kuoritaan asennoittimen päästä riittävältä matkalta ja eristämättömät suojajohtimet eristetään. Suojajohtimia ei kytketä maihin, vaikka asennoittimen kytkentärasiasa paikka niille olisikin, eivätkä ne saa koskettaa laitteen runkoon. Signaalijohtimet kytketään rajakytkimien liittimiin. Kaapelin toinen pää menee läheiseen automaatiotilaan jossa kytkentä tehdään muuten samoin, paitsi suojajohtimen päälle lisätään muoviletku tai vastaava eriste joka kiinnitetään paikalleen esimerkiksi itsevulkanoituvalla teipillä. Suojajohtimet kytketään häiriöttömän maadoituksen riviliittimeen.

6 MITTAUKSET JA TARKASTUKSET

Työn aiheena oli häiriösuojauksen tarkastaminen Boliden Harjavallan sulaton alueella. Työ aloitettiin tutustumalla maadoituksen perusrakenteeseen alueella, sekä maadoitusrenkaiden periaatteeseen ja haittavaikutuksiin. Teoriapuoleen perehtymisen jälkeen hankittiin tarvittavat kuvat maadoituksen ja syöttöpuolen rakenteesta. Automaatiotilat käytiin läpi TE-maadoituksen oikean rakenteen tarkastamiseksi, jonka jälkeen maadoitusvirrat ja suurimpien virtojen alkuperää selvitettiin. Mittaus tapahtui Prova CM-03 pihtivirtamittarilla lähtien liikkeelle TE-järjestelmän liitynnästä päämaadoituskiskoon. Myös automaatiojärjestelmän syöttöpuolen sähkön laatu mitattiin. Mittaus suoritettiin Chauvin-Arnoux C.A. 8334B kolmivaiheisella sähkönlaatuanalysointilaitteella syötönvaihtokatkaisijalta. Mittauskytkennässä käytettiin kolmea vaihejohtimiin asetettavaa virtapihtiä sekä neljää hauenleualla varustettua mittajohdinta jännitemittausta varten. Mitattavina suureina olivat sähkön laadun perussuureet. Mittaustulokset ovat esitettynä raporteissa erillisissä liitteissä 2 ja 3. Raportit eivät ole julkisia.

7 LOPPUSANAT

Opinnäytetyön aiheena oli tutustua häiriöttömän maadoituksen käyttöön prosessiautomaatiossa ja tarkastaa sen toiminta ja oikeanlainen rakenne. Tarkastukset ja mahdolliset korjaustarpeet selvitettiin ja raportoitiin aikataulun mukaan ennen vuosihuoltoa 2015. Tarkastusten tulokset eivät ole julkisia.

Opinnäytetyön tekemisen myötä olen oppinut lisää prosessinohjauksesta, siihen käytettävästä laitteistosta ja sen asianmukaisesta suojauksesta. Oletan tämän opinnäytetyön olevan hyödyllinen kaikille jotka haluavat oppia teollisuuden ohjausjärjestelmien häiriösuojauksesta.

Kiitän Jorma Tuomelaa, Turo Starckia, Hannu Halmista ja Instan asentajia ja muuta henkilöstöä neuvoista ja yhteistyöstä opinnäytetyön teossa.

LÄHTEET

Boliden Harjavallan www-sivut. 2015. Viitattu 10.9.2015.

<http://www.boliden.fi/fi/Toimipaikat/Sulatot/Boliden-Harjavalta/>

Insta Groupin www-sivut. 2015. Viitattu 9.9.2015. <http://www.insta.fi/group/>

Kivimäki, E. 1991a. Häiriölähteet ja häiriöiden kytkeytyminen. Häiriösuojaus. Suomen sähköurakoitsijaliitto ry.

Kivimäki, E. 1991b. Häiriölähteet ja häiriöiden kytkeytyminen. Häiriösuojaus. Suomen sähköurakoitsijaliitto ry.

Metso Oyj 2010. Metso DNA CR life cycle approach. Viitattu 16.9.2015.

[http://www.metso.com/Automation/urd.nsf/WebWID/WTB-100401-22572-1DC44/\\$File/E8774_EN_01-Life%20cycle%20approach.pdf](http://www.metso.com/Automation/urd.nsf/WebWID/WTB-100401-22572-1DC44/$File/E8774_EN_01-Life%20cycle%20approach.pdf)

Metso Oyj:n www-sivut. Viitattu 18.9.2015.

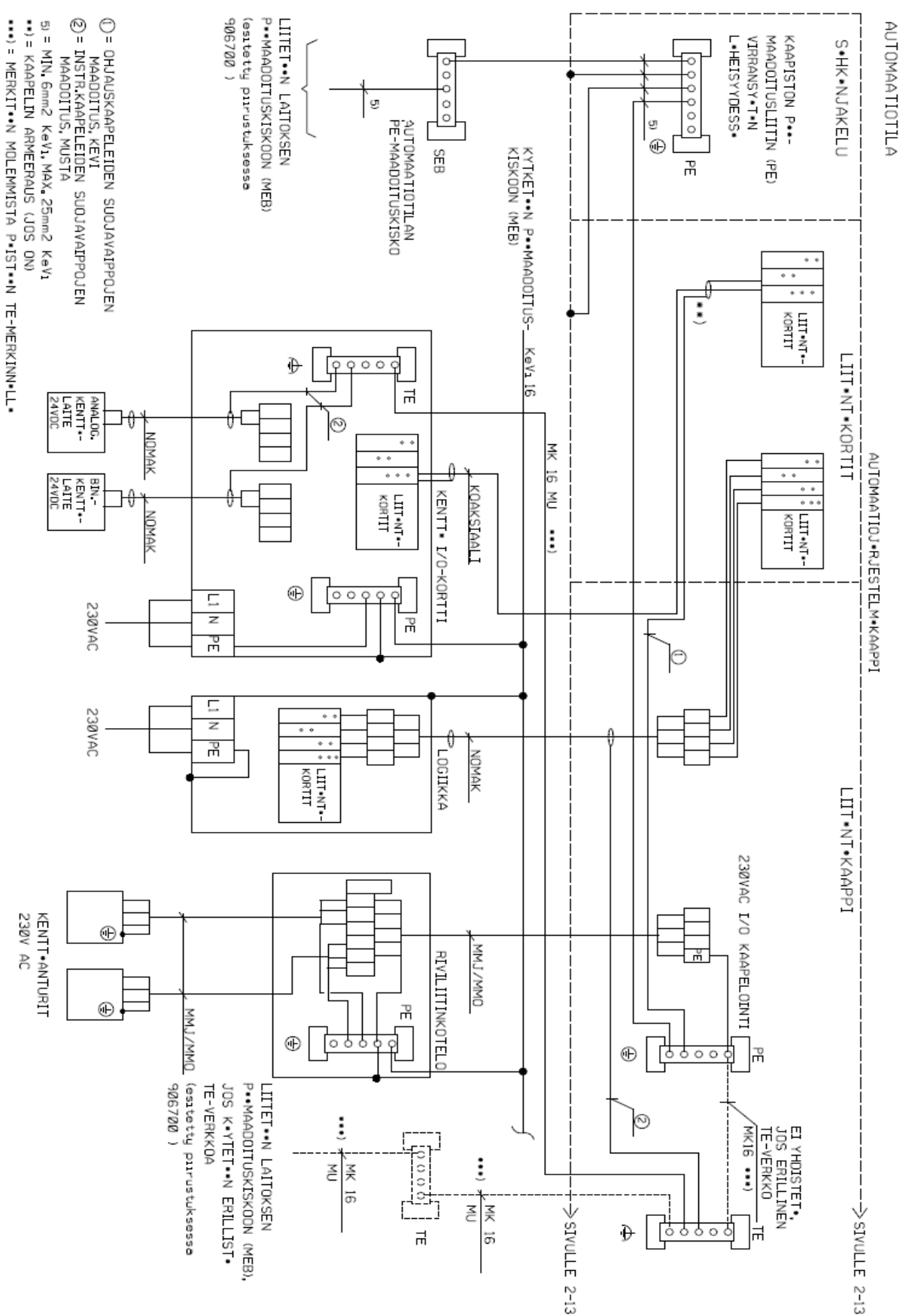
[http://www.metsoautomation.com/Automation/info.nsf/WebWID/WTB-070125-2256F-F8D07/\\$File/E837210.pdf](http://www.metsoautomation.com/Automation/info.nsf/WebWID/WTB-070125-2256F-F8D07/$File/E837210.pdf)

SFS 6000. 2012a. Pienjännitesähköasennukset. Suomen standardisoimisliitto. Helsinki. 1. painos, SFS Helsinki.

SFS 6000. 2012b. Pienjännitesähköasennukset. Suomen standardisoimisliitto. Helsinki. 1. painos, SFS Helsinki.

SFS 6000. 2012c. Pienjännitesähköasennukset. Suomen standardisoimisliitto. Helsinki. 1. painos, SFS Helsinki.

LIITE 1



HARJAVALLTA SUURTEOLLISUUSPULSSIT		S-taso	P-tyyveys	Nimi	Osaosto		Projektinumero		Laatu	CAD-versio	
		Uusio	USA	ULV	TEHDASSTANDARDI HTS 21029		54350		MS	95	
		Terä.	03.11.2003	PEL	OHJAUSJÄRJESTELMIEN MAADITUSTEN PERLAATEKAAVIO		Leijuna, 0503		MS	1/2	
Hjv.				Pirtustuksen MAADITUSKAVIOT	Leijuna, 0503		Keskustelu		Siht.	Pirtustuksen numero	
									S906701	Ver.	