

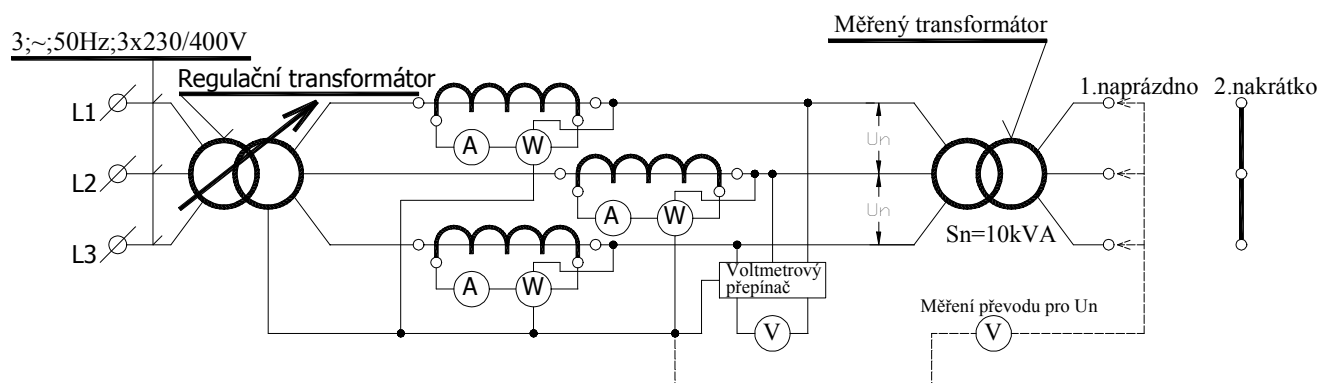
# ELEKTRICKÉ STROJE I

TUO - VŠB	<b><u>Měření transformátoru naprázdno a nakrátko</u></b> <b>Náhradní schéma</b>	Příjmení Jméno
FEI		Skupina
Datum měření		(hodnocení)

## 1. Zadání úlohy :

1. Provedte měření naprázdno třífázového transformátoru
2. Provedte měření nakrátko třífázového transformátoru
3. Z měření vynesete grafy závislosti
  - a) Z měření naprázdno vynesete závislost ztrát naprázdno  $P_0$ , proudu naprázdno  $I_0$ , účinníku naprázdno  $\cos \varphi$  na napětí naprázdno  $U_0$ .
  - b) Z měření nakrátko vynesete závislost ztrát nakrátko  $P_k$ , proudu nakrátko  $I_k$ , účinníku nakrátko  $\cos \varphi_k$  na napětí nakrátko  $U_k$ .
4. Z odečtených hodnot pro jmenovité primární napětí vypočtete náhradní schéma transformátoru.

## 2. Schéma zapojení



## 3. Použité přístroje

#### 4. Teoretický rozbor :

Transformátor je elektrický netočivý stroj, který slouží ke změně ( transformaci ) napětí. Společně s napětím se transformuje i proud. Transformátor pracuje na základě elektromagnetické indukce, vstupní a výstupní obvod jsou spojeny pouze uzavřeným magnetickým obvodem. Transformátor tedy galvanicky odděluje vstupní obvod od výstupního.

##### a) měření naprázdno

- měření se provádí ze strany vyššího napětí
- měříme od 130% jmenovitého napětí  $U_N$  až do 30% jmenovitého napětí  $U_N$

$$I_0 = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} [A] \quad U_0 = \frac{U_1 + U_2 + U_3}{3} [V]$$

$$P_0 = P_1 + P_2 + P_3 [W] \quad \cos \varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3} \cdot U_0 \cdot I_0}$$

##### b) měření nakrátko

- měříme ze strany vyššího napětí
- měříme od 130% jmenovitého proudu  $I_N$
- změna v zapojení je v napěťových rozsazích wattmetrů a v rozsahu voltmetru, tyto rozsahy budou nízké

$$I_k = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} [A] \quad U_k = \frac{U_1 + U_2 + U_3}{3} [V]$$

$$P_k = P_{k1} + P_{k2} + P_{k3} [W] \quad \cos \varphi_k = \frac{P_k}{\sqrt{3} \cdot U_k \cdot I_k}$$

- neprovádíme korekci
- z charakteristiky určíme procentní napětí nakrátko  $u_k$

$$u_k = \frac{U_{KN}}{U_N} \cdot 10^2 [\%]$$

kde  $U_{KN}$  je napětí nakrátko při kterém protéká transformátorem jmenovitý proud

- hodnota  $u_k$  je důležitá pro paralelní chod transformátoru a potom se tato hodnota také projevuje při zkratech
- čím větší  $u_k$ , tím menší je ztrátový proud

#### 5. Postup měření:

- Při měření naprázdno jsme měřili ze strany vyššího napětí a nastavili jsem napětí max.  $1,3U_N$  a měřili jsme sestupně až do hodnoty  $0,3U_N$ . Na proudovém transformátoru jsme si nastavili rozsah 5A a postupně snižujícími hodnotami proudu, napětí a výkonu jsme ho snižovali na 2A, 1A a 0,5A. Pokaždé změně rozsahu jsme přepočítali konstantu wattmetru. Z naměřených hodnot jsme sestrojili grafy.
- Při měření převodu jsme též provedli tři měření, abychom potom spočítali průměrnou hodnotu napětí a spočítali převod. Měřili jsme ze strany nižšího napětí transformátoru. Nastavili jsme napětí  $U_{1N}$ . Toto jsme provedli po měření naprázdno.
- U měření nakrátko jsme měřili ze strany vyššího napětí transformátoru. Schéma zapojení je stejné, pouze svorky sekundární strany transformátoru byly zapojeny nakrátko. Nastavovali jsme proud. Měřili jsme sestupně od  $1,3I_N$  až do  $0,3I_N$ . Opět jsme si museli hlídat rozsahy na proudových transformátorech a přepočítávat konstantu wattmetru. Nakonec jsme sestrojili z naměřených hodnot grafy.

## 5. Tabulky naměřených a vypočtených hodnot: (např.)

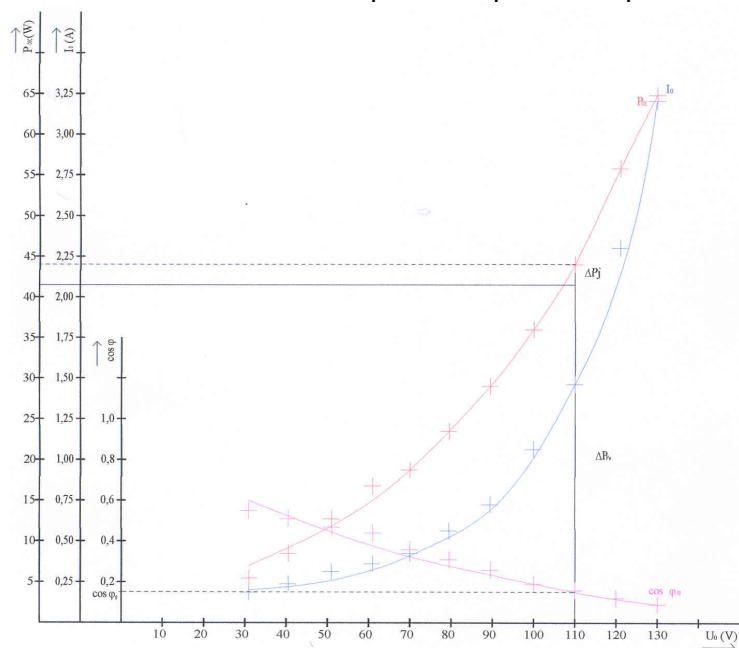
Tabulky naměřených a vypočtených hodnot

$U_{1F}$	$U_{2F}$	$U_{3F}$	$U_{0(N)}$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_0$	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_0$	$\cos \varphi_0$
[V]	[V]	[V]	[V]	[W]	[W]	[W]	[W]	[A]	[A]	[A]	[A]	[-]
255	255	255	441,7	135	0	33,5	168,5	1,5	1,48	1	1,326	0,17
240	240	240	415,7	102	9	30	141	1	1,1	0,7	0,933	0,21
220	220	220	381	79,6	15	24	118,5	0,7	0,72	0,52	0,646	0,28
200	200	200	346,4	49,8	16,5	21,3	87,6	0,48	0,46	0,3	0,413	0,35
180	180	180	311,8	36	16,5	17,1	69,6	0,31	0,3	0,2	0,27	0,48
160	156	156	272,5	27	13,5	13,5	54	0,22	0,22	0,18	0,206	0,56
138	135	135	235,6	18,7	11,5	10,2	40,4	0,17	0,17	0,12	0,153	0,65
120	120	120	207,9	14,7	9,75	8,25	32,7	0,15	0,145	0,1	0,132	0,69
98	100	100	172,1	10,3	7,05	5,85	23,2	0,12	0,12	0,07	0,103	0,76
80	80	80	138,6	6,75	4,8	3,9	15,45	0,1	0,08	0,04	0,073	0,88
59	59	61	103,3	3,75	3	2,25	9	0,06	0,05	0,02	0,043	1,16
40	40	40	69,28	1,95	1,5	1,2	4,65	0,02	0,02	0,02	0,02	1,94
20	20	20	34,64	0,6	0,45	0,3	1,35	0,01	0,01	0,01	0,01	2,25

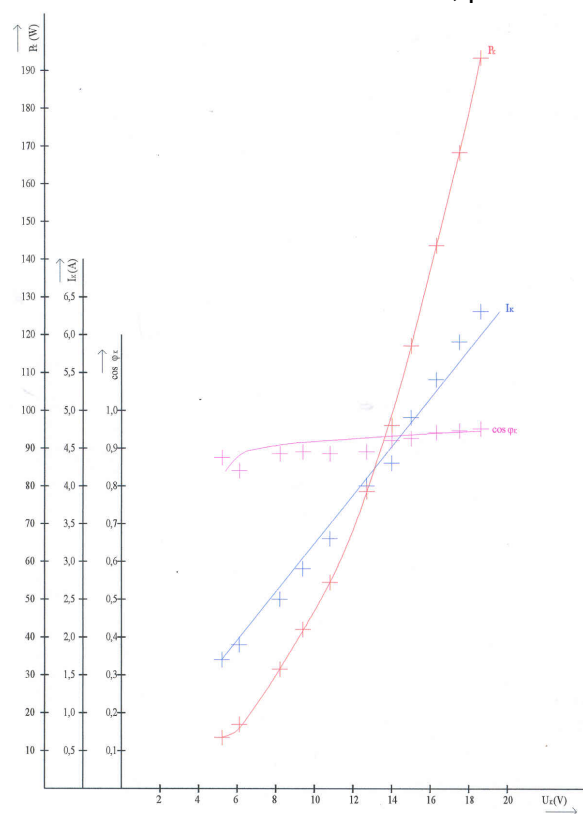
$U_{1F}$	$U_{2F}$	$U_{3F}$	$U_{K(N)}$	$\mu_K$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_K$	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_K$	$\cos \varphi_K$
[V]	[V]	[V]	[V]	[%]	[W]	[W]	[W]	[W]	[A]	[A]	[A]	[A]	[-]
12	10,4	11,2	19,4	5,11	214,8	160	200	574,8	20	17,2	17,2	18,13	0,94
10,4	10,5	11,4	18,65	4,91	174,8	160	190	524,8	18,4	17	18	17,8	0,91
10,6	9,8	10,2	17,67	4,65	174,8	184,2	165	524	17,6	15,2	17,2	16,67	1,03
9,8	8,8	9,8	16,4	4,32	140	110	140	390	16	14	15,2	15,07	0,91
9	7	8	13,86	3,65	114,8	70	100	284,8	14	11,4	12,8	12,73	0,93
7,8	7	8	13,76	3,46	100	74,8	95,2	270	13,2	11,2	12,4	12,27	0,97
7,4	5,6	6	10,97	2,89	74,8	45,2	60	180	11,2	9,2	10	10,13	0,94
5,4	4,6	4,3	8,256	2,17	50	30	30	110	8,4	7,2	7,2	7,6	1,00
3,7	2,2	2,8	5,023	1,32	25	10	15	50	5,4	3,5	4,4	4,433	1,29
1,8	1,8	1,83	3,135	0,83	10	5	7,5	22,5	3,2	2	2,8	2,667	1,55

## 7. Grafy :

Graf č. 1 : Závislost ztrát naprázdno, proudu naprázdno a účinníku naprázdno na napětí naprázdno



Graf č. 2 : Závislost ztrát nakrátko, proudu nakrátko a účinníku nakrátko na napětí nakrátko



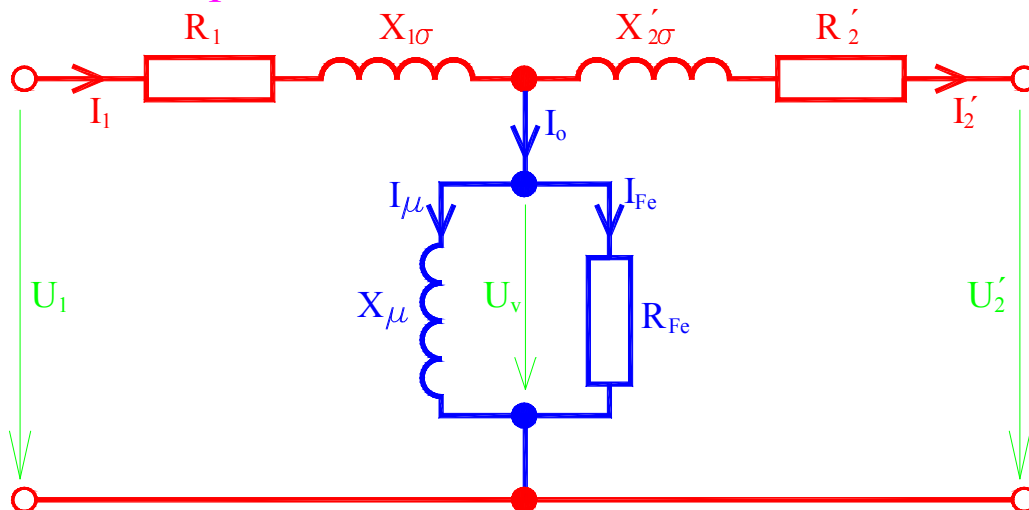
## 8. Vyhodnocení :

Výpočet náhradního schématu dle př.č7

7. Trojfázový transformátor Yy0, 1250 kVA, 6 kV/400 V má ztráty naprázdno 4050 W, proud naprázdno 5%, ztráty nakrátko 16,9 kW a napětí nakrátko 6%. Určete konstanty náhradního schématu transformátoru za předpokladu, že poměrné úbytky na ohmických odporech a rozptylových reaktancích primáru a sekundáru jsou stejné, že zanedbáváme magnetizační proud při chodu nakrátko, úbytky při chodu naprázdno, přídavné ztráty a vliv syčení.

(0.194 Ω, 0.000862 Ω, 0.84 Ω, 0.00373 Ω, 8880 Ω, 576 Ω)

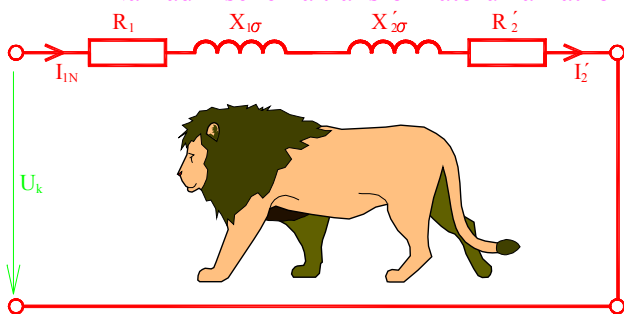
### Úplné náhradní schéma transformátoru



$$I_{1N} = \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot U_N} = \frac{1250 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 10^3} = 120,4 \text{ A}$$

Pro výpočet  $R_1, X_{1\sigma}, R_2', X_{2\sigma}'$  použijeme upravené náhradní schéma, ve kterém je střední (modře zakreslena) větev vypuštěna, sekundární svorky jsou spojeny nakrátko a primárním obvodem při napětí  $U_k$  teče proud  $I_{1N}$ .

### Náhradní schéma transformátoru nakrátko



$$R_K = \frac{\Delta P_K}{3 \cdot I_{1N}^2} = \frac{16900}{3 \cdot 120,4^2} = 0,388 \Omega \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_1 = R_2' = \frac{R_K}{2} = 0,194 \Omega$$

$$p = \frac{U_1}{U_2} = \frac{6000}{400} = 15$$

$$R_2 = \frac{R_1}{p^2} = \frac{0,194}{15^2} = 0,862 \text{ m}\Omega \quad X_{1\sigma} = X_{2\sigma}'$$

$$Z_N = \frac{U_N}{\sqrt{3} \cdot I_{1N}} = \frac{6 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 120,4} = 28,8 \Omega$$

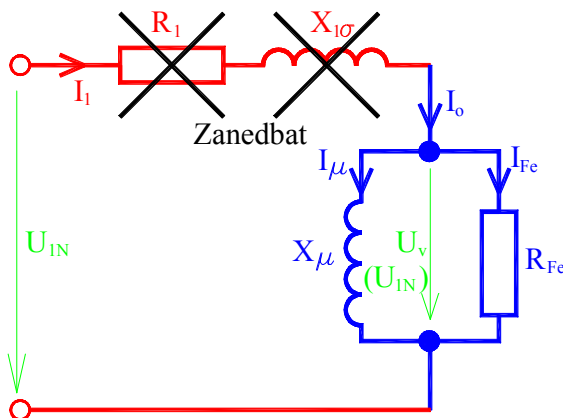
$$Z_K = \frac{u_{K\%} \cdot Z_N}{100} = \frac{6 \cdot 28,8}{100} = 1,728 \Omega$$

$$Z_K = \sqrt{R_K^2 + X_K^2} \Rightarrow X_K = \sqrt{Z_K^2 - R_K^2} = \sqrt{1,728^2 - 0,388^2} = 1,68 \Omega \Rightarrow X_{1\sigma} = 0,84 \Omega$$

$$X_{2\sigma}' = \frac{X_{1\sigma}}{p^2} = \frac{0,84}{15^2} = 0,00373 \Omega$$

Pro výpočet prvků  $R_{Fe}, X_{\mu}$  použijeme upravené náhradní schéma, ve kterém je využita pouze střední větev (modře zakreslena), prvky  $R_1, X_{1\sigma}, R_2, X_{2\sigma}$  se zanedbávají a primárním obvodem při napětí  $U_{1N}$  teče proud  $I_o$ .

### Náhradní schéma transformátoru naprázdno



$$I_{10} = I_{1N} \cdot i_{10} = 120,4 \cdot 0,05 = 6,02 \text{ A}$$



$$\begin{aligned} \cos \varphi_0 &= \frac{P_0}{\sqrt{3} U_{1N} I_{10}} = \\ &= \frac{4050}{\sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 6,02} = 0,064 \rightarrow \\ &\rightarrow \sin \varphi_0 = 0,9979 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{\mu} &= \frac{U_{1f}}{I_{10} \sin \varphi_0} = \\ &= \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 6,02 \cdot 0,9979} = 576 \Omega \end{aligned}$$

$$R_{Fe} = \frac{3 \cdot U_{1f}^2}{\Delta P_0} = \frac{3 \cdot \left(\frac{6000}{\sqrt{3}}\right)^2}{4050} = 8880 \Omega$$

