

# MĚŘENÍ VÝKONŮ A ÚČINÍKU JEDNOFÁZOVÉ ZÁTĚŽE

**Jakub Dvořák**

27.10.2020

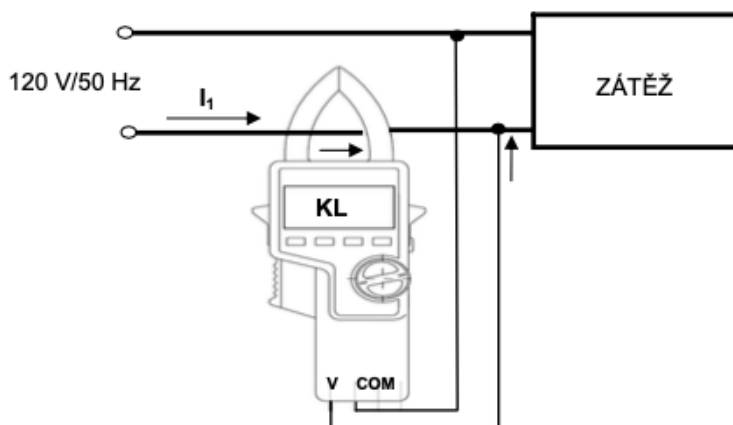


**FACULTY OF  
ELECTRICAL ENGINEERING**

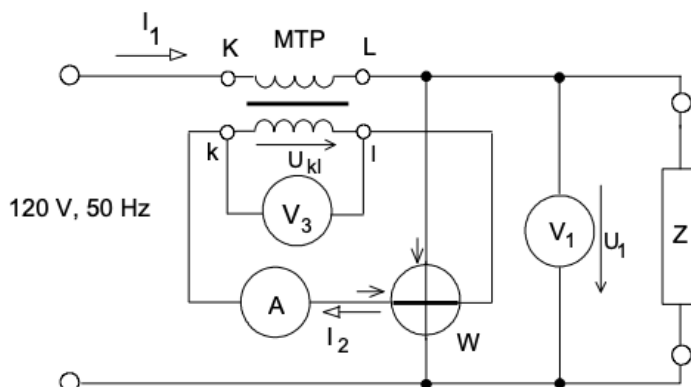
## 1 Úkol měření

1. Změřte činný výkon, účinník a zdánlivý výkon jednofázové zátěže. K měření použijte univerzální klešťový přístroj s číslicovým zobrazením, činný výkon změřte rovněž pomocí ručkového wattmetru a měřicího transformátoru proudu (MTP). Při měření činného výkonu určete v obou případech rozšířenou nejistotu typu B ( $k_r = 2$ ). U výsledků měření pomocí ručkového wattmetru korigujte chybu metody, chybu úhlu MTP zanedbejte. Posuďte, zda rozdíl hodnot měřených oběma přístroji odpovídá jejich uvedené přesnosti.
2. Změřte napětí na sekundárním vinutí MTP a zkontrolujte, není-li překročeno dovolené zatížení transformátoru.

## 2 Schéma zapojení



Obrázek 1: Měření činného výkonu, účinníku a zdánlivého výkonu pomocí univerzálního klešťového přístroje



Obrázek 2: Zapojení pro měření činného výkonu jednofázové zátěže pomocí ručkového wattmetru

### 3 Seznam použitých přístrojů

KL	- univerzální klešťový přístroj s číslicovým zobrazením PK 430.1
A	- ampérmetr elektromagnetický, tř.přes. 0,5, použitý rozsah 10 A
V <sub>1</sub>	- voltmetr magnetoelektrický s usměrňovačem, tř.přes. 1,5, použitý rozsah 240, odpor 5000 Ω, tj. 1,2 M Ω
W	- wattmetr elektrodynamický, tř.přes. 0,5, napět'ový rozsah 240 V, proudový rozsah 2 A, odpor napět'ové cívky 8 kΩ
MTP	- měřicí transformátor proudu, převod 1:3 chyba fáze 30 úhl. minut, chyba převodu není známa
120 V	- zdroj střídavého napětí - rozvaděč
Z	- měřená zátěž

### 4 Teoretický úvod

Při měření analogovým wattmetrem je potřeba dbát na rozsah jak napět'ový, tak proudový. Jelikož proud, který bychom měřili, by byl mimo rozsah wattmetru, použili jsme měřicí transformátor proudu, kterým jsme 3× snížili měřený proud. Tím jsme bohužel zavedli novou nejistotu, se kterou musíme počítat. Zároveň při použití transformátoru nesmí být překročena hodnota zdánlivého výkonu  $S_j$ , po které již přestává platit daná chyba převodu a chyba fáze. Hodnota  $S_j$  je dána vztahem:

$$S_j = U_{klj} I_{2j} = Z_{2j} I_j^2 \text{ [VA]},$$

kde  $I_{2j}$  je jmenovitá hodnota sekundárního proudu MTP (zpravidla 5 A),  
 $U_{klj}$  je úbytek napětí na svorkách k-l MTP (viz obr. 2) odpovídající proudu  $I_{2j}$  a jmenovité impedanci

Velikost měřeného činného výkonu pomocí analogového wattmetru zjistíme podle odečtu dílků, které ukazuje ručička. Jeden dílek je roven hodnotě  $k_W$ , která lze spočítat jako

$$k_W = \frac{\text{rozsah}_U \cdot \text{rozsah}_I}{\text{rozsah}_{\text{stupnice}}}$$

Při měření veličin klešťovým přístrojem vypočítáme nejistotu resp. rozšířenou nejistotu podle vztahu

$$U_P = k_r \cdot \frac{\delta_{P_R} \cdot R_{P_R}}{100\sqrt{2}} \text{ [W]}.$$

Velikost měřeného činného výkonu  $P_m$  určíme ze vztahu

$$P_m = U_1 I_1 \cos \varphi = P_W \cdot p_I,$$

kde  $P_W$  je údaj wattmetru.

	$V_1[V]$	$A_1[A]$	$W_A[\text{dílký}]$	$U_3[V]$	$W_D [W]$	$W_D \cos \varphi[1]$
Měřená hodnota	126	4,6	74	2,5	2781	0,51
Přepočtená hodnota		13,8	296		927	

Tabulka 1: Naměřené hodnoty

Hodnota  $P_m$  je zatížena chybou metody, která představuje vlastní spotřebu pro pohyb ručičky. Tuto chybu lze korigovat pomocí vztahu 1, čímž dostaneme korigovanou hodnotu výkonu  $P_K$

$$P_K = P_m - \frac{U_1^2}{R_{nW} R_V} (R_{nW} + R_V) \quad (1)$$

Skutečná hodnota činného výkonu, kterou zátěž odebírá je dána vztahem  $P_m = P_W p_I$ . Nejistota měření výkonu odebíraného zátěží se potom určí ze vztahu

$$u_{P_m} = \sqrt{\left(\frac{\partial P_m}{\partial P_W} u_{P_W}\right)^2 + \left(\frac{\partial P_m}{\partial p_I} u_{p_I}\right)^2} = \sqrt{(p_I \cdot u_{P_W})^2 + (P_W \cdot u_{p_I})^2}, \quad (2)$$

kde

$$u_{P_W} = \frac{TP_W \cdot M_W}{100\sqrt{3}}; \quad u_{p_I} = \frac{TP_{MTP} \cdot p_I}{100\sqrt{3}}. \quad (3)$$

Nejistotu digitálního wattmetru spočítáme standardním vzorcem

$$u(W_D) = \frac{\delta_R \cdot R_U R_I}{100 \cdot \sqrt{3}} \quad (4)$$

## 5 Naměřené hodnoty

Naměřené hodnoty jsou v tabulce 1

## 6 Zpracování naměřených hodnot

Zdánlivý výkon z napětí a proudu	1738,8 VA
Činný výkon z napětí a proudu	886,79 W
Analogový wattmetr	888 W
Digitální wattmetr	927 W

Tabulka 2: Přepočtené hodnoty

## 6.1 Nejistota digitálních wattmetru

Nejistotu měření digitálním přístrojem, popsanou v kapitole 4, spočítáme pomocí vzorce 4.

$$u(W_D) = 2 \cdot \frac{\delta_R \cdot R}{100 \cdot \sqrt{3}} = 2 \cdot \frac{\frac{2}{100} \cdot 3999}{\sqrt{3}} W = 92,35 W.$$

## 7 Nejistota analogového wattmetru

Pro rozšířenou nejistotu měření analogovým přístrojem budeme vycházet z rovnice 2, kde po dosazení dílčích nejistot dostaneme

$$\sqrt{\left(p_I \cdot \frac{TP_W \cdot M_W}{100\sqrt{3}}\right)^2 + \left(P_W \cdot \frac{TP_{MTP} \cdot p_I}{100\sqrt{3}}\right)^2}$$

a po dosazení hodnot dostaneme

$$2 \cdot \sqrt{\left(3 \cdot \frac{0,5 \cdot 2400}{100\sqrt{3}}\right)^2 + \left(888 \cdot \frac{0,5 \cdot 3}{100\sqrt{3}}\right)^2} = 6,6 W$$

## 8 Korekce chyby měření analogovým wattmetrem

$$R_{nW} = 8000 \Omega; R_V = 1,2 M\Omega; U_1 = 126 V; P_m = 888 W.$$

$$P_K = P_m - \frac{U_1^2}{R_{nW} R_V} (R_{nW} + R_V) = 888 - \frac{126^2}{8000 \cdot 1\,800\,000} \cdot (8000 + 1\,800\,000) = 886 W$$

## 9 Závěrečné vyhodnocení

Činný výkon naměřený digitálním měřákem je  $P_D 927 \pm 92,35 W$ . Účinník jsme naměřili  $\cos \varphi = 0,51$ . Korigovaná hodnota výkonu měřeného analogovým wattmetrem vyšla  $W_K = 886 W$ . Hodnota nekorigovaná vyšla  $888 \pm 6,6 W$ .

## **Seznam použité literatury a zdrojů informací**

### **Seznam použitých internetových zdrojů**

[1] Návod k laboratorní úloze