

# Elektromágneses Terek (VIHVMA08)

## csoportos házi feladat

### Föld alatti fémkeresés örvényáramú vizsgálattal

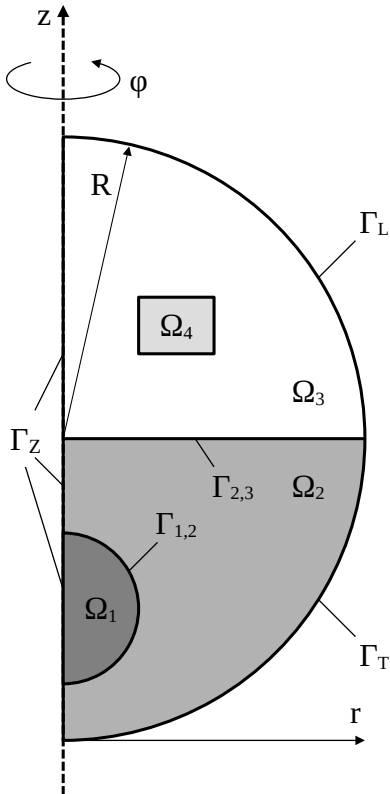
**Gekkó** csapat: Bak Bálint, Kozma Dávid Márk, Szilágyi Gábor

Konzulens: Dr. Pávó József

Budapest, 2022. november 26.

## 1. Bevezetés

A feladatkiírásban felvázolt probléma egy forgásszimmetrikus elrendezés, emiatt az 1. ábrán látható fél-síkmetszet vizsgálata elég a probléma megoldásához.



$$\frac{\partial}{\partial \varphi} = 0 \quad (1)$$

A tartományok jelentése:  $\Omega_1$  – vasgömb,  $\Omega_2$  – talaj,  $\Omega_3$  – levegő,  $\Omega_4$  – tekercs.

Mivel csak egy adott  $\omega$  körfrekvencián kell vizsgálnunk, emiatt elég a szinuszos állandósult állapotot foglalkoznunk:

$$\frac{\partial}{\partial t} \longrightarrow j\omega \quad (2)$$

A kérdéses  $\omega$  körfrekvencián az elektromágneses hullámok szabad-téri hullámhossza ( $\epsilon_r = 1$ ):

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{c}{\frac{\omega}{2\pi}} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{\frac{2\pi 500 \text{ s}^{-1}}{2\pi}} = 6 \times 10^5 \text{ m} \quad (3)$$

Emiatt  $\lambda$  az 1000 km nagyságrendjébe esik, míg az elrendezés fizikai méretei néhányszor 10 cm-esek, így élhetünk a magneto-kvázistacionárius közelítéssel:

$$\frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \longrightarrow 0 \quad (4)$$

1. ábra. A szimulált elrendezés.

Ebben az esetben a vizsgált tartományon belül a Maxwell-egyenleteknek a következő alakja érvényes:

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{J} \quad (5)$$

$$\text{rot } \vec{E} = -j\omega \vec{B} \quad (6)$$

$$\text{div } \vec{B} = 0 \quad (7)$$

$$\vec{B} = \mu \vec{H} \quad (8)$$

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} + \vec{J}_i \quad (9)$$

$$\sigma(\vec{r}) = \begin{cases} \sigma, & \text{ha } \vec{r} \in \Omega_1 \\ \sigma_t, & \text{ha } \vec{r} \in \Omega_2 \\ 0, & \text{ha } \vec{r} \in \Omega_3 \cup \Omega_4 \end{cases} \quad (10)$$

Az  $R$  sugarat megfelelően nagyra kell választani ahhoz, hogy a kialakuló teret ne befolyásolja jelentősen a vizsgált  $\Omega$  tartomány  $\Gamma_T \cup \Gamma_L$  „távoli” peremének a közelsége.

## 2. Szilágyi Gábor szekciója

Szeretném én az egyenletek rendeztetését MATLAB-ba tuszakolását megcsinálni.

A feladat megoldásához az  $\vec{A} - \Phi, \vec{A}$  formalizmust használjuk, mert az előadáson bemutatott indukciós főzőlapos példa alapján ezzel a megközelítéssel egy jól kezelhető parciális differenciálegyenlet-rendszert kapunk, amit a PDEtool segítségével megoldhatunk.

$$\vec{B} = \text{rot } \vec{A} \quad (11)$$

A peremfeltételekről a következőket lehet tudni:

$$B_n(\vec{r}) = 0, \quad \vec{r} \in \Gamma_Z \quad (12)$$

$$B_n(\vec{r}) = 0, \quad \vec{r} \in \Gamma_L \cup \Gamma_T \quad (13)$$

A  $B_n$  normális mágneses indukció a  $\Gamma_Z$  peremen a szimmetria miatt lesz 0, a  $\Gamma_L \cup \Gamma_T$  távoli peremeken pedig a relatíve nagy távolság miatt.

## 3. Bak Bálint szekciója

dolgok

## 4. Kozma Dávid Márk szekciója

dolgok elso probalkozas

## Házi feladat

### Elektromágneses terek (VIHVMA08)

Feladat címe: Föld alatti fémkeresés örvényáramú vizsgálattal  
Konzulens: Pávó József [pavo.jozsef@vik.bme.hu]

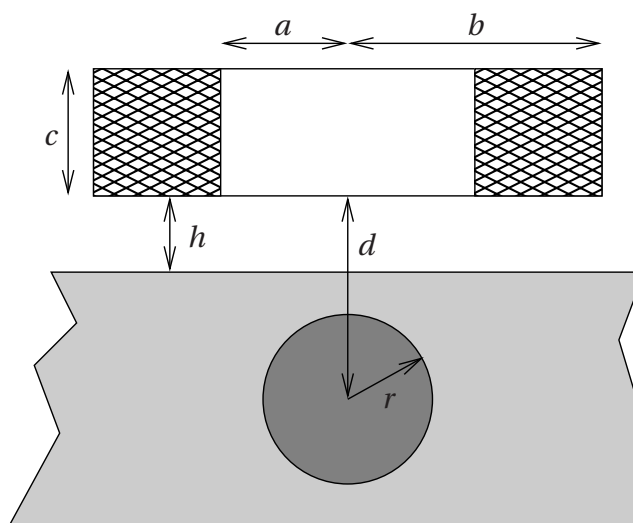
A föld felszíne alatti lévő fémek felderítésére (pl. aknakeresés) szolgáló eszköz egy egyszerűsített vázlatát látható az 1. ábrán. A módszer elvi alapja az, hogy a váltakozó árammal táplált tekercs impedanciája megváltozik, ha közelébe vezető (fém) anyag kerül, mivel az utóbbiban örvényáramok indukálódnak, és ezek mágneses tere „visszahat” a tekercs feszültségére.

Az ábrán egy igen egyszerű modell keresztmetszete látható. A  $c$  magasságú,  $a$  belső és  $b$  külső sugarú tekercs légmagos, sűrűn tekercselt, menetszáma  $N$ , a benne folyó szinuszos áram körfrekvenciája  $\omega$ . A tekercs tengelyére illeszkedik az  $r$  sugarú fémgömb középpontja. A tekercs és a föld közötti távolság  $h$ .

Jelölje a tekercs impedanciáját  $Z_0$  abban az esetben, ha nincs jelen a fémgömb. A fémgömb jelenlétében az impedancia legyen  $Z_0 + \Delta Z$ , ahol a mérőműszer jelének ezt a  $\Delta Z$  impedanciaváltozást tekintjük.

Vizsgálja meg, hogy miként függ az impedancia változása a gömb sugara és annak tekercstől való távolsága függvényében, amennyiben a talaj szigetelőnek tekinthető. Ezt követően vizsgálja meg, hogy miként változtatja meg az eredményt az, ha a talaj vezetőképessége széles határok között változik.

Kiinduló adatok:  $a = 5$  cm,  $b = 7$  cm,  $c = 3$  cm,  $N = 2000$  és  $\omega = 2\pi 500$  1/s, a gömb fajlagos vezetőképessége  $\sigma = 35$  MS/m, relatív permeabilitása  $\mu_r = 1$ . A tekercshuzal tökéletes vezető, a talaj vezetőképessége  $\sigma_t = 1$  S/m.



1. ábra. Talajban lévő fém gömb detektálása örvényáramú méréssel.