



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

---

**TAKSAMITTARIN EMC-TESTAUS**  
**EMC testing of a taximeter**  
Topi Wederhorn

Kandidaatintyö  
LUT Energia  
Sähkötekniikan koulutusohjelma

25.06.2012

## **Tiivistelmä**

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Teknillinen tiedekunta

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Topi Wederhorn

### **Taksamittarin EMC-testaus**

2012

Kandidaatintyö.

39 sivua, 12 kuvaa ja 8 taulukkoa

Tarkastaja: professori Pertti Silventoinen

Hakusanat: Taksi, OIML R21, Welmec, EMC

Työssä esitellään ajoneuvokäytössä elektronisiin laitteisiin mahdollisesti vaikuttavat sähkömagneettiset häiriöt, kytketyneiden häiriöiden siirtotiet sekä kytketyneiden häiriöiden muodot. Työssä käydään läpi lyhyesti tapoja joilla häiriön syntyä voidaan vähentää. Lisäksi työssä käydään läpi lyhyesti tapoja joilla häiriön vaikutusta voidaan pyrkiä vähentämään.

Työssä esitellään laite, jonka mahdollisuuksia toimia taksin taksamittarina tutkitaan. Taksin taksamittarin tulee täyttää Euroopan Unionin alueella myynnissä ollessaan täyttää Euroopan Unionin asettama direktiivi ajoneuvoelektronikalle, lisäksi laitteen tulee täyttää Euroopan Unionin mittalaitedirektiivin asettamat vaatimukset. Esitellyn laitteen häiriönsietoa testataan sähkökenttää vastaan Euroopan Unionin asettaman direktiivin mukaisesti.

## **Abstract**

Lappeenranta University of Technology

Faculty of Technology

Degree Programme in Electrical Engineering

Topi Wederhorn

**EMC testing of a taximeter**

2012

Bachelor's thesis

39 pages, 12 pictures and 8 tables

Examiners: Professor Pertti Silventoinen

Keywords: Taxi, OIML R21, Welmec, EMC

This paper presents the electromagnetic disturbances, their transmission paths and the coupling methods, which may affect in the electrical devices in automobile environment. This paper also presents some basic methods to prevent disturbance generation. Also some basic methods to minimize the effect of the disturbances are presented.

This paper also presents a device, which capability to serve as a taximeter is investigated. The Taximeters sold in the region of the European Union must fulfil the requirement of the European Union automotive electronics directive, as well as the measuring instruments directive of the European Union. The presented devices immunity against electrical field is tested as the measuring instruments directive of the European Union states.

# Sisällysluettelo

<b>1 Johdanto.....</b>	<b>7</b>
1.1 Sähkömagneettiset häiriöt ajoneuvoympäristössä .....	8
<b>2 Häiriöiden siirtotiet.....</b>	<b>10</b>
2.1 Johtuvat häiriöt .....	11
2.1.1 Galvaaninen kytkeytyminen.....	11
2.2 Säteilevät häiriöt .....	11
2.2.1 Lähikenttä.....	13
2.2.2 Kaukokenttä.....	18
<b>3 Häiriömuodot .....</b>	<b>20</b>
3.1 Yhteismuotoinen häiriö.....	20
3.2 Eromuotoinen häiriö .....	21
<b>4 Viranomaistahojen asettamat vaatimukset taksimittarille.....</b>	<b>22</b>
4.1 Sähköisten häiriöiden kesto .....	23
4.1.1 Syöttöjännitteen vaihtelut.....	23
4.1.2 Sähkömagneettiset häiriöt .....	25
4.1.3 Sähköiset transienttipulssit.....	27
<b>5 Testattavan laitteen kuvaus .....</b>	<b>29</b>
<b>6 Laitteen sähkömagneettisen häiriönsiedon testaus.....</b>	<b>32</b>
6.1 Laitteen testaus säteileviä häiriöitä vastaan .....	32
6.2 EMC-testien lopputulokset .....	36
<b>7 Yhteenveto .....</b>	<b>38</b>
<b>Lähdeluettelo.....</b>	<b>39</b>

## **Merkinnät ja lyhenteet**

$B$	Magneettivuon tiheys, T
$C$	Kapasitanssi, F
$D$	Antennin maksimipituus, m
$d$	Etäisyys, m
$h$	Korkeus, m
$H$	Magneettikentän voimakkuus, A/m
$I$	Virta, A
$j$	imaginääriyksikkö
$l$	Etäisyys, m
$r$	Säde, m
$R$	Vastus, $\Omega$
$U$	Jännite, V
$\varepsilon$	Permittiivisyys, F/m
$\lambda$	Aallonpituus, m
$\mu$	Permeabiliteetti, H/m
$\omega$	Kulmataajuus, rad/s'

## **Alaindeksit**

1G	Johtimen 1 maakapasitanssi
2G	Johtimen 2 maakapasitanssi
Max	Maksimi
Min	Minimi
N	Häiriöjännite
Norm	Normaali

r Suhteellinen

S Pulssi

## **Lyhenteet**

CAN Controller Area Network

DDR2 Double Data Rate 2

EMC Electromagnetic Compatibility

GPRS General Packet Radio Service

GPS Global Positioning System

IEC International Electrotechnical Commission

ISO International Organization for Standardization

LED Light Emitting Diode

MMC MultiMediaCard

NAND Not AND

OIML The International Organization of Legal Metrology

RISC Reduced Instruction Set Computer

RS232 Recommended Standard 232

SD Secure Digital

SDRAM Synchronous Dynamic Random Access Memory

SRAM Static Random Access Memory

TFT Thin Film Transistor

USB2.0 Universal Serial Bus 2.0

Welmec European Cooperation in Legal Metrology

## 1 Johdanto

Tässä kandidaatin työssä käydään läpi yleisesti esiintyvät sähkömagneettiset häiriöt, niiden syntymekanismit, sekä häiriön kulku- ja vastaanottomekanismit. Lisäksi käsitellään ajoneuvossa vaikuttavia sähkömagneettisia häiriöitä, sähköisiä vaatimuksia taksin taksamittarille, sekä taksamittarin häiriönkestomittauksia sähkökentässä.

Taksin taksamittari on samalla sekä mittalaite, että myös ajoneuvoon asennettava sähkölaite. Tästä seuraa, että laitteen on täytettävä sekä Euroopan Unionin asettaman mittalaitedirektiivin vaatimukset, että Euroopan Unionin asettaman ajoneuvodirektiivin asettamat vaatimukset. Euroopan Unionin ajoneuvodirektiivin asettamia vaatimuksia ei tässä työssä käsitellä.

Työssä keskitytään Euroopan Unionin mittalaitedirektiivin mukaisen taksamittarin sähköisiin vaatimuksiin. Sähköisiä vaatimuksia tarkastellaan The International Organization of Legal Metrology (OIML) R21 ohjeen mukaisesti.

Työn kokeellisessa osuudessa keskitytään taksamittarin sähkömagneettisen yhteensopivuuden tarkasteluun sähkökentässä.

Käytettäessä alihankkijan valmistamaa yleisesti saatavilla olevaa, valmiissa kotelossa olevaa laitealustaa, ei laitteen sähköiseen ja magneettiseen häiriönkeston pystytä juurikaan jälkikäteen vaikuttamaan. Harvat mahdollisuudet sähkömagneettisen häiriönkeston parantamiselle ovat laitteeseen kytkettyvien signaalijohtojen suojaaminen sekä jännitteen syötön suodattaminen. Lisäksi häiriönkeston voidaan pyrkiä vaikuttamaan laitteen koteloinnilla, mikäli tämä on mahdollista käytetyn laitteen tapauksessa.

Ohjelmiston kehitys laitteelle, jonka varmuudesta läpäistä tarkoitetun loppusoveluksen vaatimat testit ei ole tietoa, sisältää tietoisien riskien.

Työn tavoitteena oli selvittää täyttääkö käyttöön suunniteltu laite direktiivien vaatimusten mukaiset häiriökestot.

### **1.1 Sähkömagneettiset häiriöt ajoneuvoympäristössä**

Ajoneuvossa käytettävän mittalaitteiden käyttö asettaa useita erityisvaatimuksia sähkölaitteiden sähkömagneettisten häiriöiden kestolle.

Ajoneuvossa tarjolla oleva jännite rajoittuu ajoneuvon akun rajoittamana yleisesti, joko 12 V tai 24 V, joka sekään ei ole tasainen. Ajoneuvon sähköjärjestelmän ollessa ainoastaan ajoneuvon akun varassa, laskee jännite alle akun nimellisen jännitteen. Moottorin taas ollessa käynnissä, pyörii moottoriin kytketty laturi, joka nostaa ajoneuvon sähköjärjestelmän jännitteen yli akun nimellisen jännitteen.

Tämän takia herkässä elektronisessa laitteessa tarvitaan joko lineaarisia jänniteregulaattoreita tai hakkuriteholähteitä antamaan tasaista käyttöjännitettä toimilaitteelle. Hakkuriteholähteet muodostavat tyypillisesti erilaisia häiriöitä.

Useat ajoneuvojen toiminnot, kuten sähköiset ikkunannostimet, automaattisen ilmastointilaitteen ilmanohjaukset, sähköiset taustapeilit, polttoainepumppu ja muut vastaavat toiminnot käyttävät hyväkseen sähkömoottoreita. Sähkömoottorin pyörittämiseksi tarvittavat magneettikenttä ja suuret virrat ja virtapiikit voivat aiheuttaa ongelmia elektroniikkalaitteiden heikoille ohjaussignaaleille.

Lisäksi bensiinikäyttöisen ajoneuvon sytytysjärjestelmässä on käytössä nopeasti muuttuvia suurjännitteitä, joka johdettuna sytytystulppaan sytyttää ilman ja polttoaineen muodostaman seoksen sylinterissä. Sytytysjärjestelmän taajuus riippuu moottorin kierrosluvusta sekä sylinterimäärästä. Sytytystulpassa tapahtuva hallittu läpilyönti polttoaine-ilma seoksessa edustaa sekä virran, että jännitteen nopeaa muutosta, joka säteilee ympäristöön.



Useimmissa nykyaikaisissa ajoneuvoissa on siirrytty yhden tai useamman digitaalisen dataväylän käyttöön, kuten esimerkiksi CAN-väylä. Käytettäessä nopeaan tiedonsiirtoon kykenevää dataväylää, vaaditaan väylältä nopeita signaalitason muutoksia. Nopeat signaalin nousu- ja laskuajat saattavat aiheuttaa johtuvia häiriöitä johtosarjoissa.

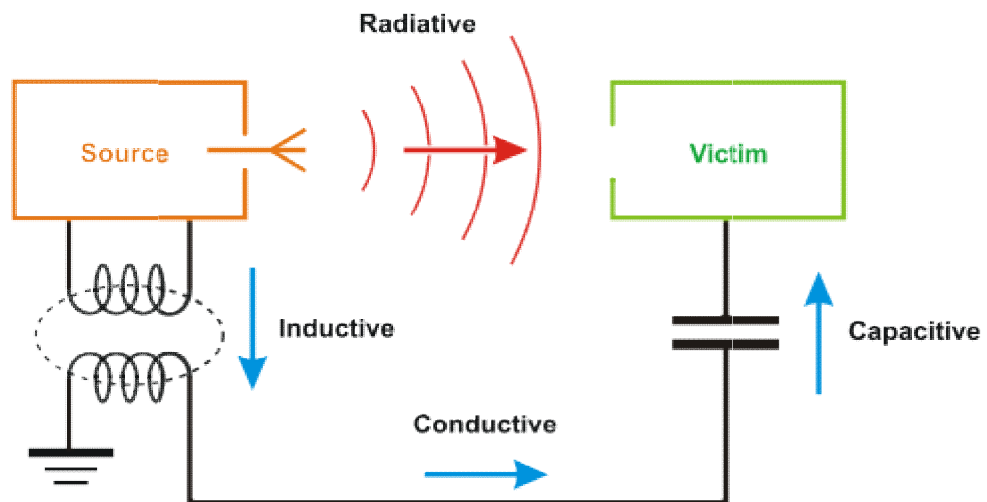
Näissä tapauksissa nopeat jännitetason muutokset saavat aikaan laajakaistaisen taajuusalueen, joka ei välttämättä häiritse signaaliin kytkettyjen laitteiden toimintaa, mutta vaikuttaa muiden lähistöllä olevien laitteiden toimintaan.

Nämä ongelmat edellä luetellut tapaukset omalta osaltaan asettavat haasteita ajoneuvossa käytettävän sähkölaitteen suunnittelulle ja toteutukselle.

## 2 Häiriöiden siirtotiet

Sähkömagneettisen häiriön jaottelu erityyppisiin häiriöihin on hankalaa, koska usein häiriöt liittyvät moniin eri muotoihin. Tässä työssä on käytetty jaottelupe- rusteena häiriön etenemistapaa, jakamalla häiriöt siirtotien mukaisesti johtuviin ja säteileviin häiriöihin.

Sähkömagneettinen häiriö voi siis kytkeytyä laitteeseen joko johtumalla tai käyttäen kytkeytymiseen säteilevää magneetti- tai sähkökenttää. Kuvassa 2.1 **Error! Reference source not found.** on esitelty sähkömagneettisen häiriön mahdolliset siirtotiet, sekä mahdolliset kytkeytymistavat.



Kuva 2.1. Sähkömagneettisten häiriöiden mahdolliset siirtotiet ja kytkeytymistavat. Radiative tarkoittaa säteilevää häiriötä ja Conductive johtuvaa häiriötä. Capacitive tarkoittaa kapasitiivista kytkeytymistä ja Inductive induktiivista kytkeytymistä. Kuvassa vasemmalla on esitetty häiritsevä laite ja oikealla häiriintyvä laite. (Wikipedia.org, 2011)

Sähkömagneettisten häiriöiden kulkeuduttua laitteeseen, voi laitteen toiminta muuttua erilaiseksi, kuin laitteen tavoiteltu alkuperäinen toiminta. Tästä voi aiheu-

tua, riippuen laitteen käyttöympäristöstä ja käyttötarkoituksesta, sekä huomattavia taloudellisia että terveydellisiä vahinkoja.

## **2.1 Johtuvat häiriöt**

Sähkömagneettisen häiriön johtumalla tapahtuva kytkeytyminen tapahtuu yleisesti laitteen jännitteensyöttö- tai datasiinaalijohtoja pitkin jostakin toisesta laitteesta. Laitteiden välinen galvaaninen yhteys aiheuttaa tämän. Johtuva häiriö voi olla joko yhteis- tai eromuotoista häiriötä.

### *2.1.1 Galvaaninen kytkeytyminen*

Galvaanisesti kytkeytynyt häiriö kytkeytyy laitteeseen fyysisiä siirtoteitä pitkin. Häiriömuoto yhteis- ja eromuotoisen häiriön välillä riippuu laitteen johdotuksessa käytetystä tavasta. Yleisimmin galvaanisesti kytkeytyvät häiriöt kulkeutuvat laitteeseen virransyötön tai signaalijohtojen kautta. Häiriön aiheuttaa yleisesti jonkin muun laitteen maavirta, joka puolestaan aiheuttaa maatasen jännitteen muutoksen (Ott, 1988).

Maavirtojen aiheuttamaa häiriötä vastaan voidaan pyrkiä suojautumaan käyttämällä erilaisia maadoitusratkaisuja. Maadoituksena voidaan käyttää yhden pisteen menetelmää, useamman pisteen menetelmää tai näiden menetelmien yhdistelmää. (Ott, 1988) Ajoneuvokäytössä nämä kuitenkin muistuttavat toisiaan, johtuen järjestelmän lopullisesta maadoituksesta akun negatiiviseen napaan.

## **2.2 Säteilevät häiriöt**

Radiotaajuisen häiriön vastaanottamiseen ja lähettämiseen tarvitaan antenni, yleisesti antennina laitteistoissa toimivat johdot, komponentin jalat, piirin jäähdytyslevy tai piirilevylle muodostunut johdinsilmukka.

Antenni muodostaa lähi- ja kaukokentän. Lähi- ja kaukokentän välisen rajan määrittelyyn on käytössä useampia metodeja, esimerkkinä Maxwellin ja Rayleighin menetelmät. Maxwellin kriteereillä raja määritellään yhtälön (2.1) mukaisesti. Rayleighin kriteereiden mukaan määriteltäessä käytetään yhtälöä (2.2).

$$l < \frac{\lambda}{2 \cdot \pi}, \quad (2.1)$$

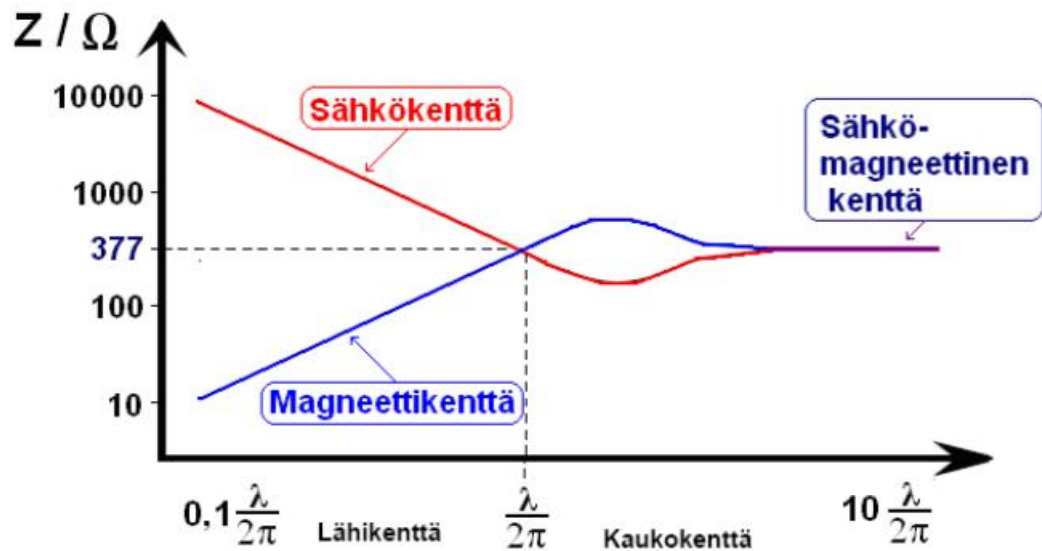
jossa  $l$  on etäisyys antennista ja  $\lambda$  aallonpituus.

$$l = \frac{2 \cdot D^2}{\lambda}, \quad (2.2)$$

jossa  $D$  antennin maksimipituus.

Maxwellin kriteereillä määriteltäessä oletetaan säteilyn lähteen olevan pistemäinen, Rayleighin kriteereiden mukaisessa määrittelyssä käytetään mitoituksessa antennin pituutta.

Kuvassa 2.2 on esitetty aaltoimpedanssi. Lähikentässä aaltoimpedanssin arvo kertoo sähkökentän ja magneettikentän suhteen. Kaukokentässä aaltoimpedanssi on vakio, jolloin piirin impedanssin perusteella ei voida päätellä pääasiallista kytkentätapaa.



Kuva 2.2. Kuva aaltoimpedanssista, sähkökentän aaltoimpedanssi esitetty kuvassa punaisella värillä ja magneettikentän aaltoimpedanssi sinisellä värillä. Lähi- ja kaukokentän välisenä pisteinä voidaan pitää aallonpituuden kuudesosaa. (Honkanen, 2010)

Sähkömagneettinen säteily ei tarvitse väliainetta kulkiessaan, joten lähes kaikki yleisesti käytetyt eristemateriaalit eivät vaikuta säteilyn etenemiseen. Eristemateriaaleja ei siis voida käyttää suojautumiseen sähkömagneettiselta säteilyltä. Sähkömagneettisen säteilyn ollessa aaltoliikettä, voidaan siihen soveltaa aaltoliikkeen tarjoamia teorioita, kuten heijastumista, sirontaa ja taittumista.

### 2.2.1 Lähikenttä

Lähikentässä häiriön kytkeytymistavan määrittää häiriön kohteena olevan laitteen vastaanottoantennina toimivan piirin impedanssi. Lähikentässä tapahtuva kytkeytyminen tapahtuu käyttäen hyväksi kapasitiivista ja induktiivista kytkeytymistä. (Ott, 1988)

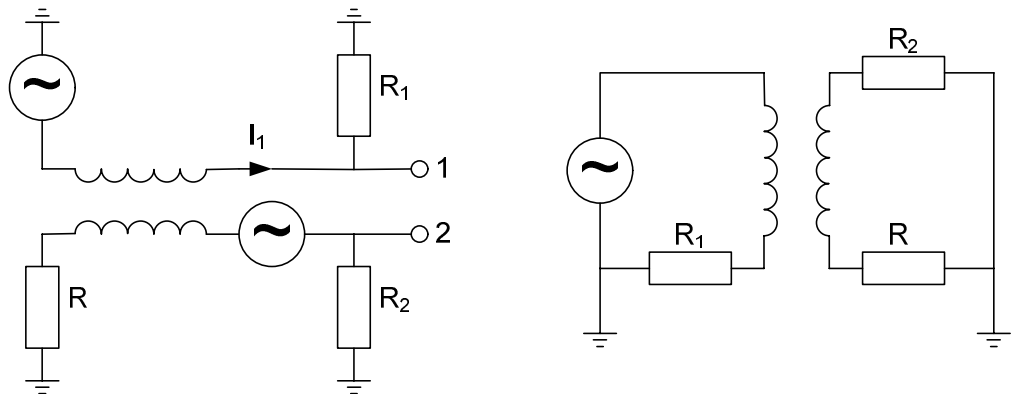
Piirin impedanssin ollessa suurempi kuin kaukokentän aaltoimpedanssi, on piirissä kulkeva virta pieni ja jännite suuri. Tästä aiheutuu, että piirin lähikenttää hallitsee sähkökenttä. Sähkökentän ollessa hallitseva lähikentässä, on pääasiainen häiriön kytkeytyminen kapasitiivista.

Impedanssin ollessa pienempi kuin kaukokentän aaltoimpedanssi on piirissä kulkeva virta suuri ja jännite pieni. Lähikenttää hallitsee täten magneettikenttä, mistä seuraa, että häiriön pääasiallinen kytkeytyminen on induktiivista.

Häiriö jatkaa kytkeytymisen jälkeen joko yhteis- tai eromuotoisena johtuvana häiriönä laitteeseen.

### *Induktiivisesti kytkeytyvät häiriöt*

Magneettikentän avulla kytkeytyvät häiriöt indusoituvat virtana matalaimpedanssiin johtoihin, kuten johtosilmukoihin, maadoituspiireihin ja yhdensuuntaisiin johtoihin. Kuvassa 2.3 on esitelty induktiivisesti kytkeytyvän todellinen kytkeytyminen, sekä häiriön kytkeytymisen sijaiskytkentä. (Ott, 1988)



Kuva 2.3. Kuvan vasemmalla puolella on esitetty induktiivisesti kytkeytyvän häiriön todellinen kytkeytyminen. Kuvan oikealla puolella on esitetty sijaiskytkentä induktiivisesti kytkeytyvästä häiriöstä. Kuva on muodostettu lähteen (Ott, 1988) kuvan 2-8 avulla.

Virran kulkiessa johdossa, muodostuu johdon ympärille Ampèren lain mukaan magneettikenttä. Magneettikentän voimakkuus on suoraan verrannollinen virran suuruuteen ja kääntäen verrannollinen etäisyyteen, kuten havaitaan yhtälöstä (2.3).

$$H = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r'} \quad (2.3)$$

jossa  $I$  on virta ja  $r$  on etäisyys säteilyn lähteestä.

Magneettivuon tiheys riippuu magneettikentän voimakkuuden lisäksi väliaineen permeabiliteetista. Magneettivuon tiheyden laskentaan käytettävä yhtälö (2.4) on esitelty alla.

$$B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot H, \quad (2.4)$$

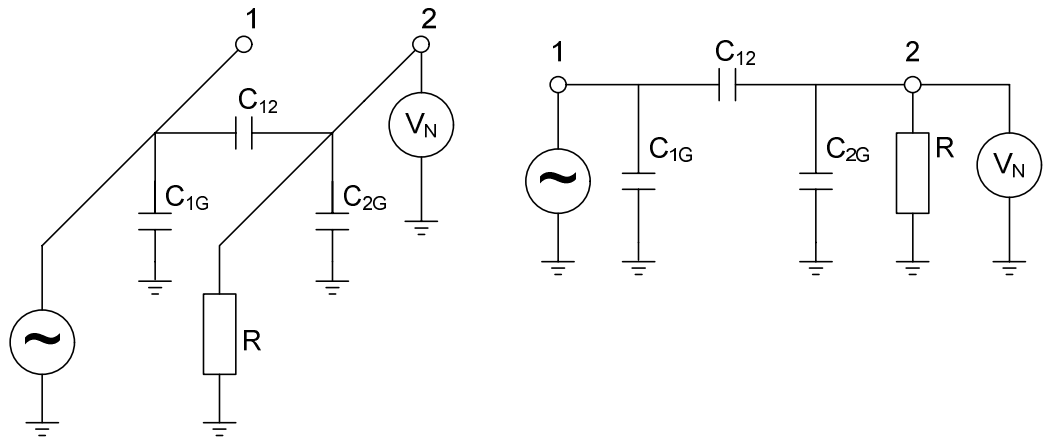
jossa  $\mu_r$  suhteellinen permeabiliteetti ja  $\mu_0$  tyhjän permeabiliteetti.

Induktiiviselta kytkeytymiseltä voidaan pyrkiä suojautumaan välttämällä johdosilmukoita tai pyrkimällä mahdollisimman pieniin silmukoihin. Nämä voidaan toteuttaa tuomalla maataso mahdollisimman lähelle signaalia tai käyttämällä kierrettyä parikaapelia, jossa vastavaiheisena indusoituneet jännitteet silmukoissa kumoavat toisensa. Lisäksi häiriöiltä voidaan suojautua käyttämällä mahdollisimman vähän yhdensuuntaisia johdotuksia, tai kasvattamalla johtojen välistä etäisyyttä toisiinsa. Mikäli mikään edellä mainituista toimenpiteistä ei tuota haluttua lopputulosta, rajoitetaan häiritsevän virtapiirin taajuusaluetta tai käyttämällä ferromagneettisia materiaaleja ohjaamaan magneettikenttää haluttuun suuntaan. (Ott, 1988)

#### *Kapasitiivisesti kytkeytyvät häiriöt*

Sähkökenttä muodostuu eri jännitepotentiaalissa olevien johtojen tai tasojen välille. Yhdensuuntaisesti kulkevien johtojen välille muodostuu varaus, jolloin ne kytkeytyvät kapasitiivisesti toisiinsa. Esimerkkinä kapasitiivisesta kytkennästä toimii

kondensaattori. Kuten induktiivisessa kytketyymisessä myös kapasitiivisessa kytketyymisessä tarvitaan muutostila häiriön kytketyymiselle. Kuvassa 2.4 on esitetty kapasitiivisesti kytketyyvän häiriön reaalin kuva, sekä sijaiskytkentä. (Ott, 1988)



Kuva 2.4. Kapasitiivisesti kytketyyvän häiriön kytketyyminen on esitetty kuvan vasemmassa reunassa. Kuvan oikeassa reunassa on esitetty kapasitiivisen kytketyymisen sähköisen sijaiskytkentä. Kuva on muodostettu lähteen (Ott, 1988) kuvan 2-1 avulla.

Kuvan 2.4 esittämässä tapauksessa, saadaan kapasitiivisesti kytketyyneen häiriön aiheuttama jännitetason muutos laskettua yhtälöllä (2.5).

$$U_N = \frac{j \cdot \omega \cdot \left[ \frac{C_{12}}{C_{12} + C_{2G}} \right]}{j \cdot \omega \cdot \left[ \frac{C_{12}}{\frac{1}{R} \cdot C_{12} + C_{2G}} \right]}, \quad (2.5)$$

jossa  $C_{12}$  on johtimien välinen kapasitanssi,  $C_{2G}$  ja  $C_{1G}$  ovat johtimien maaka-  
pasitanssit ja  $U_1$  johtimen 1 jännite.



Mikäli johtimen 2 vastus  $R$  on hyvin paljon pienempi kuin  $\frac{1}{j \cdot \omega \cdot (C_{12} + C_{2G})}$ , voidaan yhtälö (2.5) supistaa yhtälön (2.6) mukaiseksi.

$$U_N = j \cdot \omega \cdot R \cdot C_{12} \cdot U_2, \quad (2.6)$$

Jos taas johtimen 2 vastus  $R$  on hyvin paljon suurempi kuin  $\frac{1}{j \cdot \omega \cdot (C_{12} + C_{2G})}$ , voidaan yhtälö (2.5) supistaa yhtälön (2.7) mukaiseksi.

$$U_N = \left( \frac{C_{12}}{C_{12} + C_{2G}} \right) \cdot U_1, \quad (2.7)$$

Yhtälöstä (2.5) ja sen supistetuista muodoista (2.6) ja (2.7) havaitaan jännitetason muutokseen vaikuttavan kummassakin tapauksessa johdon 1 jännitteen sekä johtojen välisen kapasitanssin.

Johtojen välinen kapasitanssi on suoraan verrannollinen yhdensuuntaisten johtojen pituuteen ja johtojen väliseen permittiivisyyteen kuten yhtälöstä (2.8) havaitaan.

$$C = \frac{l \cdot \pi \cdot \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0}{\ln \left[ \frac{d}{2 \cdot r} + \sqrt{\frac{d^2}{4 \cdot r^2} - 1} \right]}, \quad (2.8)$$

jossa  $l$  on johtimien yhteinen pituus,  $\varepsilon_r$  on suhteellinen permittiivisyys,  $\varepsilon_0$  on tyhjän permittiivisyys, johtimien väliseen etäisyyteen  $d$  ja halkaisijan säteeseen  $r$ .

Kapasiitivisesti kytkeytyvältä häiriöltä voidaan suojautua pienentämällä johtojen välistä hajakapasitanssia. Yhtälöstä (2.5) havaitaan, että kapasitanssi on riippuvainen johtojen välisestä etäisyydestä, jolloin hajakapasitanssia voidaan pienentää kasvattamalla johtojen välistä etäisyyttä. Yhtälöstä (2.5) nähdään myös, että kapasitanssi on suoraan verrannollinen permittiivisyyteen. Permittiivisyyteen voidaan vaikuttaa käyttämällä johtojen välissä eristettä, jota sähkökenttä läpäisee heikosti, tai käyttämällä johdoissa johtavalla suojavaipalla olevaa johtoa.

Lisäksi yhtälöstä (2.5) havaitaan, että kapasitanssi on suoraan verrannollinen yhdensuuntaisten johtojen pituuteen, jolloin välttämällä yhdensuuntaisia johdotuksia tai toteuttamalla yhdensuuntaiset johdotukset mahdollisimman lyhyinä saadaan hajakapasitanssia pienennettyä.

Yhtälössä (2.9) on esitetty johtimen ja maatason välinen kapasitanssi.

$$C = \frac{2 \cdot \pi \cdot l \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_0}{\ln\left(\frac{2 \cdot h}{r}\right)}, \quad (2.9)$$

jossa  $h$  on etäisyys maatasosta ja  $r$  on halkaisijan säde.

Yhtälöstä (2.9) havaitaan johdon ja maatason tapauksessa suoran verrannollisuuden yhteiseen pituuteen ja permittiivisyyteen säilyvän.

Käyttämällä johtoja, jotka sijaitsevat lähellä häiriötöntä maatasoa, käyttämällä suojattuja johtoja tai käyttämällä yhtenäisiä maatasoja johtojen välillä, voidaan pienentää toisiaan häiritsevien johtojen välistä hajakapasitanssia. (Ott, 1988)

Lisäksi voidaan, mikäli mahdollista, pienentää häiritsevän johdon jännitetasoa, rajoittaa piirin taajuusaluetta tai pienentää häiriintyvän piirin impedanssitasoa. Piirin impedanssitasoa pienentämällä pyritään vähentämään kapasitiivisesti kytkeytyvän häiriön vaikutusta piiriin, siirtämällä häiriöalttiutta enemmän magneettikentän kautta indusoituvaa häiriöön vaikutuksen suuntaan. (Ott, 1988)

### 2.2.2 *Kaukokenttä*

Laitteen kytkentäjohtot toimivat antennina, kun johtojen pituudet ovat aallonpituuden neljäsosan monikertoja. Antennivaikutus heikkenee johdon pituuden ollessa alle kahdeksasosan häiritsevän signaalin aallonpituudesta. Täten, ottaen huomi-

oon tietynasteisen varmuusmarginaalin, voidaan turvallisena johdon pituutena pitää signaalin aallonpituuden kahdeskymmenesosaa.

Johdot toimivat sekä lähettävänä että vastaanottavana antennina. (Ott, 1988)

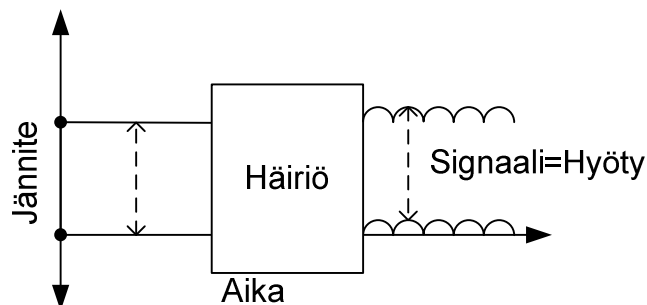
### 3 Häiriömuodot

Häiriön kytkeytyessä järjestelmään, joko kappaleessa 2.1 kuvatun kaltaisesti johdumalla, tai kappaleen 2.2 kaltaisesti säteilemällä, on häiriön vaikutukset järjestelmään kuitenkin samankaltaiset. Seuraavissa kappaleissa esitellään yhteis- ja eromuotoinen häiriö.

#### 3.1 Yhteismuotoinen häiriö

Yhteismuotoisella häiriöllä tarkoitetaan häiriötä, joka kytkeytyy kumpaankin signaalijohtoon samassa vaiheessa, tällöin esimerkiksi mittaavan järjestelmän mittasignaali ja mittasignaalin maatason jännite on noussut yhtä paljon.

Häiriön kytkeytyminen ja havaitseminen hyötysignaalista on esitetty kuvassa 3.1.

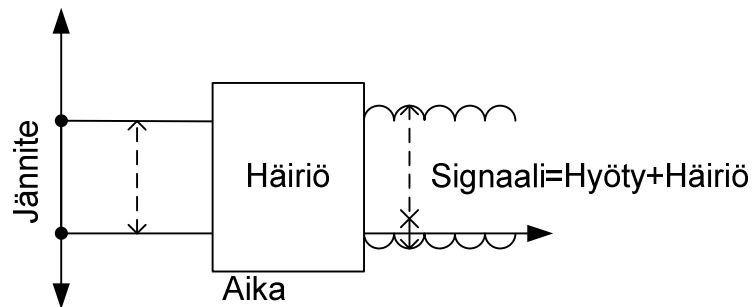


Kuva 3.1. Kuvassa on esitetty yhteismuotoisesti hyötysignaaliin kytkeytyvä häiriö. Häiriö voidaan havaita jännitteen nousuna mittasignaalin ja maatason välillä, häiriötä ei havaita signaalissa.

Yhteismuotoinen häiriö voidaan havaita jännitteenä signaalin ja maatason välillä, mutta signaalijohtimien väliseen jännite-eroon ja täten signaaliin, ei yhteismuotoinen häiriö vaikuta.

### 3.2 Eromuotoinen häiriö

Eromuotoinen häiriö kytkeytyy kuten yhteismuotoinen häiriö, mutta virtapiirin johtimiin kytkeytyy häiriö vastavaiheisena, häiriön kytkeytyminen esitetty kuvassa 3.2.



Kuva 3.2. Kuvassa on esitetty eromuotoisesti hyötysignaaliin kytkeytyneen häiriön sekoittuminen hyötysignaaliin. Häiriötä ei voida havaita hyötysignaalista.

Eromuotoinen häiriö muuttaa signaalijohtojen välistä jännitteenä, mutta muutoksen havaitseminen on vaikeaa, koska jännitteen muutos sekoittuu siirrettävään hyötysignaaliin.

#### **4 Viranomaistahojen asettamat vaatimukset taksimittarille**

Euroopan komission 14.10.2004 antamalla päätöksellä tulee kaikkien Euroopan unionin alueella myytävien ajoneuvoon kiinteästi asennettavien laitteiden täyttää 2004/104/EY direktiivi, eli ajoneuvodirektiivi. Lisäksi Euroopan unionin alueella myytävien taksien taksamittareiden tulee täyttää 2004/22/EC direktiivi, joka sisältää vaatimukset mittalaitteille.

Kansainvälisesti hyväksytyt ohjeelliset asiakirjat saattavat olla, joko osittain tai kokonaan direktiivin olennaisten vaatimusten mukaisia, jolloin niitä voidaan käyttää vaatimuksenmukaisuuden toteutumisen varmistamiseen.

The International Organization of Legal Metrology (OIML) on itsenäinen kansainvälinen organisaatio, joka pyrkii harmonisoimaan mittalaitteisiin kohdistuvaa säätelyä jäsenmaidensa sisällä.

OIML on julkaissut suosituksen taksin taksamittarin vaatimuksista ja toiminnasta, sekä koonnut testausmenetelmän näiden vaatimusten ja toiminnallisuuksien testaamisen ja toiminnan virheettömän jatkumisen havainnointiin virhetilanteissa.

European Cooperation in Legal Metrology (Welmec) on Euroopan unionin ja Euroopan vapaakauppajärjestön (EFTA) maiden yhteistyöfoorummi mittalaitetekniikan standardoimiseksi Euroopan alueella.

Welmec on koonnut ohjeen OIML R21 suosituksen ja Euroopan unionin 2004/22/EC direktiivin vaatimusten välillä taksamittarin suhteen. Asiakirjasta havaitaan, että OIML R21 vastaa 2004/22/EC direktiivin vaatimuksia. Eräiden asioiden suhteen OIML R21 vaatimukset ovat jopa tiukemmat kuin 2004/22/EC direktiivin vaatimukset.

OIML R21 ohje sisältää vaatimukset metrologiselle tarkkuudelle, tekniselle toiminnalle, sähköiselle toiminnalle sekä vaatimukset täyttävän laitteen hyväksynnän saamiselle.

OIML R21:n metrologisen tarkkuuden vaatimukset määrittävät suurimmat virheet käytössä olevissa suureissa, kuten ajassa, matkassa ja taksassa. Näitä vaatimuksia ei käsitellä tässä työssä.

OIML R21:n vaatimukset laitteen teknisestä toiminnasta pitävät sisällään laitteen ohjelmiston toiminnan vaatimukset, sekä laitteen muistiin talletettavien suureiden, sekä niiden määrän. Ohjelmiston toimivuuden tarkistamista ei tässä työssä tarkastella.

OIML R21:n sähköisen toiminnan vaatimukset sisältävät yleiset vaatimukset esimerkiksi käyttöympäristön, häiriösievoisuuden ja kestävyuden suhteen. Lisäksi sähköisen toiminnan vaatimukset määrittävät esimerkiksi toiminnan virhetilanteiden jälkeen. Tästä osiosta käsitellään testattavan laitteiston sieto sähkömagneettisia häiriöitä vastaan.

OIML R21:n osiossa vaatimukset täyttävän laitteen hyväksymisestä kerrotaan, mitä tapoja käyttäen laite voidaan hyväksyä standardit täyttäväksi. Tätä asiaa ei käsitellä tässä työssä.

#### **4.1 Sähköisten häiriöiden kesto**

Seuraavissa kappaleissa on esitetty OIML R21 suosituksen mukaiset testit, sekä vaatimukset testien hyväksyttävään läpäisyyn. Suosituksesta on käsitelty vain sähköisen toiminnan vaatimukset.

##### *4.1.1 Syöttöjännitteen vaihtelut*

Ajoneuvoon asennettavan taksamittarin tulee sietää taulukon 4.1 mukaiset syöttöjännitteen muutokset. Syöttöjännitteen muutokset eivät saa vaikuttaa laitteen toimintaan millään tavalla.

Taulukko 4.1 Syöttöjännitteen vaihteluväli, jossa laitteen on kyettävä jatkamaan normaalia toimintaansa. Mikäli ajoneuvon jännite on muu kuin 12 VDC, käytetään kyseiseen jännitteeseen skaalattuja ylä- ja alarajoja. Taulukko on muodostettu lähteen (OIML, 2007) taulukon 8 avulla.

<i>Testi</i>	<i>Testimäärittelyt</i>			<i>Testiasetelma</i>
Syöttöjännitteen muutokset	$U_{Norm} = 12V$	$U_{Max} = 16 V$	$U_{Min} = 9 V$	ISO 16750-2

Mikäli laitteen syöttöjännite tippuu 0 – 90 % alle alimman jänniterajan, tulee laitteen jatkaa toimintaansa, kuten taulukossa 4.2 on esitetty. Laitteen tarkkuus ei saa kärsiä jännitteen tippumisesta. Syöttöjännitteen ollessa alle 20 sekuntia alle pienimmän käyttöjännitteen, tulee laitteen toimia normaalisti. Mikäli katko syöttöjännitteessä kestää pidempään kuin 20 sekuntia, tulee laitteen vaihtaa tilansa ”vapaa” tilaan. Käyttöjännitteen palauduttua tulee laitteen ottaa käyttöön ennen tilan vaihtoa käytössä olleet arvot. Laitteen ylijännitteen kestolle ei ole annettu taulukon 4.1 lisäksi muita vaatimuksia.

Taulukko 4.2 Laitteen syöttöjännitteen alenemat pienimmän vaaditun käyttöjännitteen alapuolelle, sekä alentuneen käyttöjännitteen ajallinen kesto sekä laitteelta vaadittu toiminta tilanteessa. Taulukko on muodostettu lähteen (OIML, 2007) taulukon 9 avulla.

<i>Testi</i>	<i>Testimäärittelyt</i>		<i>Testiasetelma</i>
Pienet jännitteen alenemat alle pienimmän vaaditun syöttöjännitteen	% alle minimi syöttöjännitteen, $U_{Min}$	Jännitteen aleneman kesto, s	Ei viittausta standardiin tällä hetkellä
	90, 40, 0	7 – 14	Mittarin tulee näyttää edellinen hinta
		15 - 20	Mittarin tulee näyttää edellinen hinta tai vaihtaa tilaan ”vapaa”
		21 - 30	Mittarin tulee vaihtaa tilaan ”vapaa”

Käyttöjännitetestien aikana laitteen tulon syötetään pulssijonoa, joilla testataan laitteen kykyä mitata aikaa. Lisäksi toiseen tulon syötetään pulssijonoa, josta



laitteen tulee pystyä laskemaan pulssien määrä. Laitteen tulee pystyä laskemaan pulssit, sekä ajanmittauksen tapauksessa laskemaan taajuus jolla pulsseja syötettiin. Testeistä pitää suoriutua alle virherajojen. Virherajat on esitetty taulukossa 4.3.

Taulukko 4.3 Virherajat kuluneelle ajalle sekä kuljetulle matkalle. Rajana käytetään suurempaa arvoa. Prosenttiosuus lasketaan syötettyä pulssijonoa vastaavasta ajasta ja matkasta.

Kulunut aika	0,2 sekuntia	0,1 %
Kuljettu matka	4 metriä	0,2 %

Myös myöhemmin kuvatuissa testeissä käytetään samaa testausta sekä hyväksyttäviä virheitä.

#### 4.1.2 Sähkömagneettiset häiriöt

Ajoneuvoon sijoitetun laitteen tulee kestää taulukossa 4.4 esitetty säteilevä sähkömagneettinen kenttä. Sähkömagneettinen kenttä ei saa aiheuttaa laitteen mittatarkkuuksien heikentymistä yli suurimpien sallittujen virherajojen. Laite altistetaan vaaka- ja pystypolarisoidulle kentälle edestä, takaa, vasemmalta ja oikealta sivulta.

Taulukko 4.4 Säteilevän sähkömagneettikentän kesto. Kentän voimakkuutena voidaan käyttää myös 10 V/m, mikäli kansallinen lainsäädäntö sen sallii. Taulukko on muodostettu lähteen (OIML, 2007) taulukon 12 avulla.

<i>Testi</i>	<i>Taajuus-alue</i>	<i>Kentän voimakkuus</i>	<i>Testiasetelma</i>
Säteilevä sähkömagneettinen kenttä	80 – 2000 MHz 26 – 80 MHz	24 V/m	IEC 61000-4-3
Modulaatio	80 % AM, 1 kHz siniaalto		

Laitteen häiriönkestoa johtuvia kenttiä vastaan testataan syöttämällä laitteen käyttöjännite, tulo- ja lähtöportteihin sähkömagneettista kenttää kuten taulukossa 4.5 on esitetty. Testi suoritetaan vain, mikäli laitteeseen kytkettyjen johtojen pituus ylittää 3 metriä.

Taulukko 4.5 Johtuvan sähkömagneettisen kentän kesto. Mikäli kansallinen lainsäädäntö sallii, voidaan amplitudina käyttää myös 10 V. Taulukko on muodostettu lähteen (OIML, 2007) taulukon 13 avulla.

<i>Testi</i>	<i>Taajuus-alue</i>	<i>RF amplitudi (50 Ω)</i> <i>(V e.m.f)</i>	<i>Testiasetelma</i>
Johtuva sähkö- magneettinen kenttä Modulaatio	0,15 – 80 MHz	24 V	IEC 61000-4-6
	80 % AM, 1 kHz siniaalto		

Mikäli laitteessa ei ole vapaita tulo- tai lähtöportteja, käytetään taulukon 4.4 mukaista testiä käyttäen taajuuksia 26 – 80 MHz.

Laitteen tulee myös läpäistä sähköstaattiset purkaustestit, laitetta testataan sekä kontaktipurkausta, että ilmapurkausta vastaan, vaaditut jännitekestot on esitetty taulukossa 4.6.

Taulukko 4.6 Sähköstaattisten purkausten testit. Jännitetasona kontaktipurkauksessa voidaan käyttää myös 4 kV, mikäli kansallinen lainsäädäntö sen sallii. Taulukko on muodostettu lähteen (OIML, 2007) taulukon 14 avulla.

<i>Testi</i>	<i>Testimäärittelyt</i>		<i>Testiasetelma</i>
Sähköstaattinen purkaus	Testityyppi	Jännitetaso	IEC 61000-4-2
	Kontaktipur- kaus	6 kV	
	Ilmapurkaus	8 kV	

Sähköstaattisten purkaustestien jälkeen testataan laitteen toimintaa kuten syöttöjännitetestien jälkeen. Testaus on kuvattu tarkemmin kappaleessa 4.1.1.

### 4.1.3 Sähköiset transienttipulssit

Laiteen tulee myös sietää taulukossa 4.7 esitettyjä sähköisiä transienttipulsseja käyttöjännitesyötössä. Transienttipulssi 1 kuvaa syötön katkeamista induktiivisesta kuormasta. Pulssi 2a kuvaa laitteen rinnalle kytketyn laitteen käyttämän virran muutosta, joka johtosarjan induktanssin takia vaikuttaa testattavaan laitteeseen. Pulssi 2b pyrkii testaamaan laitteen toimintaa DC-moottoreiden toimiessa generaattoreina virran pois kytkennän jälkeen. Pulssit 3a ja 3b kuvaavat transienttipulsseja jotka syntyvät kytkentä tapahtumissa. Pulssi 4 testaa laitteen toimintaa ajoneuvon starttimoottorin aiheuttamalla pulssilla.

Taulukko 4.7 Sähköisten transienttipulssien johtuminen laitteeseen 12 V syöttöjännitejohtojen kautta. Pulssi 2b suoritetaan vain, jos laitteen käyttöjännitteet tulevat ajoneuvon päävirtakytkimen kautta. Taulukko on muodostettu lähteen (OIML, 2007) taulukon 15 avulla.

<i>Testi</i>	<i>Testimäärittelyt</i>	<i>Testiasetus</i>
Sähköisten transienttipulssien johtuminen syötöjohtoja pitkin	Testipulssi	ISO 7637-2
	1	Pulssijännite, $U_S$ $U_{Norm} = 12 \text{ V}$
	2a	- 100 V
	2b	+ 50 V
	2b	+ 10 V
	3a	- 150 V
	3b	+ 100 V
	4	- 7 V

Laitteen toiminnassa ei saa esiintyä merkittävää virhettä häiriöiden aikana, pois luettuna testi 2b, jossa ei saa esiintyä merkittävää virhettä testin jälkeen.

Taulukossa 4.8 on esitelty testimenettely ja vaatimukset muiden, kuin laitteen jännitteensyöttöjohtojen kautta johtuviin transienttipulsseihin.

Taulukko 4.8 Sähköisten transienttipulssien johtuminen laitteeseen muiden johtojen kautta.  
Taulukko on muodostettu lähteen (OIML, 2007) taulukon 16 avulla.

<i>Testi</i>	<i>Testimäärittelyt</i>	<i>Testiasetelma</i>
Sähköisten transienttipulssien johtuminen laitteeseen muita johtoja pitkin	Testipulssi a b	Pulssijännite, $U_S$ $U_{\text{Norm}} = 12 \text{ V}$ - 60 V + 40 V

Sähköisten transienttipulssitestien jälkeen laitteen toiminta testataan samoin kuten syöttöjännitteen vaihtelun ja sähkömagneettisen häiriön testauksen jälkeen, tarkemmin asiaa on käsitelty kappaleessa 4.1.1.

## 5 Testattavan laitteen kuvaus

Testatessa laitteisto koostui Bolymin Inc. yrityksen valmistamasta BETA903A päätelaitteesta, jossa toimintoja ohjaa Samsungin valmistama S3C2416X 32-bittinen RISC suoritin, joka perustuu ARM Holdingin ARM 9 tuoteperheeseen. Laite on esitelty kuvassa 5.1.

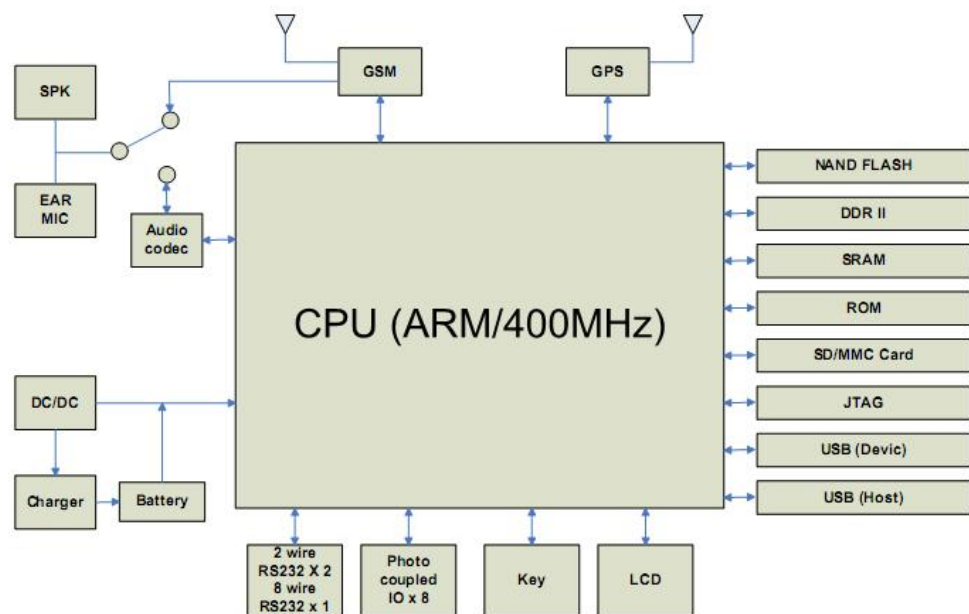


Kuva 5.1. Bolymin Inc. yrityksen valmistama BETA903A päätelaite. Laitteessa on käyttöjärjestelmänä Microsoft Windows CE 5.0. (Bolymin Inc, 2010)

Käyttöliittymänä laitteessa on 7 tuuman, 800 x 480 pisteen tarkkuuteen kykenevä ohutkalvotransistoritekniikkaan (TFT) perustuva näyttö, jossa on resistiiviseen tunnistukseen perustuva kosketuspinta, sekä kahdeksan näppäintä ja neljä LED tekniikalla toteutettua merkkivaloa. (Bolymin Inc, 2010)

Käyttöjärjestelmänä päätelaitteessa on Microsoft Windows CE 5.0 käyttöjärjestelmä. (Bolymin Inc, 2010)

Päätelaitteessa on 2 gigatavua NAND tyyppistä flash muistia ohjelmille, 64 megatavua DDR2 SDRAM muistia sekä 512 kilotavua SRAM tyyppistä muistia. Ulkoisten massamuistien kiinnittämisen laitteeseen mahdollistaa yksi Secure Digital/MultiMediaCard (SD/MMC) korttipaikka (Bolymin Inc, 2010). Kuvassa 5.2 on esiteltyä laitteen lohkokkaavio.



Kuva 5.2. Laitteen prosessori ja siihen kytketyt oheislaitteet. (Bolymin Inc, 2010)

Ulkoisten laitteiden kiinnittäminen päätelaitteeseen onnistuu neljällä sarjaportilla, jotka perustuvat RS232 rajapintaan. Sarjaporteista yksi on varattu ainoastaan laitteen testaamiseen. Testausportin (Debug port) tarkoituksena on helpottaa laitteen kehitystä sekä mahdollistaa virheiden syntymisen havainnointia. Lisäksi laitteessa on yksi USB v1.1 isäntäportti (Host), yksi USB v2.0 laiteportti (Device) sekä 4 optisesti erotettua tuloa ja 4 optisesti erotettua lähtöä. (Bolymin Inc, 2010)

Paikkatiedon laite muodostaa sisäänrakennetun GPS vastaanottimen avulla. Vastaanotin kykenee vastaanottamaan myös Galileo signaalia.

Datayhteys voidaan muodostaa sisäänrakennetun GPRS modeemin avulla. Modeemi tukee GPRS multi-slot luokkaa 10, jolloin käytössä voi olla 4 taajuutta latauksella ja 2 taajuutta lähetyksellä. Käytettäessä edellä mainittua multi-slot 10 luokkaa ja CS4 koodausta, saadaan suurimmaksi tiedonsiirtonopeudeksi 85,6 kilobittiä sekunnissa verkosta laitteen suuntaan ja 42,8 kilobittiä sekunnissa laitteesta verkkoon.

Laitteessa on sisäänrakennettu akku ja latauselektronikka, jolloin sen toimintaan eivät käyttöjännitteen hetkelliset muutokset vaikuta.

## **6 Laitteen sähkömagneettisen häiriönsiedon testaus**

Tämän laitteen tullessa taksiin taksamittariksi, tulee sen Euroopan unionin määräysten mukaisesti täyttää vaadittavat määräykset. Taksin taksamittari luetaan mittalaitteeksi, jolloin mittarin tulee täyttää, sekä Euroopan Unionin ajoneuvodirektiivin asettamat asetukset, että Euroopan Unionin mittalaitedirektiivin määräämät asetukset.

Taksamittariin liittyvät ajoneuvodirektiivit ovat IEC 61000-4 ja ISO 763, sekä Euroopan unionin EMC direktiivi 2004/104/EC.

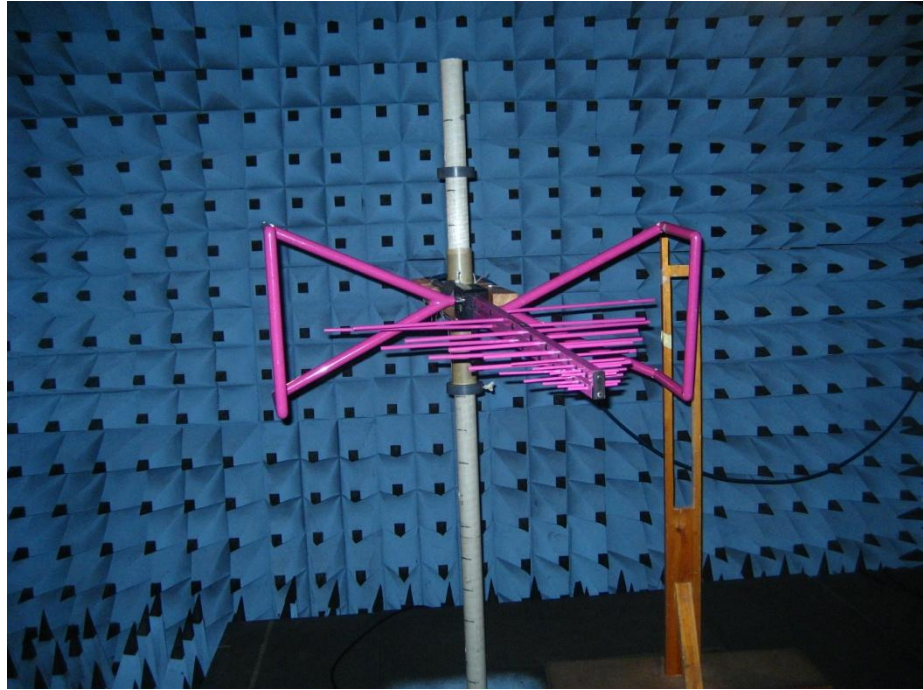
### **6.1 Laitteen testaus säteileviä häiriöitä vastaan**

Yrityksen aiemman taksamittarin kehitysversion EMC-testauksessa havaittujen ongelmien takia kiinnitettiin testauksessa huomio ainoastaan altistukseen sähkökentälle.

Laitetta testataan OIML R21 mukaisella testillä, käyttäen sekä pystypolarisoitua, että vaakapolaroitua 80 % amplitudimoduloitua 1 kHz siniaaltoa. Lähetettävän häiriön ollessa 80 MHz ja 2000 MHz taajuuteen välillä. Kentänvoimakkuuden ollessa testissä 24 V/m, sillä suomen lainsäädäntö ei salli pienempää voimakkuutta. Testeissä käytetään OIML R21 testimäärittelyissä kerrottua IEC 61000-4-3 normin mukaista testiasetelmaa.

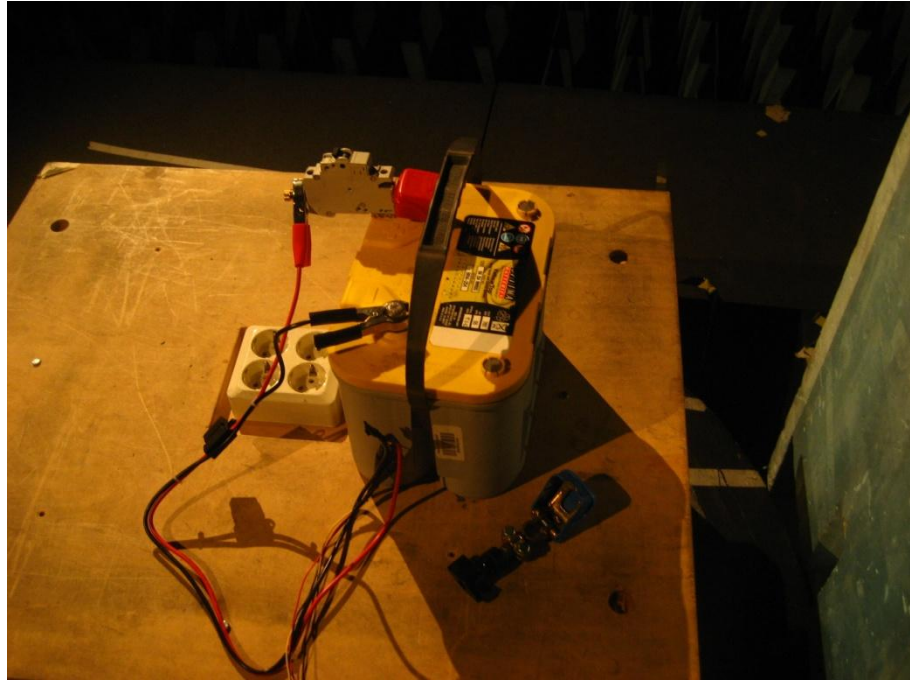
Laitteeseen kohdistettava häiriö lähetään kuvassa 6.1 esitetyllä antennilla. Antennin asentoa muuttamalla voidaan lähetettävän signaalin polarisaatiota muuttaa. Antennin etäisyys testattavasta laitteesta oli testissä noin 5 metriä.





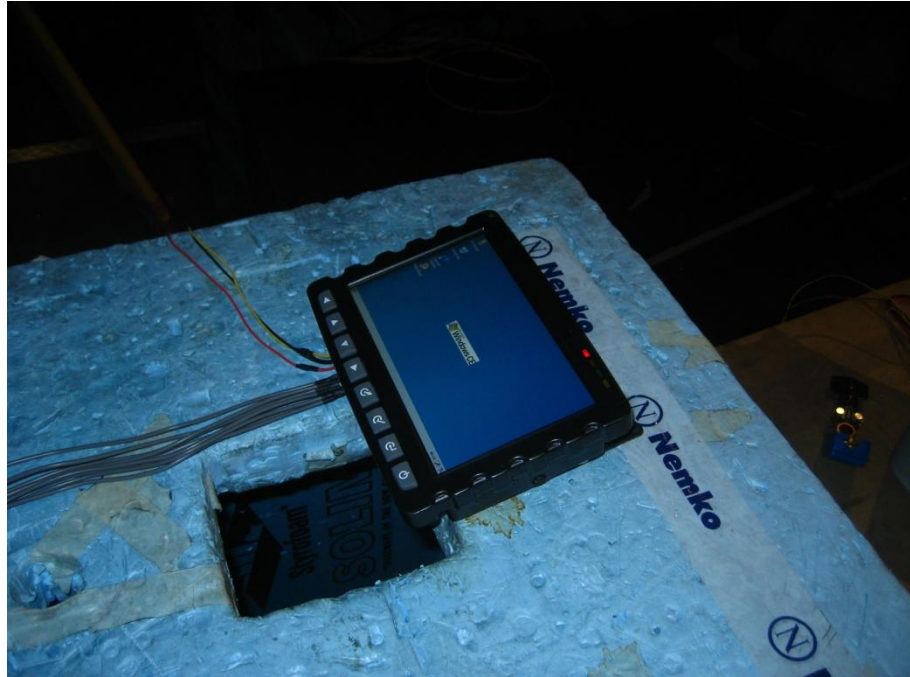
Kuva 6.1. EMC testihuoneen signaalin lähetysantenni. Kääntämällä antennia vaaka-akselin suhteen 90 astetta voidaan vaihtaa kuvan vaakapolarisoitua signaalia tuottavasta tavasta pystypolarisoitua signaalia tuottavaan muodostelmaan.

IEC 61000-4-3 testivaatimusten mukaisesti ajoneuvossa käytettävän laitteen virransyöttöön tulee käyttää akkua. Testijärjestelyssä käytetty virransyöttö on esitetty kuvassa 6.2.



Kuva 6.2. Testivaatimusten mukainen virransyöttö testattavalle laitteelle.

Lisäksi testimäärittelyissä vaaditaan, että testattava laite tulee sijaita eristetyllä pinnalla. Kuvassa 6.3 on esitetty testattava laitteisto testivaatimusten mukaisella tavalla käytetyssä testiympäristössä. Lisäksi kuvasta on havaittavissa laitteen syöttöjännitejohdot, sekä ylimääräisten I/O-porttien johdot.



Kuva 6.3. Testivaatimusten mukainen eristetty testialusta. Laitteen vasemmasta reunasta lähtevät laitteen virransyötön johtojen lisäksi laitteen I/O-johdot.

Testaustapahtuman aikana testihuoneessa ei voida oleskella, joten laitteen toiminnallisuutta tarkkaillaan käyttäen kuvassa 6.4 esitettyä videokameraa. Videokameran kuvasignaali välitetään huoneen ulkopuolelle, jossa signaali on kytketty televisioon, joka mahdollistaa laitteen reaaliaikaisen tarkkailun.



Kuva 6.4. Testattavaa laitteiston tarkkailuun käytetty videokamera. Videokameran kuvasignaali välitettiin reaaliaikaisesti testihuoneen ulkopuolelle virheiden havainnointiin.

Laitteen toimintaa testattiin suoraan paketista otetulla laitteella. Testiympäristössä laitteeseen oli kiinnitetty sarjaporttiin kuittikirjoitin. Testattavassa laitteessa suoritettiin ohjelmaa, joka lähettää sekunnin välein aikaleiman kirjoittimelle tulostettavaksi. Tällä menettelyllä pyrittiin havaitsemaan virheitä laitteen toiminnassa testin aikana.

Varsinaista testaussuunnitelmaa ei testien tekohetkellä ollut, vaan mahdollisten ongelmien ilmetessä, pyrittiin etsimään mahdollinen häiriölle altistunut kohde.

## 6.2 EMC-testien lopputulokset

Laitetta testattiin IEC 61000-4-3 testilaitteiston mukaisessa tilassa. Testattaessa vaakapolarisoitua häiriönkestoa, ei merkittäviä ongelmia ilmaantunut laitteen toiminnassa.

Pystypolarisoidulla häiriöllä laitetta altistettaessa ilmeni ongelmia 115 – 135 MHz taajuusalueella, jolloin laitteen näyttö sekosi, mutta toipui virheestä korkeammilla taajuuksilla.

Kyseisten taajuuksien aallonpituudet ovat välillä 2,2 – 2,6 m, jolloin vastaanottavan antennin pituudeksi riittää noin puoli metriä. Häiriöiden todennäköisin kulureitti laitteeseen lienee ollut virta- tai signaalijohdot, sillä vaihtamalla virta- ja signaalijohdot suojattuihin johtoihin, päästiin ongelmasta eroon.

Toistettaessa vaakapolarisaatiotestiä käyttäen suojattua virta- ja signaalijohtoja, havaittiin ongelmia näytössä 120 MHz taajuudella. Virheestä päästiin eroon poistamalla laitteen johtosarjasta käyttämättömien RS-232 sarjaporttien johdot.

Näiden näytössä esiintyneiden ongelmien lisäksi myös kuittikirjoittimen aikaleimoissa esiintyi häiriöitä.

## 7 Yhteenveto

Tässä työssä tarkoituksena oli selvittää yleisimmät ajoneuvokäytössä esiintyvät sähkömagneettisten häiriöiden tyypit ja häiriötyyppien pääasialliset kytkeytymistavat. Lisäksi työssä selvitetään täyttääkö valmis näyttöyksikkö Euroopan Unionin asettamat vaatimukset taksissa käytettävän taksamittarin suhteen.

Laiteella suoritettiin EMC-testit ennen ohjelmiston kehityksen aloitusta, sillä ta-keita valmiin laitteen häiriönsietotestien läpäisystä ei ollut. Suoritettujen EMC-testien perusteella laitteen mahdollisuudet toimia pohjana taksikäyttöön tarkoitettu- taksamittarina täyttyivät, mutta erityistä huomiota on kiinnitettävä käytettyihin testeihin.

Suoritettut testit, jälkikäteen arvioituina, eivät kerro juurikaan laitteen todellisesta häiriönkestosta, sillä laitetta altistettiin häiriölle vain yhdestä suunnasta, kun vaatimusten mukaisesti laitteen tulee kestää häiriötä kaikista suunnista. Lisäksi testeissä testattiin vain näyttöyksikön toimintaa häiriölle altistettuna. Täydelliseen taksamittariin kuuluu näyttöyksikön lisäksi myös pulssilaskuriyksikkö, jonka toiminnan tulee myös sietää näissä testeissä kuvatut häiriöt. Lisäksi häiriönsietotestien aikana ei laitteeseen syötetty pulssijonoa, kuten testivaatimuksissa vaaditaan.

Erityisesti testaussuunnitelman puute, sekä laitetta testaavan ryhmän pääasiallisen työnkuvan ollessa muuta kuin EMC-testaus tai muu suoranaisesti sähkömagneetismiin liittyvä toiminta, voidaan hyvällä syyllä kysyä, olisiko testien ulkoistus jollekin muulle taholle lisännyt testeistä saatavaa hyötyä.

## Lähdeluettelo

- Bolymin Inc. (27. Maaliskuu 2010). *Beta903A User Manual Ver 2001.pdf*. Haettu 28. Kesäkuu 2010 osoitteesta Bolymin Inc:  
<http://www.bolymin.com.tw/Doc/BETA903A%20User%20Manual%20VER%2001.pdf>
- Honkanen, H. (16. Marraskuu 2010). *Sähkömagneettinen Kytkeytyminen*. Haettu 18. Toukokuu 2012 osoitteesta Kajaanin ammattikorkeakoulu:  
[http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/EMCs\\_S%C3%A4hk%C3%B6magn\\_kytk.pdf](http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/EMCs_S%C3%A4hk%C3%B6magn_kytk.pdf)
- OIML. (2007). *Taximeters - Metrological and technical requirements, test procedures and test report format*. International Recommendation.
- Ott, H. W. (1988). *Noise reduction techniques in electronic systems* (2nd Edition p.). Wiley.
- Wikipedia.org. (15. Elokuu 2011). *EMI coupling modes.svg*. Haettu 18. Toukokuu 2012 osoitteesta Wikipedia.org:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:EMI\\_coupling\\_modes.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:EMI_coupling_modes.svg)