



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Kalle Hannila

Langattomien laitteiden EMC-testaus

Tekniikka ja liikenne
2010

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin Vaasan ammattikorkeakoulun tietotekniikan osaston päättötyönä kevään ja syksyn 2010 aikana. Työ tehtiin Testhouse Enko Oy:lle.

Haluan esittää kiitokset Testhouse Enko Oy:n toimitusjohtaja Kimmo Korpinevalle ja suunnitteluinsinööri Ville Räikälle sekä opinnäytetyön valvojalle, Vaasan ammattikorkeakoulun tietotekniikan osastonjohtaja Kalevi Yliselle.

Kalle Hannila
8.12.2010

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Kalle Hannila
Opinnäytetyön nimi	Langattomien laitteiden EMC-testaus
Vuosi	2010
Kieli	suomi
Sivumäärä	29
Ohjaaja	Kalevi Ylinen

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä Testhouse Enko Oy:lle automatisoituja EMC-mittauksia langattomille laitteille mittatehokkuuden parantamiseksi. Yrityksellä oli jo ennestään toimiva EMC-testausympäristö.

Opinnäytetyössä käydään läpi langattomien laitteiden EMC-teoriaa ja EMC-testausteoriaa sekä standardeja. Työssä tutustutaan tuotekehitystestauksen sekä tyyppihyväksyntätestauksen eroavaisuuksiin ja käydään läpi emissio- sekä immunitettimittauksia.

Työssä luotiin säteileviä sekä johtuvia emissiomittauksia sekä säteileviä immunitetitestejä Rohde & Schwarzin EMC32 -mittaohjelmistoa käyttäen. Testejä automatisoitiin, jotta mittaukset olisivat paremmin toistettavissa sekä testejä voitaisiin suorittaa monta peräkkäin, mittatehokkuuden parantamiseksi.

Työn tuloksena yrityksellä on käytössä automatisoituja EMC-mittauksia sekä testisekvenssejä. Mittauksista sekä kalibroinneista tehtiin käyttöohjeet muille käyttäjille.

ABSTRACT

Author	Kalle Hannila
Title	EMC Testing of Wireless Devices
Year	2010
Language	Finnish
Pages	29
Supervisor	Kalevi Ylinen

The purpose of the thesis was to design and implement automatic EMC measurements for wireless devices to improve the performance of measurements used by Testhouse Enko Ltd. The company had existing EMC testing facilities.

The thesis is deals with information on EMC theory and EMC testing for wireless devices as well as the related standards. In addition, differences between research and development measurements and type approval measurements are also discussed in this research work as well as theory of emission and immunity measurements.

Radiated and conducted emission measurements and radiated immunity tests were designed and implemented using EMC32 measurement software from Rohde & Schwarz. The tests were automated to achieve reproducible measurements and to enable successive measurements for improving the test system performance.

Based on the research work findings of the thesis Testhouse Enko Ltd. has automated EMC tests, measurements and system calibration. In addition, work instructions for EMC testing and calibration were written for users.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

<u>1 JOHDANTO.....</u>	<u>8</u>
<u>1.1 Työn kuvaus -ja tavoitteet.....</u>	<u>8</u>
<u>1.2 TestHouse Enko Oy.....</u>	<u>9</u>
<u>2 TEORIA.....</u>	<u>10</u>
<u>2.1 EMC.....</u>	<u>10</u>
<u>2.2 Langattomien laitteiden EMC-direktiivit ja standardit.....</u>	<u>11</u>
<u>2.3 EMC-testaus.....</u>	<u>12</u>
<u>2.4 Tuotekehitystestaus.....</u>	<u>13</u>
<u>2.5 Tyyppihyväksyntätestaus.....</u>	<u>13</u>
<u>2.6 Langattomien laitteiden emissiomittaukset.....</u>	<u>14</u>
<u>2.7 Langattomien laitteiden immunitteettitestaukset.....</u>	<u>15</u>
<u>2.8 EMC-testausjärjestelmä.....</u>	<u>16</u>
<u>3 EMC32 -MITTAOHJELMISTO SEKÄ TESTIEN TEKÖ.....</u>	<u>17</u>
<u>3.1 Device List.....</u>	<u>18</u>
<u>3.2 Hardware setup.....</u>	<u>18</u>
<u>3.3 Sweep table ja Scan table.....</u>	<u>18</u>
<u>3.4 Auto test.....</u>	<u>19</u>
<u>3.5 Mittauksen tulos.....</u>	<u>20</u>
<u>3.6 Mittausten- ja testien suoritus.....</u>	<u>22</u>
<u>3.7 Immunitteetikentän kalibrointi.....</u>	<u>24</u>
<u>3.8 Signaalireittien kalibrointi.....</u>	<u>26</u>
<u>4 TYÖN TULOKSET.....</u>	<u>27</u>
<u>LÄHTEET.....</u>	<u>28</u>

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1.	Esimerkki kaiuttomasta huoneesta.	s. 16
Kuvio 2.	EMC32 -käyttöliittymä.	s. 17
Kuvio 3.	Esimerkki sweep-taulukon asetuksista.	s. 19
Kuvio 4.	Emissio- sekä immunitaettimittausten autotest ikkuna.	s. 20
Kuvio 5.	Esimerkki valmiista mittauksesta.	s. 21
Kuvio 6.	Säteilevä EN 55022 -mittaus.	s. 22
Kuvio 7.	Johtuva EN 55022 -mittaus. Simuloitu mittaus.	s. 23
Kuvio 8.	GSM 900 audio immunitaettimittaus.	s. 24
Kuvio 9.	Immunitaettikentän kalibrointi.	s. 25
Kuvio 10.	Signaalireitin kalibrointi.	s. 26
Taulukko 1.	Mittauksessa löydetyt huippuarvot	s. 21

LIITELUETTELO**LIITE 1.** Lyhenneluettelo

1 JOHDANTO

1.1 Työn kuvaus -ja tavoitteet

Työn tarkoituksena on automatisoida TestHouse Enkon säteileviä EMC-mittauksia. Yrityksellä on toimiva EMC-testiympäristö, mutta mittausten lisääautomatisoinnille oli tarvetta mittatehokkuuden parantamiseksi. Yritys on siirtymässä käyttämään uutta testausohjelmistoa, Rohde & Schwarzin valmistamaa EMC32 -mittaohjelmisto, jolla hallitaan mittalaitteita ja tehdään järjestelmän kalibroinnit sekä suoritetaan emissio- ja immunitettimittaukset. Mittausohjelmistoon asennetaan uudet mittalaitteet ja luodaan eri tarkoituksiin tarkoitettuja testejä sekä mittasekvenssejä. EMC32:n eri toiminnoista ja testeistä tehdään myös käyttöohjeet muille käyttäjille. Mittasysteemiin hankitaan ja asennetaan lisää suodattimia uusia WCDMA-taajuuksia varten. Uuden kytkinyksikön tarvetta tulisi tutkia, ja mikäli sellainen päätetään hankkia, järjestelmän signaalireitit asennetaan osittain uusiksi, käyttäen uutta kytkinyksikköä. Jotta mittaukset saadaan täysin automatisoitua, manipulaattoriin tarvitsee asentaa uusi moottori, joka kääntää manipulaattorin levyn automaattisesti horisontaali- ja vertikaaliasentoihin. EMC-kammioon asennetaan myös kiinteästi toinen mitta-antenni, joka otetaan käyttöön korkeammille taajuuksille siirryttäessä. Mitta-antenni tulee osaksi automatisoitua mittausjärjestelmää, joten antennia ei tarvitse käydä vaihtamassa kesken mittausten. Testiympäristöön tehdään myös vuosittainen kalibrointi mittatarkkuuden parantamiseksi. Myös mittauksia tulee tehdä, jotta mahdolliset virheet tulisivat esiin.

Työn tavoitteena on saada automatisoitu EMC-testiympäristö langattomien laitteiden immunitetti- ja emissiomittauksille. Mittaajan tarvitsee vain varmistaa järjestelmän toimivuus ja asettaa mitattava laite mittapaikalle. Tämän jälkeen käynnistää testisekvenssi EMC32 -ohjelmistosta. Järjestelmä asettaa kaikki mittalaitteet oikeaan tilaan, sekä valitsee oikeat signaalireitit. Lopuksi, kun mittaus on valmis, raportti tallentuu tietokantaan.

1.2 TestHouse Enko Oy

TestHouse Enko Oy on vuonna 2006 perustettu yritys, jonka toimipiste sijaitsee Salossa. Yrityksessä on tällä hetkellä 20 työntekijää. TestHouse Enkon toiminta on keskittynyt pääasiassa langattomiin teknologioihin ja erilaisiin automatisoituihin mittajärjestelmiin ja tekniikoihin. Enko tarjoaa laitekehittäjille testauspalveluita sekä testausjärjestelmäpalveluita. Mittauspalveluperheeseen kuuluvat EMC-mittaukset, RF-mittaukset, SAR-mittaukset, Audiomittaukset, Ympäristö- ja mekaniikkamittaukset sekä sertifiointipalvelut. TestHouse Enko on auditoitu ISO/IEC 17025 mittauslaboratorio. Sertifiointipalveluun kuuluvat EMC, RF, ympäristö ja mekaniikka -tyyppihyväksyntämittaukset. Yhteistyössä SGS Oy:n kanssa pystytään tarjoamaan myös täysi sertifiointipalvelukokonaisuus asiakkaan tarpeiden mukaan.

Testausjärjestelmäpalveluna yritys tarjoaa erilaisia automatisoituja testausjärjestelmätuotteita langattomiin teknologioihin. Yrityksen kehitettämä testauskokonaisuus perustuu National Instrumentsin LabVIEW-kehitysympäristöön. Enkon testausjärjestelmä on täysin yhteensopiva isojen mittalaittevalmistajien laitteiden kanssa, kuten Agilent, Anritsu ja Rhode & Schwarz. Enko tarjoaa myös kokonaistoimituksena asennuksia, jotka sisältävät testausohjelmiston sekä mittalaitteet. Testausohjelmistot sisältävät myös tulosten analysointi- ja raporttien generointityökalut.

2 TEORIA

2.1 EMC

EMC, Electromagnetic Compatibilty eli sähkömagneettinen yhteensopivuus. Laitteen tai järjestelmän tulee toimia tiettyyn häiriötasoon saakka yhteensopivasti ympäristön kanssa. Laite ei myöskään saa aiheuttaa ympäristölleen häiriöitä standardeissa määritettyjen rajojen mukaisesti. EMC voidaan jakaa kahteen eri osaan, immunitetteihin ja emissioihin. Immunitetti eli häiriönsietoisuus, kuvaa laitteen kykyä toimia häiriöllisissä olosuhteissa. Emissio eli häiriöpäästöt, kuvaa laitteen ympäristöön lähettämiä häiriöitä. Molemmat häiriöt voivat edetä sekä johtumalla että säteilemällä. Johtumalla eteneviä häiriöitä ovat esimerkiksi latureista tulevat virtapiikit. Säteilemällä eteneviä häiriöitä ovat esimerkiksi auton radiosta kuuluva ääni, ennenkuin matkapuhelin alkaa soimaan. Säteilemällä etenevien häiriöiden takia kännyköiden käyttö lentokoneissa ja sairaaloissa on kielletty, jotta häiriöt eivät aiheuttaisi vaaratilanteita. /1/

Erilaisten elektronisten laitteiden määrän kasvaessa on sähkömagneettiseen yhteensopivuuteen kiinnitettävä erityisen paljon huomiota, jotta kaikki laitteet toimisivat niille tarkoitettulla tavalla. Jokainen sähköä käyttävä laite saattaa tahattomasti häiritä toisia laitteita tai häiriintyä itse, joko ulkoisesta tai sisäisestä häiriöstä. Tästäkin syystä laitteen EMC-ominaisuuksiin tulee kiinnittää suurta huomiota jo laitteen suunnitteluvaiheessa. /2, 1-2/

Euroopassa jokaisen myynnissä olevan laitteen tulee täyttää yhtenäiset EMC-standardit. Myös laitteen hyvät EMC-ominaisuudet parantavat laitteen käyttövarmuutta ja minimoivat laitteen häiritsevyyttä.

2.2 Langattomien laitteiden EMC-direktiivit ja standardit

Eri organisaatioiden standardeja käytetään eri puolilla maailmaa. Esimerkiksi Euroopassa on käytössä EMC-direktiivi, joka viittaa useampaan standardiin, joita ovat valmistelleet ETSI, CENELEC, IEC sekä CISPR. Yhdysvalloissa yleisimmät käytössä olevat standardit ovat laatineet FCC sekä ANSI. /3/

Standardit määrittelevät kuinka paljon laite saa aiheuttaa häiriötä sekä kuinka paljon laitteen tulee sietää häiriötä. Standardit määrittelevät myös mittausmenetelmät, mitä taajuusalueita tulee mitata, sekä asettavat vaatimuksia testattavalle laitteelle sekä mittaympäristölle. Langattomien laitteiden testauksessa tärkeimmät standardit Euroopassa ovat seuraavanlaisia. 3GPP TS 51.010, jonka on kehittänyt ETSI. Standardissa määritellään GSM-laitteen kanavien käytöstä testauksessa, laitteen lähettämien häiriöiden ylärajat sekä yleisesti tekniset ominaisuudet sekä tavat testata GSM-laitteita. EN 301 489 -standardiperheessä määritellään immunitetti- sekä emissiomittausten vaatimukset. EN 300 607 -tyyppihyväksyntästandardissa määritellään käytettävät kanavat sekä raja-arvot kerrannaisten mittaukseen. EN 55022 -standardi määrittelee testaustavan mitattavan laitteen oheislaitteistoille, kuten laturille ja korvakuulokkeelle.

2.3 EMC-testaus

Elektroniset laitteet saattavat tuottaa tahattomasti RF-energiaa ympärilleen tai itseensä. Jokaisella digitaalisella laitteella on kyky tuottaa häiriötä toisiin elektronisiin laitteisiin. Näitä laitteita käytämme jokapäiväisessä elämässä mm. kommunikointiin, viihteeseen, parempaan elämänlaatuun, elämää helpottaviin seikkoihin sekä terveydenhuoltoon. Kuluttajan kannalta on erittäin ikävää, jos laitteet eivät toimisi keskenään sulassa sovussa. Vaarallisia tilanteita, jossa tahattomia RF-häiriötä voi havaita, ovat esimerkiksi sairaalat ja lentokoneet.

Sähkömagneettisten häiriöiden kontrollointi on kasvanut huomattavasti viime vuosina. Oikeat sovellukset ja suunnittelutavat varmistavat laitteen luotettavan toiminnan, minimoivat laitteen altistumista häiriöille, lyhentävät projektin valmistusaikataulua ja auttavat kohtaamaan sähkölaitteiden yleiset standardin mukaiset vaatimukset. Laitteen toiminnan ja valmistuksen kannalta paras aika pohtia kaikkia EMC-lähtökohtia on laitteen esisuunnitteluvaihe, paljon ennen kuin ensimmäinen piiri on liitetty kytkentäkaavioon, tai ensimmäinen ohje kirjoitettu ohjelmistoa varten.

EMC-testauksessa selvitetään laitteen sähkömagneettinen yhteensopivuus. Laitetta tutkitaan EMC-teorian mukaisesti laitteen immunitetin, emission ja ESD:n näkökulmista, oli kyse sitten laitteen T&K-mittauksesta tai tyyppihyväksyntämittauksesta. EMC-mittauksia tehtäessä ja analysoitaessa on syytä kiinnittää huomiota seuraaviin asioihin:

- Millä taajuuspektrillä ongelma voi ilmetä.
- Miten korkea amplitudi on, mikä on sen energiataso ja miten suurella todennäköisyydellä se aiheuttaa häiriötä,
- Ovaeko häiriöt jatkuvia vai tapahtuuko ne tietyn syklin mukaan.
- Mitkä ovat laitteen tai laitteiden fyysiset mitat, jotka aiheuttavat häiriötä./4/

2.4 Tuotekehitystestaus

EMC-testien teettäminen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa säästää paljon aikaa ja rahaa tuotteen koko kehittämiselinkaaren aikana. T&K-mittauksilla pyritään selvittämään laitteen mahdolliset sähkömagneettiset häiriöt ja niiden sijainnit sekä tuleeko häiriö tietystä komponentista vai joidenkin komponenttien kombinaatiosta. T&K-mittauksia ei tarvitse suorittaa minkään standardin mukaan, vaan mitattavaa laitetta voidaan tutkia niin aika- kuin taajuustasossa. Tärkeintä on selvittää mahdollisten häiriöiden lähde mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta häiriöitä aiheuttava komponentti voidaan vaihtaa tai sijoittaa uudelleen laitteeseen. T&K-mittausten päätavoite onkin valmistaa laite tulevia tyyppihyväksyntämittauksia varten. Jos laite ei täytä standardien asettamia vaatimuksia tyyppihyväksyntämittauksissa, tuotteen valmistusprosessi saattaa venähtää erittäin pitkäksi, sillä tyyppihyväksyntämittauksissa häiriön aiheuttajaa ei välttämättä saada selville. Tuotekehitysmittauksissa on hyvä olla mitattavan laitteen suunnittelija mukana, jolloin voidaan tehdä yhdessä räätälöityjä mittauksia , asiakkaan tarpeiden sekä kiinnostuksen kohteen mukaan.

2.5 Tyyppihyväksyntätestaus

Kun tuote on valmiina siirtymään markkinoille, tulee se ensin mitata laitetta koskevien standardien mukaisesti. Standardoidut EMC-testit tarjoavat hyvin vähän tietoa tuotteesta sen loppuvaiheessa, jos tuotteesta pitää ratkaista uudelleen häiriöongelmia, saattaa se olla hyvinkin hankalaa. Standardoidut testimenetelmät eivät kerro mistä häiriöt tulevat, vaan että niitä on olemassa. Tyyppihyväksyntämittaukset ovat kalliimpia verrattuna aikaisempien vaiheiden mittauksiin ja jo yksikin hylätty mittaustulos aiheuttaa laitteelle lisäkustannuksia, häiriön selvittämiseen, korjaamiseen ja uudelleen vietäväksi mittauksiin. Tyyppihyväksyntämittaukset suoritetaan akkreditoidussa laboratoriossa, eikä ulkopuolisia saa olla seuraamassa mittausten edistymistä.

2.6 Langattomien laitteiden emissiomittaukset

Langattomien laitteiden emissioita testattaessa tarkastellaan mm. lähetteen tehoa (FCC 22&24&27), lähetteen harmonisia (EN 300 607) sekä lisälaitteiden säteilevät- että johtuvahäiriöt (EN 55022). Langattomien laitteiden emissiovaatimukset löytyvät EN 301 489 -standardiperheestä, jotka ovat samassa linjassa perusstandardien sekä tyyppihyväksyntästandardien kanssa.

Yleisesti käytettävä testaustapa perustuu substituuttimittaukseen, jossa EUT korvataan substituuttiantennilla, joka yleensä on dipoliantenni. Substituuttimittauksella saadaan emissioiden tason vastine, jolla saadaan tarkkoja laskelmia emissioiden säteilevästä tehosta. Emissioita tarkasteltaessa mitattavaa laitetta pyöritetään 360 astetta. Mitta-antennia sekä mitattavaa laitetta käytetään horisontaali- ja vertikaaliasennoissa. Testaustaajuus alkaa säteilevissä testauksissa 30 MHz:sta ja päättyy kunkin standardin osoittamaan taajuuteen. Johtuvissa emissiomittauksissa taajuusalue on yleisesti 150 kHz:sta 30 MHz:iin. Mitattava säteilevä teho ei ole taso, joka näkyy mittalaitteella, vaan todellinen teho, joka lähtee EUT:sta. Tästä johtuen signaali- sekä reittivaimennukset on laskettava mukaan korjauskertoimiin. Korkeimmat kerrannaiset emissiot mitataan huippuarvodetektorilla ja 3 dB analysaattorin kaistanleveydellä. Emissioita mitattaessa on myös huomioitava asettaa mittauksen kaistanleveys sopivaksi, jotta saadaan tarpeeksi monta mittapistettä testattua. Lähetteen ollessa päällä, jokaisella mittapisteellä mitta-ajan tulisi olla ainakin yhden TDMA-kehysten pituinen.

Myös testattavan laitteen lisälaitteet tulee testata. Kun kompinaatioon kuuluu esimerkiksi myös laturi, ei oteta huomioon lähetin-vastaanottimelta ilmeneviä emissioita.

2.7 Langattomien laitteiden immunitetestaukset

Langattomien laitteiden immunitettä testattaessa, tarkastellaan paljonko laite sietää häiriöitä. Testit suoritetaan standardiperheen EN 301 489 mukaisesti. Joitakin oheislaitteita mitattaessa testit suoritetaan perustuen EN 61000-4-3 -standardin esittämään tapaan.

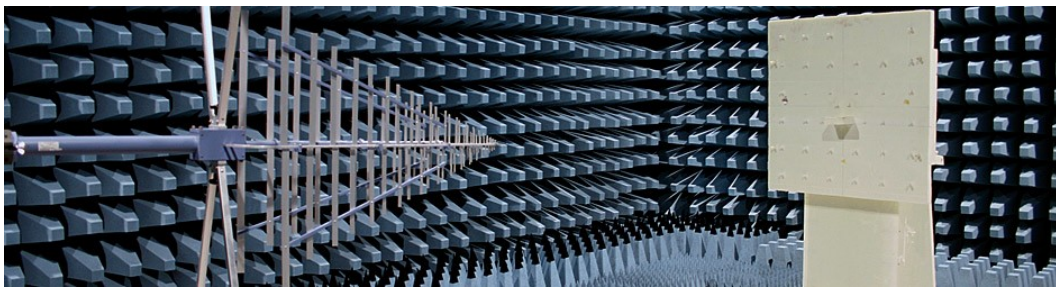
Säteilevissä testeissä luodaan häiriökenttä EUT:n ympärille. Johtuvissa testeissä häiriö luodaan sähkövirtapuristimella. Häiriökentän virallinen taso on 3 V/m, Käytetty audiosignaali on sinimuotoinen 1 kHz 80% AM-modulaatiolla. Testit tehdään TX- sekä RX-tilassa, audio breakthrough -menetelmällä. Jos audio breakthrough menetelmää ei voida käyttää, monitorointi pitää suorittaa muilla keinoilla, esimerkiksi visuaalisesti tai jollakin ulkoisella mittalaitteella. TX-tilassa monitoroidaan uplinkin sekä downlinkin häiriönsietoa sekä RXQuality. RX-tilassa testataan UiT, eli lähteekö laitteesta tahattomia lähetteitä.

Säteilevissä mittauksissa mitattavaa laitetta pyöritetään 360 astetta ja jokainen EUT:n kulma testataan mitta-antennin horisontaali- ja vertikaaliasennossa. Immunitettimittauksissa EUT pidetään vertikaaliasennossa koko testauksen ajan. Testattava taajuusalue on 80 MHz:sta 2700 MHz:iin. Standardi määrittelee GSM- sekä WCDMA-kaistoille taajuusalueita, joita ei virallisissa mittauksissa tarvitse mitata. Näihin kuuluu taajuusalueet 1000 MHz:sta 1400 MHz:iin ja +/- 300 kHz lähetteen kantoaallostasta sekä RX-bandin -6% alataajuudesta ja +5% ylätaajuudesta. Taajuutta kasvatetaan 1% sen hetkisestä taajuudesta. Aika joka pysytään mittapisteellä, tulisi olla tarpeeksi pitkä EUT:lle sekä mittalaitteille.

2.8 EMC-testausjärjestelmä

EMC-testausjärjestelmään olennaisina laitteina kuuluvat mitta-antenni, emivastaanotin sekä spektrianalysaattori. Langattomien laitteiden testauksissa kommunikointitesterillä luodaan linkki mittalaitteen ja EUT:n välille. Säteilevissä harmonisten mittauksissa käytetään suodattimia suodattamaan lähete pois. Immuneettimittauksissa tarvitaan suuritehoisia vahvistimia luomaan häiriökenttä EUT:n ympärille. Testiympäristönä voi toimia myös ulkomittapaikka kammion sijaan. Ulkomittapaikkoja on Suomessa muutamia ja selvästi yleisimpiä mittapaikkoja ovat täysin- tai puolikaiuttomat kammiot. Suurimpia mittalaittevalmistajia ovat Rohde & Schwarz sekä Anritsu, joiden mittalaitteet ovat myös yleisimpiä. Suomessa yleisin kammiovalmistaja on ETS.

Virallisia mittauksia tehtäessä, mittaohjelmisto tulee olla kolmannen osapuolen valmistama, jolloin omia mittaohjelmistoja ei tule käyttää. Suomessa yleisin mittaohjelmisto on Rohde & Schwarzin tarjoama. Vanhemmassa ohjelmistossa emissio- ja immuneettimittaukset on jaettu eri ohjelmiin, kun taas uudessa EMC32 ohjelmistossa kaikki mittaukset suoritetaan samalla ohjelmalla.

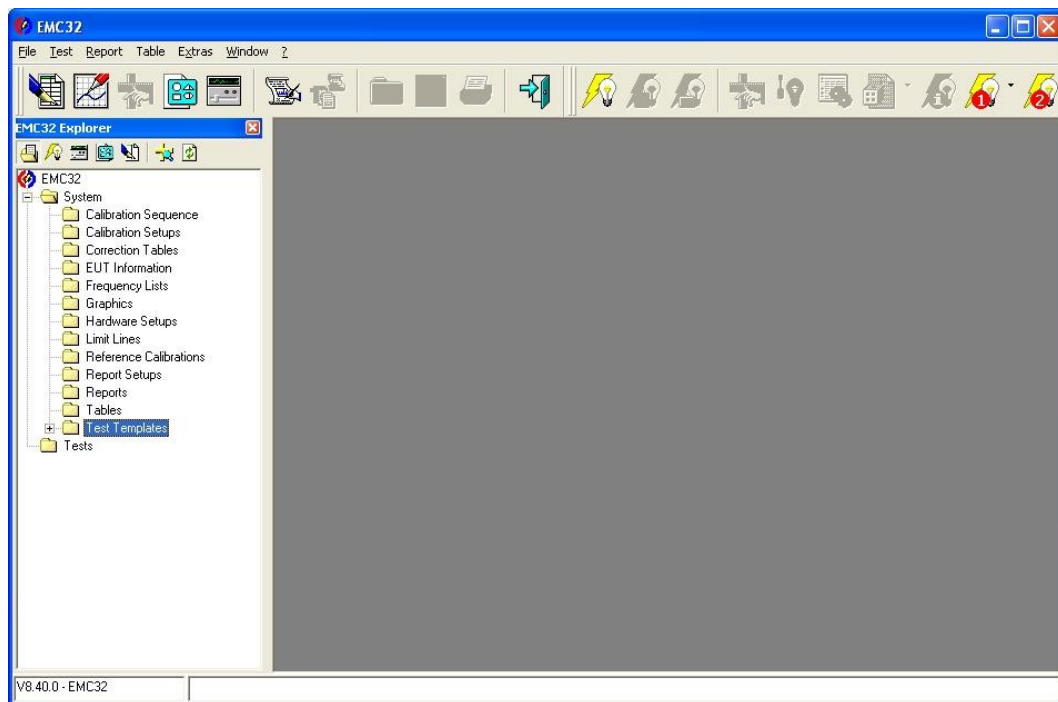


Kuvio 1. Esimerkki kaiuttomasta huoneesta.

3 EMC32 -MITTAOHJELMISTO SEKÄ TESTIEN TEKO

EMC32 -mittaohjelmiston minimivaatimukset tietokoneelle ovat vähintään tuplaydin prosessori sekä 1 GB muistia. Tietokoneen suorituskyvyllä on kuitenkin suora yhteys testien mitta-aikaan, jolloin tehokkaalla tietokoneella saadaan vähennettyä mitta-aikaa ja työskentelystä tulee tehokkaampaa.

EMC32 -mittaohjelmiston käyttöliittymässä on kuvion 2 mukainen kansiorakenne, jolloin tiedostojen muokkaaminen onnistuu helpommin. Automatisoitu emissiomittaus sisältää hardware setupin, sweep taulukon, scan taulukon sekä autotestin.



Kuvio 2. EMC32 -käyttöliittymä.

Opinnäytetyössäni loin testit komponenttien avulla, standardien mukaisesti. Automaation sekä mittatehokkuuden saavuttamiseksi prosessiin kului paljon aikaa, kunnes kaikki GSM-mittausten osat toimivat sujuvasti, käyttäen

mahdollisimman vähän aikaa mm. mittalaitteiden tilan vaihtamiseen sekä itse mittauksen suorittamiseen, kuitenkin tulosten oikeellisuudesta tinkimättä.

3.1 Device List

Testausjärjestelmän mittalaitteet asennetaan EMC32 -mittaohjelmistoon device list -ohjelman avulla. Laitteisiin määritellään raja-arvoja sekä asetuksia, jotka estävät laitteita vaurioitumasta. Mittalaitteiden rajapinnat ja osoitteet määritellään sekä yhteyden toimivuuden voi testata kysymällä onko laite toiminnassa vai virtuaalitulossa.

3.2 Hardware setup

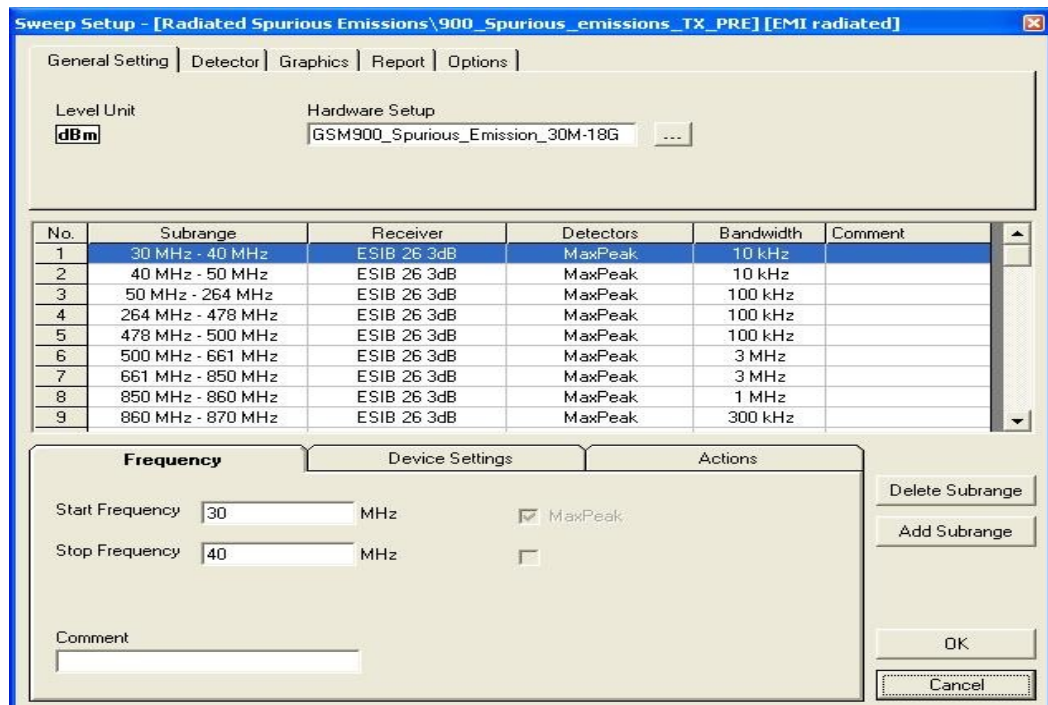
Hardware setupissa määritellään mitattava taajuusalue, käytettävät mittalaitteet ja suodattimet sekä antennin korjauskertoimet sekä kaapeleiden vaimennuskertoimet ja käytettävät signaalireitit. Taajuusalue voidaan jakaa myös pienempiin osiin, jotta eri taajuusalueilla käytettävät suodattimet, mitta-antennit ja signaalireitit saadaan toimimaan yhdessä mittauksessa.

3.3 Sweep table ja Scan table

Sweep- ja scan table -tiedostoissa määritellään mitattavan taajuusalueen alitaajuusalueet sekä vastaanottimen asetukset. Vastaanottimen asetuksissa määritellään jokaisen alitaajuusalueen mitta-aika, resolution bandwidth ja video bandwidth sekä vastaanottimen referenssitaso. Virallisia mittauksia tehtäessä mitta-aika, RBW sekä VBW ovat määritelty standardissa. Alitaajuusalueet on määriteltävä siten, että mittapisteitä tulee riittävän tiheästi. Sweep tablea käytetään yleisesti esimitoituksiin, jolla tuotetaan kuva sekä löydetään taajuuspiste sekä kulma, jolla mahdollisia häiriöitä esiintyy. Scan tablea käytetään tulosten viimeistelymittauksissa, jotta löydetään häiriön tarkka taajuus, EUT:n tarkka asento sekä häiriön suuruus.

Kuviossa 3 on esimerkki sweep taulukosta. Kyseessä on säteilevien GSM 900 kaistan kerrannaisten mittauksesta. Testi on tehty tyyppi hyväksyntästandardin EN

300 607 -mukaisesti. Alitaajuusalueita on lisätty enemmän mitta-aikojen parantamiseksi.



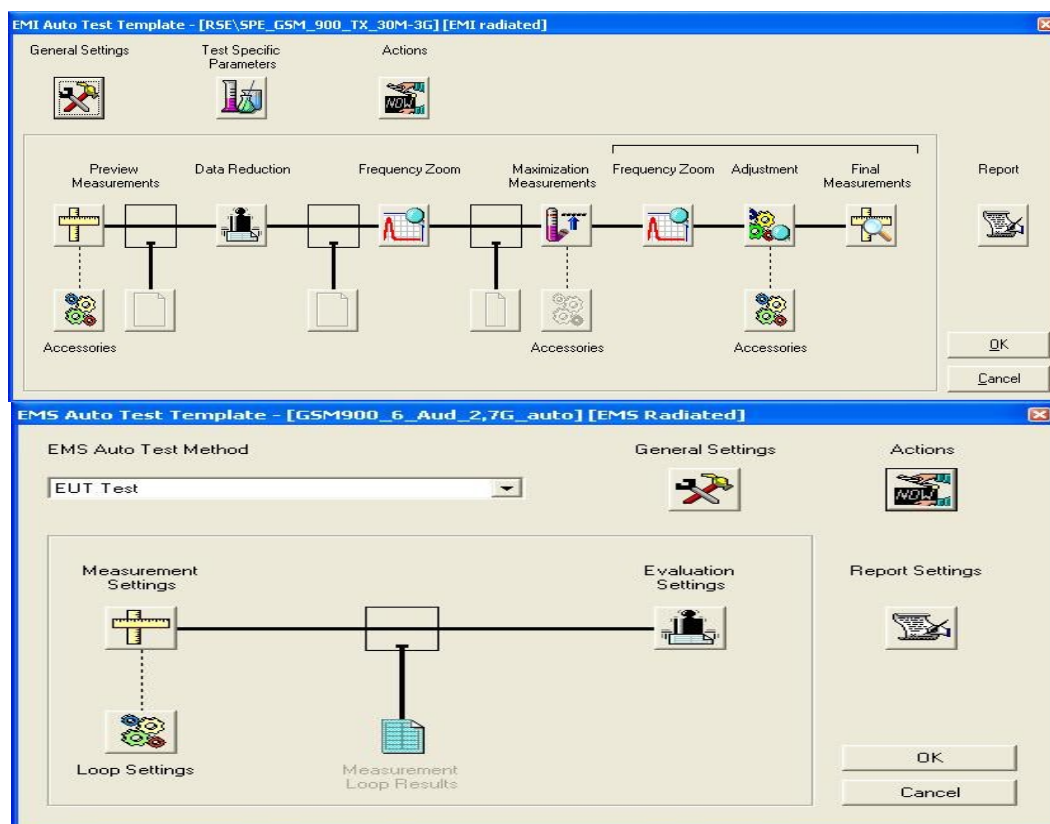
Kuvio 3. Esimerkki sweep taulukon asetuksista.

3.4 Auto test

Auto test -tiedostossa kootaan edellämainitut tiedostot yhdeksi toimivaksi rakenteeksi. Esimittauksille ja finaalitymittauksille voidaan määrittellä omat asetukset pyörityspöydälle ja mitta-antennille, kuten pyörityspöydän nopeus sekä askelpituus ja mitta-antennin korkeus sekä polarisaatio. Esimittauksissa saatuja tuloksia voidaan myös suodattaa pois määrittelemällä kynnyksarvon taso kohinasta sekä mitattavien pisteiden kokonaismäärää. Koska koko taajuusalueita ei kannata tarkastella kovinkaan tarkkaan, mitta-ajan vähentämiseksi paras tapa on verrata tuloksia sallittuun ylärajaan, ja tarkastella vain taajuuspisteitä, jotka ovat lähellä ylärajaa.

Auto test -tiedostossa määritellään myös kommunikointitesterin asetukset. Kommunikointitesterillä voidaan muodostaa GSM,GPRS,EDGE sekä WCDMA-

yhteyksiä. Asetuksissa voidaan määrittellä käytettävät kanavat, sekä niiden voimakkuuden taso.

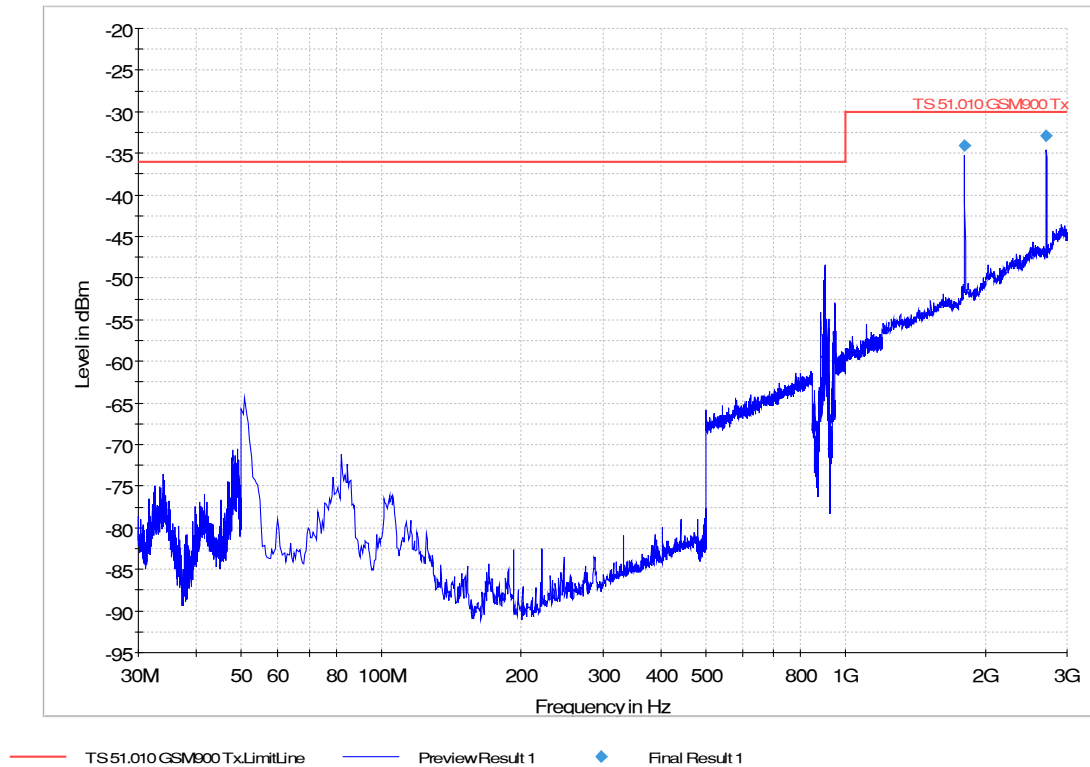


Kuvio 4. Emissio- sekä immuuteettimittausten autotest-ikkuna.

3.5 Mittauksen tulos

Kun mittaus tulee valmiiksi, EMC32 -ohjelmisto piirtää kuvion 5 mukaisen valmiin kuvaajan, joka perustuu esimittaukseen. Kuvassa näkyy laitteen säteilemä suurin tehotaso, joka on saatu pyörittämällä EUT:ta ympäri sekä vaihtamalla mitta-antennin polarisaatiota. Kuvaajaan tulee myös mittauksen yläraja näkyviin. Tarkempaa tarkastelua varten ohjelmasta saadaan myös taulukko, jos viimeistelymittaus on suoritettu. Mittaohjelmisto luo raportin, jossa näkyy kuvaaja sekä löydetyt piikit. Taulukosta selviää tarkasti mittauksen tulos, EUT:n asento sekä mitta-antennin korkeus että polarisaatio. Alemmassa kuvassa on mitattu GSM 900 kaistan kerrannaisia. Kuvassa näkyy lähetteen toinen sekä kolmas kerrannainen. Lähetettä on suodatettu kapealla kaistanestosuodattimella. Kuvassa näkyy myös kommunikointitesterin käyttämä BCCH, lähetteen vieressä.

Puhelimen vastaanottamaa signaalia ei oteta mittauksissa huomioon, kun suoritetaan mittauksia puhelu päällä.



Kuvio 5. Esimerkki valmiista mittauksesta.

Taulukko 1. Mittauksessa löydetty huippuarvot.

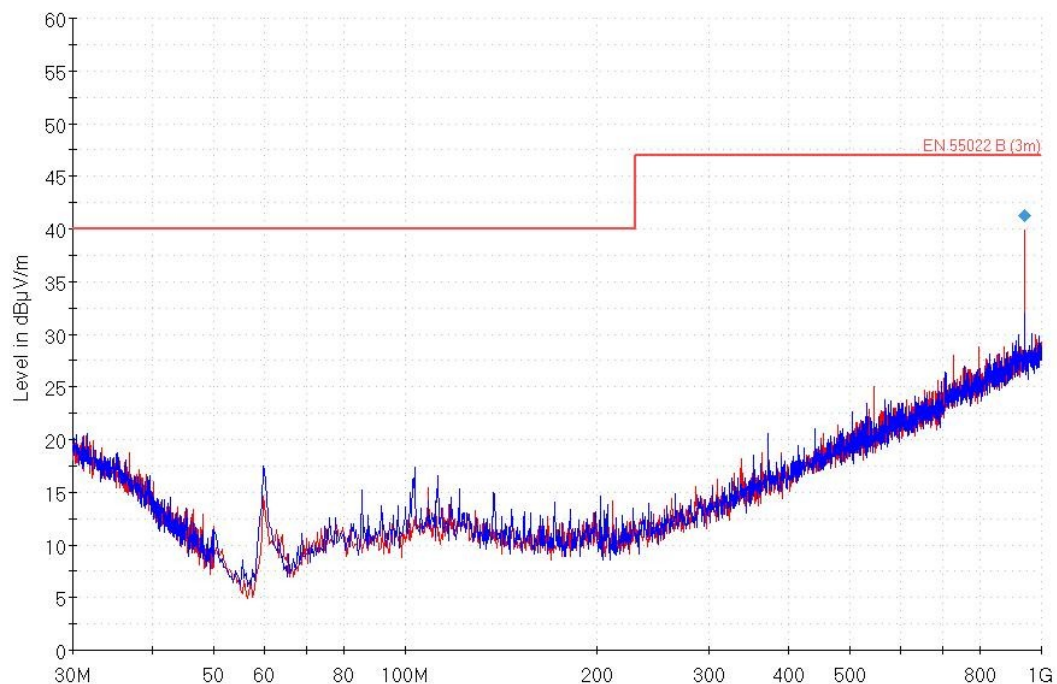
Frequency (MHz)	MaxPeak (dBm)	Meas. Time (ms)	Bandwidth (kHz)	Height (cm)	Polarization	Azimuth (deg)	Limit (dBm)
1804.779559	-34.1	2000.0	3000.000	155.0	V	228.0	-30.0
2707.444890	-32.9	2000.0	3000.000	155.0	H	146.0	-30.0

Jakamalla mitattu taajuus lähetteen taajuudella, saadaan selville monesko kerrannainen on kyseessä. Samalla saadaan selville onko kyseinen taajuus kerrannainen vai jokin häiriölähete. Esimerkiksi ylläolevat mittaustulokset ovat GSM 900 kaistan tuloksia. Lähetteen taajuus on 902,4 MHz, joten tulokset ovat kerrannaisia.

3.6 Mittausten- ja testien suoritus

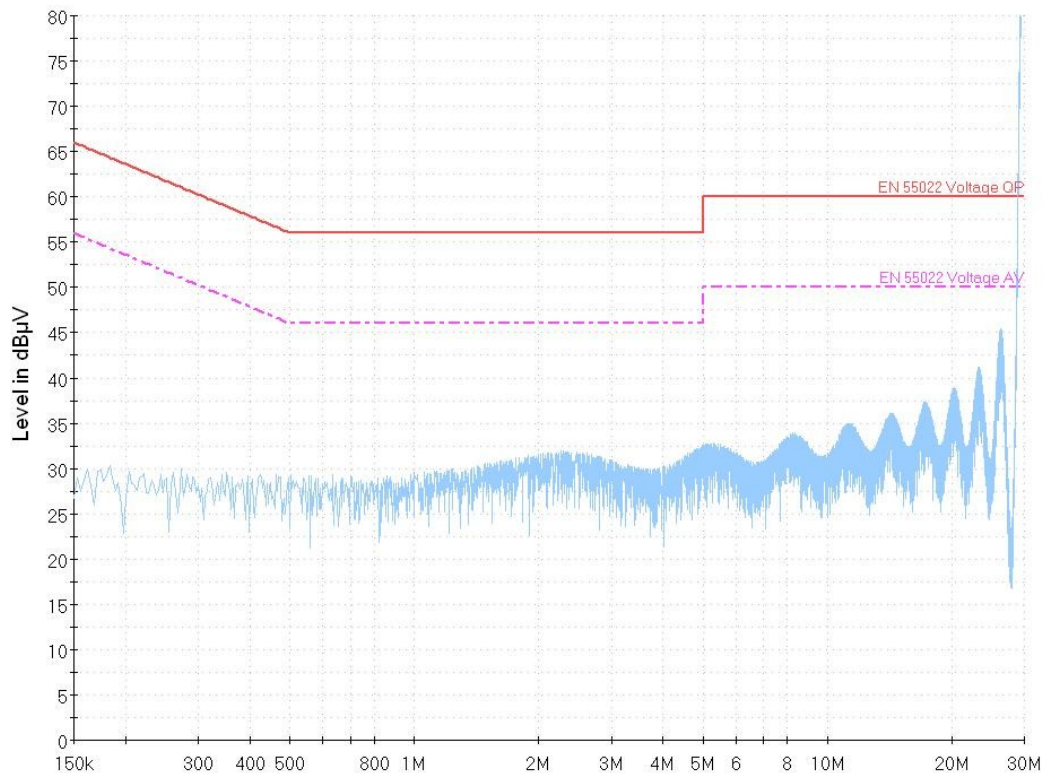
Kun automaattiset testit olivat valmiit, suoritettiin testien verifiointi. Tämä tapahtui vertaamalla tuloksia vanhaan mittaohjelmistoon. EUT:na toimi laite, jonka tulokset olivat tiedossa. Alussa testien mitta-ajat olivat suurempia kuin vanhalla ohjelmistolla, mutta korjausten jälkeen mitta-ajat lyhenivät huomattavasti. Uudella mittaohjelmistolla saadut tulokset olivat tarkkoja ja oikeita. Puheluiden muodostukset sujuivat automaattisesti sekä ongelmitta, joten mittauksia voitiin suorittaa monta peräkkäin, kuten oli tavoitteena.

Alla olevassa mittauksessa ollaan testattu lisälaitteiden lähettämiä häiriöitä GSM 900 kaistalla, puhelun ollessa päällä. Laturin aiheuttamat häiriöt ilmenevät 30 MHz:n ja 150 MHz:n taajuusalueen välillä, kun taas laitteen näytön aiheuttamat häiriöt sijaitsevat yleensä 500 MHz taajuusalueella.



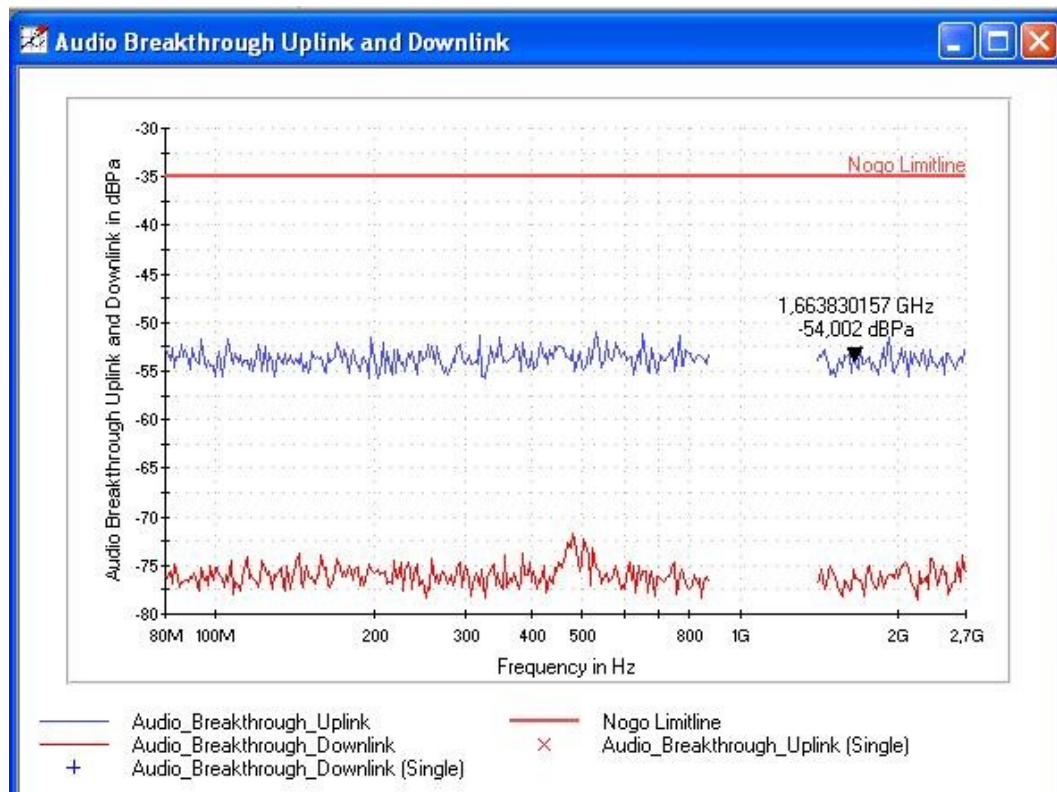
Kuvio 6. Säteilevä EN 55022 -mittaus.

Kuviossa 7 on mitattu johtuvia EN 55022 -mittauksia. Johtuvissa emissiomittauksissa on käytössä kaksi mittadetektoria, kvasipiikki sekä keskiarvo. Molemmille detektoreille on määritelty standardissa omat raja-arvot, joita tuotteen ei tulisi ylittää. Mittauksessa selviää mm. laturien aiheuttamat häiriöt.



Kuvio 7. Johtuva EN 55022 -mittaus. Simuloitu mittaus.

Alla olevassa kuvassa on esimerkki GSM 900 bandin immunitettiaudiomittauksesta. Kyseisessä testissä häiriökentän tasoksi on asetettu 3 V/m. Mittauksella testataan, sietääkö laite häiriötä, sijoittamalla EUT häiriökenttään. Laitteesta mitataan uplink, downlink sekä yhteyden taso. EUT testataan käyttämällä esimerkiksi audioanalysaattoria. Häiriönsietoisuus ilmenee 1 kHz sinisignaalin vuotaen joko kaiuttimeen tai mikrofooniin.

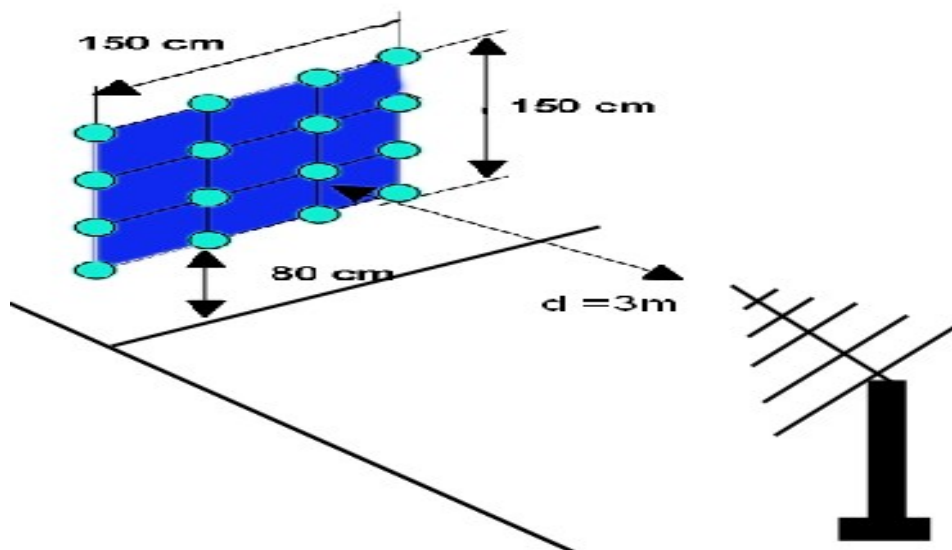


Kuvio 8. GSM 900 audioimmunitetimitaus.

3.7 Immunitetkentän kalibrointi

Immunitetkentän kalibrointi suoritetaan vähintään kerran vuodessa tai kun laitteistoihin tulee muutoksia. Yleisesti kalibroinnit suoritetaan puolen vuoden välein, jotta häiriökenttä pysyisi mahdollisimman lähellä haluttua.

Kalibrointi suoritetaan standardin EN 61000-4-3 määrittelemällä tavalla. Säteilävä kenttä luodaan antennilla. Kenttäanturi sijoitetaan häiriökenttään 16 ennaltamääriteltyyn mittapisteeseen mittaamaan kentän voimakkuutta. Häiriökenttä on korkeudeltaan ja pituudeltaan 150 cm. Se on 80 cm korkeudella maatasosta ja 3 m:n päässä lähettävästä antennista kuvan 2 mukaisesti /4/.



Kuvio 9. Immunity field calibration.

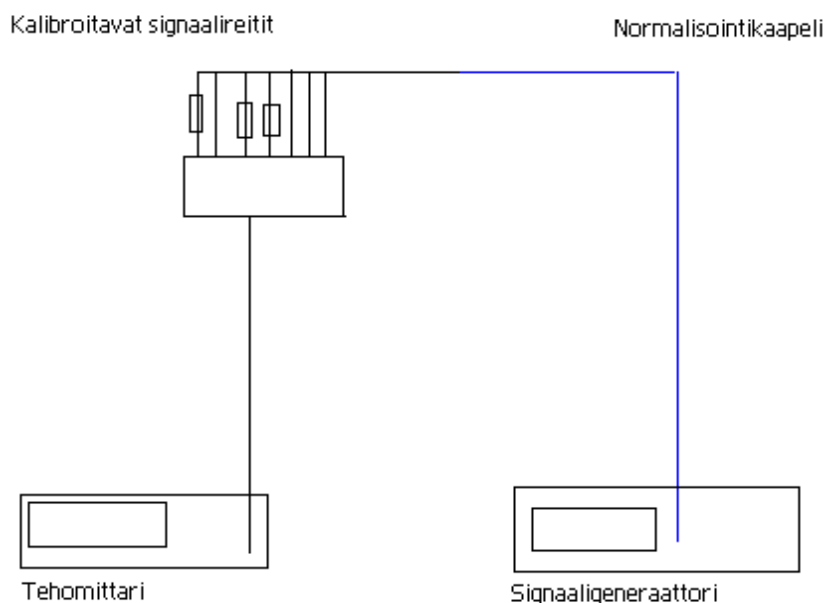
Jokaisella kuudellatoista kenttäanturin pisteellä suoritetaan kalibrointimittaus antennin horisontaali- ja vertikaaliasennoilla. Mittauksen aikana tallennetaan kalibrointitaulukkoon immunity taso, tarvittava RF-teho antennilla ja tarvittava signaaligeneraattorin taso. Standardi EN 61000-4-3: painos 3:2006 määrittelee raja-arvot immunity kentälle. Taajuusalueella 1 GHz:n asti 3% taajuuksista saa olla +6 dB:n ero, mutta ero ei kuitenkaan saa kasvaa +10dB:iin. Yli 1 GHz taajuuksilla kaikki taajuudet tulee olla 6 dB:n sisällä toisistaan.

Uudessa painoksessa standardi vaatii myös vahvistimen saturaation tarkistuksen. Tämä toimenpide tehdään kalibroinnin jälkeen lisäämällä 80% calibroinnissa käytettyyn kentänvoimakkuuteen. Testauslaitteisto tulee olla sama kuin mitattaisiin oikeaa tuotetta. Mittauksessa asetetaan kentänvoimakkuus ja mitataan lähtevä teho, jonka jälkeen vähennetään generaattorin tasoa 5.1 dB:llä ja mitataan lähtevä teho uudelleen. Mittausten välinen ero tulee olla 3.1 dB:n ja 5.1 dB:n välin sisällä.

3.8 Signaalireittien kalibrointi

Järjestelmän signaalireitit kalibroidaan vähintään kerran vuodessa tai kun laitteistoihin tulee muutoksia. Kalibroinnilla selviää, paljonko signaali vaimenee kullakin reitillä. Emissioita mitattaessa halutaan saada selville paljonko on EUT:n lähettämä todellinen teho, eikä mittalaitteella mitattu teho, jolloin mitatusta tuloksesta vähennetään signaalivaimennus ja antennin vahvistus sekä lisätään ilmvälivaimennus.

Jotta mittasysteemia ei tarvitsisi purkaa kalibroinnin aikana, kaapelireittien päässä käytetään yhtä ylimääräistä kaapelia, normalisointikaapelia. Aluksi tulee mitata paljonko on normalisointikaapelin vaimennus kiinnittämällä kaapelin toinen pää signaaligeneraattoriin ja toinen tehomittariin. Tämän jälkeen tehomittariin kiinnitetään päivittäisessä käytössä oleva kaapeli ja viedään normalisointikaapelin toinen pää mittauskammioon, mitattavan kaapelireitin toiseen päähän. EMC32 -ohjelmisto mittaa kaapelin vaimennuksen sekä vähentää automaattisesti normalisointikaapelin vaikutuksen. Signaalireitin kalibroinnilla selviää kätevästi kaapeleiden kunto, sekä myös käytössä olevien releiden kunto.



Kuvio 10. Signaalireitin kalibrointi.

4 TYÖN TULOKSET

Työn tavoitteena oli luoda sekä automatisoida Testhouse Enko Oy:lle EMC-mittauksia EMC32 -mittaohjelmistoa käyttäen. Työhön kuului myös mahdollisten uusien suodattimien ja kommunikointiantennien ominaisuuksien sekä sijainnin tutkinta.

Työn tuloksena yrityksessä siirryttiin käyttämään EMC32-mittaohjelmistoa säteilevissä ja johtuvissa EN55022 -mittauksissa, säteilevissä GSM ja GPRS kerrannaisten mittauksissa sekä säteilevissä GSM immunitetitesteissä. Immunitetikentän kalibrointi sekä signaalireittien kalibroinnit ovat helpompia ja nopeampia toteuttaa uudella mittaohjelmistolla. Mittauksista sekä kalibroinneista on tehty käyttöohjeet.

Uudet mittaukset sekä testit verifioitiin toistamalla mittaukset vanhalla ohjelmistolla. Kalibroinnin kokonaistaso todettiin myös mittaamalla referenssisäteilijä, josta oli tuloksia muista laboratorioista. Kalibroinnit olivat onnistuneet erittäin tarkasti.

Tutkin mahdollisia uusia WCDMA-suodattimien ominaisuuksia sekä pyysin näistä tarjouksia. Manipulaattorin moottori sekä toisen mitta-antennin asennukset jäivät myöskin päättötyön ulkopuolelle, EMC32 -mittaohjelmiston konfiguroinnin viedessä enemmän aikaa kuin oli suunniteltu. Täyttä automaatiotasoa ei tästä syystä saavutettu.

Kommunikointiantennien paikkoihin tehtiin muutoksia paremman yhteyden saamiseksi. Yhteyden ylläpitämistä testasimme yhdellä sekä useammalla antennilla. Varsinkin tuotekehitysvaiheessa olevat laitteet voivat olla erittäin tarkkoja antennien sijainnista.

Olen tehnyt paljon EMC-mittauksia, mutta en ole luonut aikaisemmin mittauksia EMC32 -mittaohjelmistolla. Työ oli erittäin haastavaa sekä tekemistä että tutkimista riitti erittäin paljon. Ohjelmisto on suhteellisen uusi, joten koodistakin löytyi virheitä, jotka häiritsivät ohjelman toimimista. Virheistä raportoitiin Rohde & Schwarzille.

LÄHTEET

- /1/ Ahola, Kari, EMC-seminaari 2004
- /2/ Montrose, Mark & Nakauchi, Edward M. (2004). Testing for EMC Compliance : Approaches and Techniques. Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- /3/ Tampereen teknillinen yliopisto. EMC-testaustyö. Standardit [viitattu 25.3.2010] Saatavana Internetissä: <URL:<http://www.ele.tut.fi/teaching/ele-3100/lk0809/emc/emc.html> >.
- /4/ EMC-32 -mittaohjelmiston help.

LIITE 1

LYHENNELUETTELO

EMC	Electromagnetic Compatibilty
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
GSM	Global System for Mobile Communications
CE	Communauté Européenne
FCC	Federal Communications Comission
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Électrotechnique
IEC	International Electrotechnical Comission
CISPR	Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques
ANSI	The American National Standards Institute
RF	Radio frequency
T & K	Tuotekehitys
EUT	Equipment under test
TDMA	Time Division Multiple Access
TCH	Traffic Channel
BCCH	Broadcast Control Channel