

# MĚŘENÍ IMPEDANCE VOLTMETREM, AMPÉRMETREM A WATTMETREM

Martin Zlámal

© *Datum poslední revize 28. října 2013*

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

## Obsah

1	Zadání	2
2	Teoretický úvod	2
3	Schéma zapojení	2
4	Postup měření	3
5	Naměřené a dopočítané hodnoty	3
6	Grafy	4
7	Závěr	5
8	Přístroje	5

## Seznam obrázků

1	Schéma zapojení . . . . .	2
2	Závislost $L = f(I)$ . . . . .	4
3	Závislost $R = f(I)$ . . . . .	4

## Seznam tabulek

1	Naměřené a dopočítané hodnoty . . . . .	3
---	---	---

## 1 Zadání

1. Pomocí voltmetru, ampérmetru a wattmetru změřte závislosti  $L = f(I)$  a  $R = f(I)$  pro danou cívku s jádrem.
2. Odvodte vztahy pro paralelní náhradu měřené impedance.

## 2 Teoretický úvod

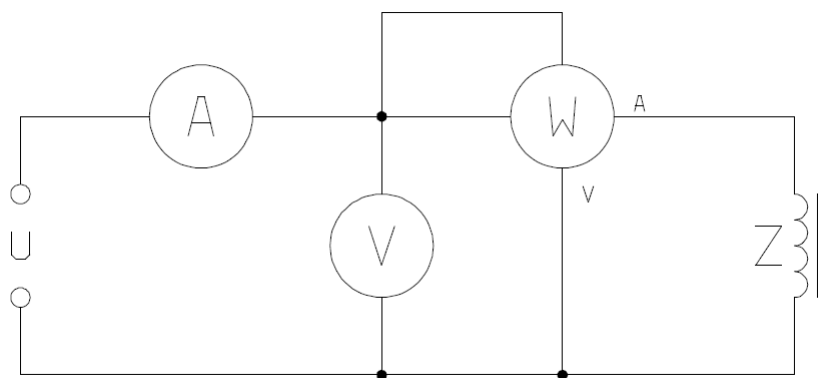
### Metody měření impedancí

Impedanci měříme při střídavém proudu, aby nedošlo pouze ke změření činné složky impedance. Měření můžeme například voltmetrem, ampérmetrem a wattmetrem, což je způsob řešení v této práci, nebo pomocí tří ampérmetrů, popř. voltmetrů. Impedance se dají také měřit číslicově případně můstkem.

### Náhradní zapojení cívky

Náhradním zapojením cívky myslíme zapojení ideální cívky do série s s odporem vlastního vinutí. V takovém případě je  $Z = R + jX_L = R + j\omega L$ . Velikost impedance je v tomto případě  $|Z| = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$  (Pythagorova věta). Pro případ zapojení ideální cívky paralelně k odporu vlastního vinutí by platilo, že  $Z = \frac{jX_L \cdot R}{jX_L + R} = \frac{j\omega RL}{R + j\omega L}$ . V takovém případě je velikost impedance  $|Z| = \frac{|\omega RL|}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$  což je obyčejná absolutní hodnota.

## 3 Schéma zapojení



Obrázek 1: Schéma zapojení

Výše uvedené schéma je schválně vzorové. K měření byl použit jeden přístroj, který kombinoval všechny měřicí přístroje dohromady. Nicméně výsledné schéma by bylo poněkud nevypovídající.

## 4 Postup měření

Obvod zapojíme podle schématu. Nepoužíváme však tři přístroje, ale pouze jeden, který všechny přístroje kombinuje. Na autotransformátoru nastavuje napětí rovnoměrně v rozsahu  $0 - 240V$  a odečítáme proud a výkon. Následně spočteme impedanci, činný odpor, reaktanci a indukčnost cívky podle níže uvedených vzorců.

## 5 Naměřené a dopočítané hodnoty

Tabulka 1: Naměřené a dopočítané hodnoty

$U[V]$	30	90	120	160	200	240
$I[A]$	0,009	0,020	0,025	0,032	0,038	0,045
$P[W]$	0,066	0,520	0,860	1,390	2,020	2,730
$Z[\Omega]$	3333,3	4500	4800	5000	5263,2	5333,3
$R[\Omega]$	814,8	1300	1376	1357,4	1398,9	1348,2
$X[\Omega]$	3232,2	4308,1	4598,6	4512,2	5073,9	5160,1
$L[H]$	10,23	13,71	14,64	15,32	16,15	16,43

Velikost impedance spočteme podle vzorce:

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{90}{0,02} = 4500\Omega \quad (1)$$

Následně využijeme vzorce pro činný odpor cívky:

$$R = \frac{P}{I^2} = \frac{0,52}{0,02^2} = 1300\Omega \quad (2)$$

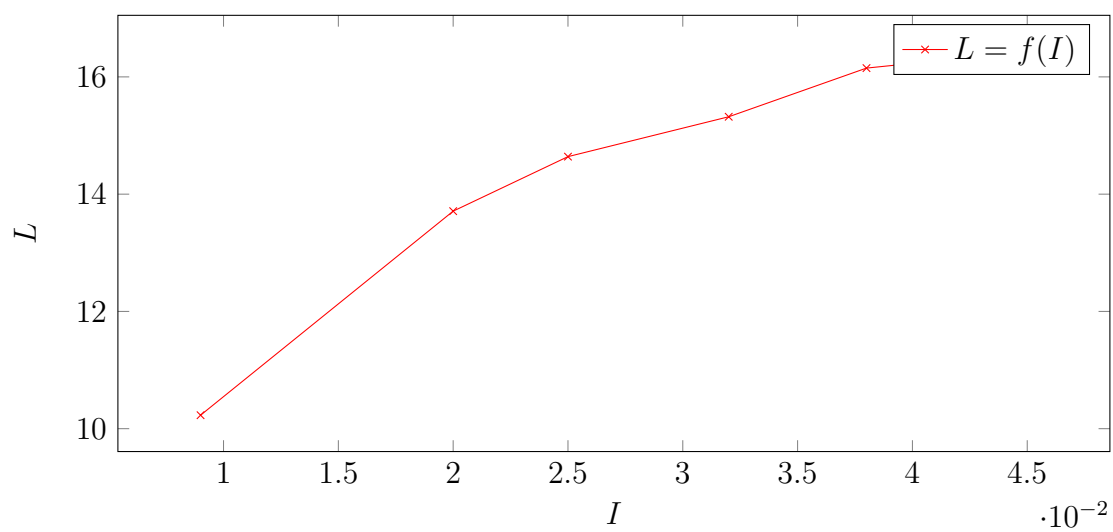
Pro reaktanci cívky využijeme vzorce:

$$X = \sqrt{\left(\frac{U}{I}\right)^2 - \left(\frac{P}{I^2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{90}{0,02}\right)^2 - \left(\frac{0,52}{0,02^2}\right)^2} = 4308,1\Omega \quad (3)$$

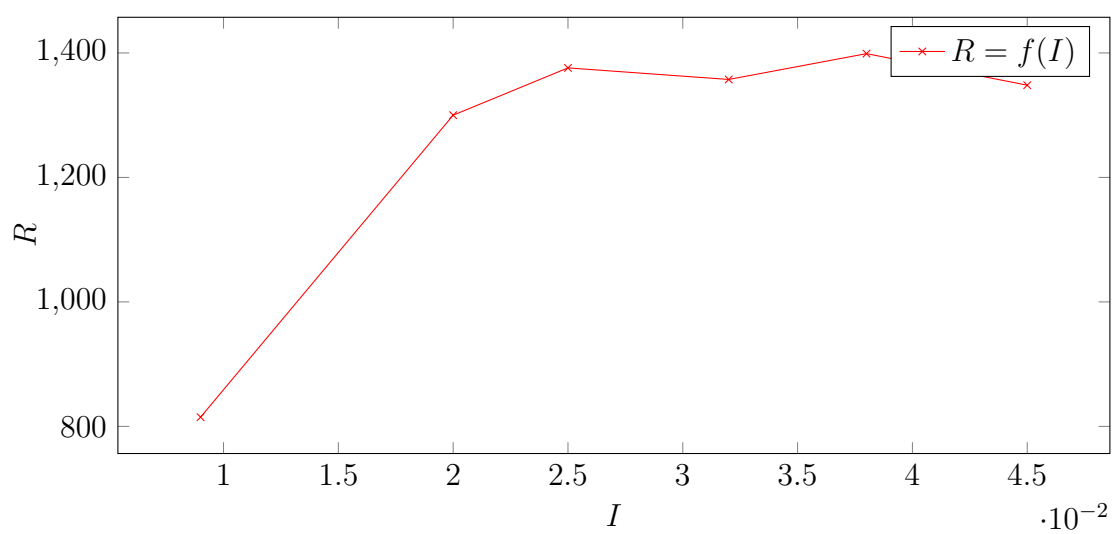
Díky znalosti reaktance cívky můžeme snadno spočítat indukčnost cívky:

$$L = \frac{X}{2\pi f} = \frac{4308,1}{2\pi 50} = 13,71H \quad (4)$$

## 6 Grafy



Obrázek 2: Závislost  $L = f(I)$



Obrázek 3: Závislost  $R = f(I)$

## 7 Závěr

V měření bylo ověřeno, že impedance je skutečně složena z reální části ( $R$ ) a (X), což odpovídá geometrickému součtu těchto hodnot ( $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ ). To také odpovídá vzorci pro výpočet impedance ze sériového náhradního zapojení ( $|Z| = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$ ). Odvození viz teoretický úvod. Z grafů pak lze vyčíst, že se vzrůstajícím proudem narůstá také hodnota indukčnosti cívky a činný odpor cívky. U cívky s feromagnetickým jádrem indukčnost s proudem nejprve vzrůstá ke svému maximu (pro proud, při kterém weber-ampérová charakteristika závislosti magnetického indukčního toku v cívce na protékajícím proudu má tečnu procházející počátkem) a poté klesá.

## 8 Přístroje

- Multimetr HM S115-2 Hanes, evid. 178687
- Autotransformátor METREL 0-260V, 50-400Hz, evid. 181390
- Cívka s jádrem