

MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV

A mérés tárgya:	EMC alapjelenségek mérése (3. mérés)
A mérést végzik:	Veszelyi Bence Balázs (V3UWB0)
Mérőcsoport:	H12, 41
A mérés időpontja:	2021-04-20
A mérést vezeti:	(távoktatás)

Felhasznált eszközök

Oscilloszkóp	Agilent 54622A
Függvénygenerátor	Agilent 33220A

Távoktatási környezet



Nyissa meg a <http://www.hit.bme.hu/~bajor/V2M03/> oldalt, és adja meg a NEPTUN kódját. A rendszer a kód alapján mérési eredményeket generál, valamint segédábrákat is megjelenít a számítások elvégzéséhez. További magyarázatot és segítséget konzultáción illetve e-mail-ben kérhet a mérésvezetőktől.

Mérési feladatok

1. Induktív, kapacitív és konduktív csatolás vizsgálata

- 1.1. Közelítő számítással, a lehető legegyszerűbb modell alapján határozza meg a VIK-II-03 számú panel első modellje (lásd az EMC-M jelű elrendezést a 3-1. ábrán) által megvalósított kölcsönös induktivitásokat!

Induktív csatolás esetén a vezetőben folyó (időben változó) áram hatására a vezető keretben időben változó mágneses tér keletkezik, ami a Lenz törvény miatt feszültséget indukál a végtelen hosszú áramvezetővel párhuzamosan elhelyezett téglalap alakú keretben.

Szinuszos gerjesztő áram esetén az indukált feszültség egyenesen arányos a gerjesztő áram amplitúdójával, az arányossági tényezőt kölcsönös induktitásnak nevezzük.

Elméleti számításaim kiindulópontja az előzetes levezetés a mérési segédábrán:

$$M_i = 2 \cdot 10^{-7} \left[\frac{V_s}{A \cdot m} \right] \cdot \left\{ a \left[\ln \left(1 + \frac{b_i}{b_{0i}} \right) + \ln \left(1 + \frac{b_i}{B - b_i - b_{0i}} \right) \right] + b_i \left[\ln \left(1 + \frac{a}{a_0} \right) + \ln \left(1 + \frac{a}{A - a - a_0} \right) \right] \right\}$$

M_i , $i=1,2$ értékét az alábbi módon számoltam ki:

$$\begin{aligned} M_1 &= 2 \cdot 10^{-7} \cdot \left\{ a \cdot \left[\ln \left(1 + \frac{b_1}{b_{01}} \right) + \ln \left(1 + \frac{b_1}{B - b_1 - b_{01}} \right) \right] + b_1 \cdot \left[\ln \left(1 + \frac{a}{a_0} \right) + \ln \left(1 + \frac{a}{A - a - a_0} \right) \right] \right\} \\ &= 2 \cdot 10^{-7} \cdot \left\{ 55 \cdot [\ln(6) + \ln[6]] + 50 \cdot \left[\ln(3,75) + \ln \left(\frac{30}{19} \right) \right] \right\} = 57,2 \text{ nH} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= 2 \cdot 10^{-7} \cdot \left\{ a \cdot \left[\ln \left(1 + \frac{b_2}{b_{02}} \right) + \ln \left(1 + \frac{b_2}{B - b_2 - b_{02}} \right) \right] + b_2 \cdot \left[\ln \left(1 + \frac{a}{a_0} \right) + \ln \left(1 + \frac{a}{A - a - a_0} \right) \right] \right\} \\ &= 2 \cdot 10^{-7} \cdot \left\{ 55 \cdot \left[\ln \left(\frac{15}{13} \right) + \ln \left(\frac{15}{13} \right) \right] + 50 \cdot \left[\ln(3,75) + \ln \left(\frac{30}{19} \right) \right] \right\} = 4,927 \text{ nH} \end{aligned}$$

- 1.2. Mérésekkel ellenőrizze a becsült adatokat és hasonlítsa össze a két elrendezést!

A mérés során egy 10 MHz-es frekvenciájú szinusz jelet használunk, 3.5 V effektív amplitúdóval, a segédábrán kapott képlet a kölcsönös induktításra:

$$M_k = \frac{U_{ik}}{\omega} \cdot \frac{|R_i + j\omega L_0|}{U_g}, \quad L_0 \approx 650 \text{ nH}$$

U_{ik} , $k=1,2$ értékeit és U_g -t a kapott oszcilloszkóp képernyőképekről fogom leolvasni.

A mérési eredményekből számolt értékek:

$$M_1 = \frac{193 \text{ mV}}{2\pi \cdot 10 \text{ MHz}} \cdot \frac{|50 \text{ Ohm} + 2\pi j \cdot 10 \text{ MHz} \cdot 650 \text{ nH}|}{4,155 \text{ V}} = 47,73 \text{ nH}$$

$$M_2 = \frac{15,33 \text{ mV}}{2\pi \cdot 10 \text{ MHz}} \cdot \frac{|50 \text{ Ohm} + 2\pi j \cdot 10 \text{ MHz} \cdot 650 \text{ nH}|}{4,165 \text{ V}} = 3,782 \text{ nH}$$

- 1.3. Értékelje a tapasztalatokat!

A kapott kölcsönös induktítások kis mértékben alacsonyabbak az elméletben számoltaktól.

- 1.4. Közelítő számítással, a lehető legegyszerűbb modell alapján határozza meg a VIK-II-03 számú panel második modellje (lásd az EMC-C jelű elrendezést a 3-1. ábrán) által megvalósított kapacitív csatolást!

Kapacitív csatolás esetén az áramkörüi részek közötti potenciál különbség hatására elektromos térerősség lép fel a vezetékek között. Ez eltolási áramot eredményez, az elméleti kapacitás számítást a mérési segédábrán található képlettel végeztem:

$$C = \frac{\pi \varepsilon}{\ln\left(\frac{D-r}{r}\right)} \cdot dl$$

$$C_{\min} = \frac{\pi * 8,8852 * 10^{-12} * 1}{\ln\left(\frac{5 \text{ mm} - 0,5 \text{ mm}}{0,5 \text{ mm}}\right)} * 55 \text{ mm} = \mathbf{6,987 \text{ pF}}$$

$$C_{\max} = \frac{\pi * 8,8852 * 10^{-12} * (0,5 \text{ mm} * 1 \text{ mm} + 0,5 \text{ mm} * 4,7 \text{ mm})}{\ln\left(\frac{5 \text{ mm} - 0,5 \text{ mm}}{0,5 \text{ mm}}\right)} * 55 \text{ mm} \\ = \mathbf{1,991 \text{ pF}}$$

- 1.5. Mérésekkel ellenőrizze a becsült adatot illetve az árnyékolás hatékonyságát!

A mérés során egy 1 MHz-es frekvenciájú szinusz jelet használunk, 3.5 V effektív amplitúdóval, a segédábrán kapott képlet a kapacitásokra:

$$C_x = 114 \text{ pF} \cdot \frac{U_m}{U_{be} - U_m}$$

U_m és U_{be} értékeket a kapott oszcilloszkóp képernyőképekről fogom leolvasni.

$$C_1 = 114 \text{ pF} * \frac{67,68 \text{ mV}}{6,636 \text{ V} - 67,68 \text{ mV}} = \mathbf{1,175 \text{ pF}}$$

$$C_2 = 114 \text{ pF} * \frac{21,36 \text{ mV}}{6,619 \text{ V} - 21,36 \text{ mV}} = \mathbf{3,681 \text{ pF}}$$

- 1.6. Értékelje a tapasztalatokat!

A kapott kapacitás értékek az elmélet szerint számolt szélsőértékek környékére adódtak, az árnyékolás egyértelműen hatásos!

- 1.7. Közelítő számítással, a lehető legegyszerűbb modell alapján határozza meg a VIK-II-03 számú panel harmadik modellje (lásd az EMC-G jelű elrendezést a 3-1. ábrán) által megvalósított konduktív csatolást!

Elméleti számításaim kiindulópontja a kapott képlet a mérési segédábrán:

$$R = \rho \frac{l}{a \cdot b}$$

$$R_{\max} = 1,78 \cdot 10^{-8} \text{ Ohmm} \cdot \frac{55 \text{ mm}}{0,9 \text{ mm} \cdot 52 \text{ } \mu\text{m}} = \mathbf{20,92 \text{ mOhm}}$$

$$R_{\min} = 1,78 \cdot 10^{-8} \text{ Ohmm} \cdot \frac{55 \text{ mm}}{1,1 \text{ mm} \cdot 58 \text{ } \mu\text{m}} = \mathbf{15,34 \text{ mOhm}}$$

- 1.8. Mérésekkel ellenőrizze a számítást illetve a konduktív csatolásmentesítés eredményét!

A mérés során egy 1 kHz-es frekvenciájú szinusz jelet használunk, 3.5 V effektív amplitúdóval, a segédábrán kapott képlet az ellenállásra:

$$R_x = 50 \Omega \cdot \frac{U_x}{U_{be} - U_x}$$

$$R = 50 \text{ Ohm} \cdot \frac{1,236 \text{ mV}}{3,5 \text{ V} - 1,236 \text{ mV}} = \mathbf{17,66 \text{ mOhm}}$$

- 1.9. Értékelje a tapasztalatokat!

Az elméleti számításokban kapott minimum és maximum értékek közé jött ki az eredmény, a vezeték ellenállása 17,66 mOhm.

A nyomtatott huzalozás 52...58 μm vastagságú rézből készült, vezetékisélessége $1 \text{ mm} \pm 10\%$. A hordozó 1,6 mm vastagságú, relatív dielektromos állandója 4,7. A lezáróellenállások 5% toleranciájúak.