

MÉRÉSI SEGÉDLET

RF zavarkibocsátás és zavarérzékenység méréshez (EMC)

V2 épület VII.emelet 721.
Antenna Labor



**BUDAPESTI MŰSZAKI és GAZDASÁGTUDOMÁNYI
EGYETEM**
VILLAMOSMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR

Szélessávú Hírközlő Rendszerek Tanszék
H-1111 Budapest, Goldmann György tér 3.
V2 épület VI. emelet
tel.: (+36 1) 463 15 59, fax : (+36 1) 463 32 89

Készítette :
Szűcs László

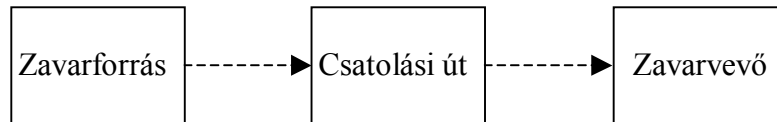
2002

Tartalomjegyzék

1. Az elektromágneses kompatibilitás (EMC) alapfogalmai	2
2. Zavarforrások	4
3. Vezetett zavarok szűrése	5
4. Sugárzott zavarok csökkentése.....	6
5. Készülék tervezési elvek	8
6. EMC mérések	9
Házi feladat:	11
Ellenőrző kérdések	11
Mérési feladatok.....	11

1. Az elektromágneses kompatibilitás (EMC) alapfogalmai

Az elektromágneses zavarás általános modellje a következő:



1.1. ábra

A zavarforrások lehetnek természetes vagy mesterséges eredetűek. Természetes eredetű például a villám és egyéb légköri jelenségek valamint a világútból érkező sugárzások. Mesterséges eredetűeknek a valamilyen elektromágneses elven működő készülék üzemszerű, vagy hibás működése során keletkező és a környezetbe kijutó jeleket nevezzük. Ilyenek pl. a nagyfeszültségű energetikai hálózat, a rádió és TV adók, nagyáramú kapcsolók, motorok, egyenirányítók, gázkisülési csövek stb. Zavarkibocsátás gyakorlatilag minden elektromos készüléknél van, de ez csak akkor válik zavaróvá ha egy másik készülék működését akadályozza.

A csatolási úton különböző módokon juthat el a zavarjel a vevőbe. A csatolási módokat egységesen vizsgálhatjuk a Maxwell egyenletek különböző peremfeltételek mellett történő megoldásával. A gyakorlati élethez közelebb áll az alábbi felosztás:

A zavarjelek eljuthatnak a zavarvevőbe:

- galvanikus csatolással
- kapacitív csatolással
- induktív csatolással
- vezetett elektromágneses hullámmal
- sugárzott elektromágneses hullámmal

A zavarjel bejuthat a zavart készülékbe a külvilággal kapcsolatot tartó vezetéken, vagy közvetlenül elektromágneses közel-, ill. távotér formájában. Az első esetben vezetett, a másodikban sugárzott zavarásról beszélünk.

A zavarás csökkentésére a modell mindhárom részén lehetőség van. A zavarforrás zavar szintjének csökkentése, a csatolási út csillapításának növelése, illetve a zavarvevő zavarjelekkel szembeni tűrőképességének növelése egyaránt a zavarás csökkentését eredményezi. Természetesen nem mindig lehetséges mindegyik eljárást alkalmazni, hiszen pl. a természetes eredetű zavarok szintjének csökkentésére nincs lehetőségünk, de a villamostól recsegő rádió érzékenységet sem illik csökkenteni a vételi frekvencián.

A továbbiakban megvizsgáljuk a különböző csatolási módokat:

Galvanikus csatolás:

Galvanikus csatolás akkor jön létre, ha a jel ill. zavaráramok közös impedancián folynak. Ilyen lehet pl. a közös földvezető nem elhanyagolható impedanciája.

Kapacitív csatolás:

Kapacitív csatolás az egymás mellett elhelyezett eszközök, vezetékek között alakul ki. Ez a csatolási mód akkor jellemző, ha a csatolásba került berendezések kis áramokkal, de viszonylag nagy feszültségekkel működnek és ekvipotenciális felületnek tekinthetők, vagyis nagyságuk és távolságuk nem nagyobb a zavarjel hullámhosszána tizedénél. Ilyen zavarok léphetnek fel pl. nagyfeszültségű nagyfrekvenciás berendezések közelében elhelyezkedő vezetékekben.

Induktív csatolás:

Induktív csatolás az előző geometriai elrendezésben, de a nagy áramok esetén alakul ki. Ekkor az egyik áramkörben folyó áram mágneses tere áramot indukál a másik berendezésben. Ez a csatolási mód gyakran fellép pl. nagyteljesítményű kapcsolóüzemű tápegységek közelében.

Vezetett elektromágneses hullám:

Ha a vezetékek továbbra is egymás közelterében vannak, de a hosszabbak a hullámhossz tizedénél, akkor csatolt tápvonalként viselkednek. Ekkor a csatolást a kölcsönös impedanciák írják le az irodalomban megtalálható bonyolult összefüggésekkel. Napjainkban az egyre gyorsabb működésű számítógépekben akár a nyomtatott áramköri panelen is előfordulhatnak ilyen jellegű csatolások.

Sugárzott elektromágneses hullám:

Ha a vezetők egymás távolterében helyezkednek el, akkor a csatolást sugárzott elektromágneses hullámok hozzák létre. Ebben a térrészben mind az elektromos, mind a mágneses térerősség a távolság reciprokával arányosan változik. A csatolás kizárólag az adó és a vevő vezetékek sugárzási tulajdonságainak ismeretében határozható meg. A vezetékek által előállított tér becslésére a huzalantennák elméletéből ismert összefüggések adhatnak segítséget.

2. Zavarforrások

A távközléstechnikai, műsorszóró, radar és távérzékeléstechnikai készülékek üzemszerű működés közben elektromágneses hullámokat bocsájtanak ki, amelyek a zavart készülékben feszültségeket, áramokat indukálnak.

Néhány készülék által jellemzően előállított térerősséget foglaltunk össze az 1. táblázatban:

ZAVARFORRÁS	TÁVOLSÁG	TÉRERŐSSÉG
Műsorszóró adó	2 km	1 V/m
Mobil telefon,CB	5m	10 V/m
Kézi rádiótelefon	1m	0.1-1 V/m
Kézi rádiótelefon	0.1m	1-30V/m
Radar	1 km	100V/m

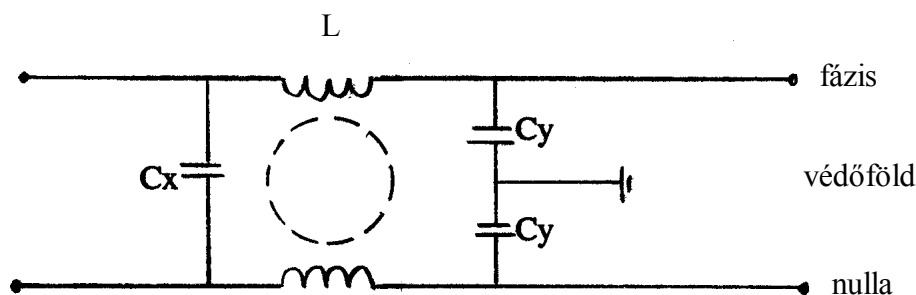
A nem üzemszerű működés során keletkező zavarok általában a fentieknél kisebbek, a készülék megfelelő konstrukciójával értékük csökkenthető.

3. Vezetett zavarok szűrése

A szűrőket működési elvük alapján két csoportba sorolhatjuk:

- reflexiós típusú
- abszorpciós típusú

A reflexiós szűrők a zavarfrekvencián nagyfokú impedancia illesztetlenséget mutatnak, így a zavarjeleket visszaverik forrásuk felé. Hatásosságukat nehéz pontosan megítélni, mert mind a hálózat, mind a védendő szerkezet impedanciája tág határok között változik. Leggyakrabban az alábbi kapcsoláshoz hasonló szűrőket alkalmaznak:



3.1. ábra

A C_x kondenzátor a szimmetrikus, míg az L áramkompenzált fojtó és a C_y kondenzátorok az aszimmetrikus jelek szűrését biztosítják. Az L fojtó két tekercsének tekercselési iránya olyan, hogy az üzemi áramok kompenzálják egymás mágneses hatását, így a vasmag nem kerül telítésbe.

A kapcsolásból látható, hogy a C_y kondenzátorokon a védőföld felé üzemszerűen áram folyik. A megengedhető áram nagyságát érintésvédelmi előírások korlátozzák, ami mind a kapacitás nagyságára, mind az átütési szilárdságára megkötéseket jelent.

Több különböző frekvenciasávú szűrőt kaszkádba kapcsolva szélesebb frekvenciatartományban működő szűrőt kapunk, amely a lezárásokra is kevésbé érzékeny.

Az abszorpciós szűrők a zavarfrekvencián veszteséges dielektrikumot ill mágneses anyagot tartalmaznak. Ezen anyagok a zavarjeleket hővé alakítják, és működésük kevésbé függ a lezárásoktól. Igen jól használható fajtája ezen szűrőknek az aluláteresztő jellegű kábelekből készített hálózati vezeték, amely a vezetékek körül veszteséges anyagból készített köpenyt tartalmaz.

Kaphatók már szabványos hálózati csatlakozóval felszerelt kábelek, melyek a csatlakozó dugókban reflexiós szűrőt és túlfeszültségvédelmet is tartalmaznak.

4. Sugárzott zavarok csökkentése

Fentebb ismertettük a zavarjelek terjedési mechanizmusát. Itt láttuk, hogy a zavarok galvanikus kapcsolat nélkül is terjedhetnek. Az ilyen zavartatás kiküszöbölése, vagy csökkentése árnyékolás segítségével történhet. Az árnyolások vizsgálatához elemezni kell a sugárzott zavarjelek előállításának és terjedésének körülményeit. Láttuk hogy az alábbi csatolási módok léteznek:

- kapacitív csatolás
- induktív csatolás
- vezetett elektromágneses hullám
- sugárzott elektromágneses hullám

Az árnyékolási csillapítást az árnyékoló anyag két oldalán kialakuló elektromos, vagy mágneses térerősséggel adjuk meg:

$$S_e = 20 \log \frac{E_1}{E_2} ; \text{dB},$$

$$S_h = 20 \log \frac{H_1}{H_2} ; \text{dB}.$$

Az árnyékolási csillapítás mértéke három tényező együttes hatásától függ:

$$S = R + A + B$$

ahol R - az árnyékoló közeg be- és kilépő határfelületén jellemző reflexiós csillapítás,

A - az árnyékoló anyagban mutatkozó abszorpciós csillapítás,

B - az árnyékoló közeg (lemez) két határfelülete között kialakuló többszörös reflexiók hatása.

A reflexiós csillapítás - mint a neve is mutatja - az elektromágneses hullám visszaverődésének mértékétől függ. Nagyságát az határozza meg, hogy az adott esetben, az árnyékoló anyagon kívül és belül kialakuló elektromágneses térben mennyire tér el az elektromos és mágneses térerők hányadosa. Ha az eltérés nagy, akkor nagy a reflexiós csillapítás.

Az abszorpciós csillapítás az árnyékoló anyag belsejében haladó elektromágneses hullám nagyságának csökkenése a közeg Ohm-os veszteségei miatt.

A többszörös reflexiók hatását azért kell figyelembe venni, mert reflexió nemcsak az elektromágneses hullám árnyékolásba történő belépésekor, hanem a kilépéskor is kialakul. Természetesen ha a reflexiós csillapítás, vagy az abszorpciós csillapítás elegendően nagy, akkor a többszörös reflexiók hatása elhanyagolható.

A bevezetőben említett esetekben az alábbi - a gyakorlati életben igazolt – tervezési megfontolások adódnak

Kapacitív csatolás esetén igen jó árnyékolás készíthető jó vezetőképességű fémekből. Az árnyékoló lemez nagyságát, alakját úgy kell megválasztani, hogy az elektromos erővonalak döntő többsége a fémfelületen végződjön.

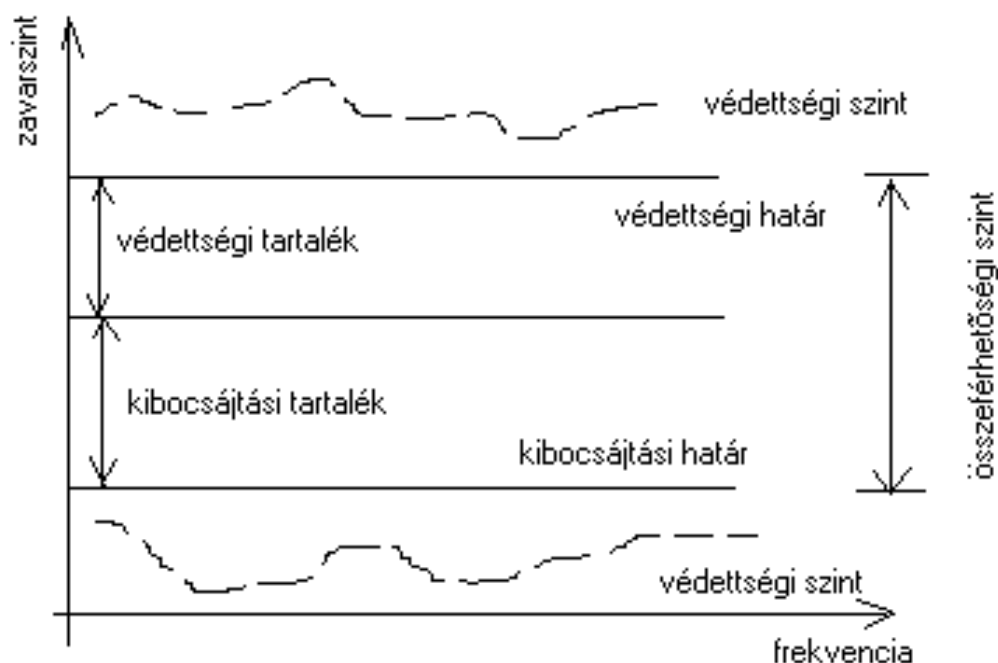
Induktív csatolás esetén nagy permeabilitással rendelkező ferromágneses anyagból kell készíteni az árnyékolást. Mágneses közeletér esetén ez az egyetlen szóba jöhető, elfogadható csillapítást adó anyag. Itt gondot okozhat az árnyékolás ferromágneses tulajdonságainak iránytól, frekvenciától és a mágneses indukciótól való függése. Az ilyen árnyékolások tervezése nagy szakértelmet kíván.

Vezetett elektromágneses hullám esetén a fenti két eset kombinációját kell használni. Itt gyakran egyszerűbb és jobb eredményt ad a vezetékek távolságának megnövelése.

Sugárzott elektromágneses hullám esetén levegőben az elektromos és a mágneses térerősség hányadosa 377 Ohm. Jó vezetőképességű fémekből megfelelő árnyékolás készíthető, de itt különösen kell vigyázni a megvalósításra. Kizárólag zárt, megfelelő galvanikus kapcsolattal összeszerelt doboz ad az anyag árnyékolási tulajdonságainak megfelelő csillapítást. A dobozon lévő nyílások, átvezetett kábelek nagyságrendekkel lerontják az árnyékolási csillapítást.

5. Készülék tervezési elvek

A berendezések zavarkibocsátását illetve zavartűrését szabványok határozzák meg. Az ezekben rögzített szinteket úgy választották meg, hogy az alábbi ábrán összeférhetőségi szintként megjelölt sáv elegendően nagy védettséget biztosítson a gyakorlati életben előforduló legtöbb esetben.



5.1. ábra

6. EMC mérések

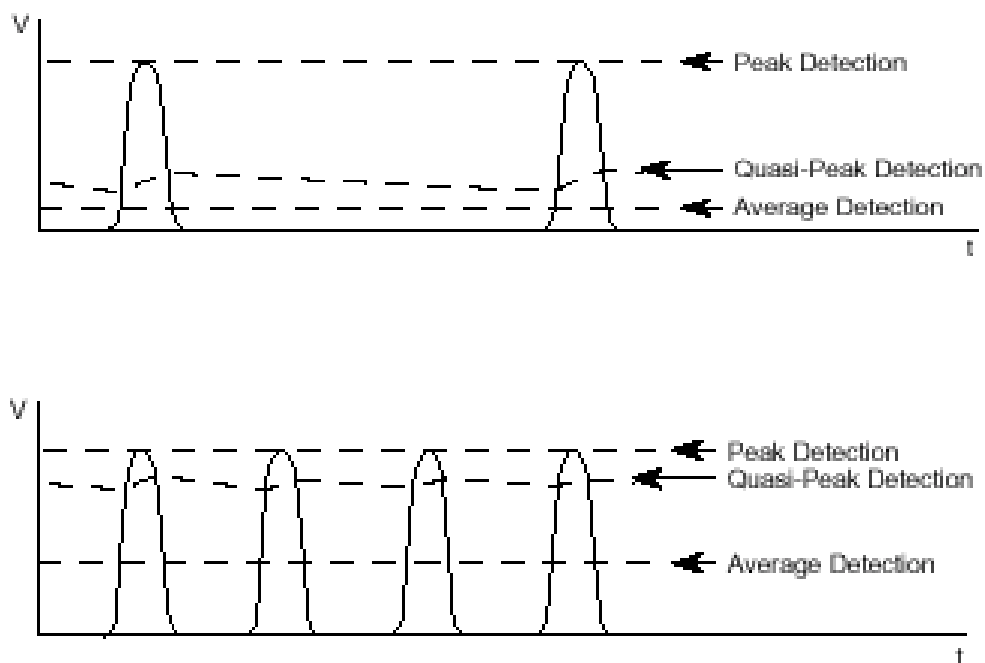
Az EMC mérések alapvetően két csoportba oszthatók:

- zavartűrés mérések
- zavarkibocsátás mérések

Mindkét esetben vizsgálhatjuk a vezetett illetve a sugárzott zavarokat.

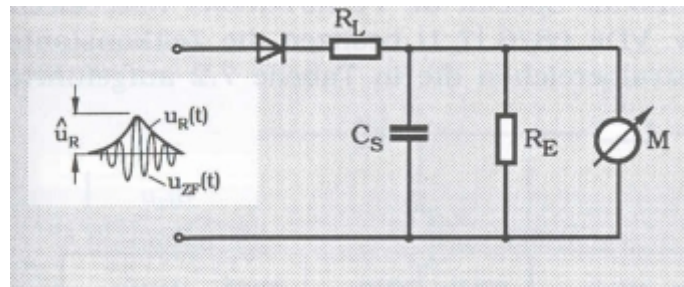
A zavartűrés mérések esetén valamilyen szabványos jelet megfelelő csatoló eszközzel bejuttatunk a készülékbe és figyeljük a működőképesség változását. A zavarkibocsátás mérések esetén frekvencia szelektív vevővel mérjük a zavarjel (áram, feszültség, térerősség) nagyságát.

Az EMC mérések elvégzésénél alapvető probléma, hogy a mérendő jelalak (a zavar) teljesen ismeretlen. A jelalaktól függően a különböző detektorok (csúcs, effektív, átlag, QP) nagyon eltérő értéket mutatnak. Például ismétlődő impulzus alakú jeleknél az alábbi ábra szerint alakulnak a mért értékek.



6.1. ábra

A Ouasi-Peak (QP) detekció az alábbi ábra szerinti áramkörrel végezhető el:



6.2. ábra

	9 kHz-150 KHz	150 kHz-30 MHz	30 MHz-1 GHz
Sávszélesség	200 Hz	9 kHz	120 kHz
QP detektor idő- állandó	45/500 ms	1/160 ms	1/550 ms

A szabványok a fenti probléma megoldására kétfajta detektorral írnak elő határértékeket (QP és átlagérték), és a vizsgált eszköznek mindkettő szerint meg kell felelnie.

Házi feladat:

1. Ismételje át a tápvonalakról tanultakat. (hullámimpedancia, reflexiós tényező, állóhullámarány stb.)
2. Ismételje át a hullámterjedésről tanultakat. (rezonáns dipól tere, közeltér, távoltér, szabadtéri csillapítás stb.)
3. Tanulmányozza a QP detektor működési elvét.
4. Gondolja át, hogy szinuszos jelek esetén a csúcs és a QP detektor által mért értékek hogyan viszonyulnak egymáshoz.

Ellenőrző kérdések

1. Írja fel a szakaszcillapítás definícióját !
2. Írja fel a szabadtéri csillapítás képletét !
3. Mi az antennák nyereségének definíciója ?
4. Mi az antenna közeli és távoli tere ?
5. Hogyan definiáljuk a feszültség reflexió tényezőt?
6. Hogyan definiáljuk a feszültség állóhullámarányt?
7. Mi az EMC összeférhetőségi szint ?
8. Mi az árnyékolási csillapítás ?
9. Milyen csatolási módok ismertek az EMC vizsgálatoknál ?
10. Mi a QP detektor alapelve ?

Mérési feladatok

1. Tanulmányozza a mérésvezető irányításával az EMC műszereket. Ismerje meg a legfontosabb kezelőszerveket, az automatikus és manuális mérési módokat.
2. Ismerje meg az EMC mérések kiegészítő eszközeit. (antennák, közeltéri szondák, áramtranszformátorok, TEM cella stb)
3. Vizsgálja meg egy teszt készülék sugárzott és vezetett zavar kibocsátását.
4. A teszt készülék házának leszerelése után megismételt méréssel becsülje meg az árnyékolási csillapítást.

5. Közeltéri szondák segítségével azonosítsa a készüléken belül a fontosabb zavarforrásokat.
6. Külső hálózati zavarűző beiktatása után ismétlje meg a vezetett zavar méréseket.
7. Vizsgálja meg egy teszt készülék sugárzott és vezetett zavarokkal szemben mutatott zavartűrését.
8. Hasonlítsa össze a mérési eredményeket a szabványok határértékeivel.