

Jarmo Handolin

Biofore-konseptiauton ohjainlaitteiden tuotekehitys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinöörityö

12.5.2015

Tekijä Otsikko	Jarmo Handolin Biofore-konseptiauton ohjainlaitteiden tuotekehitys
Sivumäärä Aika	24 sivua + 6 liitettä 12.5.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Autosähkötekniikka
Ohjaaja	Laboratorioinsinööri Teemu Mahrberg
<p>Tämä insinööri työ on tehty osana Metropolia Ammattikorkeakoulun ja UPM:n yhteistyönä valmistettua Biofore-konseptiautoprojektia. Työssä tehtiin tuotekehitystä Biofore-konseptiauton ohjainlaitteisiin. Ohjainlaitteiden mittaukset suoritettiin Euroopan unionin määrittelemän direktiivin 72/245/ETY mukaisesti. EMC-mittauksia suoritettiin Metropolia Ammattikorkeakoulun omassa EMC-laboratoriossa ja SGS Fimko Oy:n tiloissa.</p> <p>Insinööri työssä tutkitaan Biofore-konseptiauton sähköjärjestelmästä aiheutuvia EMC-häiriöitä ja kehitetään keinoja niiden estämiseksi. Lisäksi tässä insinööri työssä tarkastellaan sähkömagneettisten häiriöiden kytketymistapoja ja niiltä suojautumista. Työssä esitellään autossa käytettävien ohjainlaitteiden EMC-suojaukseen tehtyjä muutoksia ja selvitetään mittauksilla niiden vaikutuksia.</p> <p>Tämän työn mittausten perusteella Biofore-konseptiautolle suoritettiin esimittaus ennen virallisia EMC-mittauksia. Ohjainlaitteiden tuotekehityksen ansiosta EMC-suojaus saatiin hyvälle tasolle. Vaikkakin mittaustulokset osoittavat, että kun käytetään kaikkia auton toimilaitteita, ne säteilevät 0,5 dBμV yli vaaditun tason 65 MHz:n taajuudella. Tämän insinööri työn valmistuessa Biofore-konseptiauto ei esimittauksen perusteella läpäise virallisia EMC-mittauksia. Insinööri työ antaa kuitenkin pohjan jatkaa Biofore-konseptiauton sähköjärjestelmän suojaustyötä ennen virallisia EMC-mittauksia.</p>	
Avainsanat	Biofore Concept Car, Biofore-konseptiauto, EMC, sähkömagneettinen yhteensopivuus

Author Title	Jarmo Handolin Product Development of the Control Units in the Biofore Concept Car
Number of Pages Date	24 pages + 6 appendices 12 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Specialisation option	Automotive Electronics Engineering
Instructor	Teemu Mahrberg, Laboratory Engineer
<p>This Bachelor's thesis was carried out as a part of the co-operation project between the Helsinki Metropolia University of Applied Sciences and the UPM Biofore Concept Car project. The objective in this thesis was to develop the functioning of the control units in the Biofore Concept car. The measurements of the control units were carried out following the European Union directive 72/245/ETY. EMC measurements were carried out in the EMC laboratory of the Helsinki Metropolia University of Applied Sciences and in the SGS Fimko Oy EMC laboratory.</p> <p>This thesis studies the EMC interferences caused by the electrical systems of the Biofore Concept car and develops methods how to prevent them. Additionally, this Bachelor's thesis studies the connection of the EMC interferences and protection methods. This thesis presents the changes made in the EMC protection of the control units in the car, and describes what kind of changes they lead to with measurements.</p> <p>This thesis work gave the opportunity to do the pre-measurements and also contributed to the product development for the Biofore Concept car, before going through the official EMC measurements. Thanks to the product development work of the control units, a good level of EMC protection was achieved. However, the measurement results show that when all the car's actuators are in operation, they radiate 0.5 dBμV over the required level on 65 MHz frequency. On the basis of the pre-measurements results it seems that the Biofore Concept car will not pass the official EMC measurement requirements. However, this Bachelor's thesis gives a good basis to continue carrying out the electrical system protection work in the Biofore Concept car, before the official EMC measurements will be carried out.</p>	
Keywords	Biofore Concept Car, EMC, Electromagnetic compatibility

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Projektin lähtökohdat ja tavoitteet	2
2.1	Tavoitteet	2
2.2	Lähtötilanne	2
3	Teoria	4
3.1	Sähkömagneettinen yhteensopivuus	4
3.2	Sähkömagneettinen häiriö	4
3.3	Sähkömagneettisten häiriöiden johtumismuodot ja niiltä suojautuminen	5
3.3.1	Säteilevät häiriöt	5
3.3.2	Kapasitiiviset häiriöt	5
3.3.3	Galvaaniset häiriöt	6
3.3.4	Induktiiviset häiriöt	6
3.4	Ajoneuvojen EMC-direktiivit ja -standardit	6
3.5	EMC-testi	6
4	EMC-mittaukset	7
4.1	Esijärjestelyt	7
4.1.1	Ensimmäinen mittauskerta	8
4.1.2	Muutokset	12
4.1.3	Toinen mittauskerta	16
4.1.4	Toiset muutokset	17
4.1.5	Kolmas mittauskerta	18
4.1.6	Neljäs mittauskerta	19
5	Tulokset	22
6	Päätelmät ja pohdinta	23
Liitteet		
Liite 1. Virallisen EMC-testin mittausraportti		
Liite 2. EMC- laboratoriossa käytettävä antenni		

Liite 3. Alustavan EMC- mittauksen mittaustulosraportti ensimmäinen mittaus

Liite 4. Alustavan EMC- mittauksen mittaustulosraportti toinen mittaus

Liite 5. Alustavan EMC- mittauksen mittaustulosraportti kolmas mittaus

Liite 6. Alustavan EMC- mittauksen mittaustulosraportti neljäs mittaus

Lyhenteet

EMC Electromagnetic compatibility. Sähkömagneettinen yhteensopivuus.

EMI Electromagnetic interference. Sähkömagneettiset häiriöt.

$\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ Desibelimikrovoltia/metriä

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä tutkitaan Biofore-konseptiauton sähköjärjestelmästä aiheutuvia EMC (Electromagnetic compatibility) -häiriöitä ja kehitetään keinoja niiden estämiseksi. Monesti uusien projektien suunnittelun alkuvaiheessa jätetään täysin huomiotta EMC:tä koskevat asiat, koska ei tiedetä niihin liittyviä tärkeitä yksityiskohtia. Tätä opinnäytetyötä käytetään apuna Biofore-konseptiauton viimeistellyn sähköjärjestelmän kokoamisessa. Tavoitteena on rekisteröidä Biofore-konseptiauto tieliikenteeseen keväällä 2015. Tämän vuoksi autolle pitää suorittaa Euroopan unionin direktiivin 72/245/ETY mukainen sähkömagneettista yhteensopivuutta mittaava testi eli EMC- testi hyväksytysti [1].

Biofore-konseptiauto on tehty yhteishankkeena UPM:n, Metropolia Ammattikorkeakoulun ja useiden muiden organisaatioiden ja Tekesin kanssa. Metropolian Ammattikorkeakoulun opiskelijat ovat rakentaneet koko Biofore-konseptiauton. Hankkeen tarkoituksena on ollut tuoda julki uusien biomateriaalien käyttöä autoteollisuudessa. Biofore-konseptiautossa on useita ohjain- ja toimilaitteita, jotka on tehty muina insinööritöinä. Tässä työssä keskitytään ohjain- ja toimilaitteiden tutkimiseen ja suojaamiseen. Kuvassa 1 on Biofore-konseptiauto, joka esiteltiin Geneven autonäyttelyssä 2014.



Kuva 1. Biofore- konseptiauto [2]

Insinööriyössä tutkitaan Biofore-konseptiauton sähköjärjestelmästä aiheutuvia EMC-häiriöitä ja kehitetään keinoja niiden estämiseksi. Lisäksi tässä insinööriyössä tarkastellaan sähkömagneettisten häiriöiden kytkeytymistapoja ja niiltä suojautumista. Työssä esitellään autossa käytettävien ohjainlaitteiden EMC-suojaukseen tehtyjä muutoksia ja selvitetään mittauksilla niiden vaikutuksia.

Luvussa 2 käsitellään projektin lähtökohtia ja tavoitteita. Luvussa 3 kerrotaan EMC:n liittyvää teoriaa ja kuinka laitteita suojataan sähkömagneettisilta säteililyiltä. Luvussa 4 on esitelty kaikkien mittauskertojen mittaustulokset ja muutokset, joita ohjainlaitteisiin on tehty mittausten välissä. Viidennessä luvussa kerätään kaikkien mittausten tulokset ja kerrotaan, mitä mitattiin. Luvussa 6 on esitetty päätelmät ja pohdintaa. Samalla kerrotaan vinkkejä tulevaisuuden ajoneuvoprojekteihin, kuinka ohjainlaitteita pitäisi suunnitella ja tehdä.

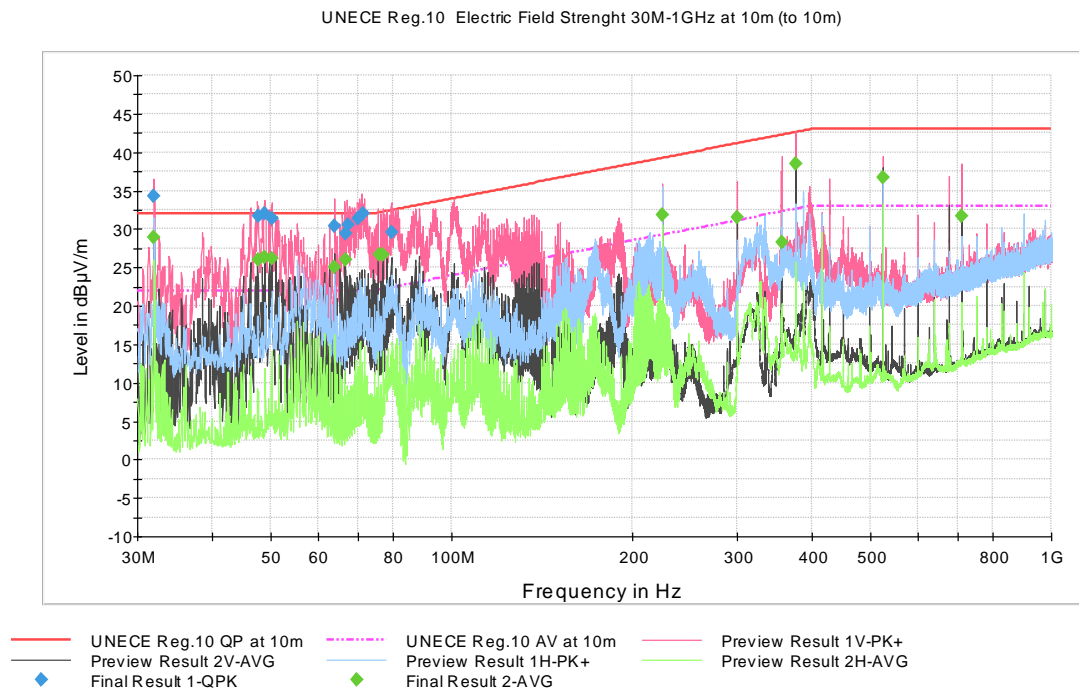
2 Projektin lähtökohdat ja tavoitteet

2.1 Tavoitteet

Työn tavoitteena on löytää kaikki sähkömagneettisten häiriöiden lähteet Biofore-konseptiautossa ja eristää ne parhaalla mahdollisella tavalla häiriöiden minimoimiseksi. Tavoitteena on myös tarkastella aiheeseen liittyvää teoriaa sekä saada Biofore-konseptiauto läpi EMC-testeistä, jotta se voidaan rekisteröidä Suomen tieliikenteeseen.

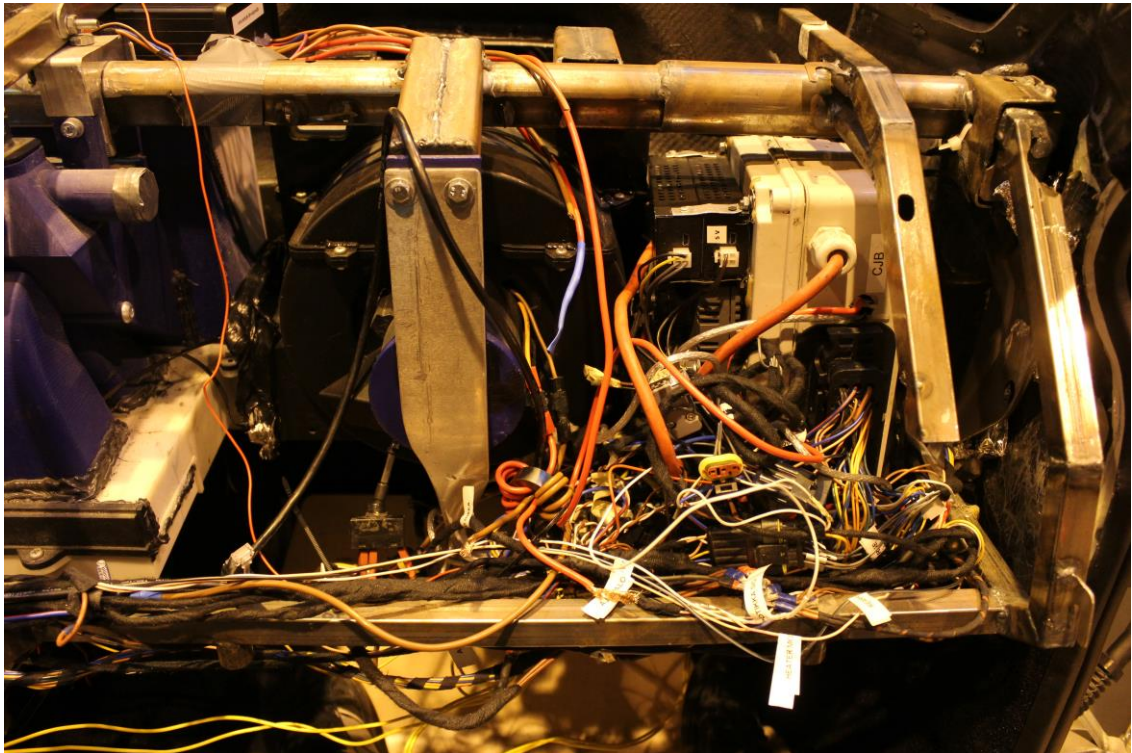
2.2 Lähtötilanne

Tämän insinööriyön lähtötilanteessa Biofore-konseptiauto ei läpäissyt virallisia EMC-mittauksia, jotka vaaditaan auton rekisteröimiseen Euroopan unionin alueella. EMC-testi suoritettiin Biofore-konseptiautolle Espoossa SGS Fimko Oy:n toimesta 27.10.2014. Mittausten ensimmäisessä vaiheessa eli säteilevän säteilyn päästöttestissä kaikki ajoneuvon elektroniikka on päällä. Mittauksessa moottori ei ole käynnissä. Kuvassa 2 on esitelty ensimmäisen kapeakaistaisen säteilyn päästöttestitulokset. Kuvassa esiintyvä liila käyrä on direktiivin mukainen raja-arvo säteilyn määrälle. Kaiken säteilyn pitäisi jäädä punaisen rajan alle [3, s. 40–41]. Tässä testissä kävi ilmi ajoneuvon heikko suojaustehokkuus, jonka takia mittauksia ei jatkettu pidemmälle. Liitteessä 1 on koko mittaustulosraportti.



Kuva 2. Virallisen EMC-mittauksen tulokset

Auton sähköjärjestelmä oli suunniteltu etukäteen ennen EMC-mittauksia. Auton viimeistelyhetkillä siihen lisättiin useita lisälaitteita, joita ei suojattu tarpeellisella tavalla. Tämän takia EMC-testeistä tuli luultavimmin hylkäys. Kuvasta 3 voidaan huomata, että johdotusten ja ohjainlaitteiden asennukset eivät olleet asianmukaisesti sijoiteltuina. Johdotukset ovat erittäin sekalaisesti asetettuina. Tämän tyyppiset johtokasat ovat erittäin huonoja EMC:n kannalta. Ne aiheuttavat itse paljon säteilyä ja toimivat myös vastaanottavina antennina häiriöille.



Kuva 3. Keskimmäisen ohjainlaitteen alkuperäiset kytkennät

3 Teoria

3.1 Sähkömagneettinen yhteensopivuus

Sähkömagneettisella yhteensopivuudella eli EMC:llä (engl. Electromagnetic Compatibility) tarkoitetaan elektronisen laitteen tai järjestelmän kykyä toimia häiriöttä omassa toimintaympäristössään. Laite ei myöskään saa aiheuttaa sähkömagneettisia häiriöitä ympäristöönsä. [4]

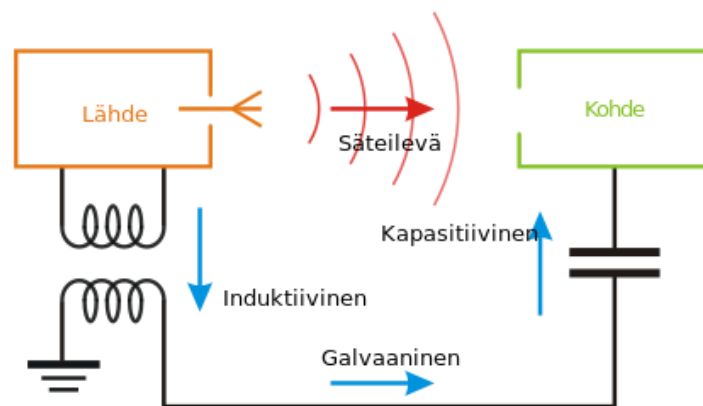
3.2 Sähkömagneettinen häiriö

Sähkömagneettisella häiriöllä tarkoitetaan mitä hyvänsä sähkömagneettista ilmiötä, joka ei ole toivottua systeemin sisällä, jota mitataan. Se voi huonontaa ajoneuvon, osan (osien) tai erillisten teknisen yksikön (yksiköiden) taikka muun ajoneuvon läheisyydessä

käytettävän laitteen, laiteyksikön tai järjestelmän toimintaa. Sähkömagneettinen häiriö voi olla esimerkiksi sähkömagneettista kohinaa tai ei-haluttu signaali. [5]

3.3 Sähkömagneettisten häiriöiden johtumismuodot ja niiltä suojautuminen

Sähkömagneettiset häiriöt voidaan jakaa neljään päätyyppiin: säteilevään, kapasitiiviseen, galvaaniseen ja induktiiviseen häiriöön. Kuvassa 4 havainnollistetaan kunkin häiriötyypin kytkeytymistapoja.



Kuva 4. Sähkömagneettisten häiriöiden kytkeytymistavat [6]

3.3.1 Säteilevät häiriöt

Säteilevät häiriöt johtuvat laitteesta tai ympäristöstä radioaaltojen välityksellä. Nämä häiriöt voivat olla peräisin toisesta laitteesta tai esimerkiksi sähkölinjoista. Säteilevien häiriöiden vaimentamiseksi helpoin tapa on suojata laite koteloimalla se tiiviisti sähköä johtavalla materiaalilla. [5]

3.3.2 Kapasitiiviset häiriöt

Kapasitiivisesti kytkeytyvät häiriöt johtuvat sähkökentän välityksellä läheisiin johtimiin. Kapasitiivisen kytkeytymisen vaimentamiseksi pitää kasvattaa johtimien välistä etäisyyttä, käyttää suojattua johdinta, sijoittaa johtimet lähelle maatasoa, pienentää jännitetasoa ja taajuutta. Olisi hyvä myös välttää laitteiden muovikotelointia ja suosia metallikotelointia. Kapasitiiviset häiriöt vaikuttavat lähikentässä. [5]

3.3.3 Galvaanisiet häiriöt

Galvaanisiet häiriöt kytkeytyvät yhteisen impedanssin kautta. Tällaisia syitä voi olla esimerkiksi korkea maajohtimen impedanssi, suuri virta maajohtimessa tai maajohdin herkin kytken referenssinä. Tällaiset häiriöt ilmenevät yleisemmin esimerkiksi valojen vilkkumisena. Galvaanisen kytkeytymisen esiintyessä olisi hyvä lisätä suodatusta, käyttää galvaanisia erottimia (erotusmuuntaja tai optinen kytkin) tai parantaa maadoitusratkaisua. [5]

3.3.4 Induktiiviset häiriöt

Silmukassa kulkeva virta synnyttää johtimen ympärille magneettivuon, joka on suoraan verrannollinen johtimen induktanssiin ja johtimessa kulkevaan virtaan. Silmukan induktanssista käytetään nimitystä itseinduktanssi. Kun kaksi silmukkaa tuodaan tarpeeksi lähelle toisiaan, niiden välille muodostuu yhteinen magneettivuoto, jonka kautta häiriö voi kytkeytyä silmukkaan. [5]

3.4 Ajoneuvojen EMC-direktiivit ja -standardit

Ajoneuvoille on määritetty Euroopan unionissa direktiivi 72/245/ETY, joka tulee läpäistä hyväksytysti, jotta ajoneuvon voi rekisteröidä Euroopan alueella. Emissiomittaus pitää suorittaa CISPR-12-standardin mukaisesti. Standardissa määritellään, että kapea- ja leveäkaistainen emissiomittaus pitää suorittaa auton vasemmalta ja oikealta kyljeltä, niin että antenni on sijoitettuna moottorin keskikohdan kanssa samaan linjaan 10 m:n etäisyydelle ajoneuvosta. [7]

3.5 EMC-testi

Testissä mitataan elektronisten laitteiden sähkömagneettisia säteilypäästöjä sekä niiden sähkömagneettisten häiriöiden sietoa. Laitteet voivat säteillä laaja- tai kapeasäteilyä ja vaikuttaa ajoneuvon häiriönsietokykyyn. EMC-testin voi hyväksyä ainoastaan, mikäli ajoneuvo ei itse säteile liikaa ja se kestää tarpeeksi hyvin ulkopuolista säteilyä. Mittauksessa kapeakaistaisen säteilyn tulee pysyä seuraavien raja-arvojen alapuolella:

- 30–75 MHz:n taajuusalueella 22 dB μ V/m
- 75–400 MHz:n taajuusalueella 22–33 dB μ V/m
- 400–1000 MHz:n taajuusalueella 33 dB μ V/m.

Mittauksissa mitataan elektronisten laitteiden sähkömagneettisia säteilypäästöjä eli emissiopäästöjä sekä niiden sähkömagneettisten häiriöiden sietokykyä eli immunitteettikykyä. Emissiomittauksessa mitataan sitä, kuinka paljon sähköjärjestelmään kytketyt laitteet säteilevät ympäristöönsä. Ajoneuvo tai laite ei saa olla liian tehokas häiritsevä radiolähetin. Immunitteetti testauksessa mitataan ajoneuvon tai laitteen kykyä vastaanottaa säteilypäästjä häiriöttä. Ajoneuvo tai laite ei saa häiriintyä tai sammua testin aikana. [1]

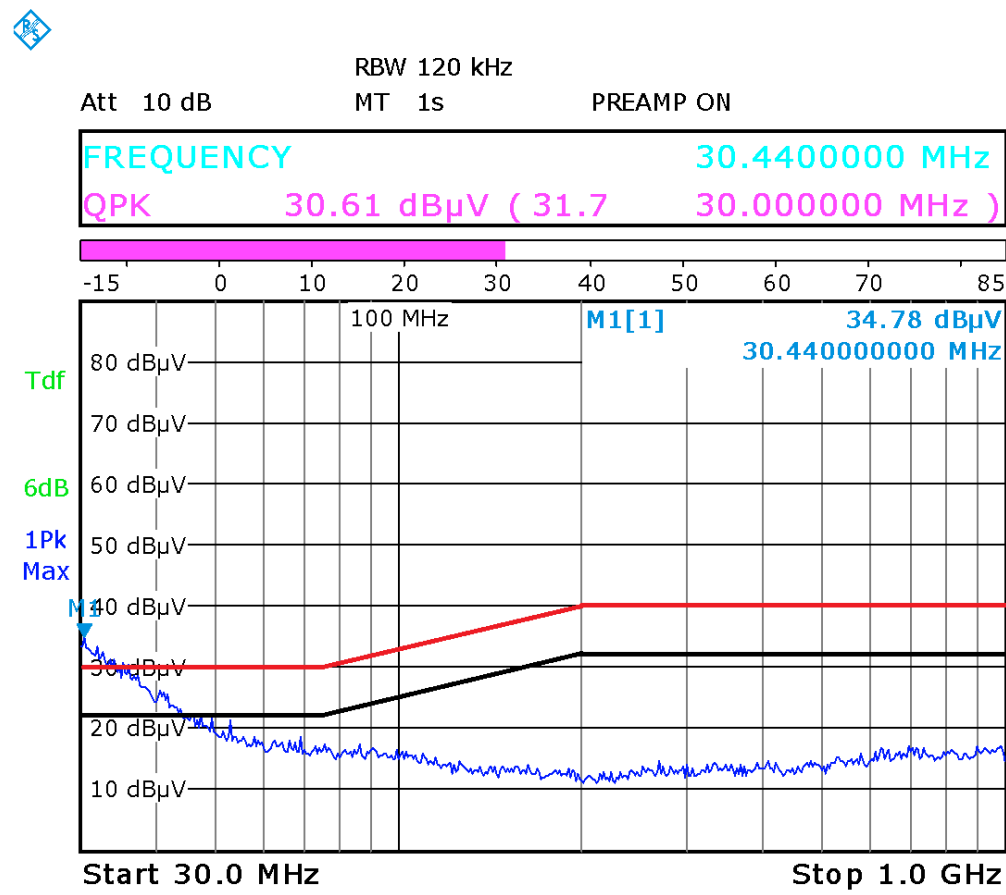
4 EMC-mittaukset

4.1 Esijärjestelyt

Auton koko sähköjärjestelmä purettiin pois, jotta voitaisiin tutkia tarkemmin häiriöiden lähteitä. Autoon rakennettiin väliaikainen sähköverkko mittausten ajaksi, jotta auto pysyisi käyttökunnossa näyttelyitä varten. Ennen ryhtymistä minkäänlaisiin muutostöihin kaikki irralliset sähkölaitteet ja ohjainlaitekotelot testattiin Metropolian EMC-laboratoriossa. Tämän avulla saataisiin selville suurimpien häiriöiden aiheuttajat ajoneuvossa. Saadut tulokset ovat suoraan verrannollisia virallisten mittausten kanssa. Viralliset mittaukset suoritetaan 10 metrin etäisyydellä mitattavasta esineestä [vrt. 7]. Tämän lisäksi Metropolian EMC-laboratoriossa mitatut arvot on mitattu 3 metrin etäisyydeltä. Aikaisemman kokemuksen perusteella saaduista tuloksista voidaan vähentää noin 8 dB μ V, jolloin saadaan lähes sama arvo kuin virallisessa mittauksessa. Kuvissa 5, 8, 12, 14 mittaustuloksia on havainnollistettu piirtäen rajat. Mustalla värillä on piirretty viralliset häiriörajat ja punaisella korreloitu raja.

4.1.1 Ensimmäinen mittauskerta

Ennen muita mittauksia suoritettiin huoneen taustasäteilymittaus, josta selvisi EMC-laboratorion säteily määrä ilman mitään laitteita. Testivastaanottimessa on käytössä esivahvistin, joka vahvistaa mitattavaa tulosta. Tämäkin vahvistus on poistettu varsinaisesta tuloksesta. Kuvasta 5 huomataan, että jo huoneen taustasäteily, mittauksiin vaikuttavien muuttujien kanssa, on alle 50 MHz:n taajuusalueella liian suuri virallisiin mittauksiin.



Date: 14.APR.2015 08:31:36

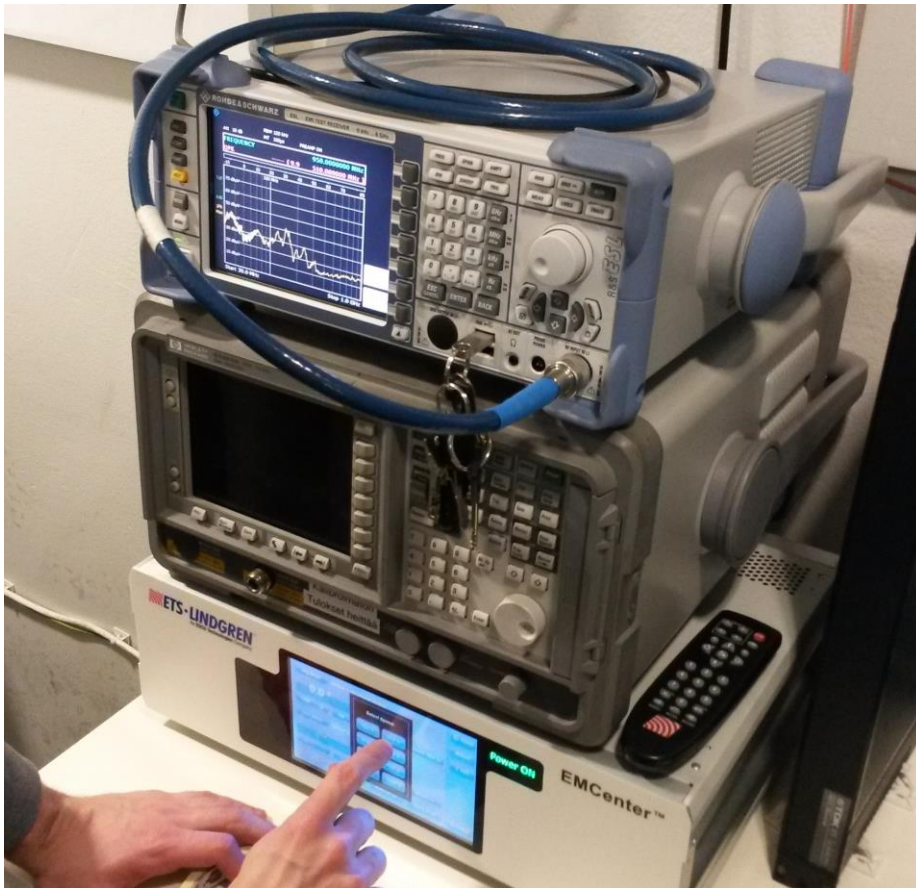
Kuva 5. EMC-laboratorion taustasäteilyn määrä

Mittaukset Metropolia Ammattikorkeakoulun EMC-laboratoriossa suoritettiin seuraavasti. Mitattava laite asetettiin standardin mukaiselle puupöydälle ja kytkettiin päälle. Kuvassa 6 on mitattava ohjainlaite ja pöytä.



Kuva 6. Mittausjärjestelyt Metropolia Ammattikorkeakoulussa

Huoneessa oleva vastaanottava antenni ETS-Lindgren's Model 3142E BiConiLog asetettiin huoneen nurkkaan 3 m:n etäisyydelle mitattavasta laitteesta. Liitteessä 2 on antennin datalehti. Mittaushuoneen erikoisvalmistettu EMI-suojattu ovi suljettiin ja käynnistettiin mittauslaitteet. Mittauslaitteisiin asetettiin lähtötaajuudeksi 30 MHz ja lopetustaajuudeksi 1 GHz, joiden väliltä mitattiin. Mittaukset suoritettiin siten, että mitattavaa laitetta pyöritettiin 360° mittauksen aikana. Mittalaitteessa pidettiin päällä Max Hold -asetus, joka tallentaa korkeimman mittaustuloksen mitattavasta säteilyn määrästä. Kuvista 7 ja 8 nähdään mittauslaitteisto.

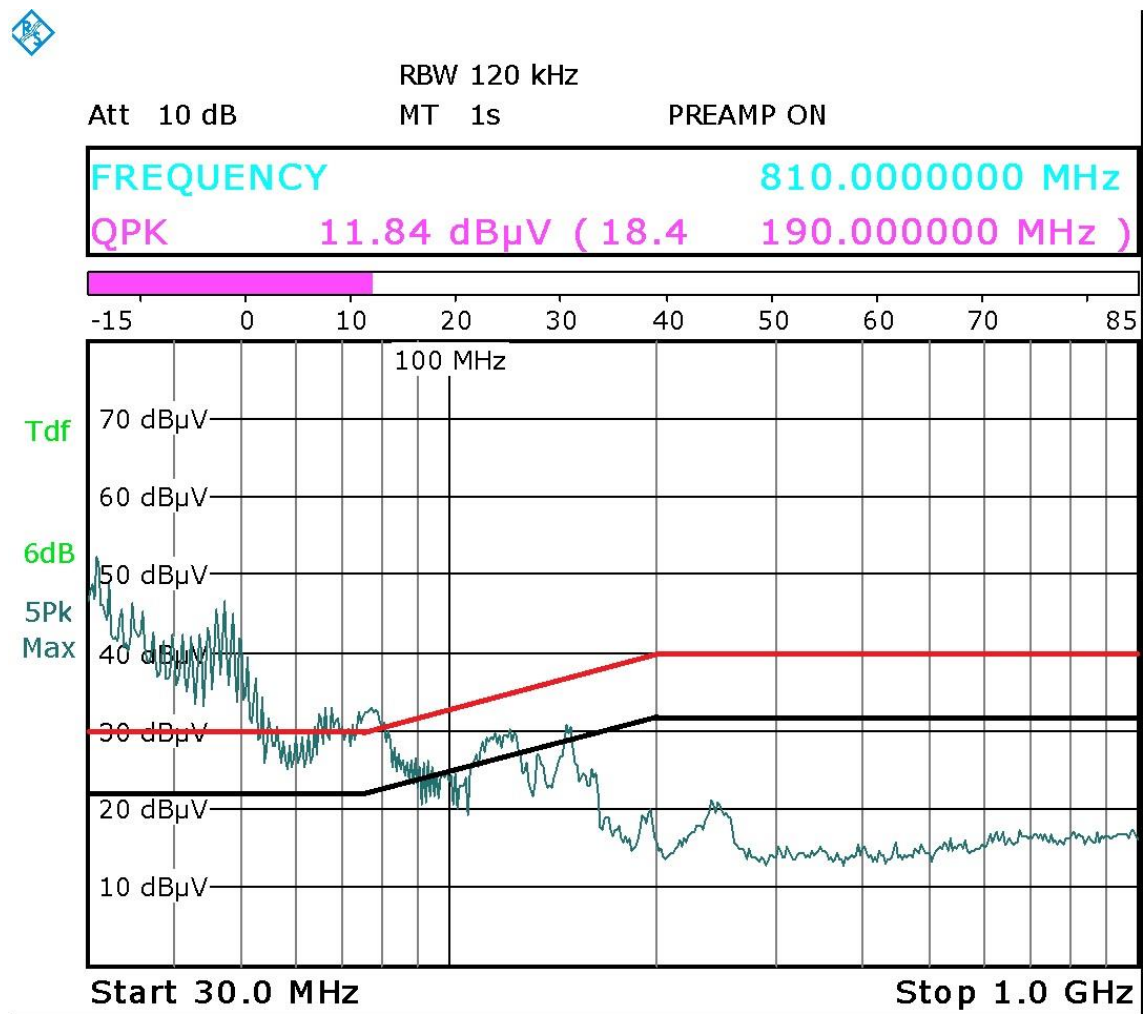


Kuva 7. ESL6-mittauslaite



Kuva 8. ETS-Lindgren's Model 3142E BiConiLog -antenni

Jokaiselle sähkölaitteelle suoritettiin neljä erilaista mittausta, joissa laitetta käännettiin eri asentoihin siten, että antenniin päin olevat kyljet vaihtuivat. Kuvassa 9 selviää, että taajuusalueella 30–75 MHz häiriötasot nousevat noin 20 dB μ V yli sallittujen rajojen. Taajuusalueella 75–400 MHz häiriötasot nousevat noin 10 dB μ V yli sallittujen rajojen, mutta taajuusalueella 400–1000 MHz häiriösäteily pysyy sallittujen rajojen alapuolella.



Date: 5.MAR.2015 11:58:34

Kuva 9. Ensimmäinen mittaustulos Metropolian-EMC laboratoriossa

4.1.2 Muutokset

Alkuperäisten ohjainlaitteiden koteloinnit oli tehty muovista. Tässä ajoneuvossa näin ei olisi kuitenkaan saanut tehdä, sillä tämän kaltaiset kotelot eivät estä sähkömagneettisten säteilyjen pääsyä ulos eivätkä sisään kotelosta. Muovisten koteloiden tilalle päätettiin vaihtaa alumiiniset kotelot. Kotelointia etsiessä laskettiin, kuinka paksua materiaalia niiden pitäisi olla, jotta ne teoreettisesti vaimentaisivat noin 20 dB, 10 MHz:n taajuudella syntyviä häiriöitä:

$$A = 131,496 * t * \sqrt{f\mu_r\sigma_r} \text{ [dB]} \text{ [8, s. 248]} \quad (1)$$

A on absorptiovaimennus [dB]

f on taajuus [Hz]

μ_r on suhteellinen permeabiliteetti

σ_r on suhteellinen johtavuus

t on materiaalin paksuus

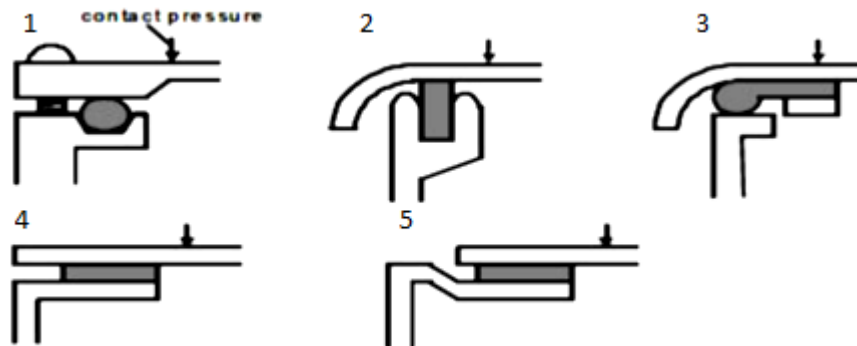
$$20 \text{ dB} = 131,496 * t * \sqrt{10 * 10^6 [\text{Hz}] * 1 * 0,61}$$

$$t = \frac{20 \text{ dB}}{131,496 * \sqrt{10 * 10^6 [\text{Hz}] * 1 * 0,61}} \text{ [m]}$$

$$t = 0,0616 \text{ [mm]}$$

Laskelmien mukaan seinämäpaksuudeltaan 0,06 mm:n tai sitä paksumpi kotelointi olisi riittävä. Tämän paksuinen kotelointi toimisi vain, jos kotelo olisi täysin umpinainen. Tällöin se toimisi Faradayn häkkinä ja siitä ei pääsisi mitään ulos [9]. Kotelot päätettiin kuitenkin vaihtaa huomattavasti paksumpaan materiaaliin, jotta myös matalammat taajuu- det pysyisivät mahdollisimman hyvin kotelon sisällä. Sopivankokoiset kotelot löytyivät Farnell Oy:n verkkokaupasta. Ne olivat alumiiniset ja seinämäpaksuudeltaan 3 mm. Nämä kotelot soveltuvat paksuutensa puolesta erinomaisesti tähän projektiin. Kotelon ja kannen välinen pinta hiottiin puhtaaksi, jotta saatiin mahdollisimman tiivis kotelo, ja lisäksi tähän väliin liimattiin RF-tiiviste. Kuvasta 10 ilmenee RF-tiivisteiden asennustavat

erilaisille kotelotyypeille. Tässä tapauksessa päädyttiin käyttämään kuvan 10 ensimmäisen kohdan tyyppistä tiivisteratkaisua, koska koteloiden kansiin oli valmiiksi kaiverrettu ura kumitiivistettä varten.



Kuva 10. RF-tiivisteiden asennustavat erilaisiin kotelotyypeihin [10 s. 393]

Kaikenlaiset aukot koteloinnissa toimivat kuten dipoliantenni täysin umpinaisessa suojatussa kotelossa. Kuvassa 11 näkyy tämän kotelon liitin ja aukko koteloinnissa. Liitin on muovia, joten sillä ei ole suojauksen kannalta minkäänlaista vaikutusta.



Kuva 11. Ohjainlaitteen liitin

Tämä liittimen aukko on sen verran iso, että tästä pääsee säteilemään kotelon sisällä syntyviä sähkömagneettisia säteilyjä ulospäin. Eniten aukosta säteilee läpi taajuudella, joka vastaa aukon suurinta pituutta seuraavan laisesti:

$$l [m] = \frac{\lambda}{2} [m] \quad [5] \quad (2)$$

$$f = \frac{v}{\lambda} [Hz] \quad [12] \quad (3)$$

l on suurin aukonpituus

λ on aallonpituus

v on aallon etenemisnopeus

f on aallon taajuus

Yleensä olisi vältettävä aukkoja, joiden mitat ovat suuremmat kuin $\frac{\lambda}{2}$ [m], kun halutaan pitää tietyn taajuinen säteily kotelon sisäpuolella [5]. Tässä kotelossa olevan aukon koko on 43 mm x 112 mm, eli suurin mitta aukossa on 112 mm eli 0,112 m, koska aukon kulmat on pyöristetty. Suurin taajuus, jolla säteily on mahdollista päästä ulos kotelosta, on laskettu seuraavan kaavan avulla.

$$f = \frac{v}{l*2} [Hz] \quad (4)$$

$$f = \frac{299792458 \frac{m}{s}}{0,112[m]*2} [Hz]$$

$$f = 1,34 [GHz]$$

Mittauksissa mitataan vain taajuudelle 1 GHz:iin asti. Kotelon kyljessä olevasta aukosta pääsevät matalammat taajuudet kuin 1,34 GHz lävitse mutta vaimennettuna. Tätä korkeammat taajuudet pääsevät aukosta suoraan lävitse, koska niiden aallonpituus on lyhempi kuin suurin aukonpituus. Tämä toimii ainoastaan teoriallasolla, kuten mittauksissa huomattiin. Liittimen tulisi olla pienempi, jotta se olisi suojauksen kannalta tehokkaampi.

Suojaustehokkuus kotelolle, taajuudella 30 MHz, jossa on yksi aukko lasketaan seuraavasti:

$$SE = 20 \log \left(\frac{\lambda}{2l} \right) [dB] [8 \text{ s. } 269] \quad (5)$$

$$SE = 20 \log \left(\frac{299792458 \frac{m}{s}}{2 * 0,112m} \right)$$

$$SE = 75,96 [dB]$$

Koteloiden sisään valmistettiin kaksi metallista kerrosta, joihin kiinnitettiin kaikki ohjainlaitteiden piirilevyt. Alempaan kerrokseen laitettiin kaikki tehoelektronikka ja niiden ohjauspiiri ja ylempään käsijarrupiiri.

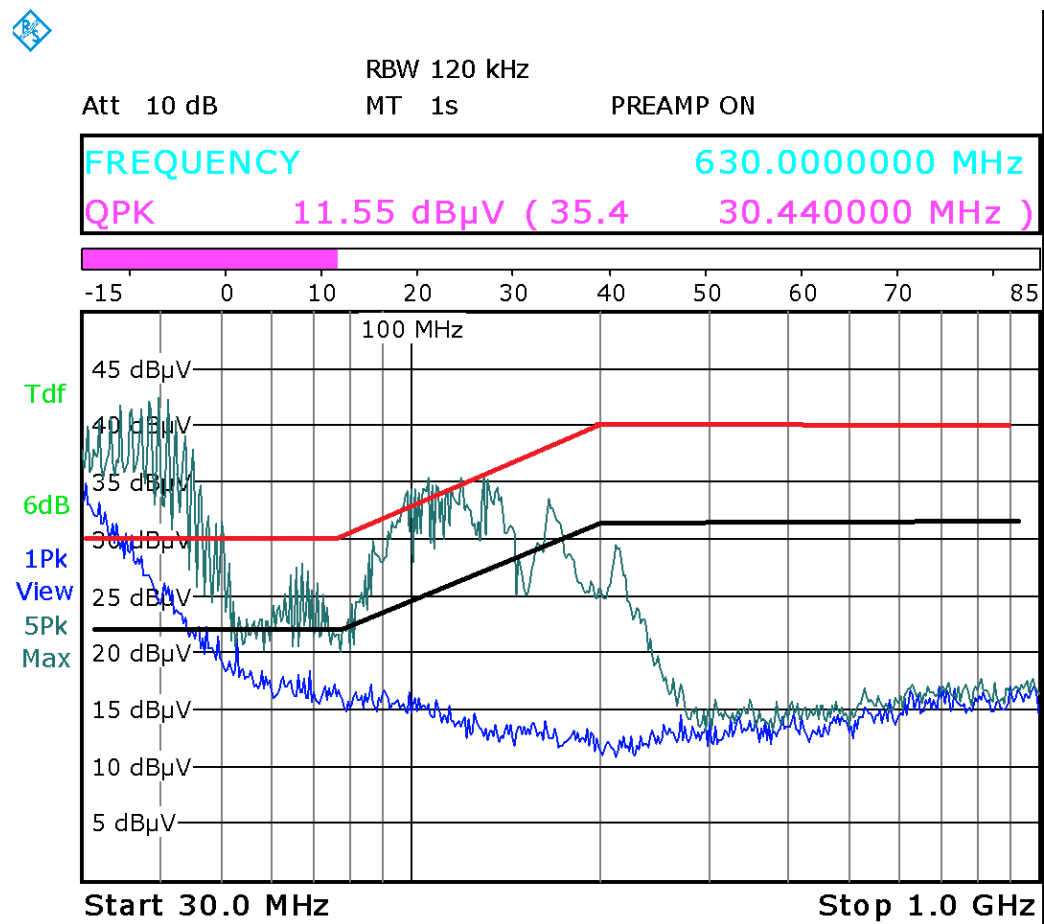
Kaikki koteloiden sisällä olevat johdotukset suojattiin metallisukalla ja ferriiteillä. Ennen vanhojen johdotusten purkua koko ohjainlaitteen kytkennöistä tehtiin piirros ja Excel-taulukko, jotta tulevaisuudessa olisi helpompi selvittää, kuinka johdot on kytketty. Samalla voitiin poistaa kaikki ylimääräiset johdot, joita oli useita. Kuvassa 12 on ohjainlaitteen pinnijärjestys.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	
1		Mistä	Mikin	Uesiväri	Yaaka Väri		Mistä	Mikin	Uesiväri	Yaaka Väri		Mistä	Mikin	Uesiväri	Yaaka Väri		Mistä	Mikin	Uesiväri	Yaaka Väri										
2	A_1	F_7	Musta	Ruskea		C_1	E_5	Vihreä	Vihreä		E_1						GND	L_3												
3	A_2					C_2		Lämpötilasensori	Vihreä		E_2						GND	L_6												
4	A_3	F_1	Valkoinen	Oranssi		C_3					E_3						GND	L_3												
5	A_4	F_4	Valkoinen	Oranssi		C_4					E_4						GND	L_3												
6	A_5	F_2	Musta	Oranssi		C_5					E_5						GND	L_3												
7	A_6	F_3	Punainen	Oranssi		C_6					E_6						GND	GND												
8	A_7					C_7		Käsiarru	Sininen		E_7						GND	L_3												
9	A_8					C_8		B_6	Vihreä		E_8		Käsiarru	Oranssi																
10	A_9					C_9		B_5	Valkoinen	Valkoinen	E_9																			
11	A_10					C_10		Käsiarru	Vihreä		E_10																			
12	A_11	F_5	Vihreä	Oranssi		C_11					E_11																			
13	A_12	F_6	Punainen	Oranssi		C_12					E_12																			
14	A_13					C_13					E_13																			
15	A_14	6_20	Vihreä	Vihreä		C_14	L_5	Punainen	Vihreä		E_14																			
16						C_15	E_6	Valkoinen	Vihreä		E_15																			
17						C_16	E_4	Musta	Vihreä		E_16																			
18											E_17																			
19											E_18	3_6	Vihreä	Sininen																
20											E_19	3_9	Valkoinen	Keltaisen																
21											E_20																			
22							D_1				F_1																			
23	B_1						D_2				F_2																			
24	B_2						D_3				F_3																			
25	B_3						D_4				F_4																			
26	B_4						D_5				F_5																			
27	B_5	F_11	Musta	Keltaisen		D_7	2_4	Vihreä	Keltaisen		F_6																			
28	B_6					D_8	2_1	Valkoinen	Keltaisen		F_7																			
29	B_7	F_3	Valkoinen	Valkoinen		D_9	1_4	Valkoinen	Keltaisen		F_8	E_1	Punainen	Vihreä																
30	B_8	F_8	Punainen	Ruskea		D_10		Käsiarru	Keltaisen		F_9	E_2	Vihreä																	
31	B_9					D_11		Käsiarru	Valkoinen		F_10	C_6	Vihreä	Keltaisen																
32	B_10					D_12	1_1	Vihreä	Piikki		F_11	C_5	Valkoinen	Valkoinen																
33	B_11					D_13	5_9	Vihreä	Keltaisen		F_12																			
34	B_12					D_14	5_5	Musta	Keltaisen		F_13	E_3	Vihreä	Vihreä																
35	B_13					D_15	5_5	Punainen	Keltaisen		F_14	E_7	Musta	Ruskea																
36	B_14					D_16	5_1	Valkoinen	Keltaisen		F_15	E_9	Punainen	Ruskea																
37	B_15										F_16	E_3	Musta	Ruskea																
38	B_16										F_17	E_8	Punainen	Ruskea																
39											F_18	E_10	Vihreä	Ruskea																
40											F_19	E_11	Punainen	Ruskea																
41											F_20	E_12	Musta	Ruskea																
42											F_20	Käsiarru	Ruskea																	
43																														
44																														
45																														
46																														
47																														
48																														
49																														
50																														
51																														
52																														
53																														
54																														
55																														
56																														
57																														
58																														

Kuva 12. I/O-pinnijärjestys taaimmaisessa ohjainlaitteessa

4.1.3 Toinen mittauskerta

Toisessa mittauksessa ohjainlaitteen johdotukset oli hyvin suojattu ja kotelo vaihdettu. Heti ensimmäisen mittauksen jälkeen kuitenkin huomattiin, että tehdyillä muutoksilla ei ollut minkäänlaista vaikutusta säteilyn määrään. Pahimmat häiriöt sijoittuivat 30–100 MHz:n taajuusalueelle. Tämä voidaan todeta kuvasta 13.



Date: 14.APR.2015 09:09:06

Kuva 13. Toisen mittauskerran tulokset raja-arvoilla

4.1.4 Toiset muutokset

Päädyttiin rajaamaan säteilevien häiriöiden synnyksi ohjainlaitteen sisällä olevat johdotukset. Tämän vuoksi päädyttiin vaihtamaan kaikki ohjainlaitteen sisäiset johdot Alphawiren valmistamiin kaksoissuojattuihin kaapeleihin ja johtojen suojat maadoitettiin toisesta päästä ohjainlaitteen runkoon. Toimilaitteiden maadoituskohdat laitettiin uusiin paikkoihin, jotta saatiin lyhemmät vedot kaikille maajohtimille. (Kuva 14.)



Kuva 14. Valmis ohjainlaitekotelo, jossa on kaksoissuojatut kaapelit

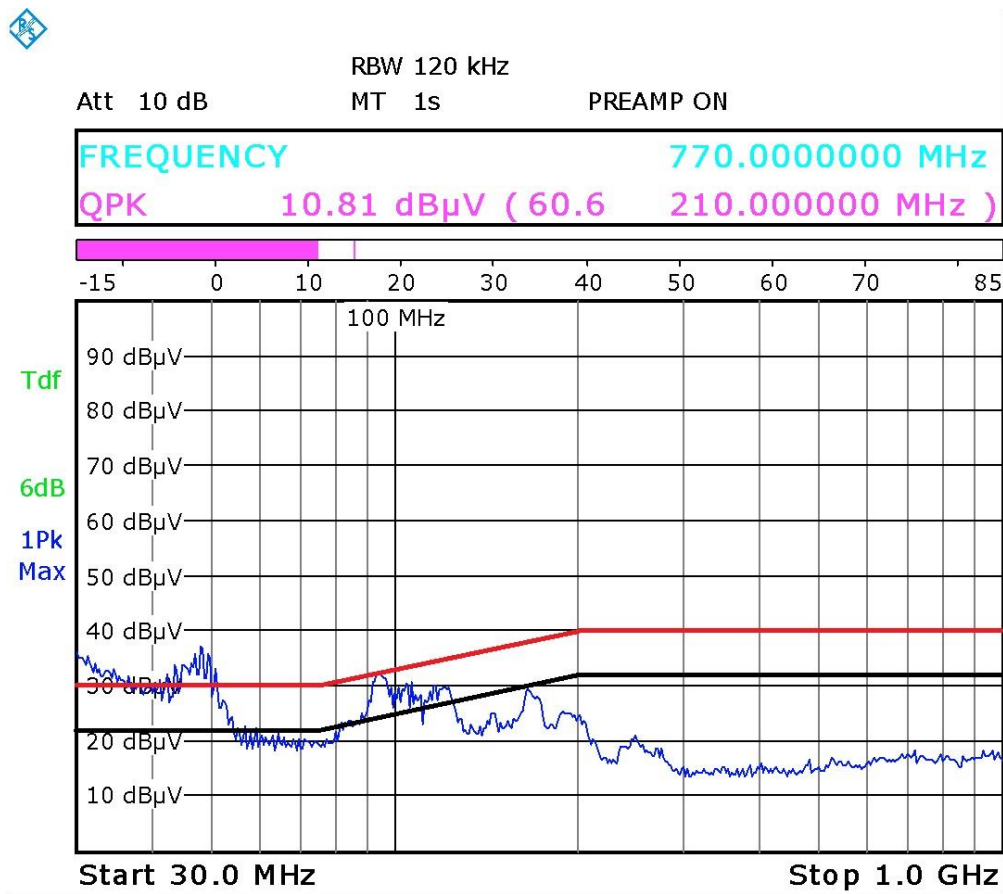
Kaikkiin ohjainlaitteen sisältä ulospäin lähteviin johtoihin lisättiin 10–100 MHz:n taajuusalueelle kohdistetut ferriitit vaimentamaan häiriöitä. Kuvassa 15 on esitelty ferriittejä, joita markkinoilla on saatavilla.



Kuva 15. Erilaisia ferriittejä joita on markkinoilla [8, s. 226]

4.1.5 Kolmas mittauskerta

Kolmannella mittauskerralla päästiin jo hyvin lähelle sallittuja raja-arvoja. Kuitenkin vielä 30–60 MHz:n taajuusalueella ylitetään sallitut arvot. Mittaustuloksiin voidaan olla erittäin tyytyväisiä jo tässä vaiheessa, koska matalien taajuuksien häiriöt on saatu erittäin lähelle huoneen omaa säteily määrää. Näin ollen voidaan päätellä, että on suuri mahdollisuus läpäistä viralliset EMC-mittaukset tämän ohjainlaitteen osalta. (Kuva 16.)



Date: 17.APR.2015 08:30:10

Kuva 16. Kolmas mittauskerta raja-arvoilla

4.1.6 Neljäs mittauskerta

Neljäs mittauskerta suoritettiin SGS Fimko Oy:n tiloissa. Tällä kertaa mitattiin koko auton säteilypäästöjä (liitteet 3-6). Tämä mittauskerta toimi esimittauksena virallisille EMC-mittauksille, jotka tullaan suorittamaan Biofore-konseptiautolle kesäkuussa 2015. Tässä mittauksessa autoon oli asetettu kaikki ohjainlaitteet ja toimilaitteet, jotka tulevat myös valmiiseen autoon. Tällä mittauskerralla suoritettiin neljä erilaista mittauskerta. Jokaisella mittauskerralla käytettiin standardin [ks.1] mukaisia mittalaitteita ja asetuksia. Näissä mittauksissa auto sijaitsi 10 m:n etäisyydellä antennista ja antenni oli 3 m:n korkeudella maasta. (Kuva 17.)



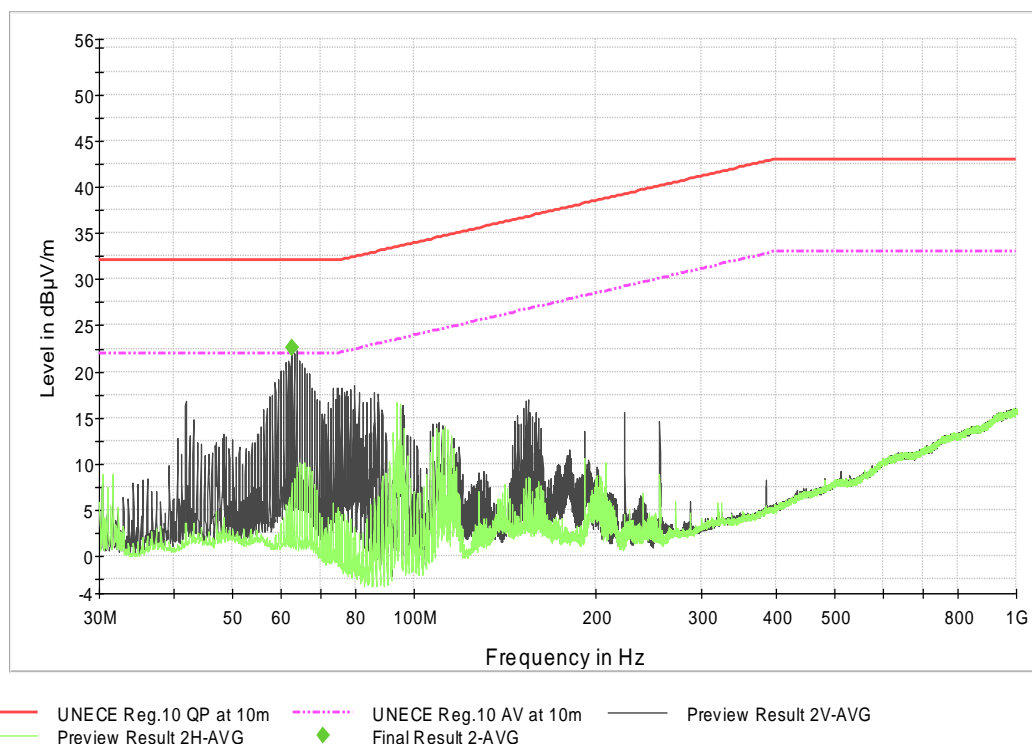
Kuva 17. Biofore-konseptiauto EMC-mittaushallissa

Neljännän mittauskerran ensimmäisessä mittauksessa autoon kytkettiin ainoastaan elektroniikka, mutta sillä ei ohjattu mitään laitteita. Mittaustulosta tutkimalla selvisi, että säteilyarvot olivat huomattavasti matalammat kuin lähtötilanteessa olleessa mittauksessa. Kuitenkaan ne eivät olleet sallituissa raja-arvoissa. 90 MHz:n taajuudella oli havaittavissa vielä puolen dB μ V:n ylitys. 230 MHz:n ja siitä ylöspäin olevilla taajuuksilla oli tasaisin noin 75 MHz:n välein piikki, joka ylitti raja-arvot.

Neljännän mittauskerran toiseen mittaukseen tehtiin pieniä muutoksia. Kaikki muu pidettiin samalla tavalla kuin ensimmäisessä mittauksessa, mutta auton tietokoneelta ja näyttöiltä katkaistiin virrat. Mittaustuloksiin tuli useita parannuksia. Kuvasta 18 huomataan,

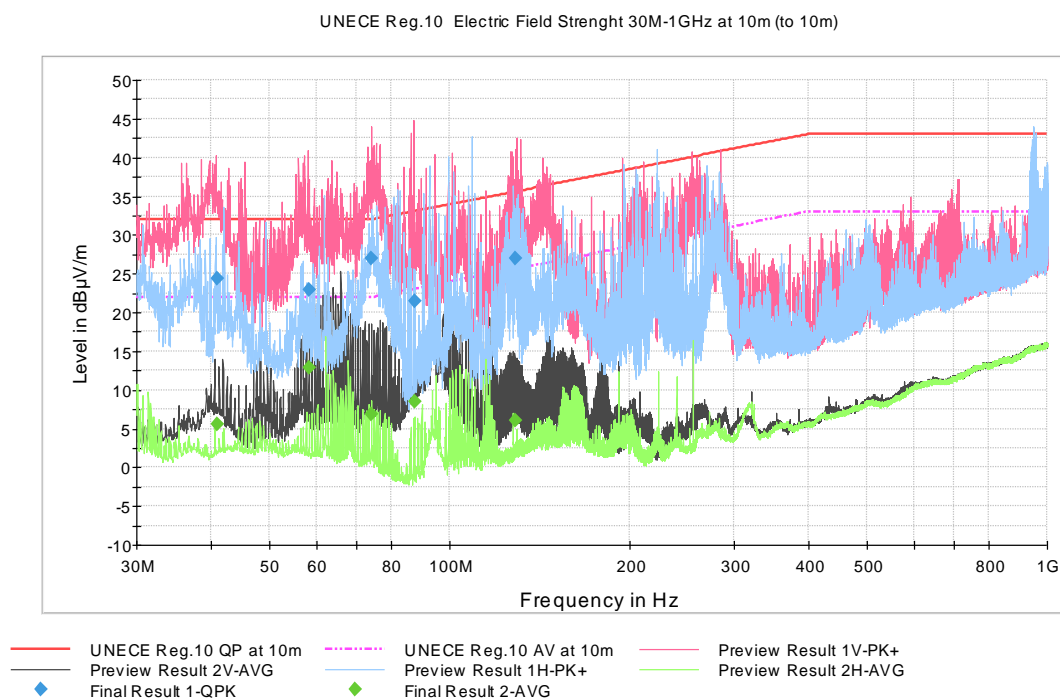
että 230 MHz:n ja siitä ylöspäin olevilla taajuuksilla olleet piikit hävisivät kokonaan. Noin 65 MHz:n taajuudelle jäi pieni rajat ylittävä piikki.

UNECE Reg.10 Electric Field Strength 30M-1GHz at 10m (to 10m)



Kuva 18. Neljännen mittauskerran toisen mittauksen mittaustulos raja-arvoilla

Neljännen mittauskerran kolmannessa mittauksessa käynnistettiin moottori ja kaikki mahdolliset sähkölaitteet kytkettiin päälle. Tämä mittaus eroaa vähän muista mittauksista. Moottorin käydessä mittaustuloksien keskiarvon eli sinisen käyrän tulee jäädä punaisen viivan alle. Suoritetussa mittauksessa havaittiin useita piikkejä, jotka ylittivät punaisen rajan. (Kuva 19.)



Kuva 19. Neljännen mittauskerran kolmannen mittauksen mittausulos raja-arvoilla

Neljännen mittauksen neljännellä mittauskerralla auto pidettiin käynnissä, mutta sisäpuhallin sammutettiin. Mittaustuloksiin tuli muutosta positiivisempaan suuntaan. Tämä mittaustulos olisi ollut hyväksyttävä virallisissa mittauksissa.

5 Tulokset

Ensimmäisellä mittauskerralla mitattiin autossa ollutta ohjainlaitetta ja tulokset eivät olleet kovin hyvät. Ohjainlaitteista löydettiin suurimpien häiriöiden aiheuttajat, sillä ne ylittivät reilusti sallitut säteilyrajat.

Toiseen mittauksessa kotelot oli vaihdettu ja niiden sisällä olevia johtoja oli suojattu. Mittaustulokset eivät vastanneet odotuksia: säteilyarvot olivat laskeneet vain hieman. Mittausten jälkeen alettiin tutkia, mikä ohjainlaitteissa voisi säteillä niin paljon kuin säteili. Löydettiin muutamia potentiaalisia häiriölähteitä. Suurimmaksi syyksi pääteltiin piirilevyllä oleva hakkuriteholähde. Hakkurin suojaamista ja jopa poistoa harkittiin, mutta sopivia keinoja sen korjaamiseksi ei löytynyt. Toiseksi suurin häiriölähde oli ohjainlaitteen sisällä olleet johdot. Johdot päätettiin vaihtaa huomattavasti laadukkaampiin ja suojattuihin kaapeleihin. Jokaiseen johtimeen, joka lähtee ohjainlaitekotelosta ulos, lisättiin ferriitti vaimentamaan johtimissa kulkevia häiriöitä. Tämä tehtiin siksi, että kotelon sisäpuolella

olevat häiriöt eivät pääsisi vaikuttamaan kotelon ulkopuolisiin johdotuksiin. Piirilevyjen asettelua ohjainlaitetekotelon sisällä jouduttiin myös hieman muuttamaan, sillä kotelot vaihtuivat ja kaikki eivät mahtuneet takaisin omille paikoilleen.

Kolmannella mittauskerralla saatiin erittäin hyvät mittaustulokset. Tulokset myötäilivät oikein hyvin huoneen taustasäteilyn määrää, vaikka muutamia pieniä piikkejä oli. Mitattuja tuloksia ja virallisia raja-arvoja voidaan verrata keskenään, kun tuloksista vähennetään 8 dB μ V. Sillä Metropolian oman EMC-laboratorion mittausetäisyys on 3 m ja virallisen mittauksen etäisyys taas 10 m. Huomioitavaa on myös se, että oikeassa mittauksessa kaikki laitteet ovat auton sisällä, joka toimii eristeenä säteilyille.

Näiden mittausten ansiosta Biofore-konseptiautolle varattiin esimittaus ennen virallisia EMC-mittauksia.. Alustavan testin tulosten perusteella selvisi, että Biofore-konseptiauto on hyvin lähellä sallittuja säteilyrajoja. Puhallinmoottorista ja auton tietokoneesta aiheutui hyvin paljon häiriöitä ja ne tulisi suojata huomattavasti paremmin. Esimittausten perusteella Biofore-konseptiauto ei läpäisisi virallisia EMC-mittauksia. Suojaustyötä olisi vielä pidemmälle ennen virallisia EMC-mittauksia, jotta virallisista mittauksista pääsisi huomautuksitta läpi.

6 Päätelmät ja pohdinta

Tämän insinööriyön tulosten perusteella EMC-suojauksen suunnittelu ja testaus tulisi aloittaa samaan aikaan kuin itse sähkölaitteiden suunnittelu. Tämä siksi, että säästyisi huomattavasti aikaa ja rahaa. Laitteiden suojaaminen siten, että ne eivät säteile yli sallittujen rajojen, tuo myös turvallisuutta ja varmistaa niiden toimivuuden kaikissa olosuhteissa. Itse piirilevyjen suunnittelussa tulisi huomioida kaikki emissio- ja immunitteettisuojaukset. Näiden häiriöiden suojaus ja vaimentaminen jälkikäteen on erittäin hankalaa ja vaivalloista ellei mahdotonta. Biofore-konseptiautossa sähkömagneettisten säteilyjen suojaus on erityisen hankalaa, sillä kyseisessä autossa ei ole metallikoria. Auton kori on valmistettu lasikuidun ja puukuidun seoksesta. Runko on itsekantavaa hiilikuitua, eikä siinä ole metallivahvikkeita. Mikään autossa ei ole siis kovin sähköä johtavaa materiaalia. Tällöin Biofore-konseptiautoa ei voida pitää Faradayn häkkinä, jolloin korin lävitse pääsee säteilemään kaikki säteily. Tämä vaatii ohjainlaitteilta ja johdotuksilta huomattavasti enemmän suojausta kuin normaalissa autossa. Normaalissa autossa kori ja runko ovat

metallia, jotka toimivat erittäin hyvänä suojana sähkömagneettisille häiriöille. Tavallista autoa voidaan arkikielessä kutsua Faradayn häkiksi.

Vaikka kaikki Biofore-konseptiauton ohjainlaitteet suojattiin parhaalla mahdollisella tavalla, ei voida varmasti sanoa kaikkien säteilyhäiriöiden poistuneen. Oletettavasti jäljelle jäi vielä suhteellisen paljon säteilyä johtuen siitä, että ohjainlaitteista lähtee useita johdotuksia, jotka toimivat vahvistavina antennina häiriöille. Mittauksista selvisi, että autossa olevat puhallinmoottori ja tietokone aiheuttavat vielä huomattavan paljon häiriöitä. Kaikkia mahdollisia johdotuksista aiheutuvia säteilyhäiriöitä ei ehditty tutkimaan eikä toteamaan tässä insinööriyössä ajan puutteen takia.

Tulevia ajoneuvoprojekteja silmällä pitäen kerättiin muutamia hyödyllisiä vinkkejä tämän projektin aikana. Uuden ajoneuvon suunnitteluvaiheessa tulisi miettiä kaikki toimilaitteet, jotka autoon tulee ja selvittää niiden saatavuus tulevaisuudessa ja kuinka ne on suojattu. Itse valmistetuissa ohjainlaitteissa on aina omat riskinsä. Ne voivat olla suhteellisen helppoja suunnitella ja valmistaa. Niistä saa juuri sellaiset kuin haluaa, mutta silloin on huomioitava erityisesti laitteiden oikeaoppinen suojaus. Laitteita kannattaa käydä mittauttamassa koko valmistusprosessin aikana, niin suunnittelu- kuin valmistusvaiheessa ja laitteen valmistuttua. On varmistettava ennen autoon asennusta, että ohjainlaitteet läpäisevät EMC-testit. Ohjainlaitteiden sijoittelua pitäisi harkita tarkasti, jotta ne olisivat suojaustehokkuudeltaan parhaassa mahdollisessa paikassa. Paras paikka olisi auton keskellä, koska silloin niiden ympärillä olisi kaikista eniten suojaavaa materiaalia. Tämän tyyppisissä projektiautoissa on usein jonkinlaista vikaa, ja olisi ensisijaisen tärkeää päästä korjaamaan niitä helposti. Tällöinen suunnittelu vaatii myös suunnittelijoilta huomattavasti enemmän huomiota, kun ei voi vain katsoa muotoiltavia linjoja vaan pitää miettiä käytännöllisyyttäkin.

Tämä insinööriyö oli hyödyllinen, sillä siinä pääsi kehittämään Biofore-konseptiauton sähköjärjestelmää. Tämä insinööriyö toimii hyvänä pohjana Biofore-konseptiauton sähköjärjestelmän lisäsuojaukselle ennen virallisia EMC-mittauksia.

Lähteet

- 1 Neuvoston direktiivi 72/245/ETY. Koonnos 01972L0245-20130701. Ottomoottorilla varustettujen moottoriajoneuvojen radiohäiriöiden vaimennusta koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä.
- 2 UPM AND METROPOLIA PROYDLY PRESENT: THE BIOFORE CONCEPT CAR DRIVES SUSTAINABLE CHANGE THROUGH INNOVATIVE USE OF BIOMATERIALS. 2014. Verkkodokumentti.
<<http://www.upm.com/en/media/all-news/pages/upm-and-metropolia-proudly-present-the-biofore-concept-car-drives-sustainable-ch-001-tue-04-mar-2014-09-31.aspx>>. Luettu 20.4.2015.
- 3 Jatila, Jenni. 2014. Biofore-konseptiauton yksittäishyväksyntä. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 4 EMC-suunnittelu ja testaus. Verkkodokumentti. Oulun yliopisto.
<<http://www.ee.oulu.fi/~jari/EMCST/EMCST-L1-L2-L3.pdf>> Luettu 28.4.2015
- 5 Mahlberg, Teemu. 2015. Metropolia AMK, Helsinki. EMC-perusteet-kurssi.
- 6 Sähkömagneettisen säteilyn neljä kytkeytymistyyppiä. 2013. Verkkodokumentti. Wikimedia.
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b2/EMI_coupling_modes-FI.svg>. Luettu 20.4.2015.
- 7 Neuvoston direktiivi 72/245/ETY, annettu 20 päivänä kesäkuuta 1972, ajoneuvojen aiheuttamista radiohäiriöistä (sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta). Koonnos 01972L0245-20090403.
- 8 Ott, Henry W. 2009. Electromagnetic Compatibility Engineering. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- 9 Vehicles and Lightning. Verkkodokumentti National Lightning Safety Institute.
<http://www.lightningsafety.com/nlsi_pls/vehicle_strike.html> Luettu 11.5.2015.
- 10 Williams, Tim. 2007. EMC for Product Designers. Fourth edition. Oxford: Reed Educational & Professional Publishing Ltd.
- 11 Aallonpituus. Verkkodokumentti.
<<http://personal.inet.fi/private/procyon/pub/Aaltoliike.pdf>> Luettu 27.4.2015.
- 12 Letonsaari, Mika. Aaltoliikkeen perusyhtälö. Verkkodokumentti.
<http://opinnot.internetix.fi/fi/muikku2materiaalit/lukio/fy/fy3/2_aaltoliike/203?C:D=iS3h.iPgb&m:selres=iS3h.iPgb> Luettu 11.5.2015

EMC32 Report (all electronics on)

Common Information

Test Description: EMC32 Standard Report Setup
 Operating Conditions:
 Operator Name:
 Test Site: Kara 10m SAC

EMI Auto Test Template: UNECE Reg.10 Electric Field Strength 30M-1GHz at 10m (to 10m)

Hardware Setup: Electric Field Strength 30M-1.3GHz at 10m (to 10 m)
 Measurement Type: Open-Area-Test-Site
 Frequency Range: 30 MHz - 1 GHz
 Graphics Level Range: -10 dB μ V/m - 50 dB μ V/m

Preview Measurements:

Antenna height: 300 - 300 cm , Step Size = 0 cm , Positioning Speed = 5
 Polarization: H + V
 Turntable position: 0 - 0 deg , Step Size = 0 deg , Positioning Speed = 3
 Graphics Display: Show separate traces for horizontal and vertical polarization
 Scan Test Template: Electric Field Strength 30M-1GHz at 10m [to 10m) PRE Q+A

Data Reduction:

Limit Line #1: UNECE Reg.10 QP at 10m
 Limit Line #2: UNECE Reg.10 AV at 10m
 Peak Search: 6 dB , Maximum Results: 10
 Subrange Maxima: 0 Subranges , Maxima per Subrange: 1
 Acceptance Offset: -20 dB
 Maximum Number of Results: 0
 After Data Reduction: Interactive data reduction

Frequency Zoom:

Zoom Scan Template: Electric Field Strength 30M-1GHz at 10m [to 10m) MAX Q+A

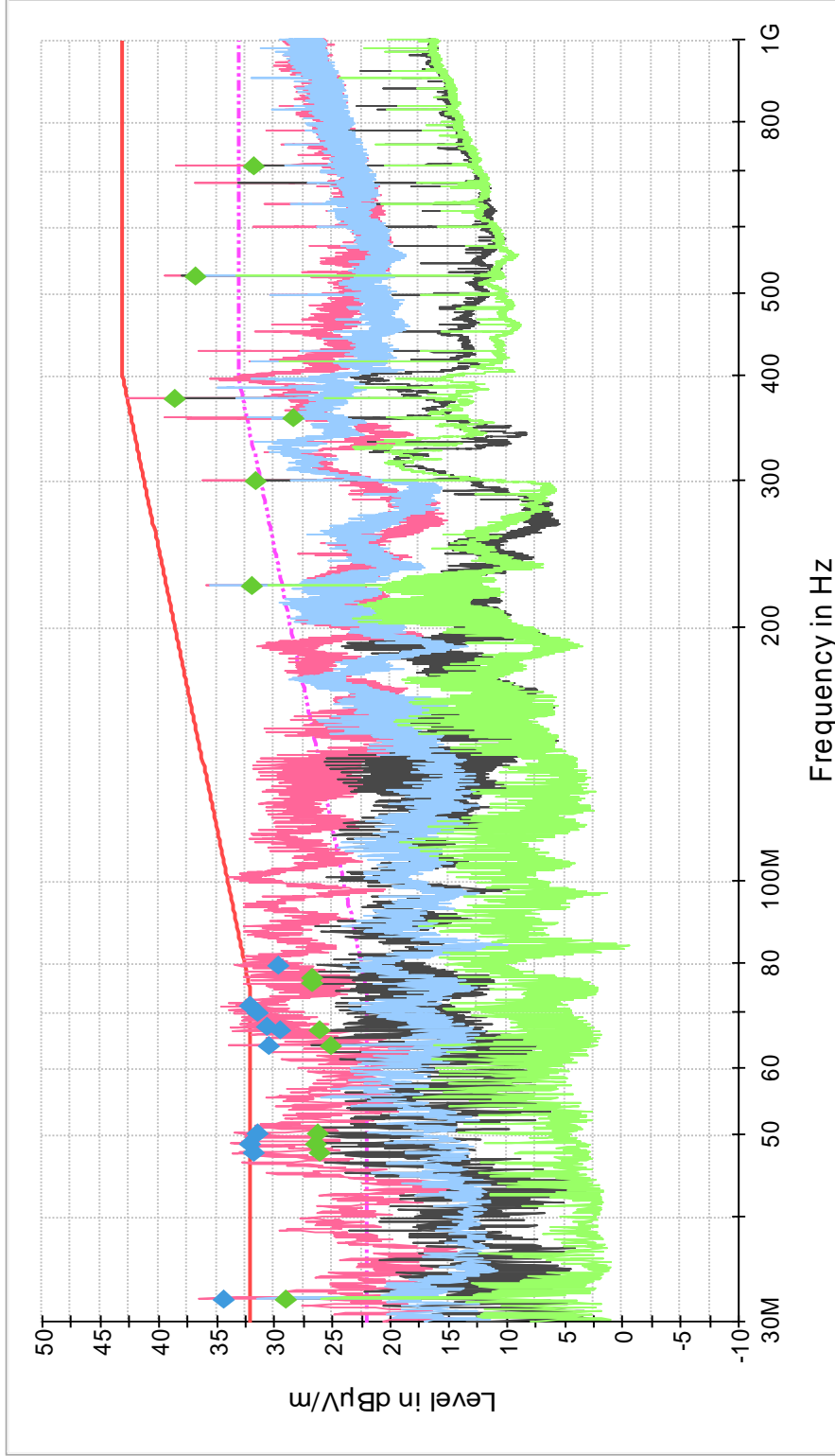
Final Measurements:

Template for Single Meas.: Electric Field Strength 30M-1GHz at 10m [to 10m) FIN Q+A

Subrange	Step Size	Detectors	IF BW	Meas. Time	Preamp
30 MHz - 1 GHz	20 kHz	QPK; AVG	120 kHz	1 s	20 dB

Receiver: [ESIB 26]

UNECE Reg.10 Electric Field Strength 30M-1GHz at 10m (to 10m)



- UNECE Reg.10 QP at 10m
- UNECE Reg.10 AV at 10m
- Preview Result 1V-PK+
- Preview Result 1H-PK+
- Preview Result 2V-AVG
- Preview Result 2H-AVG
- Final Result 1-QPK
- Final Result 2-AVG

Final Result 1

Fre- quency (MHz)	Qua- siPeak (dBμV/m)	Meas. Time (ms)	Band- width (kHz)	Heigh t (cm)	Po- la- riz- ati	Azi- muth (deg)	Corr. (dB)	Margin (dB)	Limit (dBμV/m)	Com- ment
32.000000	34.2	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-14.3	-2.2	32.0	
47.660000	31.7	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-13.3	0.3	32.0	
48.940000	32.0	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-13.2	0.0	32.0	
50.280000	31.4	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-13.2	0.6	32.0	
63.960000	30.4	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-14.5	1.6	32.0	
66.640000	29.4	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-14.8	2.6	32.0	
67.260000	30.5	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-14.9	1.5	32.0	
69.860000	31.4	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-15.3	0.6	32.0	
71.200000	32.0	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-15.6	0.0	32.0	
79.660000	29.6	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-17.4	2.8	32.4	

Final Result 2

Fre- quency (MHz)	Ave- rage (dBμV/ m)	Meas Time (ms)	Band- width (kHz)	Heigh t (cm)	Polariza- tion	Azi- muth (deg)	Corr. (dB)	Mar- gin (dB)	Limit (dBμV/ m)	Com- ment
32.00000	29.0	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-	-7.0	22.0	
47.66000	26.0	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-	-4.0	22.0	
48.96000	26.2	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-	-4.2	22.0	
50.26000	26.1	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-	-4.1	22.0	
63.96000	25.0	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-	-3.0	22.0	
66.68000	25.9	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-	-3.9	22.0	
75.76000	26.6	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-	-4.5	22.1	
77.06000	26.7	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-	-4.5	22.2	
225.0000	31.8	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-	-2.5	29.2	
300.0000	31.6	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-	-0.5	31.1	
355.0200	28.3	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-	3.9	32.2	
375.0000	38.5	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-9.7	-5.9	32.6	
525.0000	36.7	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-7.1	-3.7	33.0	
710.0200	31.7	1000.	120.000	299.6	V	0.0	-3.4	1.3	33.0	

Data Reduction Result 1

Frequency (MHz)	MaxPeak-MaxHold (dBµV/m)	Height (cm)	Polarization	Azimuth (deg)	Corr. (dB)	Margin (dB)	Limit (dBµV/m)	Comment
32.000000	36.5	299.6	V	0.0	-14.3	-4.5	32.0	
47.560000	33.6	299.6	V	0.0	-13.3	-1.6	32.0	
48.760000	33.8	299.6	V	0.0	-13.2	-1.8	32.0	
50.200000	33.5	299.6	V	0.0	-13.2	-1.5	32.0	
63.960000	33.9	299.6	V	0.0	-14.5	-1.9	32.0	
66.520000	33.5	299.6	V	0.0	-14.8	-1.5	32.0	
67.120000	33.7	299.6	V	0.0	-14.9	-1.7	32.0	
69.760000	33.5	299.6	V	0.0	-15.3	-1.5	32.0	
71.040000	34.6	299.6	V	0.0	-15.5	-2.6	32.0	
79.440000	33.4	299.6	V	0.0	-17.4	-1.0	32.4	

Data Reduction Result 2

Frequency (MHz)	Average-MaxHold (dBµV/m)	Height (cm)	Polarization	Azimuth (deg)	Corr. (dB)	Margin (dB)	Limit (dBµV/m)	Comment
32.000000	29.2	299.6	V	0.0	-14.3	-7.2	22.0	
47.600000	26.0	299.6	V	0.0	-13.3	-4.0	22.0	
48.880000	26.2	299.6	V	0.0	-13.2	-4.2	22.0	
50.200000	26.4	299.6	V	0.0	-13.2	-4.4	22.0	
63.960000	26.8	299.6	V	0.0	-14.5	-4.8	22.0	
66.520000	26.1	299.6	V	0.0	-14.8	-4.1	22.0	
75.600000	26.0	299.6	V	0.0	-16.5	-4.0	22.1	
76.880000	27.0	299.6	V	0.0	-16.8	-4.8	22.2	
225.000000	32.1	299.6	V	0.0	-15.1	-2.9	29.2	
300.000000	31.8	299.6	V	0.0	-11.4	-0.7	31.1	
355.040000	29.7	299.6	V	0.0	-10.2	2.5	32.2	
375.000000	39.0	299.6	V	0.0	-9.7	-6.4	32.6	
525.000000	38.0	299.6	V	0.0	-7.1	-5.0	33.0	
710.000000	31.2	299.6	V	0.0	-3.4	1.8	33.0	

EMC- laboratoriossa käytettävä antenni



EMC Antennas
BiConiLog™
Model 3142E

Features:

- 30 MHz to 6 GHz Frequency Range
- Avg. 2:1 VSWR Above 50 MHz
- For Emissions and Immunity Testing
- Flexible Mounting
- Individually Calibrated



ETS-Lindgren's Model 3142E BiConiLog Antenna

THE MODEL 3142E BICONILOG is a hybrid antenna that combines innovative design, compact size, and excellent performance. This antenna enables users to measure a frequency range of 30 MHz to 6 GHz in one sweep, negating the need for multiple antennas and time-consuming equipment setup. Accuracy and repeatability are improved, while time and money are saved. This BiConiLog is designed as a dual-purpose antenna that can be used for both immunity and emission testing.

FEATURES

Frequency Range

The Model 3142E increases the upper frequency limit to accommodate the new upper limit of 6 GHz included in the IEC 61000-4-3 standard.

VSWR Levels

The average VSWR is 2:1 above 50 MHz, an excellent level at this low frequency for an antenna this size.

Emissions and Immunity Antenna

Emission measurements can be performed without having to change antennas.

For immunity measurements, the 3142E covers the typical 80 MHz to 6 GHz range.

Flexible Mounting

The Model 3142E comes with a bracket that accepts either a 1/4" 20 thread screw or rear stinger mount.

Individually Calibrated

The 3142E is individually calibrated at 10 m per ANSI C63.5 and calibrations at 1 m and 3 m per SAE ARP 958.

STANDARD CONFIGURATION

- Antenna Assembly
- Mounting Bracket for ETS-Lindgren or Other Tripod Mounts with 1/4" x 20 Threads
- Stinger Mount
- Individually calibrated:
 - 10 m per ANSI C63.5
 - 3 m per SAE ARP 958
 - 1 m per SAE ARP 958
- Actual Antenna Factors and a Signed Certificate of Calibration Conformance Included in Manual
- Manual

OPTIONS

- ETS-Lindgren offers several non-metallic, non-reflective tripods. For easy horizontal and vertical polarization changes, the 7-TR tripod is recommended.



Model 3142E

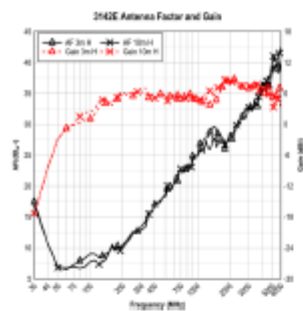
Electrical Specifications

MODEL	FREQUENCY RANGE	VSWR RATIO (AVG)	MAXIMUM CONTINUOUS POWER	PEAK POWER	IMPEDANCE (NOMINAL)	CONNECTORS
3142E	30 MHz – 60 MHz 60 MHz – 600 MHz 600 MHz – 1 GHz 1 GHz – 6 GHz	2:1	900 W 1 kW 900 W 200 W	800 W 1.5 kW 800 W 300 W	50 Ω	Type N Female (1)

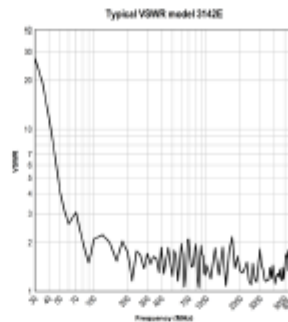
Physical Specifications

MODEL	WIDTH	DEPTH	HEIGHT	WEIGHT
3142E	133.9 cm 52.7 in	139.2 cm 54.8 in	76.2 cm 30.0 in	5.7 kg 12.5 lb

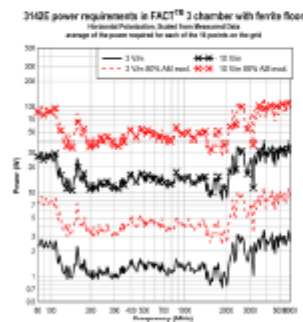
Typical Antenna Factors and Gain



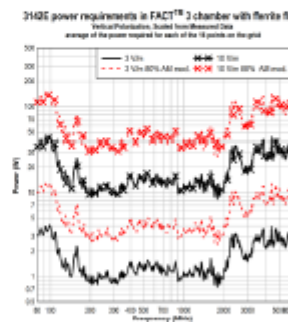
Typical VSWR



Typical Avg. Power Required in Horizontal Polarization



Typical Avg. Power Required in Vertical Polarization



Phone + 1.512.531.6400 • Info@ets-lindgren.com • www.ets-lindgren.com
Offices in the US, Brazil, Finland, Germany, UK, France, India, Japan, Singapore, China, Taiwan

Alustavan EMC- mittauksen mittaustulosraportti ensimmäinen mittaus

EMC32 Report

Common Information

Test Description: 280082-1
 Operating Conditions: Virta päällä, oikea sivu
 Operator Name: AKA
 Test Site: Kara 10m SAC

EMI Auto Test Template: UNECE Reg.10 Electric Field Strength 30M-1GHz at 10m (to 10m)

Hardware Setup: Electric Field Strength 30M-1.3GHz at 10m (to 10 m)
 Measurement Type: Open-Area-Test-Site
 Frequency Range: 30 MHz - 1 GHz
 Graphics Level Range: -10 dBµV/m - 50 dBµV/m

Preview Measurements:
 Antenna height: 300 - 300 cm , Step Size = 0 cm , Positioning Speed = 5
 Polarization: H + V
 Turntable position: 0 - 0 deg , Step Size = 0 deg , Positioning Speed = 1
 Graphics Display: Show separate traces for horizontal and vertical polarization
 Scan Test Template: Electric Field Strength 30M-1GHz at 10m (to 10m) PRE Q+A

Data Reduction:
 Limit Line #1: UNECE Reg.10 QP at 10m
 Limit Line #2: UNECE Reg.10 AV at 10m
 Peak Search: 6 dB , Maximum Results: 10
 Subrange Maxima: 0 Subranges , Maxima per Subrange: 1
 Acceptance Offset: -20 dB
 Maximum Number of Results: 0
 After Data Reduction: Interactive data reduction

Frequency Zoom:
 Zoom Scan Template: Electric Field Strength 30M-1GHz at 10m (to 10m) MAX Q+A

Final Measurements:
 Template for Single Meas.: Electric Field Strength 30M-1GHz at 10m (to 10m) FIN Q+A

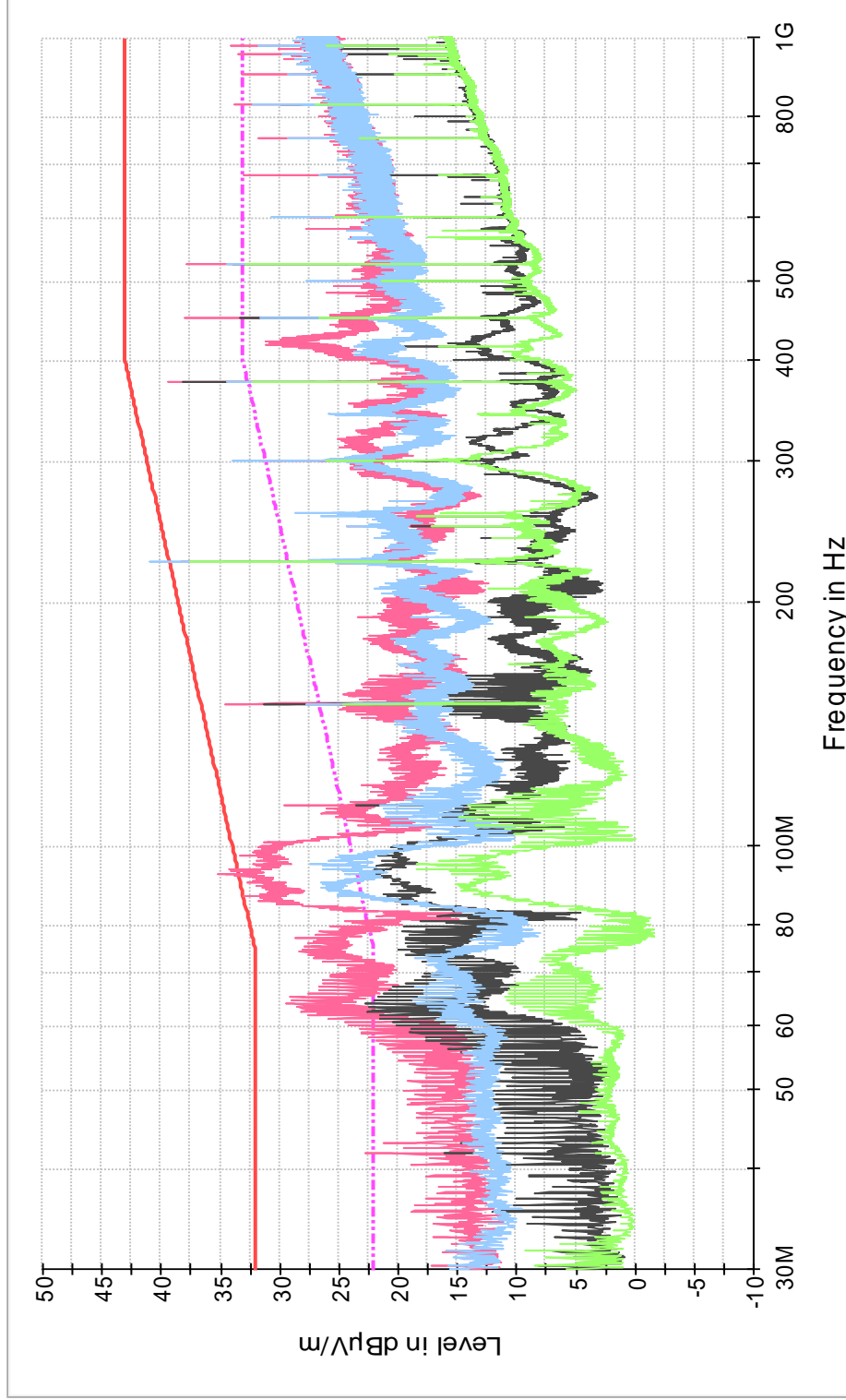
Subrange	Step Size	Detectors	IF BW	Meas. Time	Preamp
30 MHz - 1 GHz	20 kHz	QPK; AVG	120 kHz	1 s	20 dB

Receiver: [ESIB 26]

Report Settings:
 Report Template: EMI Auto Test Report
 Create Electronic Report: RTF
 Document Name: 95/54/EC Electric Field Strength 30 - 1000 MHz

Actions:
 Test stop
 Protect Receivers

UNECE Reg.10 Electric Field Strength 30M-1GHz at 10m (to 10m)



- UNECE Reg.10 QP at 10m
- Preview Result 2V-AVG
- UNECE Reg.10 AV at 10m
- Preview Result 1H-PK+
- Preview Result 1V-PK+
- Preview Result 2H-AVG

Alustavan EMC- mittauksen mittaustulosraportti toinen mittaus

EMC32 Report

Common Information

Test Description: 280082-1
Operating Conditions: PC Off. Virta päällä, oikea sivu
Operator Name: AKA
Test Site: Kara 10m SAC

EMI Auto Test Template: UNECE Reg.10 Electric Field Strenght 30M-1GHz at 10m (to 10m)

Hardware Setup: Electric Field Strength 30M-1.3GHz at 10m (to 10 m)
Measurement Type: Open-Area-Test-Site
Frequency Range: 30 MHz - 1 GHz
Graphics Level Range: -10 dB μ V/m - 50 dB μ V/m

Preview Measurements:
Antenna height: 300 - 300 cm , Step Size = 0 cm , Positioning Speed = 5
Polarization: H + V
Turntable position: 0 - 0 deg , Step Size = 0 deg , Positioning Speed = 1
Graphics Display: Show separate traces for horizontal and vertical polarization
Scan Test Template: Electric Field Strength 30M-1GHz at 10m (to 10m) PRE Q+A

Data Reduction:
Limit Line #1: UNECE Reg.10 QP at 10m
Limit Line #2: UNECE Reg.10 AV at 10m
Peak Search: 6 dB , Maximum Results: 10
Subrange Maxima: 0 Subranges , Maxima per Subrange: 1
Acceptance Offset: -20 dB
Maximum Number of Results: 0
After Data Reduction: Interactive data reduction

Frequency Zoom:
Zoom Scan Template: Electric Field Strength 30M-1GHz at 10m (to 10m) MAX Q+A

Final Measurements:
Template for Single Meas.: Electric Field Strength 30M-1GHz at 10m (to 10m) FIN Q+A

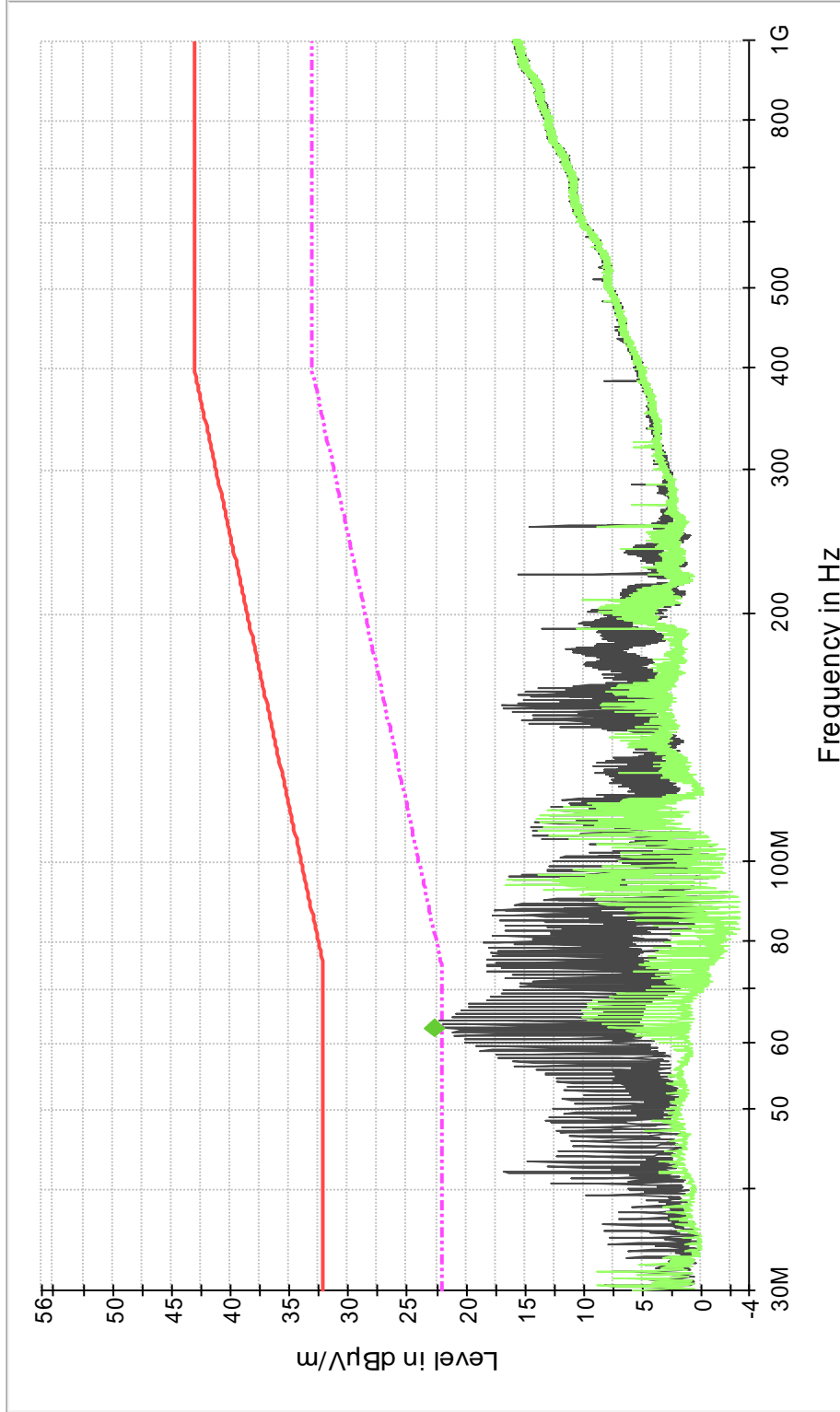
Subrange	Step Size	Detectors	IF BW	Meas. Time	Preamp
30 MHz - 1 GHz	20 kHz	QPK; AVG	120 kHz	1 s	20 dB

Receiver: [ESIB 28]

Report Settings:
Report Template: EMI Auto Test Report
Create Electronic Report: RTF
Document Name: 95/54/EC Electric Field Strenght 30 - 1000 MHz

Actions:
Test stop
Protect Receivers

UNECE Reg.10 Electric Field Strenght 30M-1GHz at 10m (to 10m)



UNECE Reg.10 QP at 10m
Preview Result 2H-AVG

UNECE Reg.10 AV at 10m
Final Result 2-AVG

UNECE Reg.10 AV at 10m
Preview Result 2V-AVG

Alustavan EMC- mittauksen mittaustulosraportti kolmas mittaus

EMC32 Report

Common Information

Test Description: 280082-1
 Operating Conditions: BB, moottori käy, kaikki toiminnot, oikea sivu
 Operator Name: AKA
 Test Site: Kara 10m SAC

EMI Auto Test Template: UNECE Reg.10 Electric Field Strenght 30M-1GHz at 10m (to 10m)

Hardware Setup: Electric Field Strength 30M-1.3GHz at 10m (to 10 m)
 Measurement Type: Open-Area-Test-Site
 Frequency Range: 30 MHz - 1 GHz
 Graphics Level Range: -10 dB μ V/m - 50 dB μ V/m

Preview Measurements:
 Antenna height: 300 - 300 cm , Step Size = 0 cm , Positioning Speed = 5
 Polarization: H + V
 Turntable position: 0 - 0 deg , Step Size = 0 deg , Positioning Speed = 1
 Graphics Display: Show separate traces for horizontal and vertical polarization
 Scan Test Template: Electric Field Strength 30M-1GHz at 10m (to 10m) PRE Q+A

Data Reduction:
 Limit Line #1: UNECE Reg.10 QP at 10m
 Limit Line #2: UNECE Reg.10 AV at 10m
 Peak Search: 6 dB , Maximum Results: 10
 Subrange Maxima: 0 Subranges , Maxima per Subrange: 1
 Acceptance Offset: -20 dB
 Maximum Number of Results: 0
 After Data Reduction: Interactive data reduction

Frequency Zoom:
 Zoom Scan Template: Electric Field Strength 30M-1GHz at 10m (to 10m) MAX Q+A

Final Measurements:
 Template for Single Meas.: Electric Field Strength 30M-1GHz at 10m (to 10m) FIN Q+A

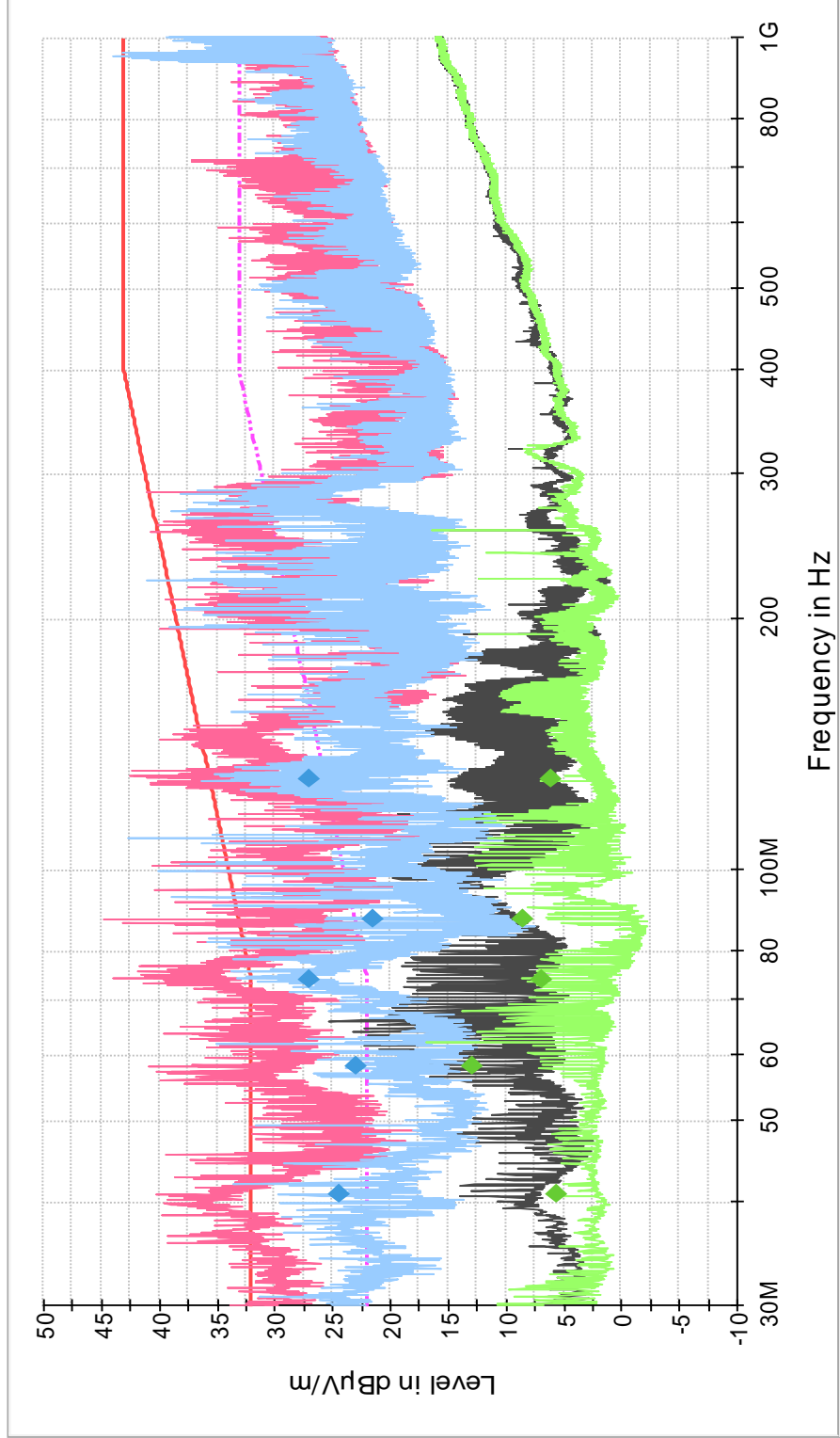
Subrange	Step Size	Detectors	IF BW	Meas. Time	Preamp
30 MHz - 1 GHz	20 kHz	QPK; AVG	120 kHz	1 s	20 dB

Receiver: [ESIB 26]

Report Settings:
 Report Template: EMI Auto Test Report
 Create Electronic Report: RTF
 Document Name: 95/54/EC Electric Field Strenght 30 - 1000 MHz

Actions:
 Test stop
 Protect Receivers

UNECE Reg.10 Electric Field Strenght 30M-1GHz at 10m (to 10m)



- UNECE Reg.10 QP at 10m
- Preview Result 2V-AVG
- ◆ Final Result 1-QPK
- UNECE Reg.10 AV at 10m
- Preview Result 1H-PK+
- ◆ Final Result 2-AVG
- UNECE Reg.10 PK+
- Preview Result 1V-PK+
- Preview Result 2H-AVG

Alustavan EMC- mittauksen mittaustulosraportti neljäs mittaus

EMC32 Report

Common Information

Test Description: 280082-1
 Operating Conditions: BB, moottori käy, sisät.puhallin pois, muut päällä, oikea sivu
 Operator Name: AKA
 Test Site: Kara 10m SAC

EMI Auto Test Template: UNECE Reg.10 Electric Field Strenght 30M-1GHz at 10m (to 10m)

Hardware Setup: Electric Field Strength 30M-1.3GHz at 10m (to 10 m)
 Measurement Type: Open-Area-Test-Site
 Frequency Range: 30 MHz - 1 GHz
 Graphics Level Range: -10 dB μ V/m - 50 dB μ V/m

Preview Measurements:
 Antenna height: 300 - 300 cm , Step Size = 0 cm , Positioning Speed = 5
 Polarization: V
 Turntable position: 0 - 0 deg , Step Size = 0 deg , Positioning Speed = 1
 Graphics Display: Show separate traces for horizontal and vertical polarization
 Scan Test Template: Electric Field Strength 30M-1GHz at 10m [to 10m) PRE Q+A

Data Reduction:
 Limit Line #1: UNECE Reg.10 QP at 10m
 Limit Line #2: UNECE Reg.10 AV at 10m
 Peak Search: 6 dB , Maximum Results: 10
 Subrange Maxima: 0 Subranges , Maxima per Subrange: 1
 Acceptance Offset: -20 dB
 Maximum Number of Results: 0
 After Data Reduction: Interactive data reduction

Frequency Zoom:
 Zoom Scan Template: Electric Field Strength 30M-1GHz at 10m [to 10m) MAX Q+A

Final Measurements:
 Template for Single Meas.: Electric Field Strength 30M-1GHz at 10m [to 10m) FIN Q+A

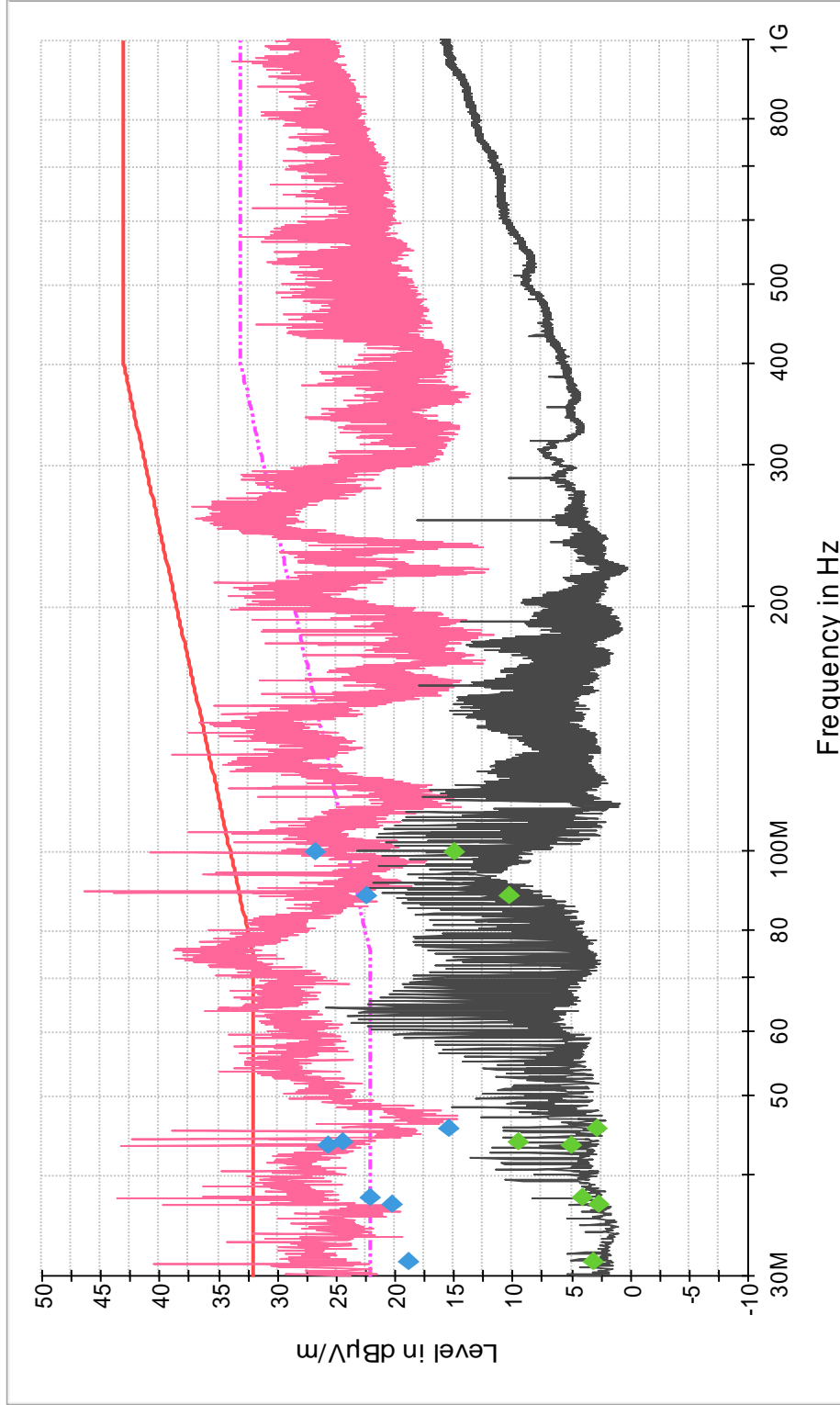
Subrange	Step Size	Detectors	IF BW	Meas. Time	Preamp
30 MHz - 1 GHz	20 kHz	QPK; AVG	120 kHz	1 s	20 dB

Receiver: [ESIB 26]

Report Settings:
 Report Template: EMI Auto Test Report
 Create Electronic Report: RTF
 Document Name: 95/54/EC Electric Field Strenght 30 - 1000 MHz

Actions:
 Test stop
 Protect Receivers

UNECE Reg.10 Electric Field Strenght 30M-1GHz at 10m (to 10m)



- UNECE Reg.10 QP at 10m
- UNECE Reg.10 AV at 10m
- - - UNECE Reg.10 QP at 10m
- UNECE Reg.10 AV at 10m
- ◆ Final Result 1-QPK
- ◆ Final Result 2-AVG
- ◆ Preview Result 1V-PK+
- ◆ Final Result 2-AVG