

HIGHVOLTAGE
LABORATORY

BME Villamos Energetika Tanszék
Nagyfeszültségű Technika és Berendezések Csoport
Nagyfeszültségű Laboratórium

nfl.vet.bme.hu
www.fb.com/bme.nfl

Mérési útmutató

Fényforrások EMC vizsgálata GTEM cellával

1 A GTEM cella bemutatása

A GTEM cella használatának célja hogy megfelelő minőségű homogén térerősséget hozzunk létre a megfelelően árnyékolt térrészben. A cellát elektronikus berendezések immunitás-vizsgálatára és sugárzott elektromágneses kibocsátásának elemzésére lehet használni körülbelül 9 kHz és 5 GHz közötti frekvenciatartományon. A cella egy téglalap alapú üreges, gúla alakú 50 Ω -os transzmissziós vonal.



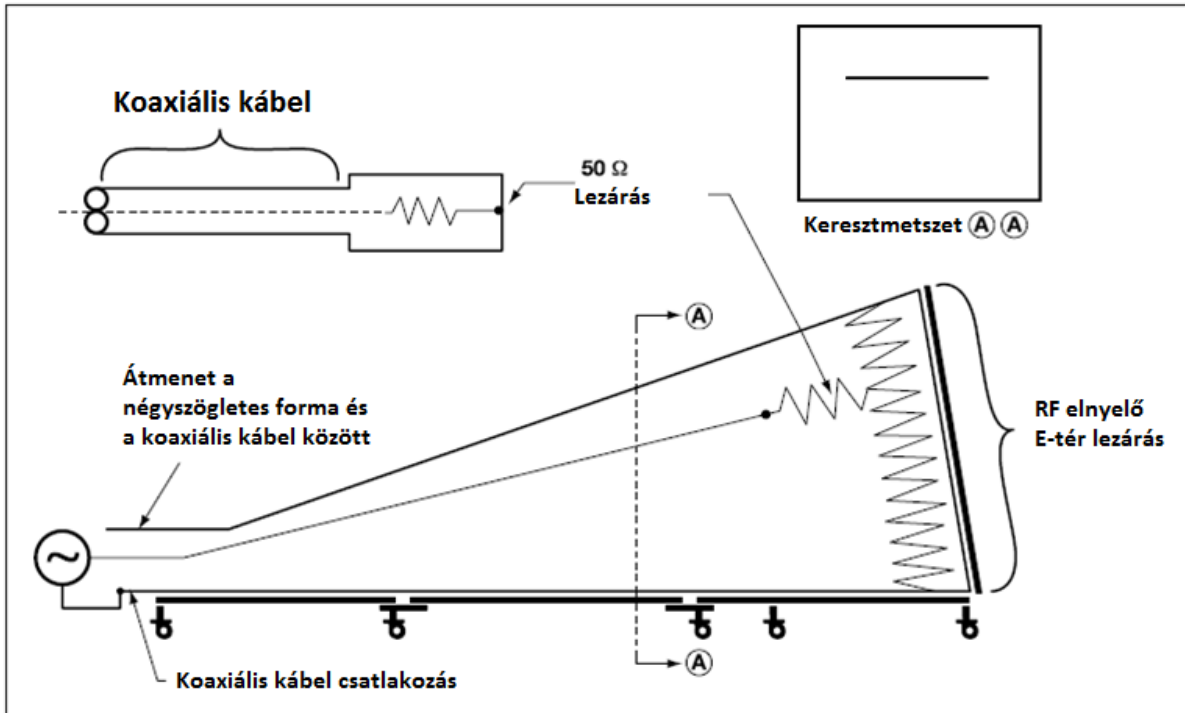
1. ábra: A GTEM cella

1.1 A GTEM cella felépítése, működésének alapjai

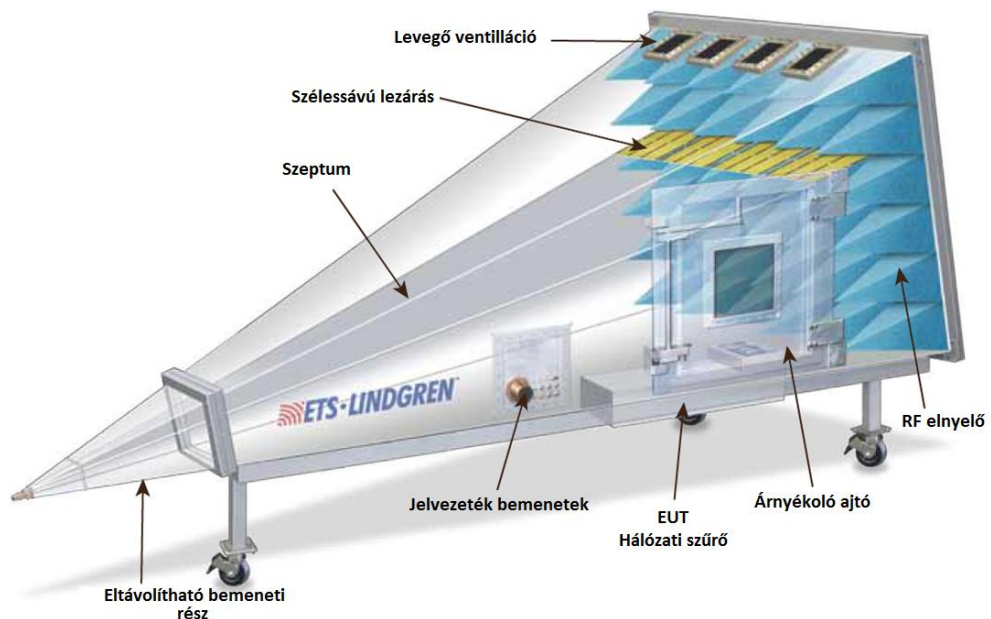
A GTEM cella egy koaxiális tápvonalnak tekinthető illesztett lezárásokkal, amely lehetővé teszi, hogy a tápvonalon csak haladó hullámok alakuljanak ki. U_{\max} és U_{\min} a tápvonal mentén mindenhol állandó.[1]

1. A bemenethez csatolt 50 Ω -os koaxiális kábel fizikailag négyzetes keresztmetszetre van alakítva.
2. A keresztmetszet (vízszintes / függőleges) aránya 3:2.
3. A gúla alapjának tekinthető téglalap alakú belső oldalt általában az elektromágneses sugárzást elnyelő anyaggal burkolják, a többi belső felületet a hullám terelésének funkcióját tölti be.
4. A koaxiális kábel belső vezetőjének szerepét a szeptum tölti be. A szeptum egy a cella belsejében meghatározott magasságban elhelyezett fémlemez, mely a sugárzott zavarok mérésénél az antenna szerepét tölti be.

A gúla csúcspontjában található a csatlakozás alkalmas a cella belsejébe történő EM sugárzás injektálására, illetve a vizsgált készülék által kibocsátott elektromágneses sugárzások kivezetésére.



2. ábra: A GTEM cella felépítése I.[3]



3. ábra: A GTEM cella felépítése II.[3]

1.2 A szeptum és a hátsó fal közötti összeköttetés

Az ellenállás-végződéseknek nagyon jó reflexió csillapítása van 200 MHz-ig.

A párhuzamos ellenállások tulajdonképpen az „áramvégződést” alakítják, és az ellenállások számától függ a végződés minősége. A cella hátsó falán található EM sugárzást elnyelő anyag – szabadtéri abszorber szivacs – piramis alakú bordázattal rendelkezik anyaga karbon-

poliuretán hab. Az elnyelő anyag piramis alakban való alkalmazásával csökkenteni lehet a bármilyen irányban létrejövő reflexiókat.[1]

A piramis magassága határozza meg a hullám frekvenciájának azt a minimális értékét, amelyiknél még elfogadható a reflexió.

2 Mérési feladatok

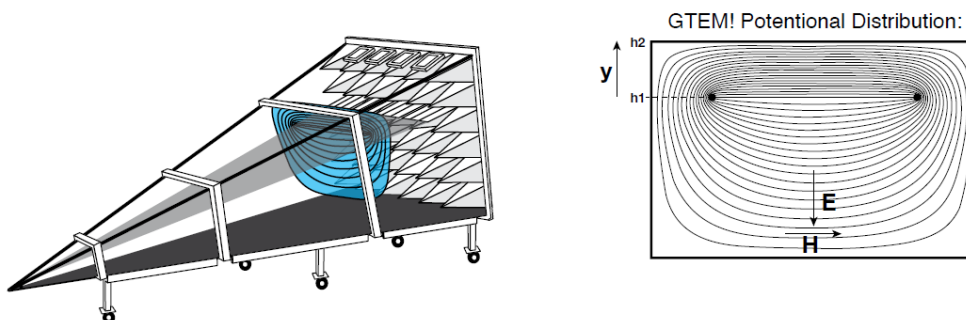
A mérés során a hallgatók korszerű LED-es fényforrások szabványos EMC vizsgálatai közül immunitás vizsgálatot és a sugárzott elektromágneses kibocsátását elemzését végzik.

2.1 Immunitás vizsgálat

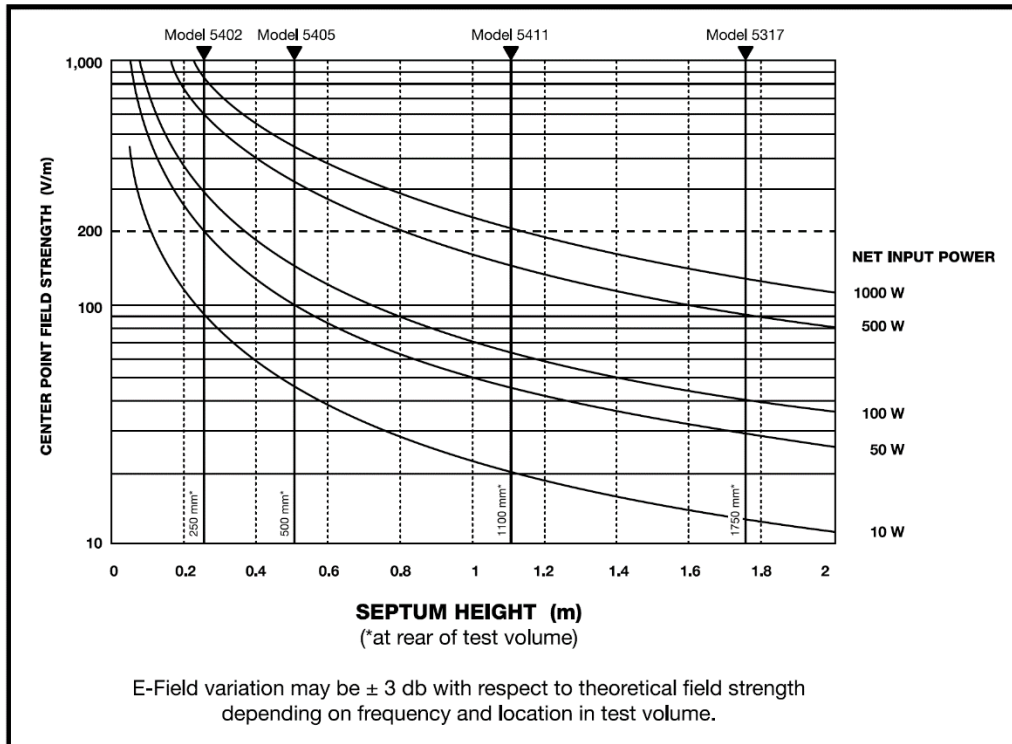
Az immunitás mérésénél, a bemenő csatlakozónál a táplált jelet a szeptum vezeti be a cella belsejébe, és egy névlegesen homogén elektromágneses teret hoz létre. Az elektromos tér a szeptum és a cellapad közötti térfogatban jön létre. A szeptum és a hátsó fal között összeköttetés van, amit párhuzamos ellenállásokkal valósítottak meg. A szeptum szélessége nagyobb számú párhuzamos ellenállást tesz szükségessé, mivel csupán egyetlen ellenállás, növelné a szeptumban a veszteségeket. Az ellenállások eredője 50Ω . Így csökkenthetők azok a reflexiók, amelyek az induktivitások és a kapacitások hatására jönnek létre a szeptumban.

Az IEC61547 termékcsalád-szabvány gyűjti egybe a villamos fényforrásokra vonatkozó immunitási követelményeket és egyúttal hivatkozik a megfelelő immunitási alapszabványokra (IEC61000-4 sorozat). A sugárzott elektromágneses térrel szembeni immunitási vizsgálat esetében amplitudó-modulált szinuszjelet állítunk elő függvénygenerátorral, majd a jelet mikrohullámú erősítővel felerősítjük és GTEM-cellába (lásd később) vezetve abban egy haladó elektromágneses hullámot állítunk elő. Az elektromos térerősség 3 V/m értékű kell legyen, a $80 \text{ MHz} - 1 \text{ GHz}$ frekvenciatartományban. A vizsgálat során a fényforrás megfelelő működését ellenőrizzük.[2]

A GTEM cella bemenetére kapcsolt szinuszos feszültség, mint kényszer a cella belsejében haladó transzverzális elektromágneses hullámot hoz létre. A cella belsejében található tér impedanciája körülbelül 377Ω . A cellában kialakuló tér intenzitása egyenesen arányos a cella bemenetére kapcsolt teljesítménnyel és a bemenettől a cella alsó vezető lemezétől mért távolsággal. A cellában tipikusan homogén és egyenletes térerősség alakul ki.

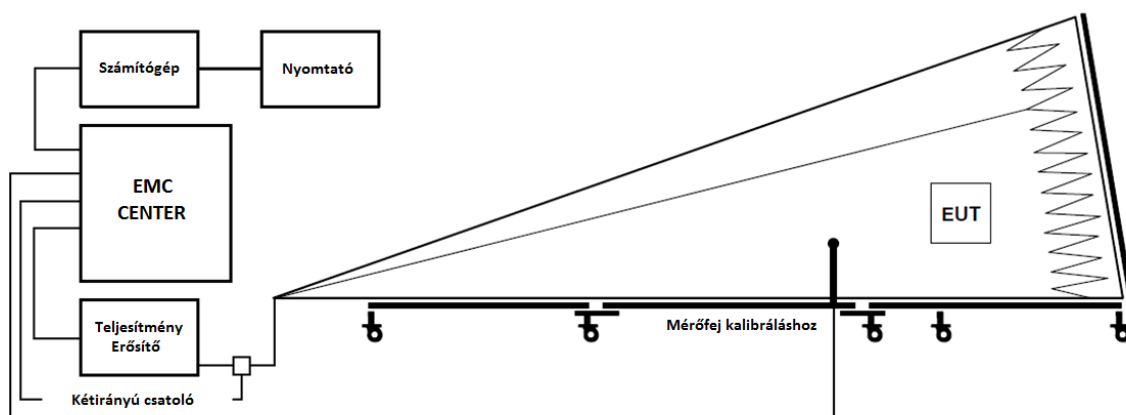


4. ábra: A cella belsejében immunitás vizsgálat esetén kialakuló terek[3]



5. ábra: Elméleti télerősségek a bemenő teljesítmény függvényében[3]

Az immunitás vizsgálatok elvégzéséhez szükség van a mérést megelőzően a cella üres állapotában az abban kialakuló EM terek uniformitás vizsgálatára. Az uniformitás vizsgálatok célja annak a meghatározása, hogy a cella belsejében hol található meg a gyakorlatban a méréshez szükséges megfelelően egyenletes tér illetve, hogy mekkora a cella belsejében az a térrész, amelybe vizsgálandó berendezést lehet mérés céljából el lehet helyezni. Az uniformitás vizsgálatot az erre a célra rendelkezésre álló izotróp, 3 tengelyű télerősségmérő felhasználásával lehet elvégezni. A szabványos vizsgálati eljárást az IE 61000-4-20 szabvány írja le.



6. ábra: Az immunitás-vizsgálat tipikus mérési elrendezése[3]

A mérés elvégzéséhez meg kell állapítani, hogy milyen teljesítményű jelet kell a cella bemenetére kapcsolni. A bemenő jel szükséges teljesítményének számítását az alábbi módon lehet elvégezni:

- A számítást a cellában megkövetelt mértékű villamos térerősség figyelembe vételével kell lebonyolítani. A vizsgálathoz megkövetelt villamos térerősséget a cella közepén kialakuló villamos térerősség nagyságával jellemezhető.

$$E_{szükséges} = \frac{V}{h}$$

ahol h a szeptum magassága az adott pontban és ahol V a bemenetre kapcsolt jel feszültségének effektív értéke.

$$P_{be} = \frac{V^2}{Z_0}$$

ahol Z_0 a cella karakterisztikus impedanciája (50 Ω).

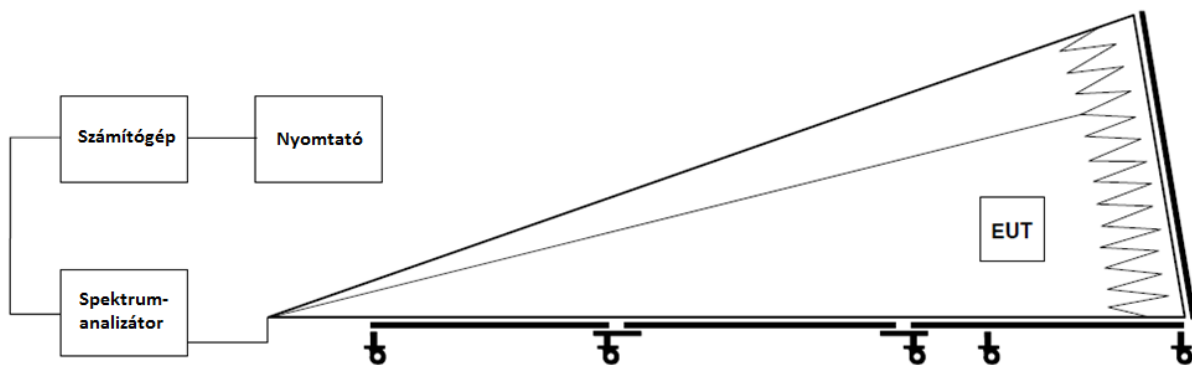
Mérési feladatok:

1. A mérési elrendezés összeállítása
2. A méréshez használt jelgenerátor beállítása
3. A mérés tárgyának vizsgálata, működőképességének elemzése

2.2 Emissziós vizsgálatok - sugárzott zavarok mérése

Az elektronikus eszközök sugárzott elektromágneses kibocsátásának vizsgálatára alkalmasak a GTEM cella segítségével kivitelezett mérések. A szabványos, sugárzott zavarok vizsgálatára kidolgozott mérés szerint 30 MHz és 1 GHz közötti tartományokban nyílt területen lebonyolított méréseket kell megvalósítani, a mérőantenna és a vizsgálandó eszköz közötti 10 méteres távolság megtartásával. Az esetek nagy részében lehetőség van a GTEM cellával történő alternatív tesztek elvégzésére és a szabványos, nagy helyigénnyel járó mérési elrendezés kiváltására.

Sugárzott elektromágneses zavarok mérésénél a vizsgálandó egységet (EUT – Equipment Under Test) a GTEM cella belsejének meghatározott pontjára helyezük. A cella kivezetéséhez egy N-típusú koaxiális kábelrel keresztül 50 Ω -os lezárás közbeiktatásával csatlakoztatjuk a mérés során használt spektrumanalizátort. A spektrumanalizátor által gyűjtött adatok további feldolgozása érdekében a spektrum analízátorhoz számítógép is csatlakoztatható. A mérés során felhasznált spektrum analízátor egy Rhode&Schwarz EPRI 3 Test Receiver típusú készülék. A mérési beállítások megtalálhatók a berendezés használati utasításában (a tantárgy tanszéki oldalán található mérési segédletek között).



7. ábra: Tipikus mérési elrendezés[3]

Az emissziós vizsgálat elvi háttere az, hogy a vizsgált berendezés modellezhető elemi elektromos és mágneses dipólusmomentumok rendszereként, ezen dipólusmomentumok eredője pedig meghatározza a sugárzott zavarok mértékét. A mérés során a GTEM cella belsejében található szeptum villamos szempontból egy szélessávú antennaként viselkedik. A vizsgált eszköz által sugárzott kibocsátás mértékét egy a szeptum és a cella padlója közötti feszültségként lehet megállapítani meg, ami függ a szeptum magasságától abban a pontban, ahol a vizsgált eszköz van elhelyezve. A feszültség az EMC mérővevőhöz a koaxiális összeköttetésen keresztül jut el. A szeptum magassága a mért eszköz felett 74 cm.

A mérés sikeres kivitelezéséhez a vizsgált eszköz sugárzott kibocsátását minden ortogonális pozícióban meg kell mérni és az egyes esetekben rögzített sugárzási adatokat az erre a célra kifejlesztett szoftveres megoldás segítségével kell összegezni. Az így kapott eredmények elemzése a hallgatók feladata.

Mérési feladatok:

1. A mérési elrendezés összeállítása.
2. A méréshez használt spektrumanalizátor beállítása majd azon a mérés futtatása a mérés tárgyának különbözőképp beállított pozíciója esetén.
3. A spektrumanalizátor által mért eredmények rögzítése.
4. A rögzített eredmények elemzése, összehasonlítása.

3 Ellenőrző kérdések

1. Jellemezze a GTEM cella felépítését.
2. Mutassa be az EMC immunitás vizsgálatok lényegét.
3. Mutassa be az EMC emissziós vizsgálatok lényegét.
4. Mitől függ az immunitás vizsgálatnál a GTEM cella bemenetére kapcsolt jel teljesítménye?
5. Mi a különbség a spektrum analizátor esetén alkalmazható különböző detektorok között?

- Maximum csúcs
- Minimum csúcs
- Kvázi-csúcs
- Átlag
- RMS

4 Felhasznált irodalom

- [1] Fényforrások EMC vizsgálata – Doktori (PhD.) értekezés, Istoc Robert, BME, Budapest 2008
- [2] EMC követelményeket kielégítő fényforrások fejlesztése – Doktori (PhD.) értekezés, Schmidt Gábor, BME, Budapest 2012
- [3] GTEM! Test Cells Brochure, ETS-Lindgren, Cedar Park, Texas 78613 USA, 2013