

Kontaktmentes anyagvizsgáló fémekhez és mágnesekhez

Prototech Instruments

Burger Alfréd

Felkészítő: dr. Piláth Károly

ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium, 1088 Budapest, Trefort utca 8.

1. Bevezetés

Mindennapi életünk során kerülhetünk olyan helyzetbe, hogy egy előttünk levő fémdarab valamely tulajdonságát gyorsan és egyszerűen szeretnénk megmondani. Ehhez megvizsgálhatjuk az ötvözet mivoltát, ami azonban időt, eszközöket és tudást igényel, továbbá mintavétellel, azaz roncsolással jár. A sűrűség vizsgálata se mindig megoldás, ugyanis ennek a folyamata is körülményes. Van-e arra módszer, hogy mindezt egyszerűbben vizsgálhassuk, valamilyen műszer segítségével?

2. A probléma megoldásának menete

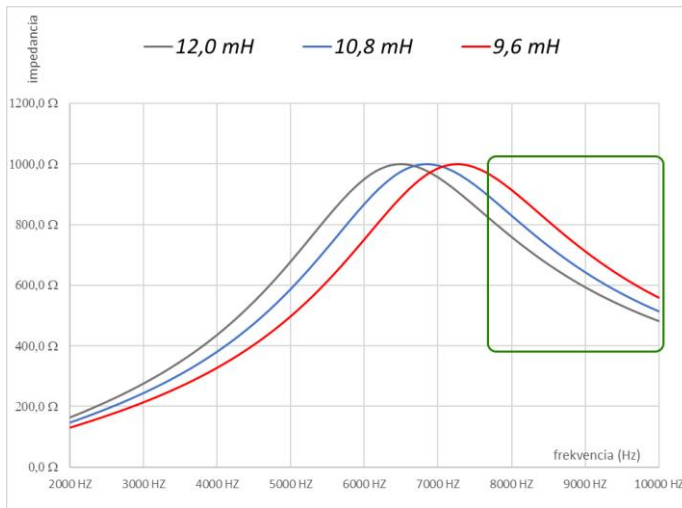
2.1. Elmélet

Egy tekercs induktivitását megváltoztatja egy, az indukált mágneses térbe helyezett vezető vagy mágnes. Ha ezt a tekercset nem önmagában, hanem egy RLC rezgőkörben alkalmazzuk, és ezt szinuszos váltóárammal hajtjuk meg, két tulajdonságot mérhetünk jól: a kör látszólagos ellenállását (impedancia Z) és a tekercs induktivitását (L). Minket itt a látszólagos ellenállás érdekel. A legegyszerűbben úgy tudjuk ezt mérni, ha sorba kapcsolunk vele egy fix ellenállást, és az arra eső feszültséget mérjük, ugyanis egy soros kapcsolásban az ellenállások aránya megegyezik a rájuk eső feszültségek arányával (1).

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{U_1}{U_2} \quad (1)$$

A másik tényező az impedancia és a tekercs induktivitása közötti összefüggés. Ha kirajzoljuk az impedanciát (2) a frekvencia függvényében különböző induktivitásokra, mint az 1. ábrán látható, észrevehetjük, hogy lesz olyan frekvenciatartomány, ahol L és Z között monoton korreláció van.

$$\frac{1}{Z(\omega)} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{L\omega} - C\omega\right)^2} \quad (2)$$



16. ábra: A kirajzolt grafikonok

A „mag”, tehát a vizsgált fém vezetőképessége egyenesen arányos a benne indukált Örvény-áramokkal, tehát a tekercs mágneses mezőjét fékező hatással is. A tekercs eredő indukciója tehát csökken.

Megj.: A Lenz-tv. miatt ez mindenképp fékező hatásként fog jelentkezni.

Megj.: Ismert dimenziójú (kiterjedésű és vastagságú) mintánál ezt a hatást számszerűen is ki tudjuk számítani.

E két pont és az utóbbi, ismert elmélet alapján kimondható, hogy a vizsgált fém vezetőképessége fordítottan arányos a fix osztóellenálláson mért feszültséggel a megfelelő frekvenciatartományban. Ebben a gondolatmenetben megjelenik a tekercs induktivitása is.

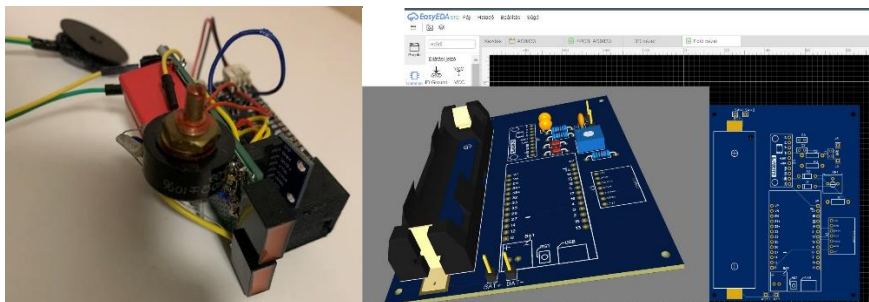
Ennek köszönhetően a mért értékhez kalibrálhatunk mintákat, természetesen a minták dimenzióit figyelembe véve.

2.2. Az eszköz és az applikáció

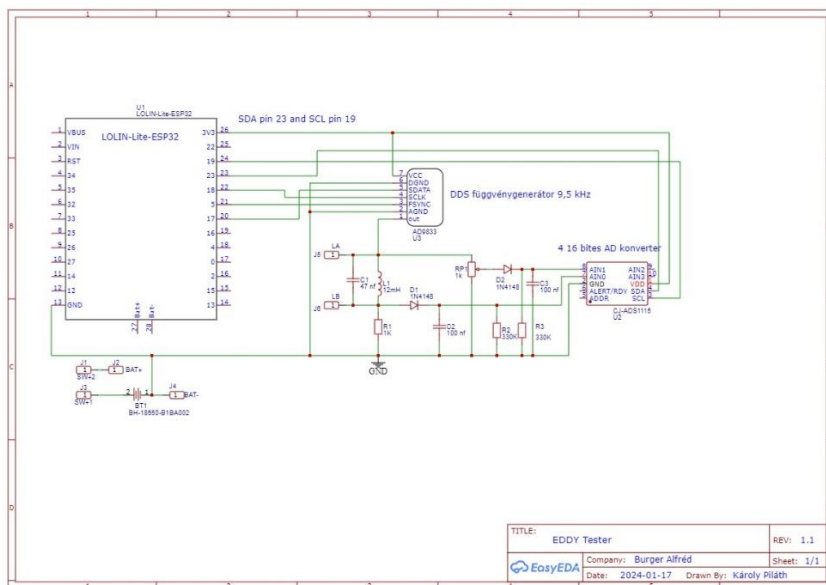
A műszerhez egy ESP32 (Wemos Lolin 32 Lite) mikrokontroller, egy függvénygenerátor (MD9833) és egy AD-konverter (Adafruit AD1115) IC szükséges. A mérőeszköz a 2. ábrán látható. A műszer méri az előző pontban említett ellenállásra eső feszültséget (ami helyett potenciométert építettünk be a tesztelhetőség miatt) és a generátorból kijövő önálló jelet is, aminek a jelentőségére később még visszatérek. A műszer kapcsolási rajza a 3. ábrán látható. A rendszert az ESP vezérli, és az eredményeket Bluetooth-on keresztül

küldi telefonra. A pontosság növeléséért 150 minta átlagát tekintjük egy mért értéknek.

A telefonos Android applikáció alapjaként szolgált egy „open source” GitHub projekt¹, mely kiváló minőségben kezelte a Bluetooth soros monitort. Ezt a mi igényeinknek megfelelően módosítottuk, egyelőre azonban csak minimálisan.



2. ábra: A műszer prototípusa (bal) és kész terve (jobb)



3. ábra: A műszer kapcsolási rajza

2.3. Továbbfejlesztési lehetőségek

A korábban említett két csatorna mérése lehetővé teszi a két jel között (RLC által okozott) fáziskésés mérését is. Így lehetséges lesz L számszerű mérése, amivel, és egy „üres” referenciaméréssel az anyag mágneses tulajdonságait tudjuk kiszámítani. Levezettük, hogy az induktivitás aránya megegyezik a relatív permeabilitás arányával.

Megj.: Vezető ferromágnesnél felhasználástól függően érdemes lehet figyelembe venni az örvényáramok hatását is. Ismert fémnél ez nem gond.

Megj.: E híján a rezonanciafrekvenciával lehetne meghatározni L-t, amihez azonban spektrumot kell mérni, ami jóval tovább tart.

Ezekkel az az adatokkal már csupán szoftver és kalibráció kérdése, hogy mire használható a műszer. Jelenleg a minta anyagát mondja meg, a későbbiekben azonban szeretnénk anyagvastagság, fedőréteg-vastagság / távolságméréshez használni. Az applikáció segítségével felhasználói oldalról is kalibrálható lesz a rendszer. Gondolkodunk még törésvizsgálaton is (ebben az esetben az Eddy-áramok máshogy folynak), de ez még további fejlesztéseket igényel.

Természetesen az applikációt is meg fogjuk tervezni a célnak megfelelően, de előbb a fent említett funkciókat szeretnénk hozzáadni.

3. Elért eredmények

A kifejlesztett és fejlődő rendszerünk alkalmas roncsolásmentes anyagvizsgálatra. Kalibrációtól és programozástól függően lehetséges többek között az anyag ötvözetének, mágneses és elektromos tulajdonságainak, vastagságának és rétegvastagságának gyakorlatilag kontaktmentes mérése telefonról is.

Felhasználható például fémelemek beazonosításához, mágnesek tulajdonságainak, vékony (néhány mm-es) fémlemezek vastagságának, fémlemezek festékvastagságának megméréséhez, vagy falban vezetékek kereséséhez.

Mindez természetesen függ a felhasznált tekercstől, illetve a rendszer zajosságától.

Folyamatban van a mérőeszköz „gyári” kalibrációjának kidolgozása, mely minden jövőbeli módhoz tartalmazni fogja a szükséges adatokat, azonban lehetőséget szeretnénk hagyni egyedi kalibráció elvégzésére is.