

A folyamatműszerezés érzékelői

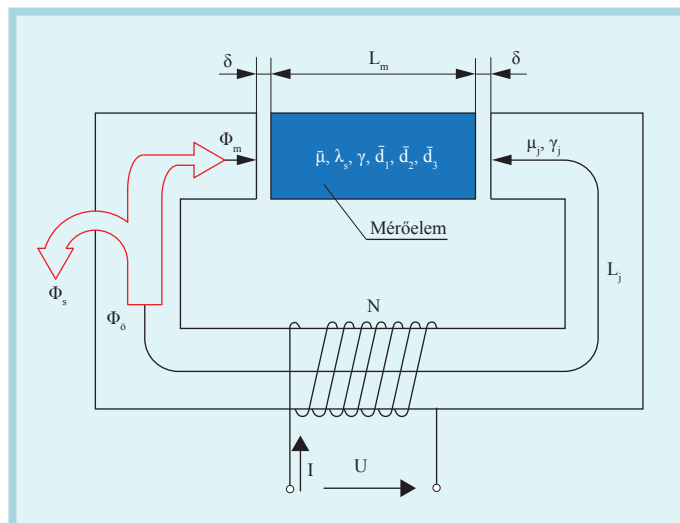
Energiaátalakulások szilárd testekben – magnetoelasztikus érzékelők 4.

Dr. Fock Károly

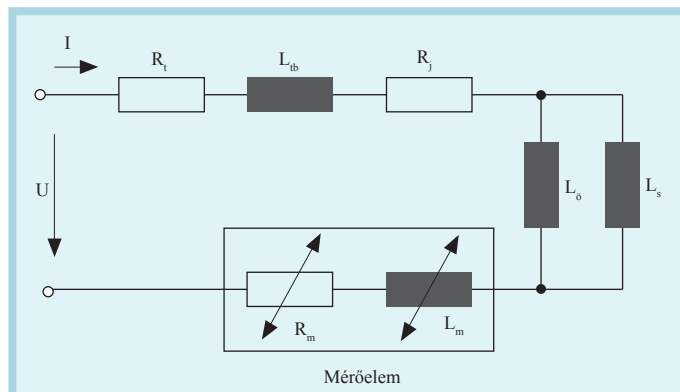
A magnetoelasztikus érzékelők típusainak és működés módjának megismerése után befejezésül rátérünk az érzékelők villamos helyettesítő képének a tárgyalására. Mint látni fogjuk, ezek vezérelt veszteséges impedanciák – amelyeket kiegyenlítettlen hídkapcsolásban mérhetünk – vagy a mérendő mennyiségtől függő, változó áttételű transzformátorok, amelyeket speciálisan kell gerjeszteni és az indukált feszültséget mérni annak érdekében, hogy a statikus karakterisztikájuk minél kedvezőbb méréstechnikai tulajdonsággal rendelkezzen.

A magnetoelasztikus érzékelők villamos helyettesítő képe

Az érzékelők belsejében kialakult erő- vagy nyomatékfüggő elektromágneses tér ismeretében lehetőség nyílik arra, hogy meghatározzuk ezen érzékelők villamos helyettesítő képét.



1. ábra Impedanciakimenetű, magnetoelasztikus érzékelő általános modellje



2. ábra Impedanciakimenetű, magnetoelasztikus érzékelő villamos helyettesítő képe

Impedanciakimenetű érzékelők

Az 1. ábrán az impedanciakimenetű magnetoelasztikus érzékelők általános modellje látható. A $\bar{\mu}$, λ_s , γ , \bar{d}_1 , \bar{d}_2 , \bar{d}_3 anyagjellemzőkkel rendelkező magnetoelasztikus mérőelem mágneses körét kiegészítheti egy ferromágneses anyagból készült járom. A működés szempontjából fontos a zárt mágneses kör, amelyet csak kényszerűségből szakíthat meg a δ légrés (nyomatékmérők). Mindig kell számolni az Ni gerjesztésből kialakuló Φ_δ fluxusból leváló kisebb, nagyobb Φ_s szórásra is.

A mérőelem impedanciájának meghatározására több módszer is ismeretes, általánosan járható út a Poynting-vektor segítségével történő impedanciaszámítási módszer:

$$R_m = \frac{1}{\bar{I}^2} \Re \oint_A (\bar{\mathbf{E}} \times \bar{\mathbf{H}}^*) d\mathbf{A}$$

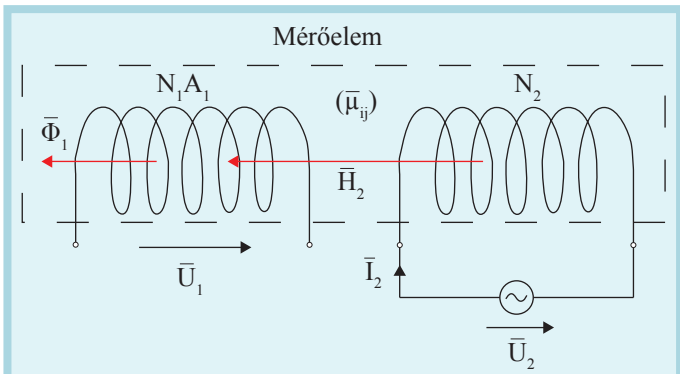
$$\omega L_m = \frac{1}{\bar{I}^2} \Im \oint_A (\bar{\mathbf{E}} \times \bar{\mathbf{H}}^*) d\mathbf{A}$$

Az impedanciaelemek kiszámítására felírt egyenletekből levonható egyik lényeges következtetés, hogy a mérendő mechanikai mennyiségtől (a térjellemző vektorok megváltozásán keresztül) az érzékelő L_m induktivitásán kívül annak R_m veszteségi ellenállása is változik. A teljes impedanciához hozzá kell vennünk a járom veszteségeit reprezentáló R_j ellenállást, a légrésből és a szórásból adódó L_δ és L_s induktivitást, valamint a tekercs R_i ohmos ellenállását és L_{ib} belső induktivitását, amelyekből felrajzolható a 2. ábrán látható villamos helyettesítő kép.

Az ábra alapján levonható az a lényeges következtetés, hogy minden mérőelemen kívüli impedanciaelem rontja a mérés érzékenységet, befolyásolja annak statikus karakterisztikáját és a külső zavarokkal szembeni viselkedését.

Transzformátor típusú érzékelők

A villamos helyettesítő kép felírásához célszerű a transzformátort egy primer és egy szekunder tekercs esetén kétkapuként, differenciáltranszformátor kialakításban pedig háromkapuként kezelni, működését pedig a hálózatelméletből ismert impedanciakarakterisztika elemeivel leírni. Ezek alapján az impedanciakarakterisztika minden egyes eleme egy-egy – a mérendő mechanikai mennyiséggel – vezérelt impedancia.



3. ábra A \bar{Z}_{12} transzferimpedancia meghatározása

A két tekercsből álló, transzformátor típusú érzékelő

$$\begin{vmatrix} \bar{U}_1 \\ \bar{U}_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \bar{Z}_{11} & \bar{Z}_{12} \\ \bar{Z}_{21} & \bar{Z}_{22} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \bar{I}_1 \\ \bar{I}_2 \end{vmatrix} \quad (\text{ahol } \bar{Z}_{12} = \bar{Z}_{21})$$

egyenletrendszerrel felírt impedanciakarakterisztikájában a \bar{Z}_{11} bemenő- és a \bar{Z}_{22} kimenőimpedanciák az előző pont gondolatmenete alapján számíthatók. A \bar{Z}_{12} transzferimpedancia kiszámításának lépései pedig a 3. ábra jelöléseivel az alábbiak:

$$\bar{\Phi}_1 = \mu_0 \int_A (\bar{\mu}_{ij}) \bar{H}_2 dA_1,$$

$$\bar{U}_1 = j\omega N_1 \mu_0 \int_A (\bar{\mu}_{ij}) \bar{H}_2 dA_1, \text{ végül}$$

$$\bar{Z}_{12} = \frac{j\omega N_1 \mu_0}{\bar{I}_2} \int_A (\bar{\mu}_{ij}) \bar{H}_2 dA_1 = R_{12} + j\omega L_{12}.$$

Az impedanciakarakterisztika elemeinek ismeretében kiszámíthatók a 4. ábrán látható ekvivalens „T”-kapcsolás impedanciái. Mint a hálózatelméletből ismeretes:

$$\begin{aligned} \bar{Z}_a &= \bar{Z}_{11} - \bar{Z}_{12}, \\ \bar{Z}_b &= \bar{Z}_{12}, \\ \bar{Z}_c &= \bar{Z}_{22} - \bar{Z}_{12}. \end{aligned}$$

A kirészletezett helyettesítő kép bekeretezett része tartalmazza az érzékelő mérendő mechanikai mennyiségtől függő elemeit. A kapcsolásból látható, hogy áramgenerátoros gerjesztés és az üresjárású kimenőfeszültség mérése esetén a jelalakításban csak a transzferimpedancia játszik szerepet.

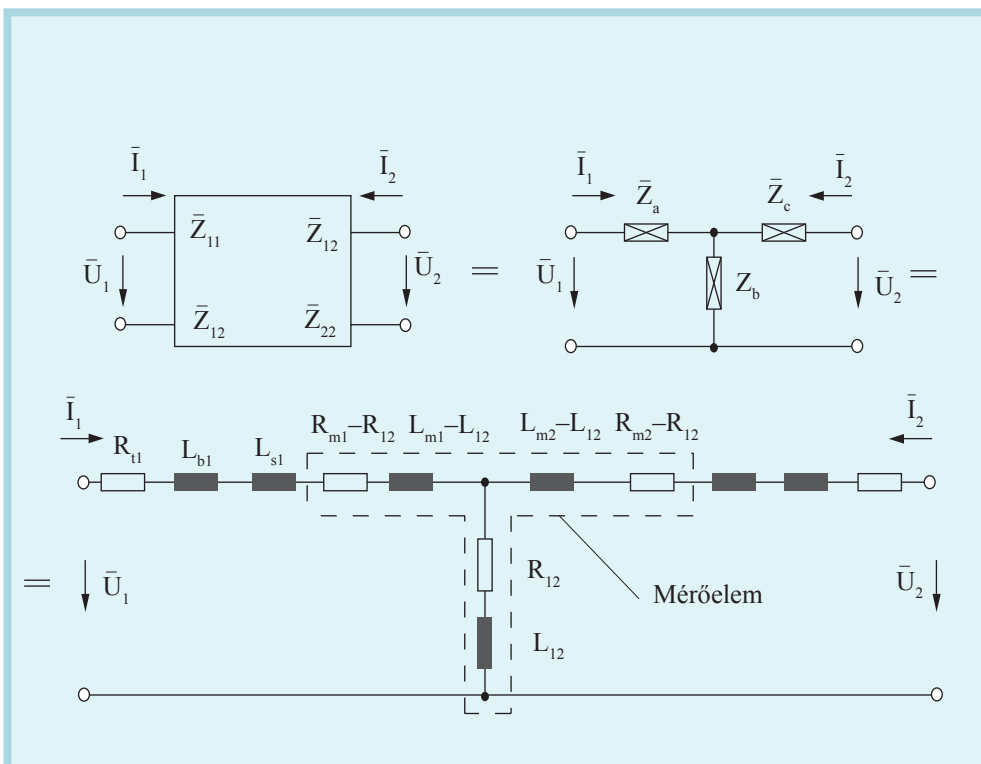
Az 5. ábrán feltüntetett **differenciáltranszformátor** (mint háromkapu)

$$\begin{vmatrix} \bar{U}_1 \\ \bar{U}_2 \\ \bar{U}_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \bar{Z}_{11} & \bar{Z}_{12} & \bar{Z}_{13} \\ \bar{Z}_{21} & \bar{Z}_{22} & \bar{Z}_{23} \\ \bar{Z}_{31} & \bar{Z}_{32} & \bar{Z}_{33} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \bar{I}_1 \\ \bar{I}_2 \\ \bar{I}_3 \end{vmatrix}$$

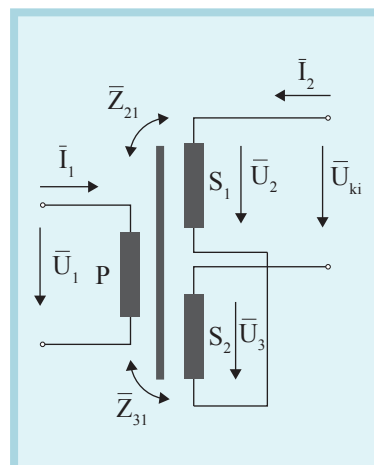
$$\bar{Z}_{ij} = \bar{Z}_{ji}$$

impedanciakarakterisztikájából könnyen levezethető, hogy I_1 =konstans (áramgenerátoros) táplálás és az U_2, U_3 üresjárású kimenőfeszültségek különbségének mérése esetén (amikor $I_2=I_3=0$) a jelátvitelben csak a \bar{Z}_{21} és \bar{Z}_{31} transzferimpedanciáknak van szerepe, vagyis:

$$\bar{U}_{ki} = \bar{U}_2 - \bar{U}_3 = \bar{I}_1 (\bar{Z}_{21} - \bar{Z}_{31}).$$



4. ábra Transzformátor típusú, magnetoelasztikus érzékelő ekvivalens „T”-kapcsolása



5. ábra Differenciálalakítású, transzformátor típusú, magnetoelasztikus érzékelő mint háromkapu. A jelátvitelben az I_1 áramgenerátoros táplálás és $U_2 - U_3$ üresjárású kimenőfeszültség-mérése esetén csak a $\bar{Z}_{21} - \bar{Z}_{31}$ transzferimpedancia-különbségnek van szerepe