

AZ ELEKTROMÁGNESES KOMPATIBILITÁS

**Teréki Csaba mérnök százados
Szabó Gyula mérnök őrnagy
egyetemi tanársegéd
Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem
Vezetés- és Szervezéstudományi Kar
Fedélzeti rendszerek tanszék**

Az elektromágneses összeférhetőség igen lényeges szempont és egyben feladat is. A kis energiával működő analóg és digitális áramkörök, mikroprocesszorok nagyon érzékenyek az elektromágneses zavarokra, ezért fontos, hogy ismerjük e zavarfajtákat és képesek legyünk hatásuk csökkentésére, illetve kiküszöbölésére. A cikk az elektromágneses kompatibilitás témakörét dolgozza fel az alapvető fogalmakon és felosztásokon keresztül.

BEVEZETÉS

Mindennapi életünk ma már elképzelhetetlen korszerű elektronikus berendezések és rendszerek nélkül. A munkahelyeken személyi számítógépek, elektronikus szövegszerkesztő írógépek, üzenetrögzítők, faxberendezések, fénymásolók, elektronikus személyhívó és jelzőrendszerek stb. segítik a napi munkavégzést. A korszerű, nagy teljesítményű berendezések vezérlését és szabályozását gyors analóg és digitális elektronikai rendszerek végzik, főleg elektronikus folyamatirányító számítógépekkel. Ez az együttműködés felvetette az érzékeny elektronikai berendezések és az erős elektromos és mágneses zavaró terekkel jellemzett környezet egymásra hatásának, összeférhetőségének problémáját. Ezt a problémakört tárgyalja az EMC (electromagnetic compatibility).

Az elektromágneses kompatibilitás az elektromágneses környezetben üzemelő technikai eszközök és berendezések kölcsönhatása, illetve összeférhetősége.

Az elektromágneses környezet eleme akkor mondható kompatibilisnek, ha annak hatását a környezet minden más eleme elviseli. Az elektromágneses kompatibilitás tehát a berendezések, készülékek azon képessége, hogy az adott elektromágneses környezetben rendeltetésszerűen képesek üzemelni.

AZ EMC FELOSZTÁSA

Az EMC tárgyköre két nagyobb részre bontható. Az egyik az elektromágneses zavarvédelemmel (EMI: electromagnetic interference), a másik rész az elektromágneses zavarokkal szembeni érzékenységgel (EMS: electromagnetic susceptibility) foglalkozik [1].

AZ ELEKTROMÁGNESES ZAVARÁS (EMI)

A villamosenergia-elosztó hálózatra csatlakozó berendezések nagy része működése során elektromágneses zavart termel, hiszen szándékosan vagy anélkül az 50Hz-es üzemi frekvenciától eltérő frekvenciájú áram- és feszültségösszetevőket állít elő.

A zavarforrásokat két csoportra oszthatjuk: Az első csoportba azok a berendezések tartoznak, amelyek működéséhez — funkciójuknál fogva — szükséges a nagyfrekvenciás jelek előállítása. Példaként említhetők a nagyfrekvenciás orvosi készülékek. Az általuk keltett zavarjelek frekvencia-spektruma általában keskeny sávra korlátozódik.

A második csoport tagjai nem állítanak elő szándékosan nagyfrekvenciás jeleket, azok nem szükségesek funkciójuk betöltéséhez. A zavaró jeleket itt azok a hatások válthatják ki, melyek a szinuszosztól eltérő áram vagy feszültségváltozást okoznak. Ezen készülékek által keltett zavarjelek frekvencia-spektruma általában széles és folytonos.

Kapcsolók, nem lineáris elemek, vasmagos tekercsek, kommutátoros gépek, tirisztoros berendezések a legjellegzetesebb ilyen típusú zavarforrások.

Mivel az elektromágneses zavarok keletkezése többféle okra vezethető vissza, ezért azok meghatározása összetett feladat. A műszaki gyakorlat úgy próbálja áthidalni ezt a problémát, hogy a termelt zavarokat többféle szempont szerint csoportosítja.

ELEKTRONIKUS BERENDEZÉSEK ZAVARÉRZÉKENYSÉGE (EMS)

A villamos berendezések elektromágneses kompatibilitása szempontjából nem-

csak azok a készülékek nem felelnek meg, melyek túl nagy zavarokat bocsátanak ki, hanem azok sem, melyek túlságosan érzékenyek. A külső eredetű és a készüléken belül keletkező zavarokkal szemben tanúsított érzékenység vizsgálata az EMS témakörébe tartozik. A gyakorlatban azokat a villamos készülékeket minősítik a zavarérzékenység szempontjából elfogadhatónak, melyek meghatározott paraméterű zavarást meghibásodás, illetve hibás működés nélkül elviselnek.

AZ ELEKTROMÁGNESES ZAVAROK FELOSZTÁSA

A ZAVAROK FELOSZTÁSA JELLEGÜK SZERINT

- ZAJ: elsősorban a feszültség-görbe alakját változtatja meg. Periodikus jellegű és frekvenciája nagyobb a hálózatétól. Villamos motorok és hegesztőgépek produkálnak ilyen természetű zavarást.
- IMPULZUSOK: a hálózati feszültségre szuperponálódott pozitív és negatív csúcsok. Időtartamukhoz képest nagy amplitúdó jellemzi őket. Jellegzetesen a tirisztoros és relés vezérlések nemkívánatos mellékterméke.
- TRANZIENSEK: időtartama a hálózati frekvencia néhány periódusától néhány másodpercig terjedhet. Nagyteljesítményű fogyasztók ki- és bekapcsolásakor keletkeznek.

A ZAVAROK FELOSZTÁSA FREKVENCIATARTALMUK SZERINT

- Akusztikai zavarás: 0-20KHz-ig, ahol különös jelentőséggel bír az 50Hz-es ipari frekvencia;
- Akusztikai és rádiózavarás közötti sáv: 20KHz–150KHz;
- Vezetett rádiófrekvenciás zavarás: 150KHz–30MHz;
- Sugárzott zavarás: 30MHz felett.

A ZAVAROK FELOSZTÁSA TERJEDÉSI MÓDJUK SZERINT

A zavarokat kétféleképpen csoportosíthatjuk, ha figyelembe vesszük terjedési

módjukat:

- Sugárzott zavar: a készülék mint antenna szerepel, így a zavarjel ezen keresztül kerül kisugárzásra.
- Vezetett zavar: a zavarjel vezetéken keresztül, pl. hálózati kábelben jut be a berendezésbe.

A következőkben a sugárzott zavarokkal kívánunk foglalkozni.

SUGÁRZOTT ZAVAROK

A sugárzott zavarjelek forrását két könnyen kezelhető elméleti modellel, az elektromos és mágneses dipólussal írják le. Ezek egymás komplementereiként viselkednek. Az elektromos dipólus által előállított elektromágneses térben az „E” elektromos térerősség $1/r$, $1/r^2$ és $1/r^3$ szerint, a „H” mágneses térerősség $1/r$, és $1/r^2$ szerint változó komponensekből tevődik össze. Az „r” a forrástól távolodva növekvő radiális távolságot jelenti.[3]

A „ λ ” hullámhossz felhasználásával, bevezetve a $\phi = 2\pi r/\lambda$ elektromos távolságot, megfigyelhetjük a következő ábrán az elektromos térerősség három komponensének relatív változását.

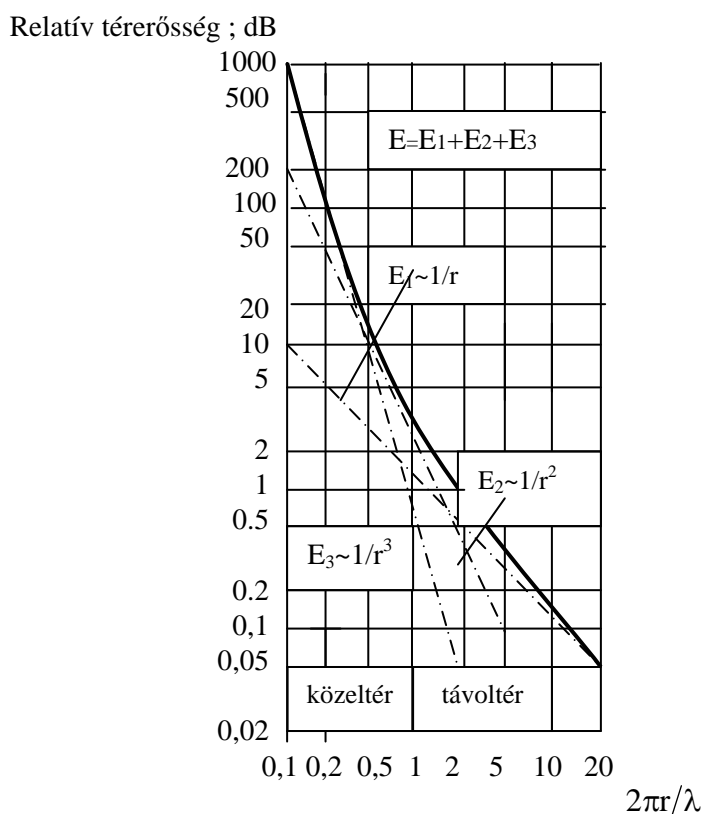
Hasonlóan változnak a mágneses térerősség megfelelő összetevői is. Látható, hogy a $\phi > 5$ tartományban már az $1/r$ szerint változó — ún. távolféteri komponens — alapvetően meghatározza az eredő térerősséget. Ezen határon $r = 0,8\lambda$. Az ezen belül eső térrészt köztérnek, az e kívülit távolféteri nevezük.

Mágneses dipólust használva jelforrásként, az elektromos és mágneses térerősség szerepe felcserélődik.

A hullámhosszhoz képest rövid — szakadással vagy nagy impedanciával lezárt — vezetékek elektromos dipólusként, kis felületet határoló vezető hurkok pedig mágneses dipólusként viselkednek, ami a 2.ábrán látható:

A zajforrás által gerjesztett hullám az elektromos és mágneses térerősségből számított hullámimpedanciával jellemezhető:

$$Z_h[\text{ohm}] = \frac{E}{H} \quad (1)$$



1. ábra

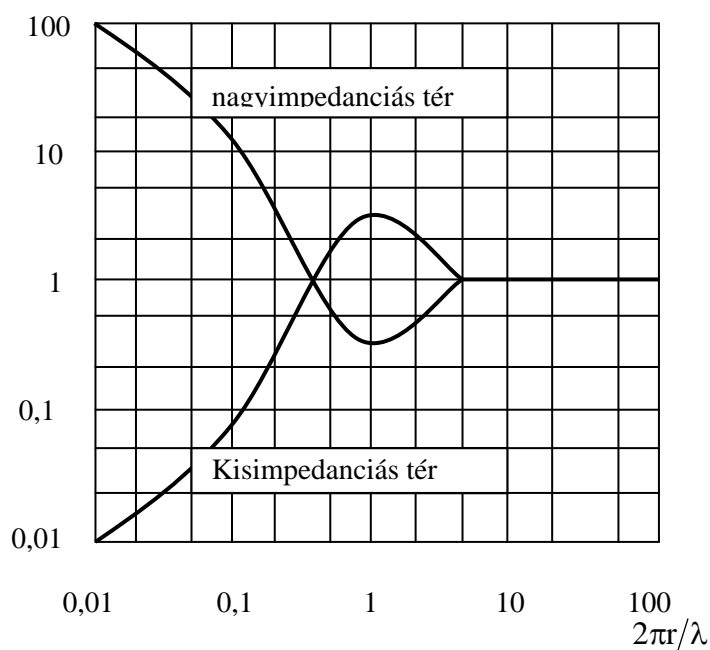
A térerősség komponenseinek változása

Az „ r ” távolsággal és a zajforrás típusától függően változik a hullám impedancia. Ezt illusztrálja a 2. ábra.

A $\phi = 5$ alatti közeltérben az elektromos dipólus nagyimpedanciás, a mágneses dipólus pedig kisimpedanciás hullámot állít elő. A távoltérben a kétfajta forrás hullámimpedanciája megegyező és változatlan, értéke 120π Ohm. A távoltérben kialakuló terjedési formát síkhullámnak nevezzük.

A terjedési közeg jellemzői alapvetően befolyásolják egy elektromágneses hullám terjedését. A hullámteret kitöltő anyag dielektromos tulajdonságait a komplex permittivitással (ϵ), mágneses tulajdonságait a komplex permeabilitással (μ) adjuk meg.

A mennyiségek komplex volta azt jelenti, hogy a terjedő hullámfrontnak mind az amplitúdója, mind a fázisa változhat egy más közegben megtett ugyanakkora fizikai hosszúságú út hatásához képest.



2. ábra

A permittivitás és a permeabilitás segítségével definiálható a közeg specifikus impedanciája:

$$Z_s[\text{ohm}] = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} = \sqrt{\frac{\mu_0 \cdot \mu_r}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r}} \quad (2)$$

Terjedési tényezője:

$$\gamma = j \cdot \omega \cdot \sqrt{\varepsilon \cdot \mu} \quad (\omega = 2 \cdot \pi \cdot f) \quad (3)$$

ahol: μ_0 és ε_0 — fizikai állandók,

μ_r és ε_r — közeg relatív jellemzői a vákuumhoz képest.

Mindkét közegjellemző lehet komplex mennyiség is.

$$\begin{aligned} \mu &= \mu_0 \cdot (\mu_r - j \cdot \mu_k) & ; & \quad \mu_r - j \cdot \mu_k = \mu_r^* \\ \varepsilon &= \varepsilon_0 \cdot (\varepsilon_r - j \cdot \varepsilon_k) & ; & \quad \varepsilon_r - j \cdot \varepsilon_k = \varepsilon_r^* \end{aligned} \quad (4)$$

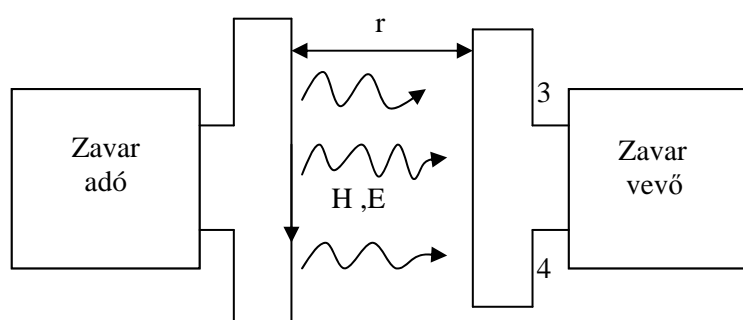
ϵ_r^* és μ_r^* a közeg relatív komplex állandói.

Levegőben:

$$Z_s = Z_0 = 120 \cdot \pi \text{ ohm}, \quad \gamma = \gamma_0 = j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{\lambda}. \quad (5)$$

SUGÁRZÁSI ZAVARÁS

A SUGÁRZÁSI ZAVARÁS ELVE



3. ábra

Zavarforrásként egy, a zavarforrásból kiinduló, szabad térben terjed E elektromos és H mágneses térerősségű hullám.[2]

A hullámhossz, $\lambda = c/f$, ahol „f” a hullám frekvenciája, és $c = 300\,000\text{km/s}$, a terjedési sebesség.

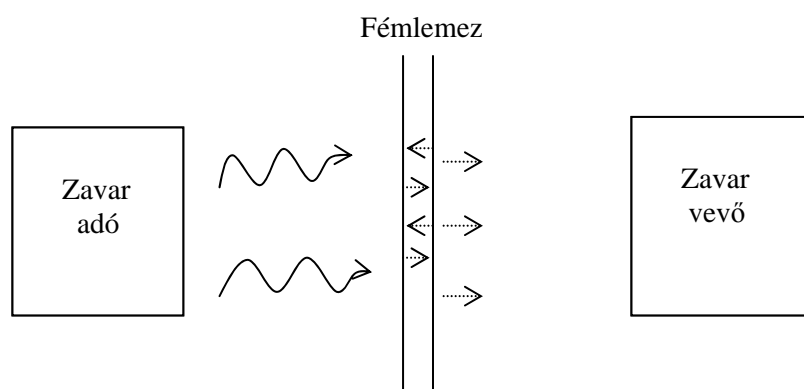
H és E merőlegesek egymásra. A távoli térben ($r \gg \lambda/2\pi$)

$E_0 = 120\pi H_0$, ahol 120π ohm a szabad tér hullám ellenállása. A zavarforrás közelében ($r \ll \lambda/2\pi$) annak fajtája szerint vagy a H mágneses tér (nagy áramok, kis feszültségek a zavarforrásban), vagy az E elektromos tér (nagy feszültségek, kis áramok a zavarforrásban) van túlsúlyban.

Zavarvevőként két vezeték (3 és 4), amelyekre mint antennára hat a H és E. A két vezeték képezhet hurkot is. Az egyik vezeték lehet földelt, vagy lehet maga a föld. Az antenna viselkedése egy helyettesítő, Z_b belső ellenállású U_0 feszültségforrással írható le.

ÁRNYÉKOLÁS

A sugárzási zavarás árnyékolással csökkenthető [4]. A gyakorlatban kétféle árnyékolási eljárás elfogadott. Az egyik lényege, hogy a zavaradó és a zavarvevő közé beiktatunk egy kellően vastag, nagy felületű lemezt, melyről a zavaró hullámok visszaverődnek, ezáltal megakadályozza, hogy a zavarvevőbe kerüljenek.



4. ábra

A fémlemez egy $Z_0 \approx 0$ impedanciát képvisel, a szabadter pedig 120π ohm hullámimpedanciát, így a felületen csaknem teljes reflexió jön létre. A fémlemez a hullámok nagy részét visszaveri, kisebbik hányadát a vastagságától függően átengedi. A fémlemez belsejében is reflektálódnak hullámok, melyek fokozatosan csillapítást szenvednek.

A másik árnyékolási eljárás, hogy a zavaradó és a zavarvevő közé olyan anyagot tesznek, amely csaknem teljes mértékben elnyeli az elektromágneses hullámokat. Mivel az elnyelés hőtermeléddel jár, ezért az elnyelő anyagnak akkora felületűnek kell lennie, hogy a megfelelő hőleadás biztosítva legyen.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] DIETER STOLL: EMC Elektromágneses zavarvédelem. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980.
- [2] TIHANYI LÁSZLÓ: Rádiófrekvenciás zavarok az erősáramú elektronikában. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.
- [3] REINALDO PEREZ: Handbook of Electromagnetic Compatibility
- [4] STEN BENDA: Interference-free electronics

The electromagnetic compatibility (EMC) is one of the most important features of electronic equipment nowadays. The low-energy analogue and digital circuits and processor units are very sensible to electromagnetic noises, therefore it is important to know different kinds of disturbances and be able to weaken or eliminate their effect. This article highlights the field of EMC through basic concepts and classifications.