

## Impedancia mérése három műszerrel

### 1. A mérés célja

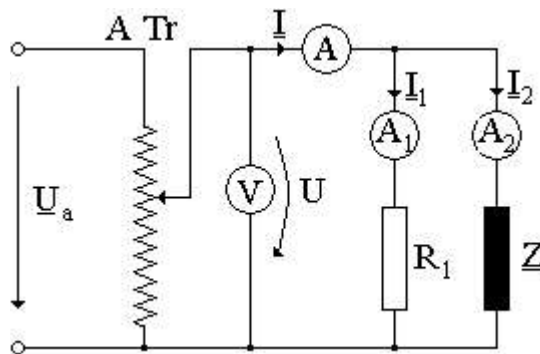
Voltmérők, ampermérők használata L és C áramkörü elemek mérésénél, mérési hibák megállapítása és azok függősége a használt mérőműszerek pontossági osztályától.

### 2. Elméleti bevezető

Tekercsek és kondenzátorok mérésére alkalmas ipari módszer a három ampermérő, valamint három voltmérő használatán alapuló módszer is. E két módszer felhasználja a kialakított áramkörre szerkeszthető fázisdiagramokat és az ezek alapján felírható egyenleteket.

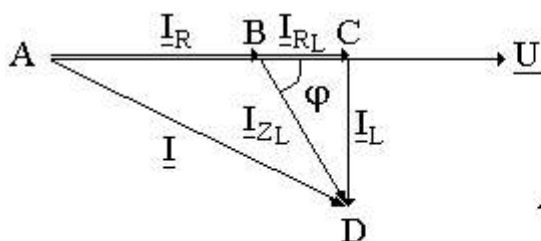
#### 2.1. *Impedancia mérése három áram mérése útján*

A mérési kapcsolás a 4.1. ábrán látható.

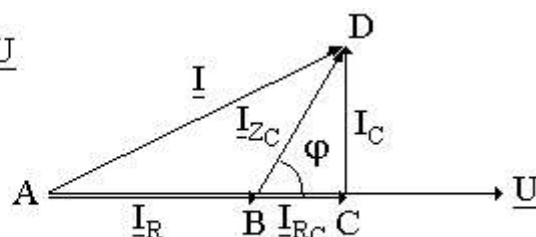


4.1. ábra

A mért mennyiségekből szerkeszthető vektorábrák a 4.2. ábrán látható (4.2a – tekercsre, illetve 4.2b – kondenzátorra).



4.2.a – tekercsre



4.2.b – kondenzátorra

I az A ampermérővel mért áram

$I_R = I_1$  az  $A_1$  ampermérővel mért áram

$I_{Z1}$  illetve  $I_{Z2} = I_2$  az  $A_2$  ampermérővel mért áram

A 4.1. kapcsolási rajzra felírhatjuk:

$$\underline{I}_1 + \underline{I}_2 = \underline{I} \quad ; \quad U = I_1 R \quad ; \quad P = UI_2 \cos\varphi \quad (4.1.)$$

P az impedancia aktív (hatásos) teljesítménye,  $\varphi$  az általa létrehozott fáziseltolódás.

A fázisdiagramokból ( $ABD_\Delta$  - re) felírható:

$$\begin{aligned} I^2 &= I_R^2 + I_Z^2 + 2I_R I_Z \cos\varphi = I_1^2 + I_2^2 + 2I_1 I_2 \cos\varphi = \\ &= I_1^2 + I_2^2 + 2 \frac{U}{R_1} I_2 \cos\varphi = I_1^2 + I_2^2 + 2 \frac{P}{R_1} \end{aligned} \quad (4.2.)$$

Innen meghatározhatjuk az impedancia hatásos teljesítményét:

$$P = (I^2 - I_1^2 - I_2^2) \frac{R_1}{2} \quad (4.3.)$$

Valamint a fáziseltolódást:

$$\varphi = \arccos \frac{I^2 - (I_1^2 + I_2^2)}{2I_1 I_2} \quad (4.4.)$$

Az impedancia értékét megadja a 4.5. összefüggés:

$$|\underline{Z}| = \frac{U}{I_2} = \frac{I_1 R_1}{I_2} \quad (4.5.)$$

Tekercs esetében a tekercs ellenállását kiszámíthatjuk:

$$R_L = |\underline{Z}| \cos\varphi \quad (4.6.)$$

az induktív reaktancia pedig:

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R_L^2} \quad (4.7.)$$

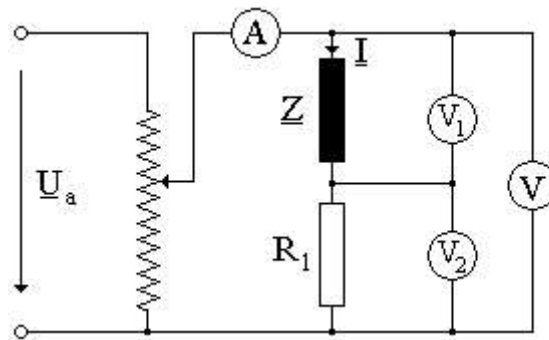
Kondenzátor esetében az impedancia egyenlő a kapacitív reaktanciával  $|\underline{Z}| = X_C$  elhanyagolva a dielektrikumban fellépő veszteségeket. Majd a (4.8.) és (4.9.) összefüggésekkel meghatározzuk a tekercs induktivitását valamint a kondenzátor kapacitását.

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2\pi f} \quad (4.8.)$$

$$C = \frac{1}{\omega X_C} = \frac{1}{2\pi f X_C} \quad (4.9.)$$

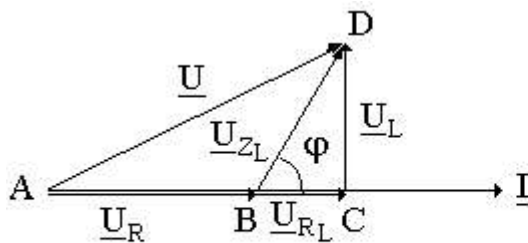
## 2.2. Impedancia mérése három feszültség méréssel

A kapcsolási rajz a 4.3. ábrán látható.

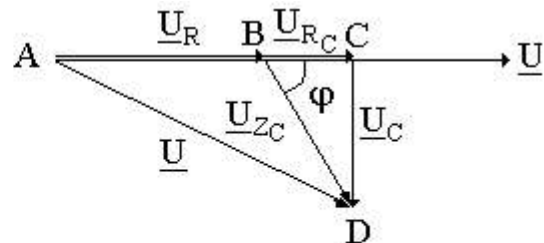


4.3. ábra

A mért mennyiségekre a fázisdiagram a 4.4.a. és a 4.4.b. ábrán láthatók:



4.4.a – tekeresre



4.4.b – kondenzátorra

Felírhatjuk a következő összefüggéseket:

$$I = \frac{U_2}{R_1} \quad ; \quad Z = \frac{U_1}{I} = \frac{U_1 R_1}{U_2} \quad ; \quad P = U_1 I \cos \varphi \quad (4.10.)$$

A fázisdiagramból (ABD<sub>A</sub> – re)

$$\begin{aligned} U^2 &= U_R^2 + U_Z^2 + 2U_R U_Z \cos \varphi = U_2^2 + U_1^2 + 2U_2 U_1 \cos \varphi = \\ &= U_1^2 + U_2^2 + 2U_1 I R_1 \cos \varphi = U_1^2 + U_2^2 + 2R_1 P \end{aligned} \quad (4.11.)$$

Innen az aktív teljesítménye az impedanciának:

$$P = (U^2 - U_1^2 - U_2^2) \frac{1}{2R_1} \quad (4.12.)$$

Valamint a fázisszög:

$$\varphi = \arccos \frac{U^2 - U_1^2 - U_2^2}{2U_1 U_2} \quad (4.13.)$$

Az impedancia valós része, az ellenállás (csak tekeres esetében):

$$R = Z \cos \varphi \quad (4.14.)$$

Az induktív reaktancia  $X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$  (4.15.)

A kapacitív reaktancia  $X_C = |Z|$  (4.16.)

### 3. A mérés menete

- 3.1. Három áram mérése esetében a kapcsolási rajz a 4.1. ábrán látható. Három mérőműszert használunk váltóáramú skálán és egy fix ellenállást  $R_1$  amelynek értékét, előzőleg megmérjük és nagyságrendben meg kell egyezzen a mérendő impedancia értékével. Ezért a kondenzátorok esetében először kiszámítjuk a kapacitív reaktanciát  $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$  és ennek megfelelően választjuk meg  $R_1$ -et. A tekercs esetében az  $R_1$  megválasztásához a tekercs  $R_L$  ellenállás értékét vesszük figyelembe.
- Úgy a tekercs, mint a kondenzátor esetében a mért áramokat a 4.1. táblázatba írjuk, majd a megfelelő összefüggésekkel számítjuk ki a  $P$  teljesítményt,  $\varphi$  fázisszöveget,  $Z$  impedanciát,  $X$  reaktanciát,  $L$  induktivitást és  $C$  kapacitást.

4.1.táblázat

Nr.	Mért elem	I [A]	I <sub>1</sub> [A]	I <sub>2</sub> [A]	R <sub>1</sub> [Ω]	P [W]	cosφ <sub>2</sub>	Z  [Ω]	R <sub>L</sub> [Ω]	X [Ω]	L [H]	C [F]
1.	Tekercs 1											-
2.	Tekercs 2											-
3.	Kond. 1								-		-	
4.	Kond. 2								-		-	

- 3.2. A három feszültség mérése esetében használt kapcsolási rajz a 4.3. ábrán látható. Ugyanazokat a mérőműszereket használjuk most váltófeszültségű skálán. A tekercs és a kondenzátor ugyanaz. A mért feszültség értékeket a 4.2. táblázatba írjuk, majd a megfelelő képletekkel számítsuk ki a kért mennyiségeket.

4.2.táblázat

Nr.	Mért elem	U [A]	U <sub>1</sub> [A]	U <sub>2</sub> [A]	P [W]	cosφ	Z  [Ω]	R <sub>L</sub> [Ω]	X [Ω]	L [H]	C [F]
1.	Tekercs 1										-
2.	Tekercs 2										-
3.	Kond. 1							-		-	
4.	Kond. 2							-		-	

### 4. Kérdések, megjegyzések

- 4.1 Ugyanazt a tekercset és kondenzátort használva, melyik módszerrel lehet az értéküket a legpontosabban meghatározni (3V vagy 3A)? A tekercset és a kondenzátort utólag megmérjük egy RLC mérőhíddal.
- 4.2. A mért áramerősségekkel rajzoljunk fel léptékben egy-egy fázisdiagramot, az egyik tekercsre illetve az egyik kondenzátorra (3A módszer)!
- 4.3. A mért feszültségekkel rajzoljunk fel léptékben egy-egy fázisdiagramot, az egyiket tekercsre illetve az egyiket kondenzátorra (3V módszer)!
- 4.4. Miért fontos az  $R_1$  ellenállás megfelelő megválasztása?