

Mikrohullámú rádiórelé berendezések nagyfrekvenciás zavaró tér elleni védelme

MÓDER ISTVÁN
ORION

Bevezetés

Az utóbbi időben egyre nő az elektronikus, ill. elektromos berendezések összeférhetőségének (Elektromágneses kompatibilitásának = EMC) jelentősége, mivel egyre több különböző berendezés, műszer üzemel egymás mellett azonos helyiségben, esetleg azonos keretváz rendszerben. Gondoljunk pl. egy hírközlő központra, vagy repülőgép irányító, ill. radarközpont. Gyakran mikrohullámú rádiórelé berendezést működtetnek nagyteljesítményű rádió vagy TV adók közelében. A nemkívánatos jelek csatolásba kerülnek a berendezések érzékeny áramköreivel és interferenciát, végső fokon zajt, zavart okoznak. Sokszor a zavarforrások nem ilyen kézzelfoghatóak, pl. hegesztő berendezések, orvosi intézmények rövidhullámú kezelő berendezései. A teljesítmény-elektronikai berendezések különösen gyakran termelnek zajt a korona kisülésen keresztül és a rossz csatlakozásból adódó ívvel. Ezek a zajok a 3–30 MHz frekvenciaspektrumban komoly problémákat okozhatnak.

1. Az elektromágneses zavarteljesítmény csatolásának módjai

- 1.1. Galvanikus csatolás: tipikusan kis frekvenciákon okoz problémát. Ez látható az 1. ábrán
- 1.2. Induktív csatolás: a csatolás mechanizmusát a 2. ábra szemlélteti
- 1.3. Kapacitív csatolás: egy csatoló kapacitással reprezentálható, amelyet a 3. ábra mutat
- 1.4. Sugárzási csatolás: a vezetékek, mint antennák foghatók fel. Az antenna viselkedése közelítőleg Z_b belső ellenállással és U_0 feszültségforrással írható le

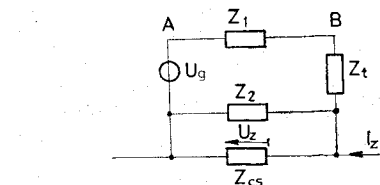
$$(U_0) = (E_0)h_{\text{eff}}$$

$$(Z_b) = 1580[h_{\text{eff}}/\lambda^2]$$

ahol: (E_0) = az elektromos térerősség abszolút értéke,
 h_{eff} = az antenna hatásos hossza,
 λ = hullámhossz.

2. Az elektromágneses zavarok csökkentésének módjai

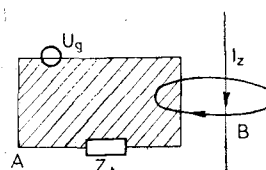
Az elektromágneses zavarok csökkentésére leggyakrabban alkalmazott módszerek a következők:



- U_g = az A. berendezés vagy egység kimenőfeszültsége
- Z_t = a B. berendezés vagy egység bemenő impedanciája.
- Z_1, Z_2 = az összekötő vezetékek impedanciái
- Z_{cs} = földelő vagy vonatkoztatási vezeték impedanciája.
- I_z = zavaró áram
- U_z = az I_z hatására a Z_{cs} -n létrejövő zavarófeszültség

B 217-1

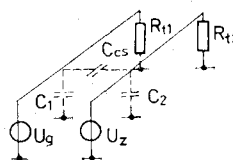
1. ábra. Galvanikus csatolás



- B = a zavaró áram által létrehozott indukció
- A = az indukcióvonalak által metszett felület

B 217-2

2. ábra. Induktív csatolás



- C_1, C_2 = a zavart és zavaró áramkör meleg vezetékének a földhöz ill. vonatkoztatási vezetékhez mért kapacitása
- C_{cs} = a csatoló kapacitás

B 217-3

3. ábra. Kapacitív csatolás

- Árnyékolás: a teljes berendezés árnyékolása, legkritikusabb áramkörök árnyékolása, kábelek árnyékolása, szélsőségesen nagy zavaró teljesítmények esetén árnyékolt szobák kialakítása.
- Szűrés: A jel és teljesítmény vonalakban alkalmazott szűrők jelentősen csökkentik az interferencia veszélyt.
- Jó minőségű földelési rendszer készítése.

- Áramköri védelmek: szimmetrizálás, differenciál erősítők használata, optoelektronikus és egyéb zavarérzékeny csatoló áramkörök alkalmazása stb.

A berendezések fejlesztésénél a fentieket figyelembe kell venni, különben az üzembe helyezés során felmerülő EMC problémák utólagos megoldása költséges és bonyolult.

3. Árnyékolás, árnyékoló és tömítő anyagok áttekintése

Az árnyékolással lényegében csillapítást viszünk abba az útba, amelyen az interferencia forrásból a nemkívánatos jel a vevőbe jut. Az árnyékolás hatásos lehet mind adó, mind vevő oldalon. Viszonylag könnyű elérni 40 dB-es árnyékolási csillapítást a 100 kHz feletti frekvencia tartományban, esetleg gondosan kivitelezett egyszeres árnyékolással 70 dB-t. Kétszeres árnyékolással 120 dB is elérhető. Ennél nagyobb csillapítás értékeknek csak elméleti jelentőségük van, mert ilyen kis szintű zavarjelek a gyakorlatban használatos műszerekkel, ill. mérési módszerekkel nem indikálhatók. Általában az elektromos tér elleni árnyékolás elkészítése egyszerűbb, mágneses árnyékolás kivitelezése sokkal bonyolultabb, különösen 100 kHz alatti frekvenciákon.

Az árnyékolási csillapítást három összetevő eredőjeként kaphatjuk:

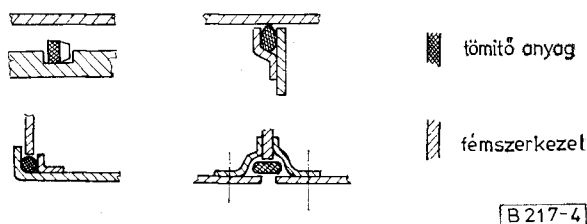
- Reflexiós csillapítás, mely nem függ az anyag vastagságától, csak minőségétől (permeabilitás, vezetőképesség), valamint az árnyékoló eszköznek a zavarforrástól való távolságától.
- Abszorpciós csillapítás. Az anyagi minőség mellett egyenesen arányos az árnyékoló anyag vastagságával.
- Korrektív tényező, kis (10 dB-nél kisebb) abszorpciós csillapítások esetén a többszörös reflexiók miatt módosítja a reflexiós csillapítás értékét.

Nagyobb frekvenciákon (1 MHz felett) az árnyékoláshoz szükséges anyagvastagság a gyakorlat számára elfogadható értékű. Réz, alumínium, vaslemez anyagokkal jó minőségű árnyékolások valósíthatók meg. Nagyobb problémát okoznak a csatlakozó szerkezeti elemek, dobozfedelek, ajtók, szellőző nyílások és általában a különböző tömítetlenségek. Gondot jelent a korrózió jelenléte, különösen a szélsőséges éghajlati körülmények közt üzemelő berendezéseknél. A nem megfelelően érintkező felületek közötti nyílások, mint réstantennák működnek és sugároznak. Alkalmazásra ajánlott tömítő anyagok: berilliumbronz árnyékoló rugók, melyek változatos profilban készülnek, továbbá különböző fémszövetek, rendszerint szilikon hordozóra felvive és ilyen formán egyaránt alkalmasak nemcsak elektromos tömítésre, hanem víz, csapadék, gőz elleni zárásra is.

A fémszövetek anyaga általában monel (rozsdamentes acélfajta) vagy vékony rézbevonattal ellátott acél (Ferrex). Tömítő anyagok alkalmazása

során megfelelő nyomóerőről kell gondoskodni. Az utóbbi időben elterjedten használják a különböző típusú vezető pasztákat és lakkokat.

Tipikus RF tömítési eljárásokat mutat a 4. ábra.



4. ábra. Tipikus RF tömítések

4. Mikrohullámú berendezés nagyfrekvenciás zavaró térben

A mikrohullámú berendezések hagyományos felépítése (doboz, ill. rack rendszer) általában hatásos árnyékolási védelmet nyújt. Kivételt képeznek azok a berendezéseink, melyeknek nem RF részei árnyékolatlan kártyákra készülnek. Kisebb méretű berendezéseknél elfogadható áron megoldható az egész berendezés zárt dobozba (konténer) helyezése és ezzel együtt árnyékolása. Az árnyékolás csak úgy hatásos, ha a védett térrészbe megfelelő szűrőkön keresztül csatlakozunk, pl. tápfeszültség vonalak szűrése stb.

Nagy erősségű interferencia forrás esetén a nagy méretű berendezéseket árnyékolt helyiségben szokták elhelyezni, pl. a solti Kossuth adónál működő mikrohullámú berendezés rézlemezekkel borított szobában üzemel. Az árnyékolt szobáknál az ajtók, a szellőzőnyílások, a jel és tápfeszültség vezeték bevezetései okoznak árnyékolási problémákat. Az ajtók elektromos zárását általában érintkező rugókkal oldják meg. A szellőzőnyílások határhullámhossz alatti csillapítóként működnek. A vezeték szűrése is biztosítja a zavaró tér távortartását a berendezéstől.

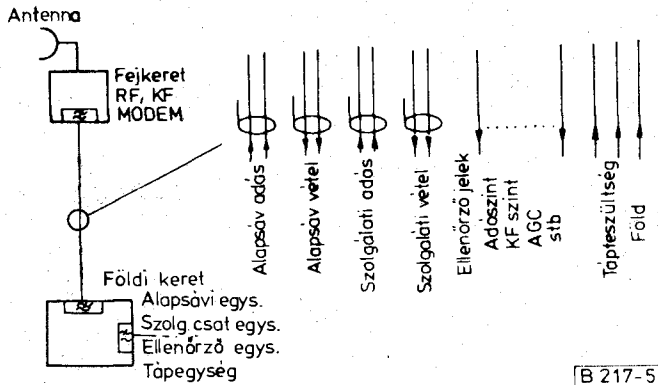
5. Orion gyártmányú zavarűző egység

A zavarűzők egy 24 csatornás FM berendezésben kerültek alkalmazásra, melynek vázlatja az 5. ábrán látható.

A berendezés két fő részből áll:

- Fejkeret: Tetőn vagy tartóárbocon elhelyezett, az antennához rövid kábellel csatlakozó árnyékolt, zárt konténer, melyben a rádiófrekvenciás, középfrekvenciás egységeket, valamint a modulátor egységeket helyeztük el.
- Földi keret: A kezelő helyiségben elhelyezett szintén árnyékolt konstrukció, melyben az alapsávi, szolgálati, távkezelő és ellenőrző egységek találhatók.

A két berendezésrész 30–100 m kábellel csatlakozik egymáshoz. A fejkeretben egy, a földi keretben két darab zavarűző egység található.



5. ábra. 24 csatornás FM berendezés elrendezési vázlata

A zavarcsökkentő feladata, hogy az elektromágneses tér és a belső áramkörök közötti csatolást, mely az összekötő kábelek révén jön létre, a szükséges mértékben korlátozza, ugyanakkor a hasznos jeleket minimális torzítással eressze át.

A hasznos jelek által elfoglalt frekvenciatartomány:

Tápfeszültség, ellenőrző jelek: Egyenfeszültség
 Alapsáv: 12–108 kHz
 Szolgálati csatorna: 0,3–3,4 kHz

A nemkívánatos EM tér frekvenciája: 2 MHz–1 GHz (feltételezve).

A kábelüket lezáró impedanciák az egyes ágakban:

Tápfeszültség ág: Kb. 0 ohm
 Ellenőrző jel ág: 1 kohm
 Szolgálati ág: 600 ohm szimm.
 Alapsáv ág: 150 ohm szimm.

Az átviteli sávra vonatkozó követelmények:

Amplitúdókarakterisztika ingadozása:
 Szolgálati sáv: 0,3–4 kHz $\pm 0,15$ dB 800 Hz ref.
 Alapsáv: 12–108 kHz $\pm 0,1$ dB 36 kHz ref.

Ütközési csillapítás:

Szolgálati sáv: 0,3–4 kHz 20 dB
 Alapsáv: 12–108 kHz 24 dB

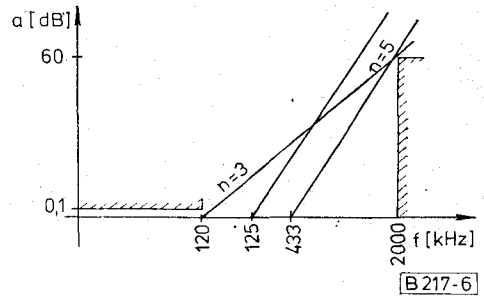
Zárósávra vonatkozó előírás:

A szűrők és tápfeszültség jelek szűrőinek csak zárótartománybeli előírása van: 75 ohm-os lezárások közt biztosítsa a 60 dB-es csillapítást a fenti frekvenciatartományban.

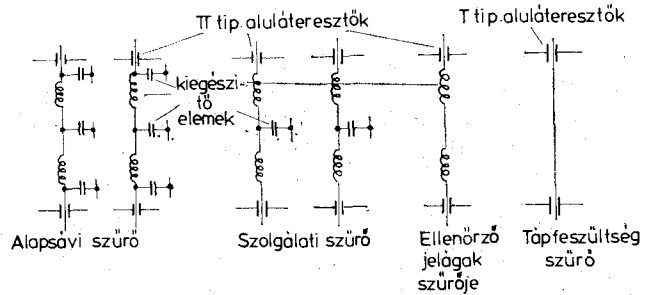
A jelágak előírásaira vonatkozó toleranciasémát (6. ábra) elvileg — veszteségmentes, kis értéktűrésű elemekkel — harmadfokú szűrő is kielégítené. Tekintettel arra, hogy az alkatrészek nem ideálisak, a szűrő fokszámát ötre emelve a toleranciaséma biztonságosan kielégíthető. Az átviteli sávot a lehető legnagyobbra választottuk, hogy az amplitúdó menet alkatrész szórásokból adódó ingadozását kiküszöböljük.

A szűrők a 7. ábrán láthatók. A kiegészítő elemek biztosítják a szűrőkarakterisztika kialakítását az átviteli sávban, ill. a zárósáv elején (kb. 10 MHz-ig).

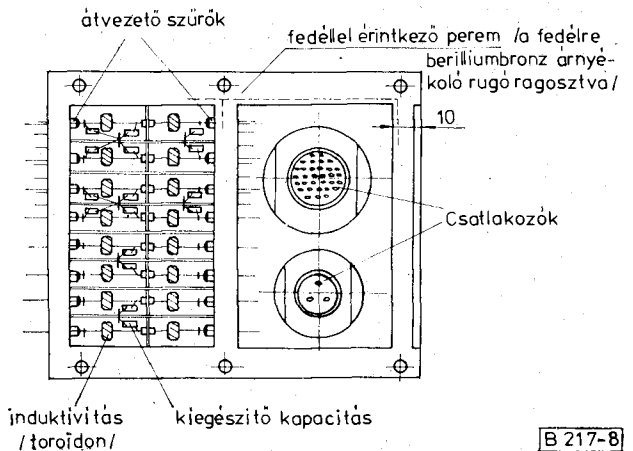
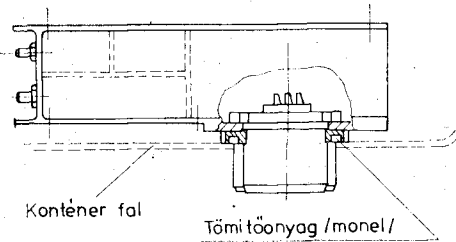
Nagyfrekvencián a megfelelő minőségű áteresztő szűrők teszik lehetővé a kívánt csillapítás elérését (aluláteresztő T ill. II tagok).



6. ábra. Tolerancia séma



7. ábra. A megvalósított aluláteresztők



8. ábra. Szűrőegység

A sugárzások elkerülése érdekében zárt dobozkonstrukciót alakítottunk ki (8. ábra). Az elkészült példányok mérésekor a mérési összeállítás 100 dB-es csillapítás-értékek mérésére volt alkalmas. A 10 MHz-tól 1 GHz-ig terjedő frekvenciatartományban a szűrőegység csillapítása ennél jobb.

Fentiekben a rádiórelé berendezések zavaró tér elleni védelmének egy megvalósított — extrém körülményekre is igen hatásos, bár bonyolult és költsé-

séges — megoldását mutattuk be. Tapasztalataink szerint az alkalmazások döntő többségében a gondos tervezés, valamint a szűrés és árnyékolás egyszerűbb, de együttesen alkalmazott módszerei kielégítik az elektromágneses kompatibilitás gyakorlati követelményeit. A „gyakorlati” követelmények számszerűsítése a zavarsugárzási és érzékenységi mérési módszerek (homogén tér előállítása, szondák, mérőantennák és geometriai elhelyezésük stb.) kialakulatlansága miatt nehéz és bonyolult feladat,

ami az ajánlásokat kidolgozó nemzetközi testületekre (CCIR, CCITT, KGST, POTÁB) vár, ennek taglalása azonban meghaladja jelen cikk kereteit.

I R O D A L O M

- White, D.:* EMI/EMC — handbook, Verlag Dou White Consultants, Inc., Germantown, Maryland, USA 1972.
Dieter Stoll: EMC Elektromagnetische Verträglichkeit AEG — Telefunkel Zentralabteilung Firmenverlag ELITERA—VERLAG GmbH, Berlin 33.
-