

**STREDNÁ PRIEMYSELNÁ ŠKOLA ELEKTROTECHNICKÁ
S. A. JEDLIKA V NOVÝCH ZÁMKOCH**

**ŠTUDIJNÝ ODBOR:
ELEKTROTECHNIKA;**

LABORATÓRNE CVIČENIA

PROTOKOLY Z ELEKTRICKÉHO MERANIA

Školský rok: 2005 / 2006 Trieda, skupina: 3.AZ, ELM1 Počet protokolov: - 13 -	Meno: Igor Cagán Dátum merania: 03.09.2005 Dátum odovzdania: 31.06.2005
--	--

OBSAH:

- 1. Kontrola wattmetra**
- 2. Kontrola ampérmetra**
- 3. Kontrola voltmetra**
- 4. Meranie parametrov žiarovky**
- 5. Meranie odporov ohmmetrami**
- 6. Meranie odporov mostíkmi**
- 7. Meranie rezonančnej charakteristiky**
- 8. Meranie zaťažovacej charakteristiky lineárneho zdroja**
- 9. Meranie parametrov tlmivky**
- 10. Meranie výkonu trojfázového asynchrónneho motora naprázdno**
- 11. Meranie výkonu žiarivky**
- 12. Meranie na osciloskope**
- 13. Kontrola elektromeru**

Práca obsahuje poč.:	LISTOV TABULIEK GRAFOV	- 63 - - XX - - XX -	Klasifikácia:
-----------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	----------------------

KONTROLA WATTMETRA

(06.10.2005)

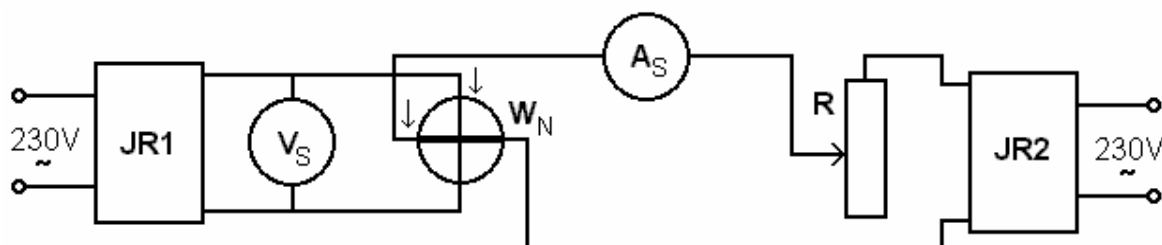
1. Zadanie úlohy

1. Preved'te kontrolu daného elektrodynamického wattmetra na určenom napäťovom a prúdovom meracom rozsahu pomocou laboratórneho ampérmetra a voltmetra porovnávacou metódou.
2. Vypočítajte korekciu (opravu) a zostrojte korekčnú krivku.
3. Vypočítajte hodnoty medzí dovolených chýb a skontrolujte, či prístroj vyhovuje danej triede presnosti.

2. Súpis prístrojov (strojov) a zariadení

P.č.	Označenie	Názov	Typ	Systém, poloha, presnosť	Merací rozsah	Výrobné číslo	Inventárne číslo	Výrobca
1	JR1	Napájací zdroj	BM 208	-	-	5210975	UP 428	Tesla
2	JR2	Napájací zdroj	QD 10	-	-	-	UP 104	Metra
3	A _S	Ampérmeter	FL 21	0,2	1 A	2501626	UP 740	Metra
4	V _S	Voltmeter	EL 20	0,5	120 V	7334747	UP 936	Metra
5	R	Reostat	OPK		1200 Ω	2526	UP 887	Metra
6	W _N	Wattmeter	DKP	0,5	120 W	1825235	UP 985	Metra

3. Schéma zapojenia



4. Opis meracej metódy

Celé moje meranie bolo založené na porovnávaní *vždy dvoch* hodnôt tých istých veličín nameraných dvoma odlišnými prístrojmi. Teda prístroj s menšou triedou presnosti, v mojom prípade wattmeter, som kontroloval prístrojmi s vyššou triedou presnosti, respektíve ampérmetrom a voltmetrom, ktoré oddelene nahrádzali prúdovú a napäťovú cievku wattmetra. Až súčinom hodnôt ampérmetra a voltmetra som získal veličinu výkonu (P_S) rovnocennú s veličinou, ktorú meral wattmeter (P_N), čo mi umožnilo ich následné porovnanie a výpočet korekcie K_V . Na základe korekcie K_V som bol schopný zhotoviť graf korekčnej krivky, do ktorého som po výpočte naznačil medze dovolených chýb prístroja. Takto zhotovený graf mi objektívne poslúžil na zhodnotenie celej úlohy.

5. Výpočty a tabuľky

Č.	α_{U_S} [d]	α_{I_S} [d]	U_S [V]	I_S [mA]	P_S [W]	α_N [d]	αP_N [W]	K_V [W]
1.	120	16	120	0,08	9,6	10	10	-0,4
2.	120	32	120	0,16	19,2	20	20	-0,8
3.	120	50	120	0,25	30	30	30	0
4.	120	67	120	0,33	39,6	40	40	-0,4
5.	120	84	120	0,42	50,4	50	50	0,4
6.	120	100	120	0,5	60	60	60	0
7.	120	115	120	0,58	69,6	70	70	-0,4
8.	120	132	120	0,66	79,2	80	80	-0,8
9.	120	149	120	0,74	88,8	90	90	-1,2
10.	120	165	120	0,83	99,6	100	100	-0,4
11.	120	181	120	0,91	109,2	110	110	-0,8
12.	120	199	120	0,99	118,8	120	120	-1,2

Ako príklad uvádzam vypočítanie hodnôt v poslednom riadku tabuľky, ostatné sa počítajú tak isto len s príslušnými hodnotami.

Hodnoty U_S a I_S sme vypočítali pomocou konštánt prístrojov, a to nasledovne:

$$k = \frac{M_v}{\alpha_M} = \frac{120}{120} = 1$$

$$U_s = k_v \cdot \alpha_{U_S} = 120V$$

kde: M_V / M_A – použitý merací rozsah voltmetra / ampérmetra
 α_M – počet dielikov na stupnici

Skutočný výkon P_S zistíme súčinom hodnôt nameraných ampérmetrom a voltmetrom:

$$P_S = U_S \cdot I_S$$
$$P_S = 120 \cdot 0,99 = 118,8 \text{ W}$$

Konštantu wattmetra k_W zistíme zo vzťahu :

$$k_W = (M_U \cdot M_I) / \alpha_M \quad [\text{W/d}]$$
$$k_W = (120 \cdot 1) / 120$$
$$k_W = 1 \text{ W/d}$$

kde: M_U – merací rozsah napäťovej cievky wattmetra, $M_U = 120$;
 M_I – merací rozsah prúdovej cievky wattmetra, $M_I = 1$;

Výkon nameraný kontrolovaným wattmetrom zistíme zo vzťahu :

$$P_N = k_W \cdot \alpha_N \quad [\text{W}]$$
$$P_N = 1 \cdot 120$$
$$P_N = 120 \text{ W}$$

Korekcia : $K_V = P_S - P_N \quad [\text{W}]$
 $K_V = 118,8 - 120 = -1,2 \text{ W}$

Medza dovolených chýb : $\pm \Delta = (M_U \cdot M_I \cdot T_p) / 100$
 $\pm \Delta = (120 \cdot 1 \cdot 0,5) / 100$
 $\pm \Delta = 0,6$

kde: T_p - trieda presnosti, $T_p = 0,5$;

6.

Graf

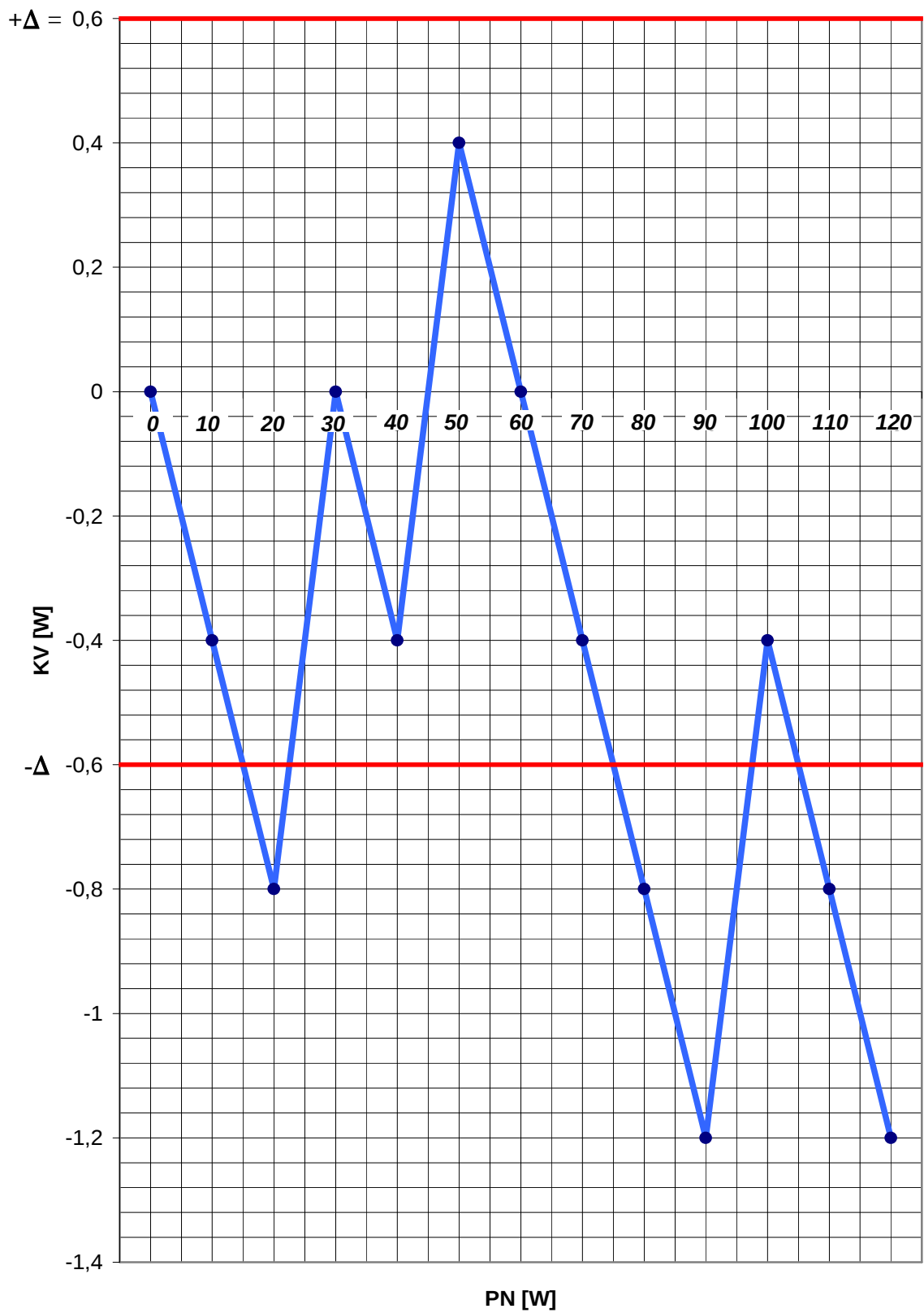
(Samostatne na ďalšej strane)

7.

Zhodnotenie

Na základe výpočtov a konštrukcie korekčnej krivky som zistil, že daný wattmeter nevyhovuje svojej triede presnosti, ktorá je uvedená na tomto meracom prístroji, pretože hodnoty prekročili medzu dovolených chýb. Avšak musím brať do úvahy i fakt, že výsledky môjho merania mohli byť ovplyvnené nepresným odčítaním údajov z prístrojov, čo sa mohlo odraziť aj na korekčnej krivke.

6. Graf



KONTROLA AMPÉRMETRA

(13.10.2005)

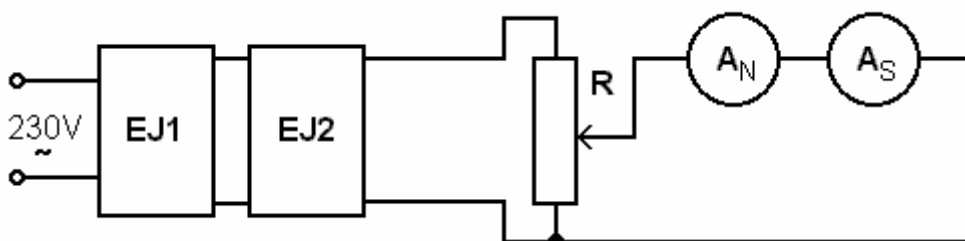
1. Zadanie úlohy

1. Prevedte kontrolu daného magnetoelektrického ampérmetra na určenom meracom rozsahu pomocou laboratórneho ampérmetra porovnávacou metódou.
2. Vypočítajte korekciu (opravu) a zostrojte korekčnú krivku.
3. Vypočítajte hodnoty medzí dovolených chýb a skontrolujte, či prístroj vyhovuje danej triede presnosti.

2. Súpis prístrojov (strojov) a zariadení

P.č.	Označenie	Názov	Typ	Systém, poloha, presnosť	Merací rozsah	Výrobné číslo	Inventárne číslo	Výrobca
1	EJ1	Napájací zdroj	RS-7	-	-	2702	UP 377	Metra
2	EJ2	Usmerňovač	RS-8	-	-	2840	UP 378	Metra
3	R	Reostat	OPK	-	1200 Ω	-	UP 890	Metra
4	A _N	Ampérmeter	Uni 21	1,5	2,5 A	-	UP 779	SRN
5	A _S	Ampérmeter	ML 22	0,2	7,5 A	5343710	UP 792	Metra

3. Schéma zapojenia



4. Opis meracej metódy

Celé moje meranie bolo založené na porovnávaní *vždy dvoch* hodnôt tých istých veličín nameraných dvoma odlišnými prístrojmi. Teda prístroj s menšou triedou presnosti, v mojom prípade ampérmetrom A_N , som kontroloval prístrojom s vyššou triedou presnosti, respektíve ampérmetrom A_S . Rozdiel týchto dvoch hodnôt mi poslužil na porovnanie prístrojov a výpočet príslušnej korekcie. Ale, aby som sa, čo najviac priblížil reálnej hodnote korekcie, som to isté meranie uskutočnil dvakrát: raz znižovaním odporu reostatu (K_H) a druhýkrát jeho zvyšovaním (K_D). Následným aritmetickým priemerom oboch korekcií merania som vypočítal výslednú korekcie K_V . Na jej základe som bol schopný zhotoviť graf korekčnej krivky, do ktorého som po výpočte naznačil medze dovolených chýb kontrolovaného prístroja. Takto zhotovený graf mi objektívne poslužil na zhodnotenie celej úlohy.

5. Výpočty a tabuľky

Č.	Meranie hore					Meranie dole					K_V [mA]
	α_N [d]	α_S [d]	I_N [mA]	I_S [mA]	K_H [mA]	α_N [d]	α_S [d]	I_N [mA]	I_S [mA]	K_D [mA]	
1.	20	20	5	4	-1	20	20,1	5	4,02	-0,98	-0,99
2.	40	46	10	9,2	-0,8	40	45,8	10	9,16	-0,84	-0,82
3.	60	72	15	14,4	-0,6	60	72	15	14,4	-0,6	-0,6
4.	80	99	20	19,8	-0,2	80	99,3	20	19,86	-0,14	-0,17
5.	100	124	25	24,8	-0,2	100	124,4	25	24,88	-0,12	-0,16

Ako príklad uvádzam vypočítanie hodnôt v poslednom riadku tabuľky, ostatné sa počítajú tak isto len s príslušnými hodnotami.

Merací rozsah kontrolovaného ampérmetra je $M_N = 25 \text{ mA}$, maximálny počet dielikov stupnice je $\alpha = 100 \text{ d}$. Merací rozsah skutočného ampérmetra je $M_S = 30 \text{ mA}$, $\alpha_M = 150 \text{ d}$.

Konštanty meracích prístrojov zistíme zo vzťahu : $M_S k_S k_N$

$$k = \frac{M}{\alpha_M} ; k_N = \frac{25}{100} = 0,25 \text{ [mA/d]} ; k_S = \frac{30}{150} = 0,2 \text{ [mA/d]}$$

kde: M – použitý merací rozsah voltmetra / ampérmetra
 α_M – počet dielikov na stupnici

Prúd nameraný na nepresnom, kontrolovanom ampérmetri a skutočný prúd nameraný kontrolným ampérmetrom, odčítame z meracích zariadení dosadíme do vzťahu :

$$I_N = k_N \cdot \alpha_N \quad \text{a} \quad I_S = k_S \cdot \alpha_S \quad [\text{mA}]$$

$$I_N = 0,25 \cdot 100 = 25 \text{ mA}$$

$$I_S = 0,2 \cdot 127 = 25,4 \text{ mA}$$

kde: k_N, k_S – konštanty prístrojov v [mA/d]
 α_N, α_S – výchylky v dielikoch

Korekcia :

$$K = I_S - I_N \quad [\text{mA}]$$

$$K = 25,4 - 25 = 0,4 \text{ mA}$$

Výsledná korekcia :

$$K_V = \frac{1}{2} \cdot (K_H + K_D) \quad [\text{mA}]$$

$$K_V = \frac{1}{2} \cdot (0,4 + (-0,12)) = 0,14 \text{ mA}$$

Medza dovolených chýb :

$$\pm \Delta = (M \cdot T_p) / 100$$

$$\pm \Delta = (25 \cdot 1,5) / 100$$

$$\pm \Delta = 0,37$$

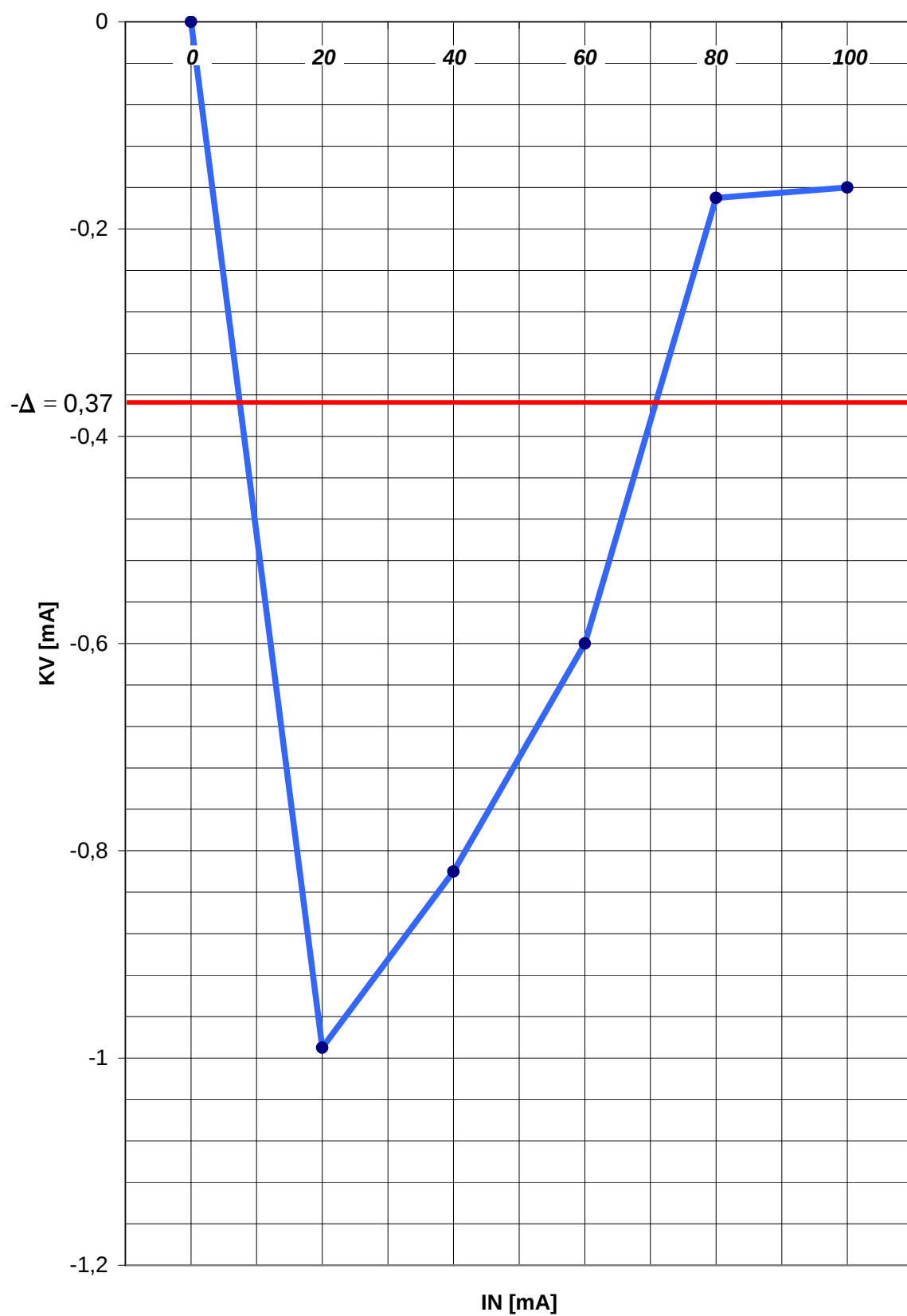
6. Graf

(Samostatne na ďalšej strane)

7. Zhodnotenie

Na základe výpočtov a konštrukcie korekčnej krivky som zistil, že daný ampérmeter nevyhovuje svojej triede presnosti, ktorá je uvedená na tomto meracom prístroji, pretože hodnoty prekročili medzu dovolených chýb. Avšak musím brať do úvahy i fakt, že výsledky môjho merania mohli byť ovplyvnené nepresným odčítaním údajov z oboch prístrojov, čo sa mohlo odraziť aj na korekčnej krivke.

6. Graf



KONTROLA VOLTMETRA

(20.10.2005)

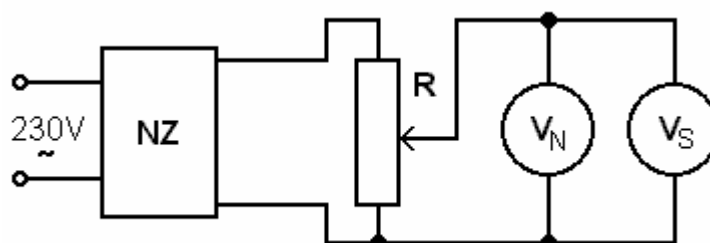
1. Zadanie úlohy

1. Preved'te kontrolu daného magnetoelektrického voltmetra na určenom meracom rozsahu pomocou laboratórneho voltmetra porovnávacou metódou.
2. Vypočítajte korekciu (opravu) a zostrojte korekčnú krivku.
3. Vypočítajte hodnoty medzí dovolených chýb a skontrolujte, či prístroj vyhovuje danej triede presnosti.

2. Súpis prístrojov (strojov) a zariadení

P.č.	Označenie	Názov	Typ	Systém, poloha, presnosť	Merací rozsah	Výrobné číslo	Inventárne číslo	Výrobca
1	NZ	Napájací zdroj	BK 127	-	-	8407	UP 377	Tesla
2	R	Reostat	OPK	-	1200 Ω	-	UP 890	Metra
3	V _N	Voltmeter	C 4353	1,5	6 V	N959346	UP 775	ZSSR
4	V _S	Voltmeter	ML 22	0,2	7,5 A	2502093	UP 791	-

3. Schéma zapojenia



4. Opis meracej metódy

Celé moje meranie bolo založené na porovnávaní *vždy dvoch* hodnôt tých istých veličín nameraných dvoma odlišnými prístrojmi. Teda prístroj s menšou triedou presnosti, v mojom prípade ampérmetrom V_N , som kontroloval prístrojom s vyššou triedou presnosti, respektíve ampérmetrom V_S . Rozdiel týchto dvoch hodnôt mi poslužil na porovnanie prístrojov a výpočet príslušnej korekcie. Ale, aby som sa, čo najviac priblížil reálnej hodnote korekcie, som to isté meranie uskutočnil dvakrát: raz znižovaním odporu reostatu (K_H) a druhýkrát jeho zvyšovaním (K_D). Následným aritmetickým priemerom oboch korekcií merania som vypočítal výslednú korekcie K_V . Na jej základe som bol schopný zhotoviť graf korekčnej krivky, do ktorého som po výpočte naznačil medze dovolených chýb kontrolovaného prístroja. Takto zhotovený graf mi objektívne poslužil na zhodnotenie celej úlohy.

5. Výpočty a tabuľky

Č.	Meranie hore					Meranie dole					K_V [V]
	α_N [d]	α_S [d]	U_N [V]	U_S [V]	K_H [V]	α_N [d]	α_S [d]	U_N [V]	U_S [V]	K_D [V]	
1.	5	17	1	0,85	-0,15	5	17	1	0,85	-0,15	-0,15
2.	10	34	2	1,7	-0,3	10	34,3	2	1,715	-0,285	-0,2925
3.	15	52	3	2,6	-0,4	15	51,7	3	2,585	-0,415	-0,4075
4.	20	69	4	3,45	-0,55	20	69,3	4	3,465	-0,535	-1,085
5.	25	87	5	4,35	-0,65	25	87	5	4,35	-0,65	-0,65
6.	30	102	6	5,1	-0,9	30	6	6	5,1	-0,9	-0,9

Ako príklad uvádzam vypočítanie hodnôt v poslednom riadku tabuľky, ostatné sa počítajú tak isto len s príslušnými hodnotami.

Merací rozsah kontrolovaného voltmetra je $M = 6$, maximálny počet dielikov stupnice $\alpha_M = 30$. Merací rozsah skutočného voltmetra je $M = 7,5$, $\alpha_M = 150$.

Konštanta prístroja : $k = M / \alpha_M$ [V/d]
 $k_N = 6 / 30 = 0,2$ V/d
 $k_S = 7,5 / 150 = 0,05$ V/d

Napätie namerané na nepresnom, kontrolovanom voltmetre a skutočné napätie namerané kontrolným voltmetrom odčítame z meracích zariadení a dosadíme do vzťahu :

$$U_N = k_N \cdot \alpha_N \text{ a } U_S = k_S \cdot \alpha_S \quad [V]$$

$$U_N = 0,2 \cdot 5 = 1 \text{ V}$$

$$U_S = 0,05 \cdot 17 = 0,85 \text{ V}$$

kde: k_N , k_S – konštanty prístrojov vo [V/d]

α_N , α_S – výchylky v dielikoch

Korekcia : $K = U_S - U_N \quad [V]$
 $K = 0,85 - 1 = -0,15 \text{ V}$

Výsledná korekcia : $K_V = \frac{1}{2} \cdot (K_H + K_D) \quad [V]$
 $K_V = \frac{1}{2} \cdot (-0,15 + (-0,2)) = 0,17 \text{ V}$

Medza dovolených chýb : $\pm \Delta = (M \cdot T_p) / 100$
 $\pm \Delta = (6 \cdot 1,5) / 100$
 $\pm \Delta = 0,09$

6.

Graf

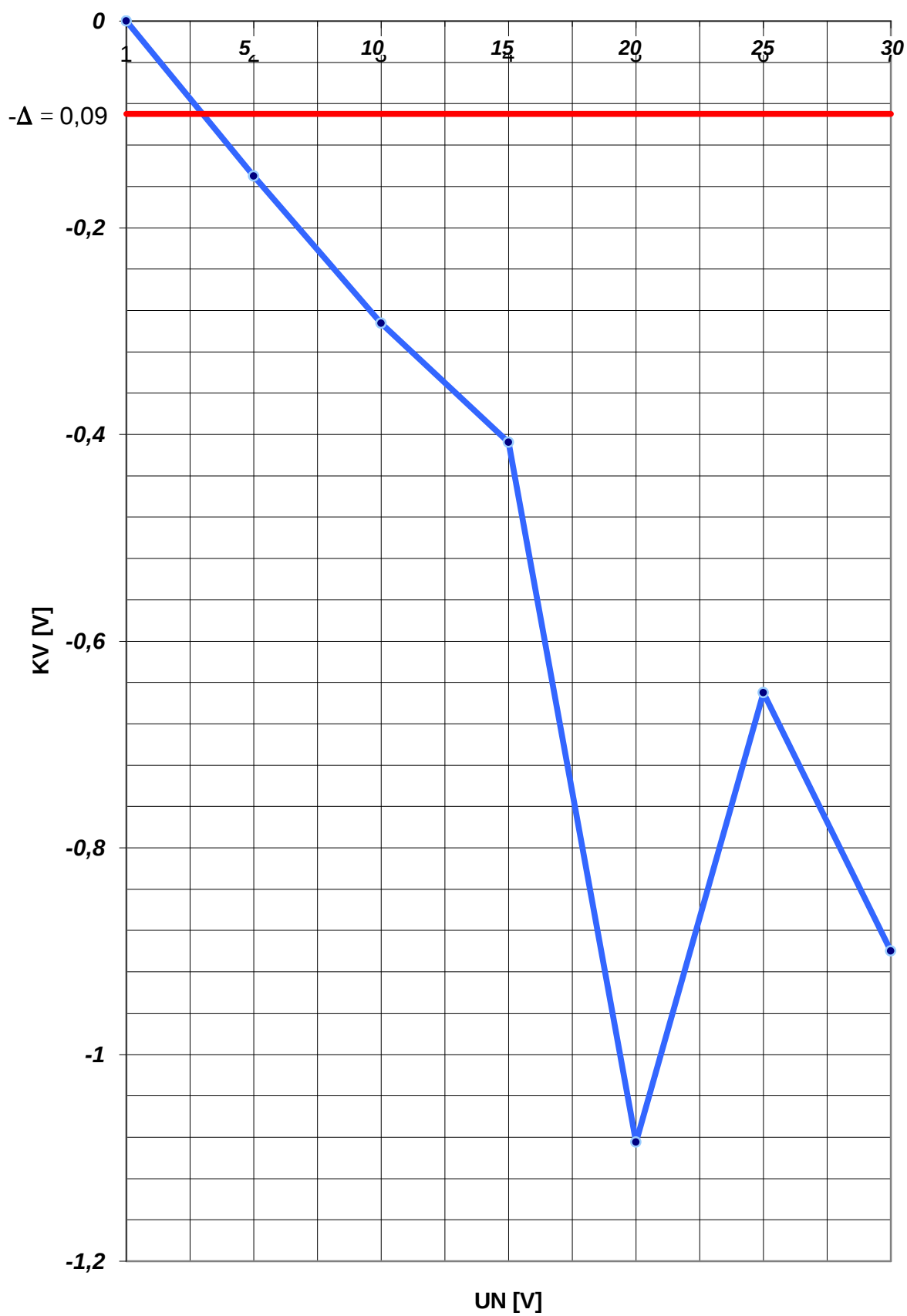
(Samostatne na ďalšej strane)

7.

Zhodnotenie

Na základe výpočtov a konštrukcie korekčnej krivky som zistil, že daný voltmeter **nevyhovuje** svojej triede presnosti, ktorá je uvedená na tomto meracom prístroji, pretože hodnoty prekročili medzu dovolených chýb. Avšak musím brať do úvahy i fakt, že výsledky môjho merania mohli byť ovplyvnené nepresným odčítaním údajov z oboch prístrojov, čo sa mohlo odraziť aj na korekčnej krivke.

6. Graf



MERANIE PARAMETROV ŽIAROVKY
(10.11.2005)

1. Zadanie úlohy

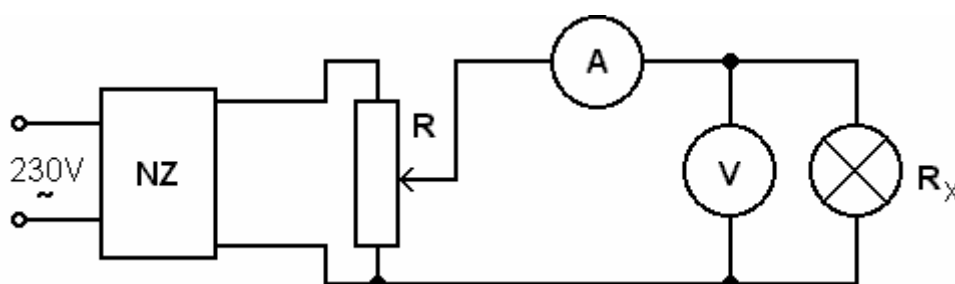
1. Odmerajte Volt-ampérovú charakteristiku danej žiarovky v rozmedzí napätia od 0 do 220 V po 20 V.
2. Volt-ampérovú charakteristiku graficky znázorníte v lineárnych súradniciach.
3. Zistíte priebeh odporu a výkonu žiarovky na napätí:
a) bez uvažovania spotreby meracích prístrojov
b) s uvažovaním spotreby meracích prístrojov

Priebehy znázorníte graficky.

2. Súpis prístrojov (strojov) a zariadení

P.č.	Označenie	Názov	Typ	Systém, poloha, presnosť	Merací rozsah	Výrobné číslo	Inventárne číslo	Výrobca
1	JR1	Napájací zdroj	BM 208	-	-	5210975	UP 428	Tesla
2	A	Ampérmeter	M-3800	0,2	2A	2501626	ZP SPŠE 14	Metex
3	V	Voltmeter	EL 20	0,5	120 V	7334747	UP 936	Metra
4	R _x	Žiarovka	-	-	100W	-	-	Tesla

3. Schéma zapojenia



4. Opis meracej metódy

Napätie na 100 W žiarovke sme postupne regulovateľným zdrojom zvyšovali po 20 voltoch, až po hodnotu sieťového napätia 220 V. Toto svorkové napätie sme zároveň kontrolovali voltmetrom a z ampérmetra sme odčítavali hodnotu prúdu, tečúceho wolfrámovým vláknom žiarovky. Z nameraných hodnôt sme vypočítali narastajúci výkon žiarovky, jej narastajúci odpor, a v grafe volt-ampérovej charakteristiky sme ich spoločne konfrontovali. Konfrontácia prebehla najskôr s hodnotami bez zohľadnenia spotreby meracích prístrojov (tzv. P_N a R_{XN}) a neskôr s hodnotami, ktoré v sebe zahŕňajú už aj zohľadnenie spotreby meracích prístrojov zapojených v obvode (tzv. P_S a R_{XS}).

5. Výpočty a tabuľky

Č.	U_V [V]	I_A [A]	R_{XN} [Ω]	R_{XS} [Ω]	P_N [W]	P_S [W]	R_V [kΩ]
1.	0	0	0	0	0	0	10
2.	20	0,127	157,48	160,00	2,54	2,50	10
3.	40	0,182	219,78	224,72	7,28	7,12	10
4.	60	0,225	266,67	273,97	13,50	13,14	10
5.	80	0,262	305,34	314,96	21,00	20,32	10
6.	100	0,298	335,57	347,22	29,80	28,8	10
7.	120	0,329	364,74	378,50	39,48	38,04	10
8.	140	0,359	389,97	405,80	50,26	48,29	10
9.	160	0,378	423,28	432,43	60,48	59,20	20
10.	180	0,402	447,76	458,00	72,36	70,74	20
11.	200	0,426	469,48	480,77	85,20	83,19	20
12.	220	0,450	488,88	501,14	99,00	96,58	20

Ako príklad uvádzam vypočítanie hodnôt v poslednom riadku tabuľky, ostatné sa počítajú tak isto len s príslušnými hodnotami.

Hodnotu odporu žiarovky R_{XN} , som vypočítal z nameraných údajov podľa vzťahu z Ohmovho zákona:

$$R_{XN} = \frac{U_V}{I_A} = \frac{220V}{0,450A} = 488,88_{N\Omega}$$

Výkon žiarovky P_N , som vypočítal podľa vzťahu:

$$P_N = U_V \cdot I_A = 220 \cdot 0,450 = 99W$$

Pre zistenie skutočného výkonu žiarovky som musel najskôr vypočítať hodnotu odporu R_{XS} s uvažovaním spotreby meracích prístrojov:

$$R_{XS} = \frac{U_V}{I_A - \frac{U_V}{R_V}} = \frac{220}{0,450 - \frac{220}{10000}} = 501,14 \, \Omega$$

Skutočný výkon žiarovky P_S som nakoniec zistil pomocou vzorca:

$$P_S = \frac{U_V^2}{R_{XS}} = \frac{220^2}{501,14} = 96,58 \text{ W}$$

6. Graf

(Samostatne na ďalšej strane)

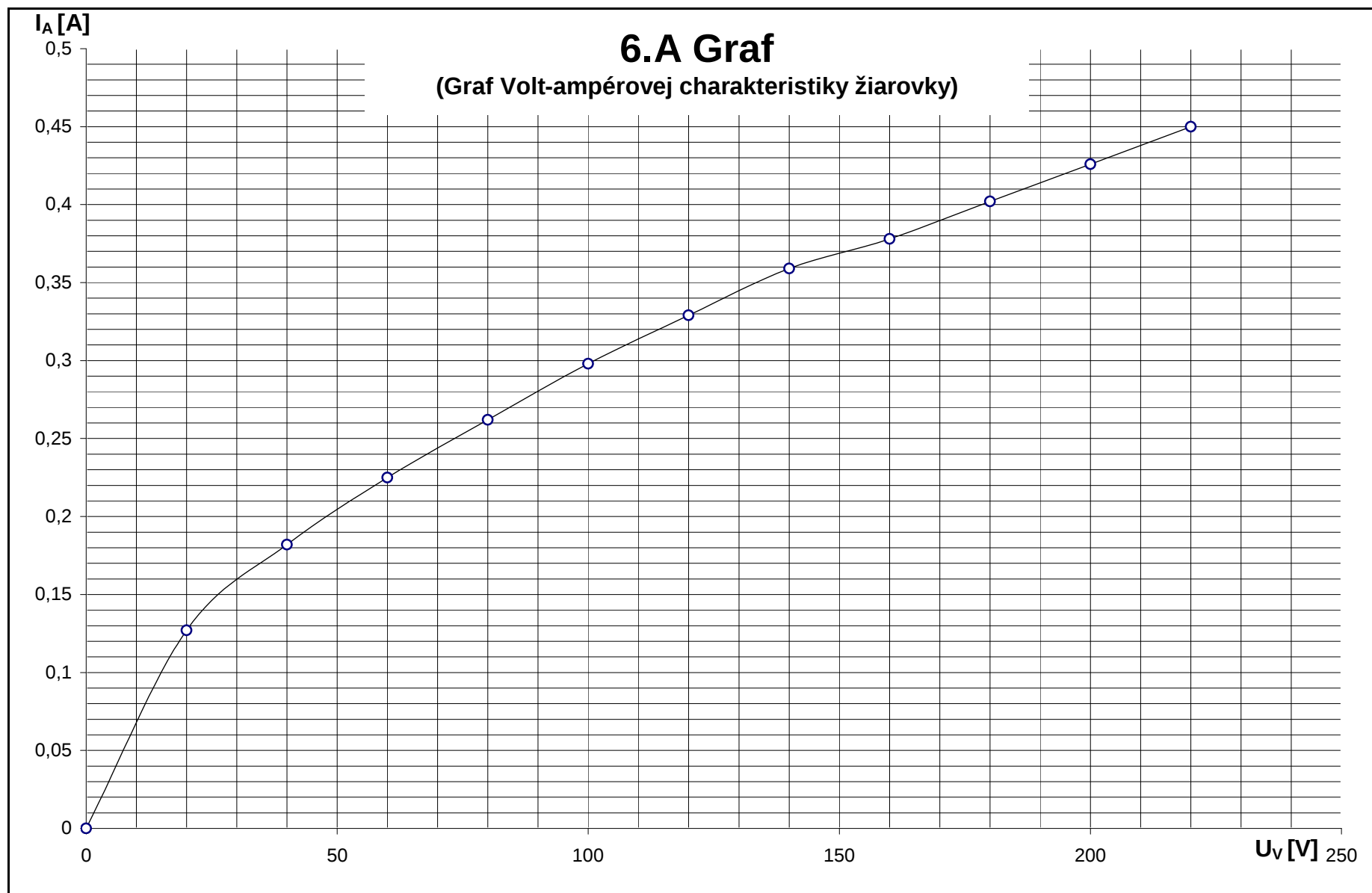
7. Zhodnotenie

Krivky oboch grafov sú v súlade s teoretickými predpokladmi, teda platí, že skutočný odpor R_{XS} bol väčší ako neskutočný R_{XN} bez zohľadnenia spotreby meracích prístrojov. Ďalej sa potvrdilo, že výkon P_N bol väčší ako výkon P_S . Tiež platí, že žiarovka nekladie lineárny odpor, ale odpor, ktorý závisí od vlastností jej wolfrámového vlákna: teda zoznačiatku, kým žiarovka dostáva malé napätie, prúd ňou tečie pomerne veľký, ale čím väčšie napätie bude na žiarovku pripojené, tým sa bude wolfrámové vlákno viac zahrievať, vzniknú prúdové úbytky a prúd už nebude ďalej stúpať, lež sa ustáli na určitej hodnote.

Podľa teoretických predpokladov sa mala krivka výkonu a odporu žiarovky v závislosti od napätia pretnúť, ale na mojom grafe tomu tak nie je. Stalo by sa tak, ak by som si na meranie zvolil žiarovku s väčším výkonom (napr.: 200W či 500W), ktorá by pochopiteľne mala aj väčší odpor.

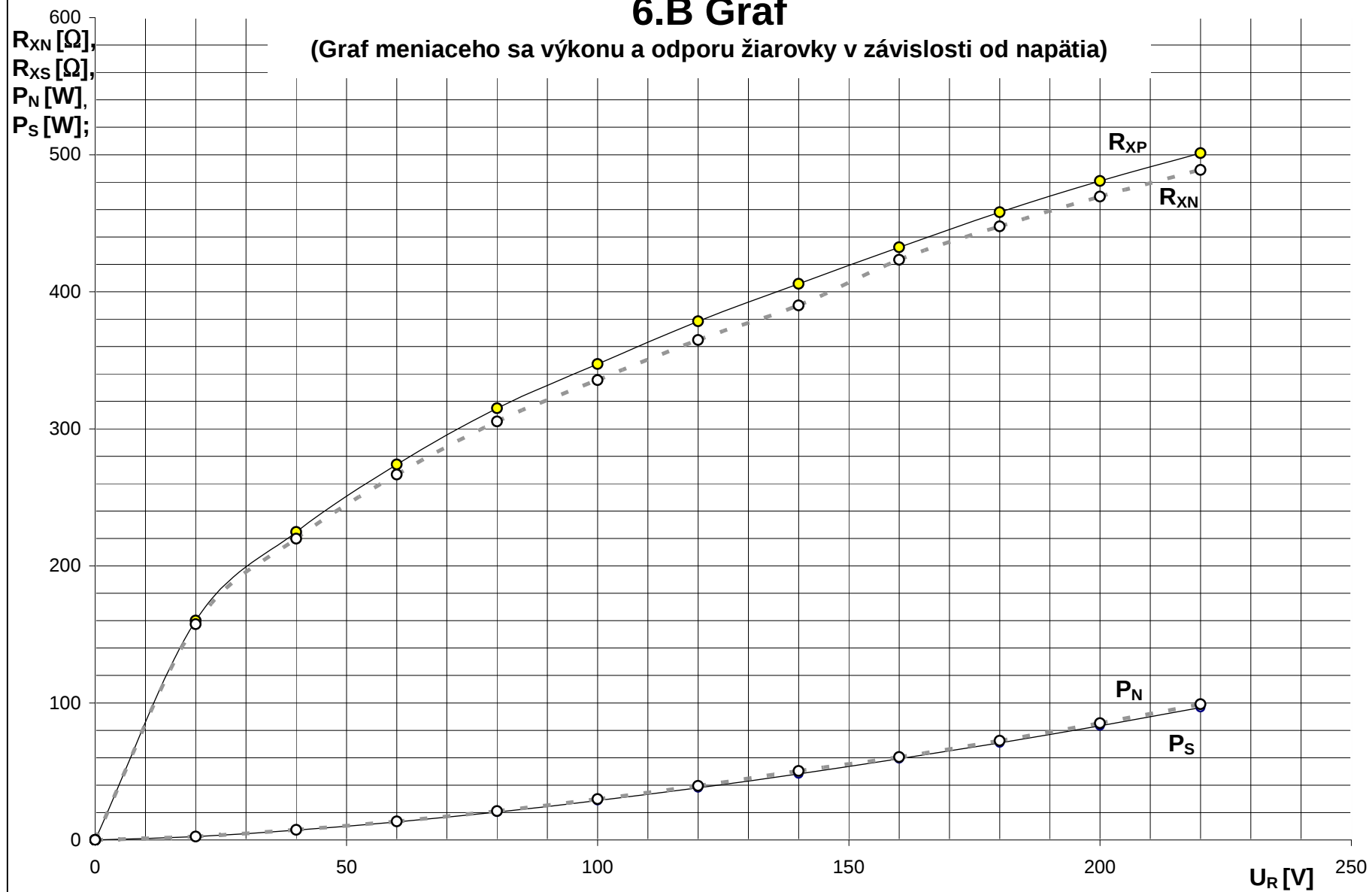
Meraciu metódu je vhodné použiť pre meranie nelineárnych odporov, odporov charakterovo podobných žiarovke. Ale tiež je potrebné mať na zreteli, že táto metóda je vhodná iba na meranie malých odporov vzhľadom na vnútorný odpor voltmetra: metóda je vhodná vtedy, ak je R_X zhruba desaťkrát menší ako R_V .

Relatívne chyby merania možno zanedbať, pokiaľ je vnútorný odpor meracích prístrojov malý: v našom prípade tomu tak však nebolo. Ak by bol R_A desaťkrát väčší ako R_B , vnútorné úbytky na meracích prístrojoch by sme mohli zanedbať.



6.B Graf

(Graf meniaceho sa výkonu a odporu žiarovky v závislosti od napätia)



MERANIE ODPOROV OHMETRAMI
(24.11.2005)

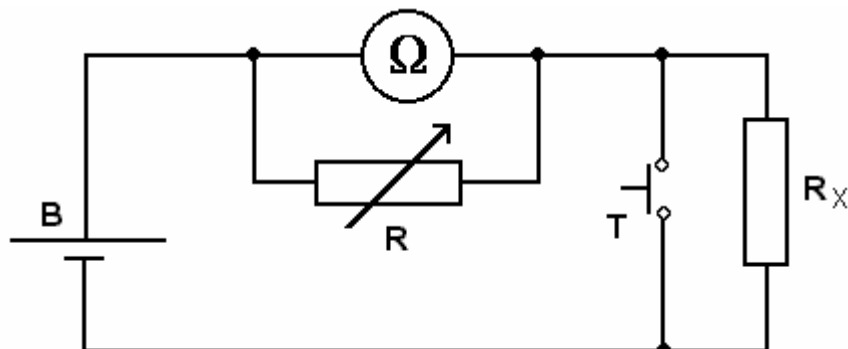
1. Zadanie úlohy

1. Preštudujte princíp ohmetro s magnetoelektrickým meracím prístrojom a zoznámte sa s funkciou predložených ohmetro.
2. Zmerajte 5 odporov predložených odporových súprav pomocou rôznych typov ohmetro: UN21, M3800, DV10, PU500 a MKL20. Na premenlivých odporových súpravách nastavte nasledovné hodnoty: $3,3\Omega$; 82Ω ; 390Ω ; 5100Ω ; 91000Ω
3. Vypočítajte relatívnu chybu merania v jednotlivých prípadoch. Porovnajte presnosť použitých prístrojov, analyzujte použitú meraciu metódu (jej výhody, nevýhody a použiteľnosť).

2. Súpis prístrojov (strojov) a zariadení

P.č.	Označenie	Názov	Typ	Systém, poloha, presnosť	Merací rozsah	Výrobné číslo	Inventárne číslo	Výrobca
1	NZ	Napájací zdroj	BK127	-	-	127	UP 377	Metra
2	Ω	Digitálny ohmeter	DV10	-	1k Ω	5879	UP 899	Tesla
3	Ω	Ohmeter	MKL20	0,5	100 Ω	84566	UP775	Metra
4	Ω	Digitálny ohmeter	M-3800	-	200 Ω - 200 M Ω	826043	UP289	Metex
5	Ω	Ohmeter	UNI21	1,5	1k Ω	4358977	UP779	Metex
6	R _x	Odporová sústava	XLLK	-	-	487928	UP583	Metra

3. Principiálna schéma zapojenia



4. Opis meracej metódy

Na odporovej sústave **XLLK** sme postupne nastavovali zadané odpory, ktorých hodnotu sme preverovali rôznymi ohmetrami zároveň. Meráciu metódu môžeme nazvať aj porovnávacou, pretože namerané hodnoty jedného prístroja sme porovnali s nameranými hodnotami druhého prístroja, prípadne so skutočnou hodnotou rezistivity odporovej sústavy. Po vykonaní porovnávacej analýzy, sme dospeli k záveru, ktorý nás informoval o tom, aká by podľa nášho merania mala byť skutočná hodnota odporu a či bola vôbec skutočná hodnota nami v meraní zachytená. Jednotlivé kroky porovnávacej analýzy sú zachytené nižšie.

Magnetoelektrické ohmety pracujú tak, že pokiaľ sa odpor blíži k nekonečnu, ručička prístroja nám ukáže nulu. Ak je odpor merateľný, ručička pohybujúca sa smerom od nuly nám prezrádza znižovanie odporu, zatiaľ, čo ručička pohybujúca sa smerom k nule, nám hovorí o stúpajúcom odpore.

5. Výpočty a tabuľky

Č.m.	R_{XS} [Ω]	DV10		MKL20*		METEX-3800		UNI21	
		R_{XN1} [Ω]	δR_1 [%]	R_{XN2} [Ω]	δR_2 [%]	R_{XN3} [Ω]	δR_3 [%]	R_{XN4} [Ω]	δR_4 [%]
1.	3,3	4	21,2	3,39	2,7	4,2	27,3	3,4	3,0
2.	82	83	1,2	79,3	-3,3	82,4	0,49	79	-3,7
3.	390	389	-0,2	-	-	390	0	390	0
4.	5100	5070	-0,6	-	-	5090	-0,2	5000	-1,9
5.	91000	92000	1,1	-	-	90800	-0,2	91000	0
Aritmetický priemer relatívnych chýb			4,86		3		5,64		1,72

* len do 100 Ω

Ako príklad uvádzam vypočítanie hodnôt v poslednom riadku tabuľky, ostatné sa počítajú tak isto len s príslušnými hodnotami:

Počítanie relatívnej chyby δR som vykonával podľa vzorca:

$$\delta R_1 = \frac{R_{XN1} - R_{XS}}{R_{XS}} \cdot 100 = \frac{92000 - 91000}{92000} \cdot 100 = 1,1\%$$

$$A_R = \frac{\sum_{i=1}^{n=5} |R_{XN1}|}{n} = \frac{21,2 + 1,2 + 0,2 + 0,6 + 1,1}{5} = 4,86\%$$

Aritmetický priemer relatívnych chýb všetkých meraní jedného prístroja som vypočítal podľa vyššie uvedeného vzorca.

Znamienko pri relatívnej chybe v percentách určuje iba typ chyby, a síce, či ide o odchýlku nad skutočnou hodnotou, alebo o odchýlku pod skutočnou hodnotou. Pri rátaní aritmetického priemeru som zohľadnil absolútnu hodnotu relatívnej chyby, aby som sa dozvedel informáciu o všeobecnej chybovosti merania. Tieto údaje sú pre mňa iba pomocné a v závere mi poslúžia na porovnanie prístrojov.

7. Zhodnotenie

Meranie prístrojom PU500 som nevykonával podľa zadania, pretože v čase môjho merania bol prístroj v oprave.

Podľa tabuľky vykazujú digitálne prístroje **DV10** a **M3800** najväčší percentuálny podiel chýb. Nakoľko sa trieda presnosti digitálnych prístrojov uvádza v príbalovom letáku, ktorý mi chýbal, triedu presnosti týchto prístrojov nepoznám. Prístroj **MKL20** je síce najpresnejší spomedzi použitých ohmetroov ($T_p=0,5$) a vykazuje aj nižšiu hodnotu chybovosti ako predošlé dva prístroje, ale tento údaj je skreslený iba dvoma vykonanými meraniami – to z dôvodu, že maximálny merateľný odpor prístrojom bol 100Ω a ďalšie mne zadané hodnoty toto maximum už presahovali. Najmenšiu chybovosť, pri všetkých piatich meraniach, vykazuje prístroj UNI21 s presnosťou 1,5: prístroj potvrdil, že z použitých ohmetroov bol druhý najpresnejší.

Zvolená meracia metóda zaručuje pomerne presné meranie odporov, napríklad vypočítaním aritmetického priemeru hodnôt toho istého odporu, meraného rôznymi prístrojmi (hodnoty dosadené z prvého riadku tab.):

$$A_R' = \frac{\sum_{i=1}^{n=4} R_{XN}}{n} = \frac{4 + 3,39 + 4,2 + 3,4}{4} = 3,7 \Omega$$

Ako vidíme, dopočítaná hodnota sa blíži ku skutočnej hodnote ($3,3\Omega$), ale ju nedosahuje.

Nevýhodou meracej metódy je, že pri meraní musíme používať relatívne veľký počet prístrojov, aby sme dosiahli, čo najväčšiu presnosť. Opakovane vykonávané merania tiež zaberajú množstvo času, a preto, v praxi je táto metóda nepoužiteľná. Skôr sa hodí na meranie v špecializovanom laboratóriu, kde je dostatok času a potrebného vybavenia.

MERANIE ODPOROV MOSTÍKMI
(01.12.2005)

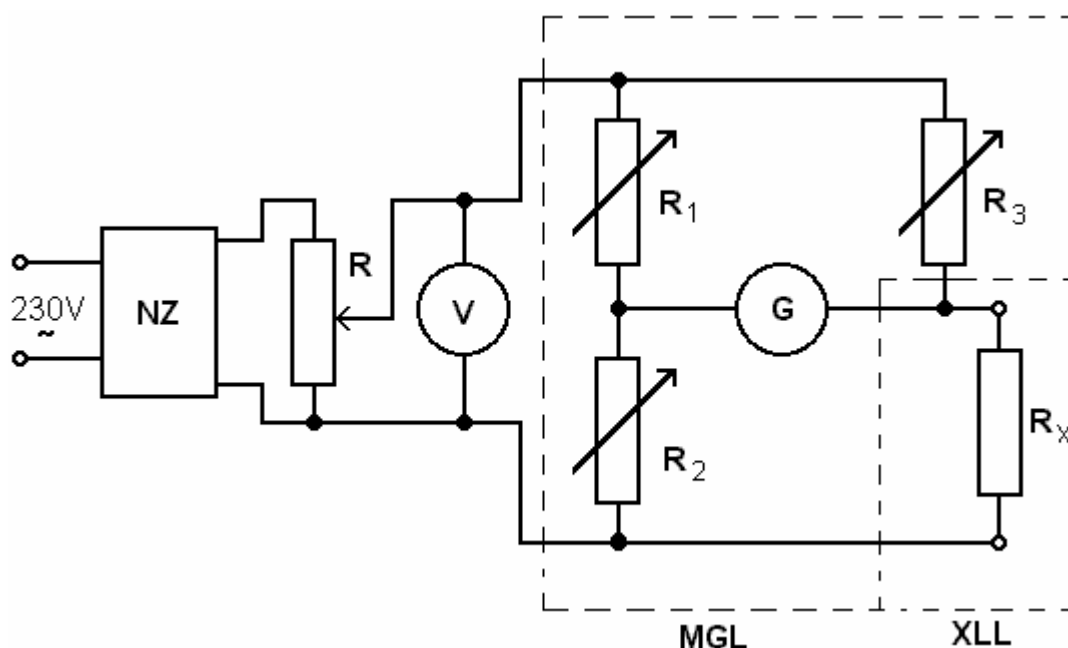
1. Zadanie úlohy

1. Preštudujte princíp merania odporov mostíkmi a zoznámte sa s funkciou predložených mostíkov.
2. Zmerajte päť odporov predloženej odporovej sústavy:
 - a) laboratórnym Wheastonovým mostíkom typu MLG (L),
 - b) drôtovým Wheastonovým mostíkom typu MW-4.
3. Vypočítajte relatívnu chybu merania v jednotlivých prípadoch. Porovnajte presnosť použitých prístrojov, vyhodnoťte meranie.

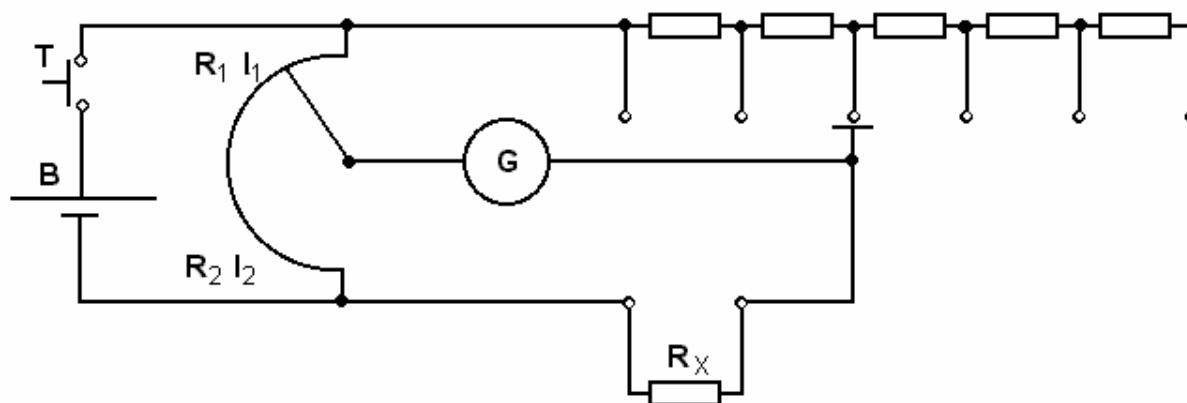
2. Súpis prístrojov (strojov) a zariadení

P.č.	Označenie	Názov	Typ	Systém, poloha, presnosť	Merací rozsah	Výrobné číslo	Inventárne číslo	Výrobca
1	NZ	Napájací zdroj	2223	-	-	8407	UP 377	Statron
2	G	Digitálny galvanometer	OPK	0,5	-	-	UP 890	Metra
3	MLG	Labor. Wheast. m.	MLG		-	154898	UP 627	Metra
4	MW	Drôtový Wheast. M.	L131		-	2502093	UP 798	Metra

3.A Schéma zapojenia



3.B Schéma zapojenia



4.

Opis meracej metódy

Na odporovej sústave **XLL** sme postupne nastavovali zadané odpory. Následne sme pomocou mostíkového odporu **R₃** yynulovali prúd tečúci galvanometrom (miliampérmetrom) podľa vzťahu:

$$R_1 \cdot I_1 = R_3 \cdot I_2$$

$$R_2 \cdot I_1 = R_x \cdot I_2$$

a neznámy odpor **R_x** sme dostali nasledovne:

$$R_x = R_2 \frac{R_3}{R_1}$$

Metódu môžeme nazvať aj porovnávacou, pretože na konci sme porovnálo, ktorý z mostíkov bol presnejší, teda ktorá z nameraných hodnôt sa približuje tej skutočnej. Po vykonaní porovnávacej analýzy, sme dospeli k záveru, ktorý nás informoval o tom, aká by podľa nášho merania mala byť skutočná hodnota odporu a či bola vôbec skutočná hodnota nami v meraní zachytená. Jednotlivé kroky porovnávacej analýzy sú zachytené nižšie.

Wheastonov mostík využíva jemnocitný prístroj na meranie prúdu, tzv. galvanometer, ktorý môžeme nazvať aj miliampérmetrom. Je paralelne umiestnení medzi dvoma navzájom paralelnými vetvami obvodu s odpormi. V jednej vetve sa nachádza aj neznámy odpor. Nastavovaním hodnoty jedného zo známych rezistorov dosiahneme, že galvanometer nám nebude vykazovať žiadne známky po prúde. Vtedy hovoríme, že mostík je vyvážený, teda **I_G = 0**. Hodnotu neznámeho odporu **R_x** potom zistíme podľa vzťahu uvedeného vyššie.

5. Výpočty a tabuľky

Č.m.	MLG			MW-4	
	R_{XS} [Ω]	R_{XN1} [Ω]	δR_1 [%]	R_{XN2} [Ω]	δR_2 [%]
1.	0,4	0,55	37	0,7	75
2.	4	5,95	48	5,4	35
3.	40	39	-2,5	40,5	1,25
4.	400	409	2,5	391	-2,25
5.	4000	4001	0,03	3982	-0,45
6.	40000	40000	0	40020	0,05
Aritmetický priemer:			15		19

Ako príklad uvádzam vypočítanie hodnôt v poslednom riadku tabuľky, ostatné sa počítajú tak isto len s príslušnými hodnotami.

Počítanie relatívnej chyby δR som vykonával podľa vzorca:

$$\delta R_1 = \frac{R_{XN1} - R_{XS}}{R_{XS}} \cdot 100 = \frac{40000 - 40000}{40000} \cdot 100 = 0\%$$

$$A_R = \frac{\sum_{i=1}^{n=6} |R_{XN1}|}{n} = \frac{37 + 48 + 2,5 + 2,5 + 0,03 + 0}{6} = 15\%$$

Aritmetický priemer relatívnych chýb všetkých meraní jedného mostíka som vypočítal podľa vyššie uvedeného vzorca.

Znamienko pri relatívnej chybe v percentách určuje iba typ chyby, a síce, či ide o odchýlku nad skutočnou hodnotou, alebo o odchýlku pod skutočnou hodnotou. Pri rátaní aritmetického priemeru som zohľadnil absolútnu hodnotu relatívnej chyby, aby som sa dozvedel informáciu o všeobecnej chybovosti merania. Tieto údaje sú pre mňa iba pomocné a v závere mi poslúžia pri analýze metódy merania odporu mostíkmi.

7. Zhodnotenie

Podľa tabuľky je drôtový Wheastonov mostík MW-4 presnejší ako laboratórny Wheastonov mostík MLG. Svedčia o tom hodnoty aritmetických priemerov všetkých relatívnych chýb, zhotovených pre každý mostík zvlášť.

Zvolená meracia metóda zaručuje pomerne presné meranie odporov, najúčinnejšie odporov klasifikovaných ako veľkých a stredných: teda nie je vhodná na meranie $R < 1\Omega$. V porovnaní s predošlou metódou je však táto nepresnejšia, o čom nás informujú výsledné aritmeticky spracované relatívne chyby: pri mostíkoch presahujú desiatky percent, zatiaľ, čo pri ohmetvoch to boli jednotky percent.

Nevýhodou meracej metódy je, že pri meraní sa musíme zaoberať nulovaním galvanometra, čo môže zabrať istý čas. Určite však menší, ako to bolo pri metóde merania odporu viacerými ohmetrami. Meranie Wheastonovým mostíkom je v konečnom dôsledku rýchlejšie, ale nepresnejšie.

MERANIE REZONANČNEJ CHARAKTERISTIKY

1. Zadanie úlohy (Meranie rezonančnej charakteristiky)

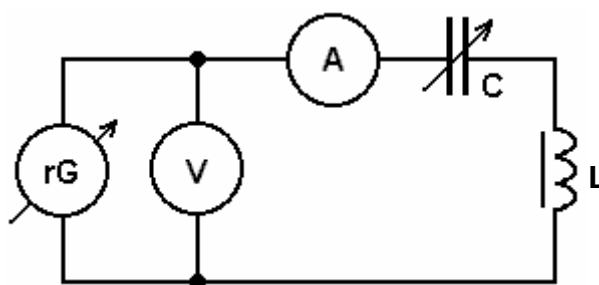
Máme kondenzátor a cievku ako súčiastky tvoriace sériový rezonančný obvod:

1. Vypočítajte z Thomsonovho vzorca veľkosť kapacity vzduchového kondenzátora, potrebnej na dosiahnutie rezonančnej frekvencie $f_r = 25 \text{ kHz}$, ak indukčnosť $L = 0,1 \text{ H}$.
2. Navrhните zapojenie a prístroje pre meranie rezonančnej char.
3. Zmerajte rezonančnú char. Ako závislosť prúdu od frekvencie pri rozladiení od $f_r \pm 10 \text{ kHz}$ (jeden krok po 1 kHz).
4. Nakreslite rezonančnú krivku sériového rezonančného obvodu ako závislosť
 - prúdu na frekvencii
 - impedancie na frekvencii

2. Súpis prístrojov (strojov) a zariadení

P.č.	Označenie	Názov	Typ	Systém, poloha, presnosť	Merací rozsah	Výrobné číslo	Inventárne číslo	Výrobca
1	rG	Oscilátor	BM 208	-	-	5210975	UP 428	Tesla
2	A	Ampérmeter	M-3800		2A	2501626	SPŠE 09	Metex
3	V	Voltmeter	M-3800		120 V	7334747	SPŠE 13	Metex
4	C	Kondenzátor	-	Premenlivý, vzduchový	100W	-	UP/36e	Litvínov
5	L	Cievka	0204	-	-	ZP12/015	NZ1002	V.Erfurt

3. Schéma zapojenia



4. Opis meracej metódy

Pomocou oscilátora (Rg) som zvyšoval frekvenciu v obvode: (1) najskôr tak, že kondenzátor nastavený podľa výpočtu zadanej frekvencie 25 kHz, pracoval podladený, rozladený dole (teda v nižšej frekvencii, než na akú bol počítaný) (2) a potom aj ako nadladený, rozladený hore (teda vo vyššej frekvencii než, na akú bol počítaný). Vďaka získaným hodnotám som bol schopný zhotoviť graf.

5. Výpočty a tabuľky

Č.	f [kHz]	I [mA]	U [V]	Z [kΩ]	Č.	f [kHz]	I [mA]	U [V]	Z [kΩ]
1.	0	0	0	0	12.	25	1,55	7,45	4,806452
2.	15	0,16	7,93	49,5625	13.	26	0,76	7,11	9,355263
3.	16	0,21	7,86	37,42857	14.	27	0,36	7,06	19,61111
4.	17	0,28	7,78	27,78571	15.	28	0,11	6,93	63
5.	18	0,4	7,71	19,275	16.	29	0,04	6,87	171,75
6.	19	0,6	7,62	12,7	17.	30	0,01	6,8	680
7.	20	0,87	7,55	8,678161	18.	31	0,373	6,71	17,98928
8.	21	1,55	7,45	4,806452	19.	32	0,307	6,64	21,62866
9.	22	2,01	7,34	3,651741	20.	33	0,25	6,57	26,28
10.	23	10,2	6,77	0,663725	21.	34	0,2	6,49	32,45
11.	24	4,33	7,22	1,667436	22.	35	0,157	6,41	40,82803

Hodnotu kapacity kondenzátora pri $L=0,1$ H a $f=25$ kHz, som vypočítal podľa Thomsonovho vzorca:

$$f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C}}; 25000 = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{0,1 \cdot C}} \Rightarrow C = 404 \text{ pF}$$

Impedancia obvodu:

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{7,22}{4,33} = 1,67 \text{ } \Omega$$

6. Graf

(Samostatne na ďalšej strane)

7. Zhodnotenie

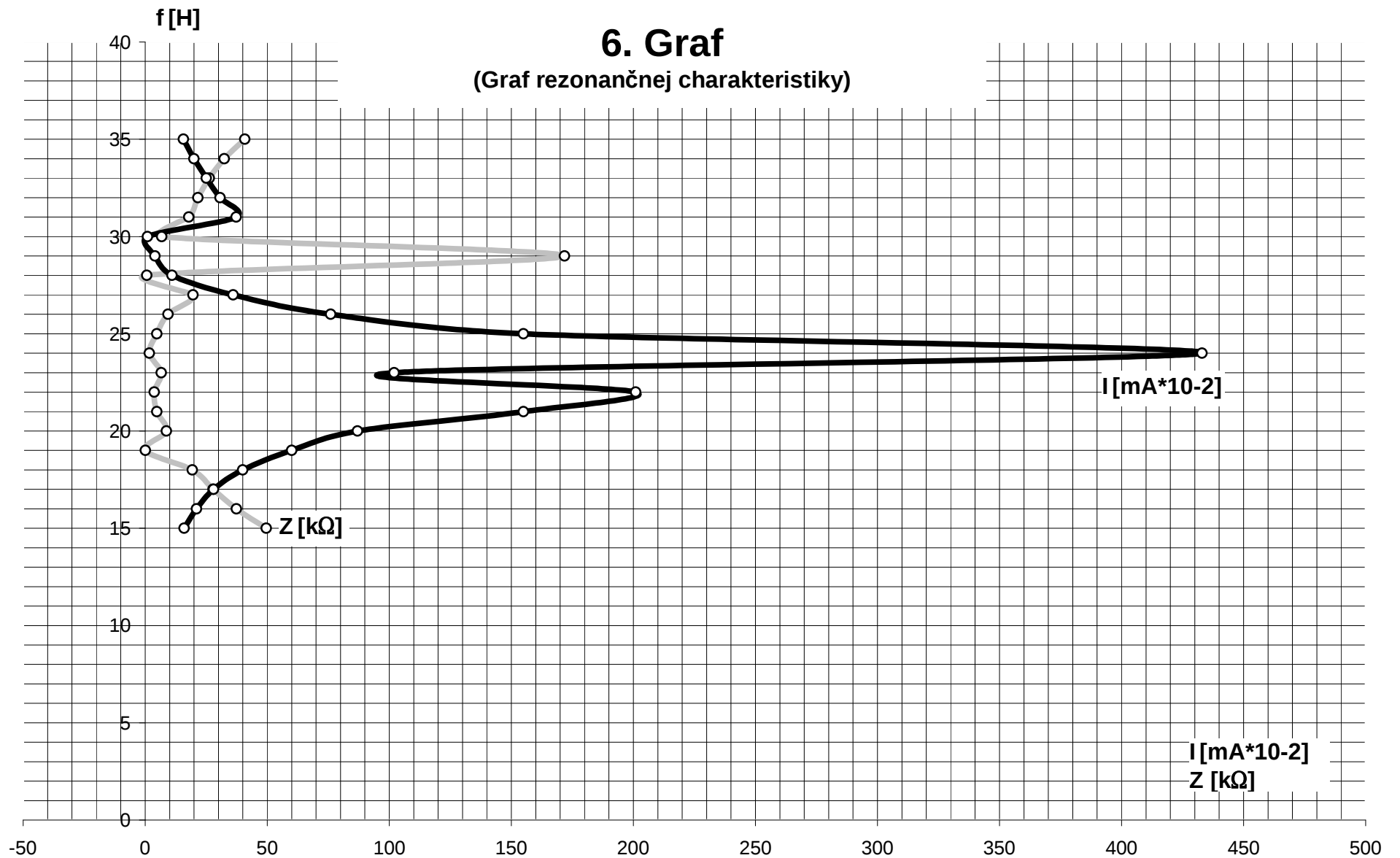
Krivky grafu pripomínajú ideálnu závislosť prúdu a impedancie na frekvencii. Sú však mierne deformované, avšak v praxi ideálne stavy neexistujú. Meranie však potvrdilo, že na kondenzátore pri každej začatej perióde frekvencie najskôr skokom stúpne prúd, ale potom začne klesať, pretože kondenzátor sa nabíja, rastie impedancia, teda prúd podľa Ohmovho vzorca klesá.

Ďalej sme zistili, že kondenzátor dimenzovaný do obvodu najskôr výpočtom na určitú frekvenciu, dosiahol svoje maximálnu pracovnú využiteľnosť práve na nastavenej frekvencii. S pribúdajúcou frekvenciou sa zvyšoval prúd a zároveň znižovala impedancia.

Využiteľnosť tohto javu je napr. v leteckom priemysle, kde lietadlá využívajú frekvenciu 400 Hz, práve pre spomínaný efekt.

6. Graf

(Graf rezonančnej charakteristiky)



**MERANIE ZAŤAŽOVACEJ
CHARAKTERISTIKY
LINEÁRNEHO ZDROJA**

1. Zadanie úlohy

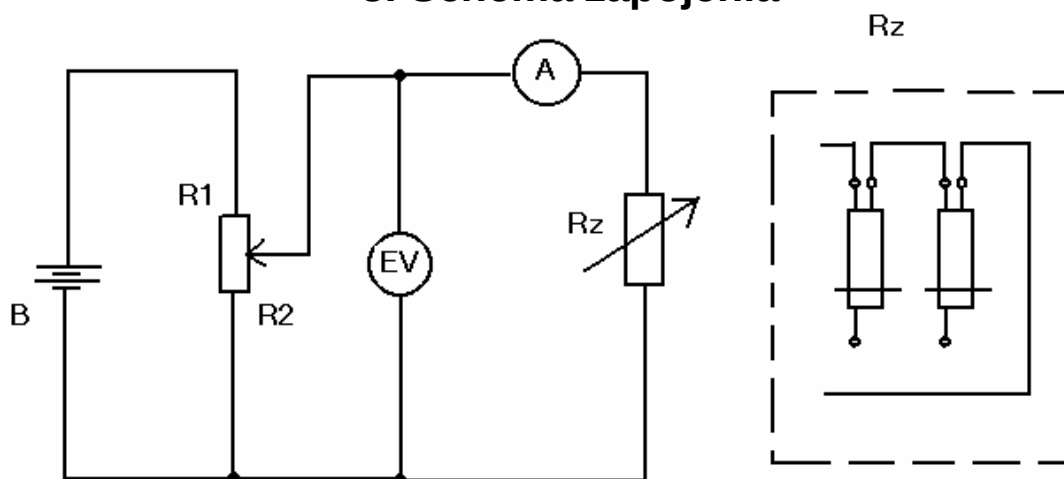
(Meranie zaťažovacej charakteristiky lineárneho zdroja)

1. Odmerajte a graficky vyjadrite zaťažovaciu charakteristiku daného typu jednosmerného lineárneho zdroja (bat. 4,5; typ 314)
2. Z nameraných hodnôt zaťažovacej charakteristiky určite:
 - a, napätie naprázdno U_{20}
 - b, prúd nakrátko I_K
 - c, vnútorný odpor zdroja R_i
3. 3, Zaťažovaciu charakteristiku merajte VA metódou

2. Súpis prístrojov (strojov) a zariadení

P.č.	Označenie	Názov	Typ	Systém, poloha, presnosť	Merací rozsah	Výrobné číslo	Inventárne číslo	Výrobca
1	B	Nap. zdroj	3R12	-	4,5 V	-	-	Bateria
2	$R_{1,2}$	Rezistor	UP 888	-	-	-	-	METRA
3	EV	E. voltmeter	M 3800	Digitálny	20 V	826032	-	MATEX
4	A	Ampérmeter	YF-3503	Digitálny	20 mA	-	-	YEET
5	R_{Z1}	Rezistor	UP 663 B	-	-	-	-	METRA
6	R_{Z2}	Rezistor	UP 660 B	-	-	-	-	METRA

3. Schéma zapojenia



4. Opis meracej metódy

Elektrický obvod sme zapojili podľa zadanej schémy zapojenia. Záťažovú charakteristiku sme merali volt-ampérovou metódou. Najprv sme nastavili napätie v obvode na 3 V pomocou rezistora, ktorý je rozdelený na R_1 a R_2 . Potom sme záťaž R_Z nastavili na najmenšiu hodnotu. Cieľom bolo zistiť, aké napätie tečie odporom, pričom sme nastavovali pomocou R_Z prúd 0,68 potom 1 až 11 po 1 ampére a nakoniec sme nastavil hodnotu 11,46 A.

5. Výpočty a tabuľky

Č. m.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I_2 (mA)	0,68	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11,46
U_2 (V)	2,83	2,75	2,5	2,25	2	1,75	1,5	1,25	1	0,75	0,51	0,26	0,15
$R_1 = 352\Omega$				$R_Z = 804\Omega$					$U_B = 4,31\text{ V}$				

Výstupné napätie naprázdno

Príklad č.1: $U_{20} = U_B \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$
 $U_{20} = 4,31 \cdot 804 / (352 + 804)$
 $U_{20} = \underline{2,998\text{ V}}$

Prúd nakrátko

Príklad č.1: $I_K = U_{20} / (R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2))$
 $I_K = 3 / (352 \cdot 804 / (352 + 804))$
 $I_K = \underline{0,012\text{ A}}$
 Alebo: $I_K = U_B / R_1$
 $I_K = 4,31 / 352$
 $I_K = \underline{0,012\text{ A}}$

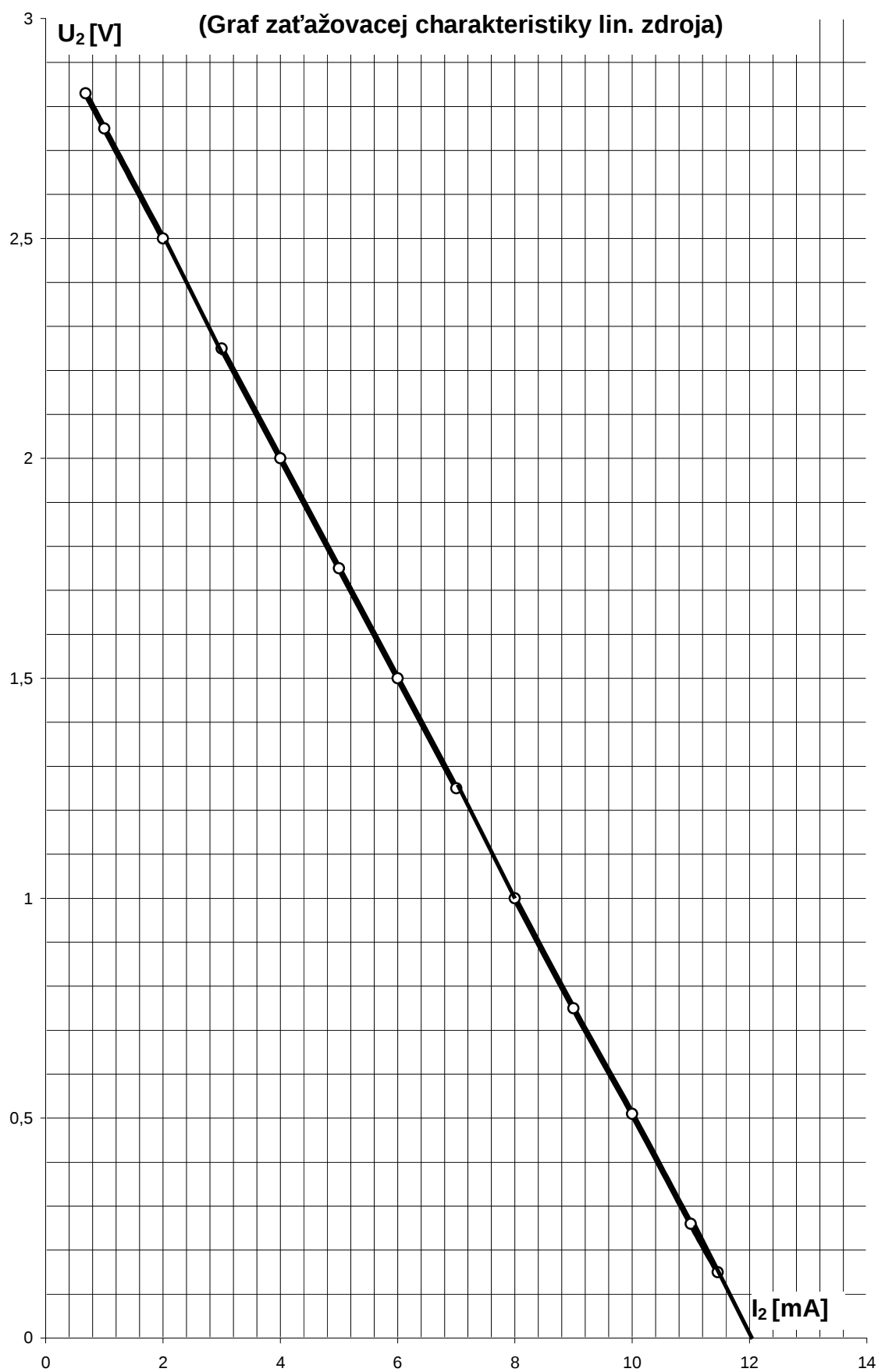
6. Graf

(Samostatne na ďalšej strane)

7. Zhodnotenie

Po meraní sme zistili, že čím viac lineárny zdroj zaťažujeme, tým menšie napätie tečie záťažou.

6. Graf



MERANIE PARAMETROV TLMIVKY

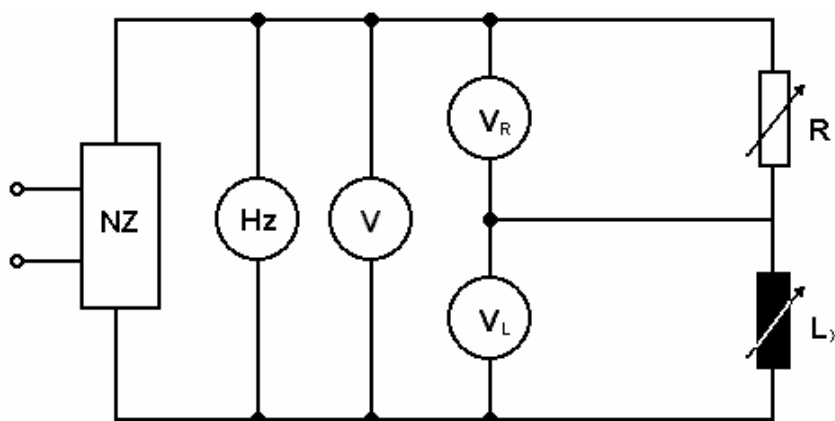
Zadanie úlohy (Meranie parametrov tlmivky)

1. Zistíte, ako sa menia parametre tlmivky pri zmene svorkového napätia v rozsahu 20 V až 220 V. Použijete metódu troch V.
2. Priebehy L , P , $\cos \phi$ a $P_L = F(U)$ znázorníte graficky.
3. Popíšte meraciu metódu 3V a vysvetlite ju na fázorových diagramoch a s odvodením vzťahov pre parametre.

2. Súpis prístrojov (strojov) a zariadení

P.č.	Označenie	Názov	Typ	Systém, poloha, presnosť	Merací rozsah	Výrobné číslo	Inventárne číslo	Výrobca
1	NZ	Napájací zdroj	2223	-	-	8407	UP 377	Statron
2	G	Digitálny galvanometer	OPK	0,5	-	-	UP 890	Metra
3	MLG	Labor. Wheast. m.	MLG		-	154898	UP 627	Metra
4	MW	Drôtový Wheast. M.	L131		-	2502093	UP 798	Metra

3. Schéma zapojenia

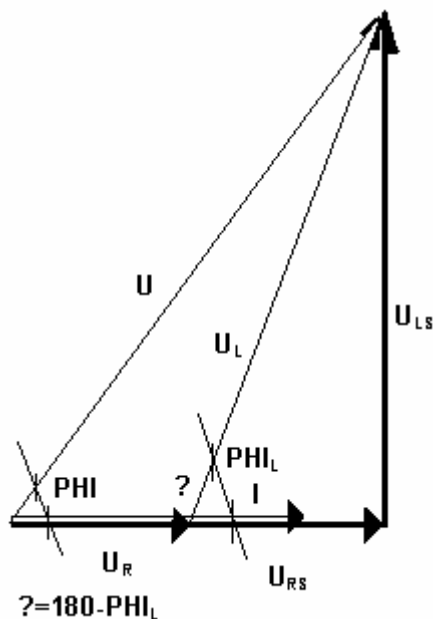


4. Opis meracej metódy

Voltmeter V zaznamenával celkové U_L zatiaľ čo voltmetre V_R a V_L ukazovali zvlášť hodnoty U_{RS} a U_{LS} . Pre túto metódu, vodnú na meranie cievok so železným jadrom, sú použiteľné nasledovné vzorce:

$$Z_L \frac{U_L}{I} = \frac{U_L \cdot R}{U_R} = \frac{196.608}{64} = 609,11 \Omega$$

$$I = \frac{U_R}{R} = \frac{64}{608} = 105,3\text{mA} \quad X_L = Z_L \cdot \sin \text{PHI}_L = Z_L \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \text{PHI}_L} = 536,14\text{Ohmu}$$



Vyjadrenie vzorca pre účinník z fázorového diagramu:

$$U_R^2 + U_L^2 - 2 \cdot U_R \cdot U_L \cdot \cos(180 - \text{PHI}_L) = U^2$$

$$U_R^2 + U_L^2 - 2 \cdot U_R \cdot U_L \cdot \cos \text{PHI}_L = U^2 \Rightarrow \cos \text{PHI} = \frac{U^2 - U_R^2 - U_L^2}{2 \cdot U_R \cdot U_L}$$

Vyjadrenie vzorca pre výkon z fázorového diagramu:

$$U_R^2 + U_L^2 + 2 \cdot I \cdot R \cdot U_L \cdot \cos \text{PHI}_L = U^2$$

$$U_R^2 + U_L^2 + 2 \cdot R \cdot P_L = U^2 \Rightarrow P_L = \frac{U^2 - U_R^2 - U_L^2}{2 \cdot R}$$

5. Výpočty a tabuľky

Č.m.	U [V]	UL [V]	UR [V]	RL [Ohm]	R [Ohm]	Lx [H]	cos PHI _L [/]	PHI _L [°]	I [mA]	Z _L [Ohm]	P _L [W]
1.	20	11	12	557,3	608	0	0,5114	59,24	19,7	608	0,111
2.	40	23	25	559,4	608	0,843	0,3878	67,18	41,1	608,22	0,367
3.	60	35	37	575,1	608	0,865	0,3884	67,15	60,9	608,22	0,827
4.	80	46	50	755,9	608	0,843	0,3878	67,18	82,2	608,29	1,467
5.	100	59	63	569,4	608	1,016	0,343	69,94	103,6	608,26	2,097
6.	120	70	75	567,5	608	0,925	0,369	68,35	123,4	608,24	3,187
7.	140	83	88	573,5	608	1,033	0,34	70,12	144,7	608,27	4,085
8.	160	96	99	589,6	608	1,041	0,3463	69,74	162,8	608,27	5,414
9.	180	162	51	1931,3	608	4,64	0,2151	77,58	83,9	609,2	2,924
10.	200	179	57	1909,3	608	4,459	0,2308	76,66	93,8	609,14	3,873
11.	220	196	64	1862	608	4,317	0,2347	76,43	105,3	609,11	4,842

Názorné výpočty pre posledný riadok tabuľky:

- **Indukčnosť tlmivky:**

$$L_x = \frac{R \cdot U_L}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U_R} \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \text{PHI}_L} = \frac{608 \cdot 196}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 64} \cdot \sqrt{1 - \cos^2 76,43} = 4,317 \text{H}$$

- **Účinník:**

$$\cos \text{PHI}_L = \frac{U^2 - U_R^2 - U_L^2}{2 \cdot U_R \cdot U_L} = \frac{220^2 - 64^2 - 196^2}{2 \cdot 64 \cdot 196} = 0,2347 /$$

- **Výkon na tlmivke**

$$P = \frac{U^2 - U_R^2 - U_L^2}{2 \cdot R} = \frac{220^2 - 64^2 - 196^2}{2 \cdot 608} = 4,842 \text{W}$$

6. Graf

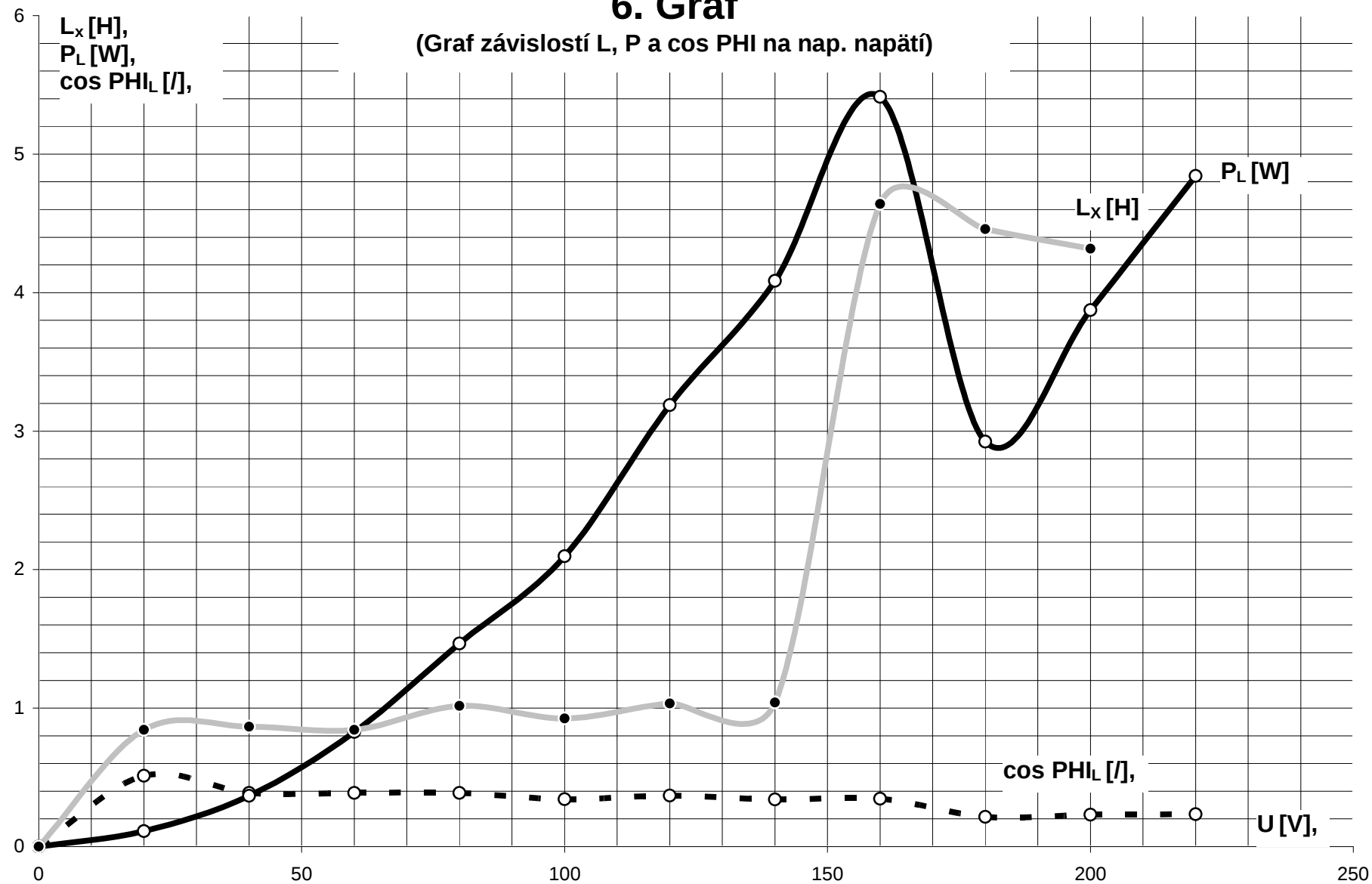
(Samostatne na ďalšej strane)

7. Zhodnotenie

Fázor napätia pri cievke predbieha fázor prúdu o 90 stupňov. Cievka svojimi vlastnosťami vyhladzuje prúd, ale zároveň **čím väčší prúd ňou tečie pri napätí (P), tým väčšia táto indukčnosť je.** V silnoprúdovom priemysle indukčnosť spôsobuje najväčšie straty napr. pri prenose el. energie cez stožiare VVN.

6. Graf

(Graf závislostí L, P a $\cos \phi_L$ na nap. napětí)



**MERANIE VÝKONU TROJFÁZOVÉHO
ASYNCHRÓNNEHO MOTORA**

1. Zadanie úlohy

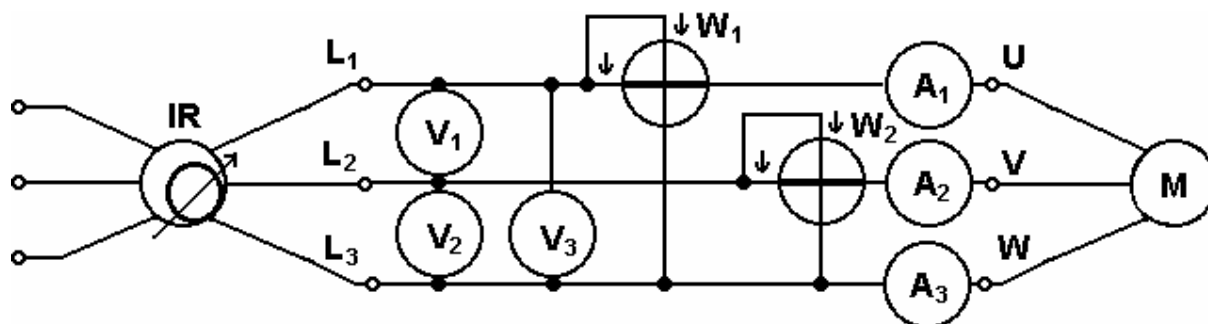
(Meranie výkonu trojfázového ASM naprázdno)

1. Vykonajte meranie naprázdno na trojfázovom asynchrónnom motore Áronovou metódou zmerajte I_0 , P_0 , $\cos \varphi_0$ riadením svorkového napätia s krokom 40 V do 320 V.
2. Nakreslite závislosti I_0 , P_0 , $\cos \varphi_0 = f(U)$.
3. V opise meracej metódy podrobne popíšte Áronovú metódu (fázorovým diagramom).

2. Súpis prístrojov (strojov) a zariadení

P.č.	Oz- na- čenie	Názov	Typ	Systém, poloha, presnosť	Merací rozsah	Výrobné číslo	Inventárne číslo	Výrobca
1	IR	Motor	3AP80- 45	$\cos \varphi =$ 0,77	-	5340120	UP 587	Mez Mohelnice
2	V_{123}	Voltmeter	M- 3800	Digital	500V	2501626	SPŠE 9,10,11	Metex
3	A_{123}	Ampérmeter	M- 3800	Digital	20A	7334747	SPŠE 12, 13, 14	Metex
4	W_1	Wattmeter	-		150/1,150/3	ZP 12/281	UP 729	Litvínov
5	W_2	Wattmeter	-		150/1,150/3	ZP12/015	UP 734	Litvínov

3. Schéma zapojenia

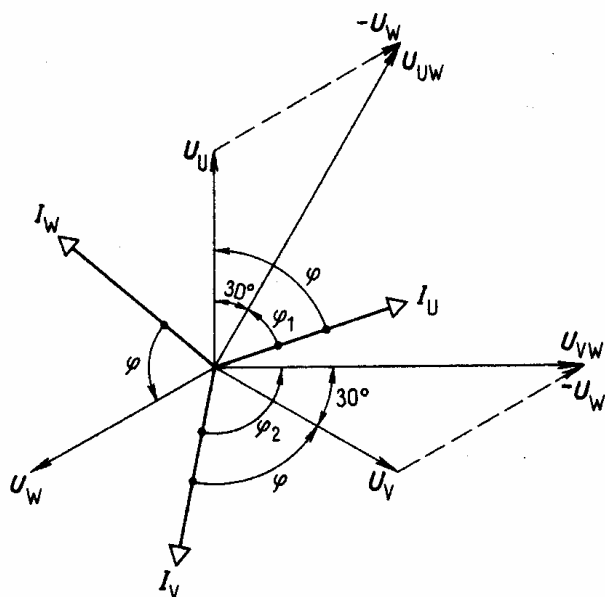


4. Opis meracej metódy

Princíp Áronovej metódy spočíva v meraní dvoma wattmetrami, ktorých prúdové cievky zapojíme na ľubovoľné dve fázy trojfázového rozvodu a napäťové cievky zas na tú fázu, ktorá zostala voľná.

V našom prípade volt- a ampérmetre slúžia na výpočet stredných hodnôt, aby sme dosiahli najväčšiu presnosť (a tým si aj overili aj správnosť hodnôt zobrazovaných wattmetrami)

Postupujúc podľa fázorového diagramu je možné odvodiť vzorec pre výpočet činného a jalového výkonu pri trojfázovej sústave. Zistíme, že goniometrické funkcie vo vzorcoch na jednotlivé typy výkonov súhlasia so všeobecnými vzorcami. Nakoniec sme odvodením získali do vzorca odmocninu z troch, čo zodpovedá výpočtu na troch fázach.



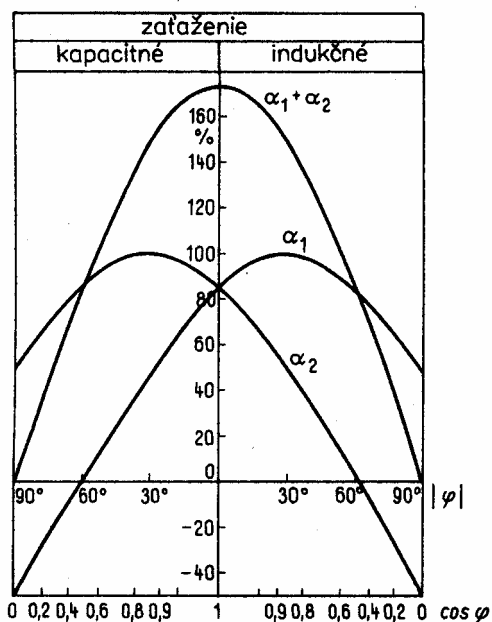
$$P_{W1} = U_{UW} \cdot I_U \cdot \cos \varphi_1 = U \cdot I \cdot \cos(\varphi_1 - 30^\circ)$$

$$P_{W2} = U_{VW} \cdot I_V \cdot \cos \varphi_2 = U \cdot I \cdot \cos(\varphi_2 + 30^\circ)$$

$$P_{W1} + P_{W2} = U \cdot I \cdot \cos(\varphi_1 - 30^\circ) + U \cdot I \cdot \cos(\varphi_2 + 30^\circ) = U \cdot I \cdot [\cos(\varphi_1 - 30^\circ) + \cos(\varphi_2 + 30^\circ)] =$$

$$= U \cdot I \cdot (\cos \varphi \cdot \cos 30^\circ + \sin \varphi \cdot \sin 30^\circ + \cos \varphi \cdot \cos 30^\circ - \sin \varphi \cdot \sin 30^\circ) =$$

$$= U \cdot I \cdot 2 \cdot \cos \varphi \cdot \cos 30^\circ = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$



Podľa nasledovných úvah sa môžeme riadiť pri prepólovaní cievok wattmetrov:

Činný charakter:

$$\varphi = 0^\circ; P_{W1} = P_{W2} > 0$$

Indukčný charakter:

$$0^\circ < \varphi < 60^\circ; P_{W1} > 0; P_{W2} > 0$$

$$\varphi = 60^\circ; P_{W1} > 0; P_{W2} = 0$$

$$\varphi > 60^\circ; P_{W1} > 0; P_{W2} < 0$$

- prepólovať napäťovú cievku (prepólovanie prúdovej by znamenalo prerušenie obvodu)

Kapacitný charakter:

$$0^\circ < \varphi < 60^\circ; P_{W1} > 0; P_{W2} > 0$$

$$\varphi = 60^\circ; P_{W1} = 0; P_{W2} > 0$$

$$\varphi > 60^\circ; P_{W1} < 0; P_{W2} > 0$$

- prepólovať napäťovú cievku (prepólovanie prúdovej by znamenalo prerušenie obvodu)

5. Výpočty a tabuľky

Č.m.	U_{UV} [V]	U_{VW} [V]	U_{WU} [V]	U_0 [V]	I_U [A]	I_V [A]	I_W [A]	I_0 [W]	P_{W1} [W]	P_{W2} [W]	P_0 [W]	$\cos \varphi$
01.	40	40	40	40	0,07	0,1	0,1	0,09	4	0	4	0,64

02.	80	80	80	80	0,15	0,17	0,17	0,16	10	-4	6	0,27
03.	120	120	120	120	0,23	0,24	0,24	0,24	19	-10	9	0,18
04.	160	160	160	160	0,31	0,32	0,32	0,32	33	-18	15	0,17
05.	200	200	200	200	0,4	0,41	0,41	0,4	51	-30	21	0,15
06.	240	240	240	240	0,49	0,49	0,5	0,49	72	-45	27	0,13
07.	280	280	280	280	0,59	0,6	0,61	0,6	102	-43	59	0,2
08.	320	320	320	320	0,71	0,72	0,73	0,72	140	-90	49,5	0,12

Stredná hodnota napätia:

$$U_0 = \frac{U_{UV} + U_{VW} + U_{WU}}{3} = \frac{320 + 320 + 320}{3} = 320V$$

Stredná hodnota prúdu:

$$I_0 = \frac{I_U + I_V + I_W}{3} = \frac{0,71 + 0,718 + 0,727}{3} = 0,72A$$

Príkon naprázdno:

$$P_0 = P_{W1} + P_{W2} = (139,5) + (-90) = 49,5V$$

Príkon naprázdno:

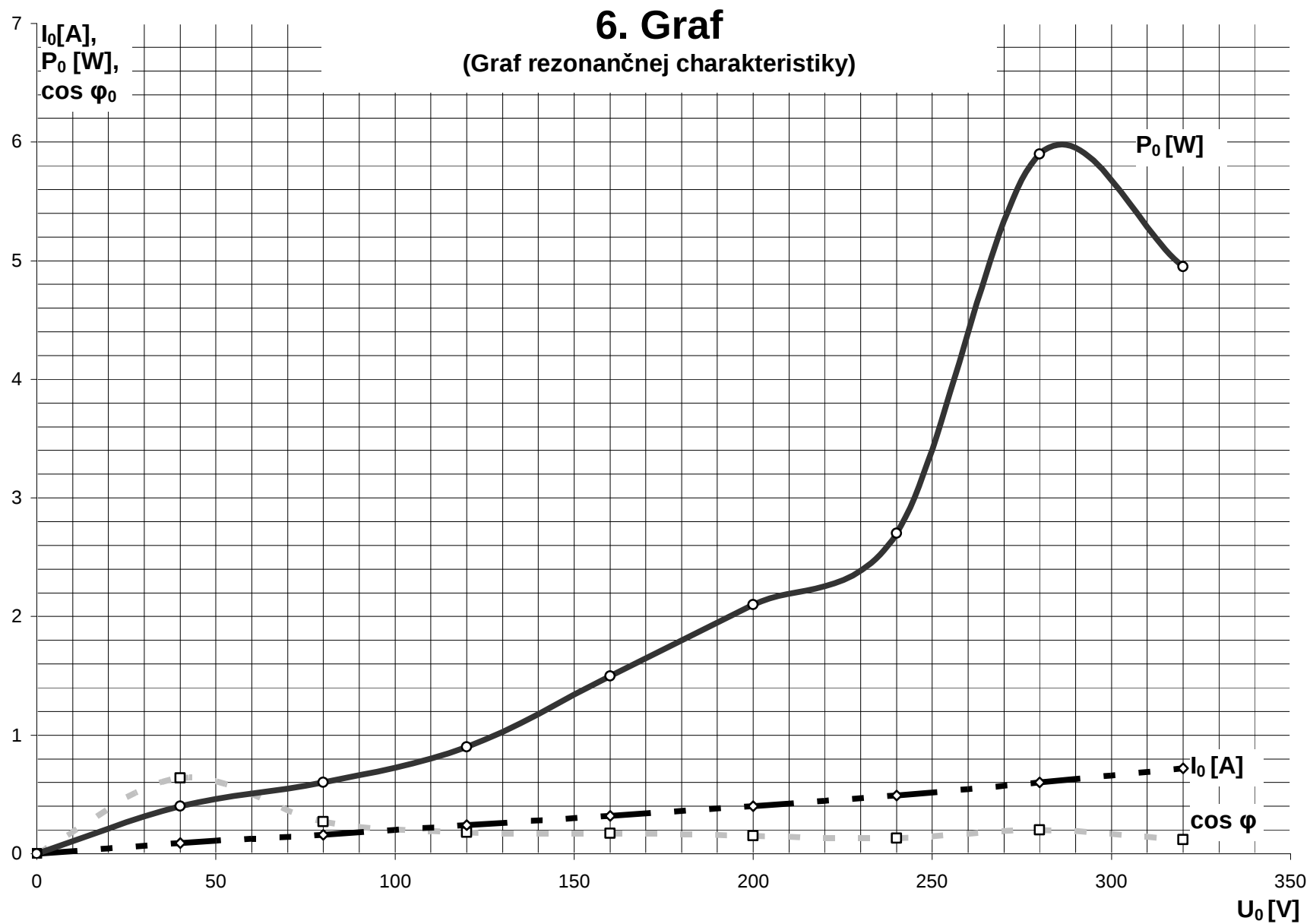
$$\cos \varphi = \frac{P_0}{\sqrt{3} \cdot U_0 \cdot I_0} = \frac{49,5}{\sqrt{3} \cdot 320 \cdot 0,72} = 0,124$$

6. Graf

(Samostatne na ďalšej strane)

7. Zhodnotenie

Meraním sme zistili, že čím väčšie napätie bolo na motore bežiacého na prázdno, s tým menším účinníkom motor pracoval. Tento stav nie je pre energetický priemysel dodávajúci energiu do siete výhodný, pretože jalový výkon bol malý, zbytočne teda motor zaťažoval spotrebiteľskú sieť.



MERANIE VÝKONU ŽIARIVKY

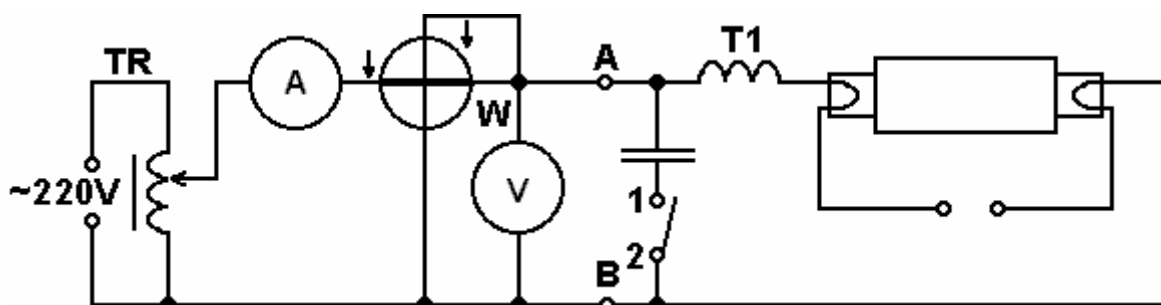
1. Zadanie úlohy (Meranie výkonu žiarivky)

1. Zmerajte, aký činný a jalový výkon odoberá zo siete nízkotlaká ortuťová výbojka – žiarivka 40W, 220V:
 - a) pri odpojení
 - b) pri pripojení kondenzátora na kompenzáciu účinníka
2. Zistíte, ako sa menia prevádzkové parametre žiarivky so zmenou nap. nap. V rozsahu od 160V do 240V po 10V.
3. Zmerajte zápalné a zhášacie napätie žiarivky pri pripojení a odpojení kondenzátora.
4. Namerané a vypočítané hodnoty znázorníte graficky.
5. Vyhodnoťte meranie.

2. Súpis prístrojov (strojov) a zariadení

P.č.	Označenie	Názov	Typ	Systém, poloha, presnosť	Merací rozsah	Výrobné číslo	Inventárne číslo	Výrobca
1	A	Ampérmeter	3R12		5A	-	UP 258	METRA
2	W	Wattmeter	UP 888		-	-	UP727	METRA
3	V	Voltmeter	M 3800		20 V	826032	UP 428	METRA
4	TR	Zdroj	YF-3503	-	0-250V	-	-	TESLA

3. Schéma zapojenia



4. Opis meracej metódy

Meranie spočívalo v kombinácii priameho (wattmeter) a nepriameho merania (ampérmeter + voltmeter) výkonu, pričom sa poloha prístrojov a kontaktov cievok prístrojov zhodovala s polohou pre meranie na záťaži s malým odporom – tzv. meranie nakrátko.

5. Výpočty a tabuľky

	Č.m.	U [V]	I [A]	P [W]	Q [VAr]	S [VA]	$U_{zápalné}$	$U_{zhášacie}$
bez kondenzátora	01.	160	0,1	6	16,5	17,6	180	134
	02.	170	0,2	8	33	34		
	03.	180	0,3	36	29,9	46,8		
	04.	190	0,3	40	40,3	57		
	05.	200	0,3	47	48,9	68		
	06.	210	0,4	50	59,5	77,7		
	07.	220	0,4	54	70,3	88		
	08.	230	0,5	60	83,7	103,5		
s kondenzátorom	01.	160	0,2	7	31,18	32	180	134
	02.	170	0,2	8	34,79	35,7		
	03.	180	0,2	36	11,5	36		
	04.	190	0,2	41	8,2	42		
	05.	200	0,2	48	13,7	48		
	06.	210	0,2	50	6,33	50,4		
	07.	220	0,3	56	12,9	57,2		
	08.	230	0,3	61	20,6	64,4		

Príklady z posledného riadku tab. s kondenzátorom

Činný výkon:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Jalový výkon:

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = 230 \cdot 0,28 \cdot \sin \varphi = 20,6 \text{ VAr}$$

Zdanlivý výkon:

$$S = U \cdot I = 230 \cdot 0,28 = 64,4 \text{ VA}$$

Účinník:

$$\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I} = \frac{61}{230 \cdot 0,28} = 0,947 \Rightarrow \varphi = 0,326^\circ$$

6. Graf

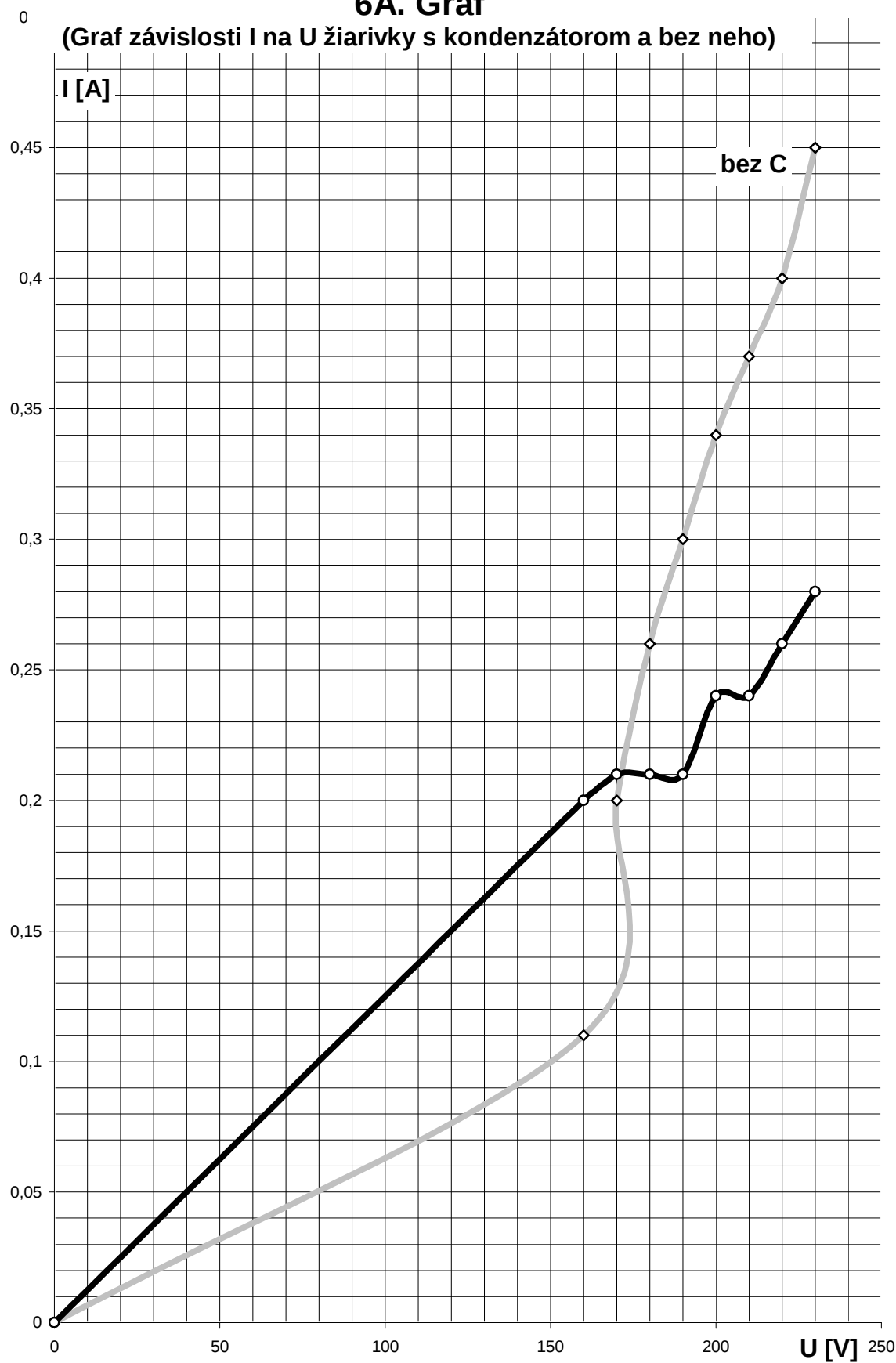
(Samostatne na ďalšej strane)

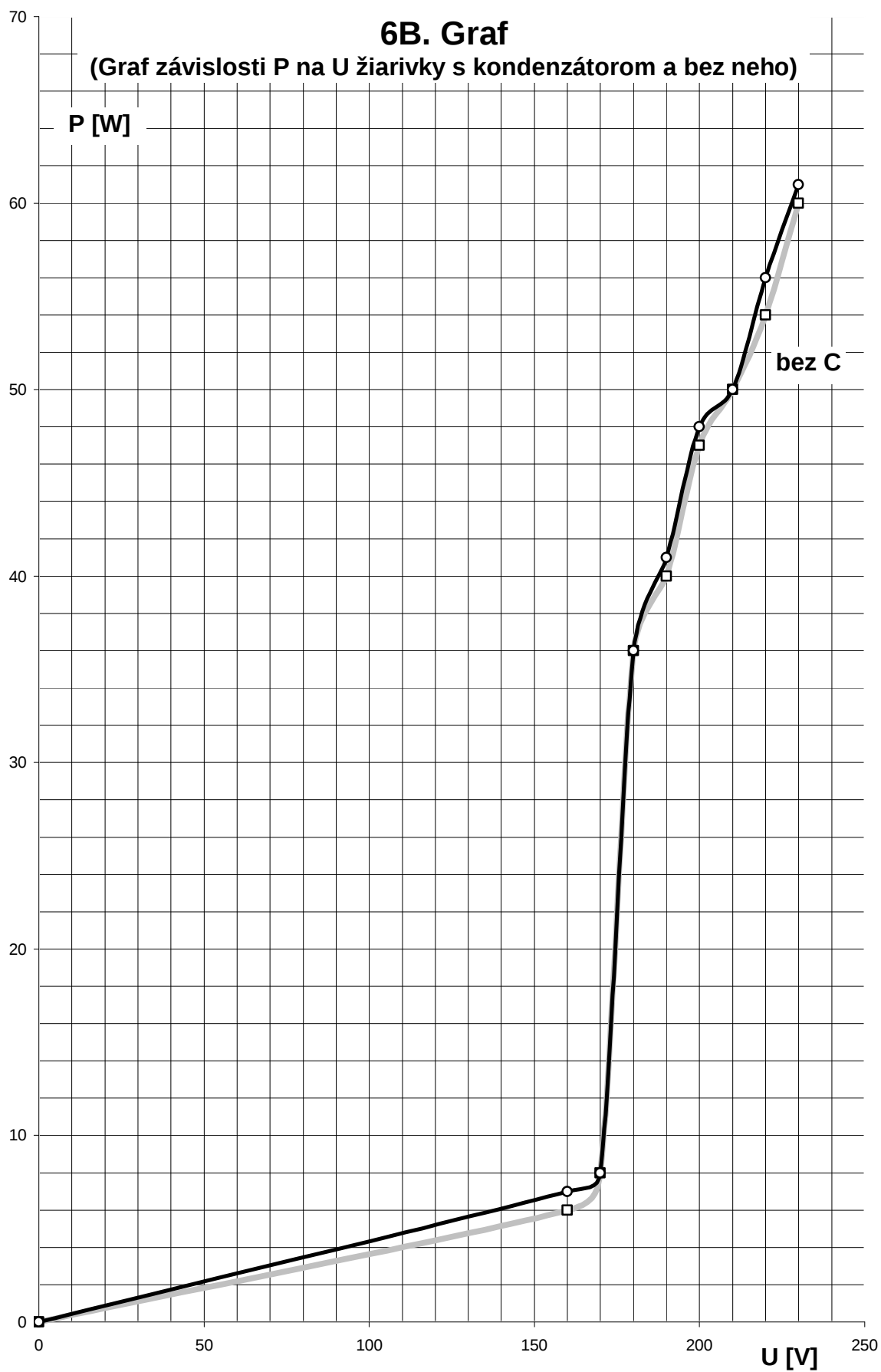
7. Zhodnotenie

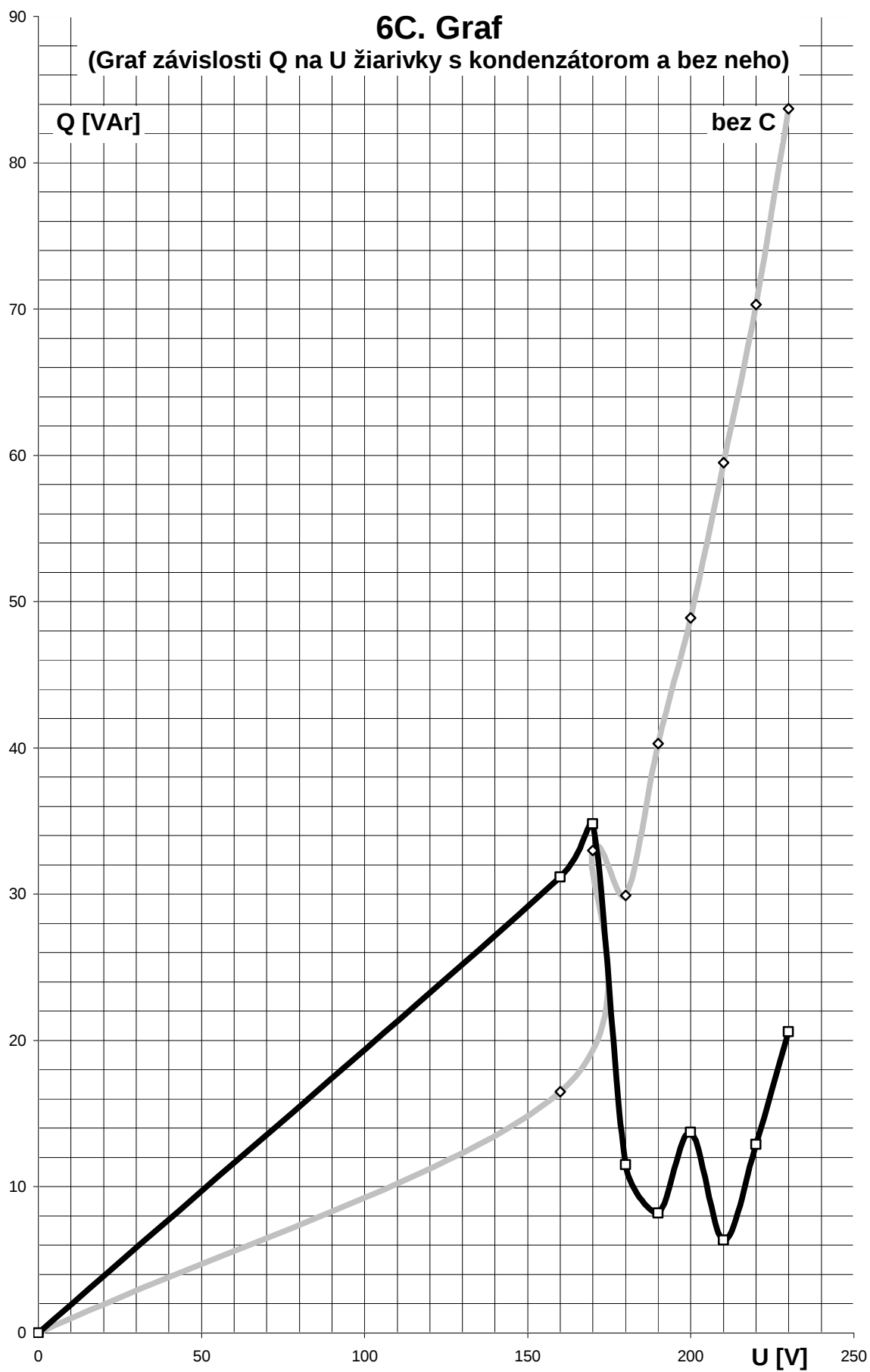
S pripojeným kondenzátorom prúd v obvode klesol. Jeho úbytok poslužil na kompenzáciu účinníka, ktorý zas vzrástol, teda jalový výkon klesol. Tým sa žiarivka stala menej nepohodlnou pre energetiku. Inak sa jej činný výkon nezmenil.

6A. Graf

(Graf závislosti I na U žiarivky s kondenzátorom a bez neho)







MERANIE NA OSCIOSKOPE

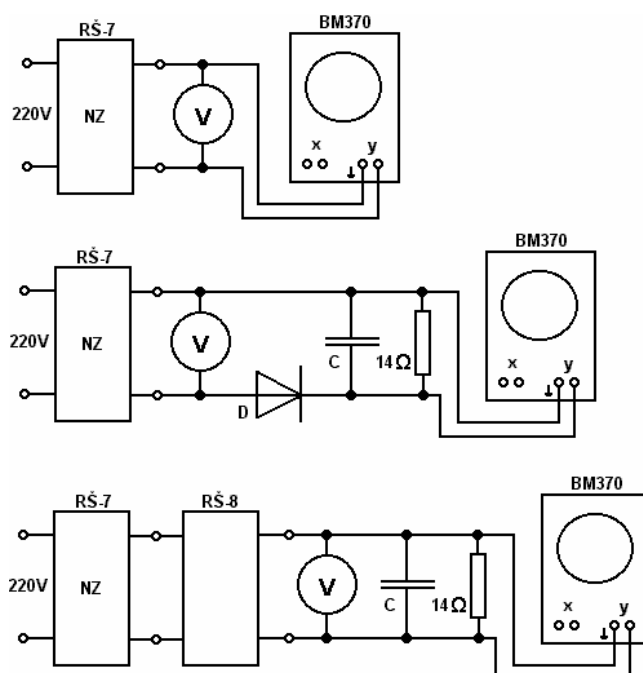
1. Zadanie úlohy (Meranie na osciloskope – č.11)

1. Podľa priloženého návodu sa zoznámte s elektronickým osciloskopom **BM 370**. Nakreslite panel osciloskopu, popíšte funkciu jednotlivých ovládacích prvkov, overte si och vplyv na činnosť osciloskopu.
2. Na obrazovke osciloskopu pozorujte priebeh napätia sieťovej frekvencie.
3. Pozorujte priebeh napätia usmerneneného jednocestným ventilom **KY**:
 - a) bez filtrácie,
 - b) s filtráciou;
4. Sledujte priebeh jednosmerného napätia z dvojcestného usmerňovača, ktorý je v bloku **RŠ-8**:
 - a) bez filtrácie,
 - b) s filtráciou: $C = 5, 50, 500, 5000$
5. Pozorované priebehy nakreslite na milimetrový papier.

2. Súpis prístrojov (strojov) a zariadení

P.č.	Ozn.	Názov	Typ	Systém, poloha, presnosť	Merací rozsah	Výrobné číslo	Inventárne číslo	Výrobca
1	OSC	Osciloskop	BM 370	-	220V/120V	718 149	UP 641D	Tesla
2	V	Voltmeter	M-3800	Digital	500V	826 081	SPŠE 13	Metex
3	D	Dióda	-	-	-	-	-	-
4	NZ	Reg. transf.	-	-	30V/2A	ZP 12/281	UP-104/e	Tesla
5	C	Reg. Kondenzátor	TE 984	-	24V/1000F	-	-	Tesla

3. Schémy zapojenia



4. Opis meracej metódy

K bodu 2:

Z diagramov odpozorovaných z osciloskopu vidíme, že priebeh sieťového napätia sa mení s časom a je sínusového priebehu. Keď si položíme otázku – čo je to sínusoida, dospejeme k záveru, že je odvodená od kružnice, ktorú opisujú fázory (falošné vektory) prúdu a napätia počas otáčok generátora. Preto, aby sa mohlo indukovať v generátore napätie a následne prúd, je nutné, aby cievky boli geometricky posunuté (v 3f sústave o 120 stupňov) a tiekli nimi časovo posunuté prúdy.

Teda sínusoidu zostrojíme tak, že z kružnice premietneme body, ktoré budú predstavovať základné body sínusoidy – tie následne pospájame.

K bodu 3:

Bez filtrácie: Vidíme, že jednoduchý jednocestný ventil – dióda – usmerňuje sieťové, striedavé napätie a na obrazovke sa nám zakaždým zjavia buď kladné alebo záporné polperiódy sínusoidového priebehu: to závisí od zapojenia oboch elektród diódy – anódy a katódy – na zdroj.

S filtráciou: Vidíme, že keď usmerňovaciemu ventilu pripojíme i filtračný prvok – kondenzátor – priebeh usmernených polperiód sa viditeľne vyhladí. Sínusový priebeh napätia na časovom diagrame bude viac zaoblenejší, vyhladenejší, plynulejší. Čím väčší filtračný prvok do obvodu zaradíme, tým vyhladenejší priebeh dostaneme.

K bodu 4:

Bez filtrácie: Dvojcestný usmerňovač spôsobil, že napätie bolo usmernené počas celej periódy – teda bola využitá oproti jednocestnému usmerňovaču aj druhá polperióda. Tým napätie na záťaži bolo plynulejšie a efektívnejšie dodávané.

S filtráciou: Tým, že sme použili dvojcestný usmerňovací ventil s filtráciou, ktorú sme postupne zväčšovali, zistili sme, že priebeh napätia bol plynulý, dokonca sa blížil svojou amplitúdou k jednosmernému napätiu.

5. Výpočty a tabuľky

(Počas merania prebehlo iba pozorovanie. Úlohou bolo oboznámenie sa s prístrojom, preto tu neuvádzam žiadne výpočty.)

6. Grafy a nákresy

(Samostatne na ďalšej strane)

7. Zhodnotenie

Meranie môžeme uzavrieť s tým, že skonštatujeme, že pokiaľ striedavé napätie usmerníme dvojcestným usmerňovačom a prefiltrujeme cez filtračný prvok (kondenzátor ale i napr. cez cievku), prúd striedavý pretransformujeme na prúd jednosmerný, s ktorým pracuje väčšina bežných spotrebičov v našej domácnosti.

A druhej strane si však musíme uvedomiť, že prenos energie vedením VVN sa jednoduchšie uskutočňuje vo forme striedavého napätia (s čo najväčšou možnou frekvenciou) – vtedy dochádza k menším stratám, akoby dochádzalo pri prenose jednosmerného prúdu na veľké vzdialenosti.

6A. Nákres

(Panel osciloskopy)

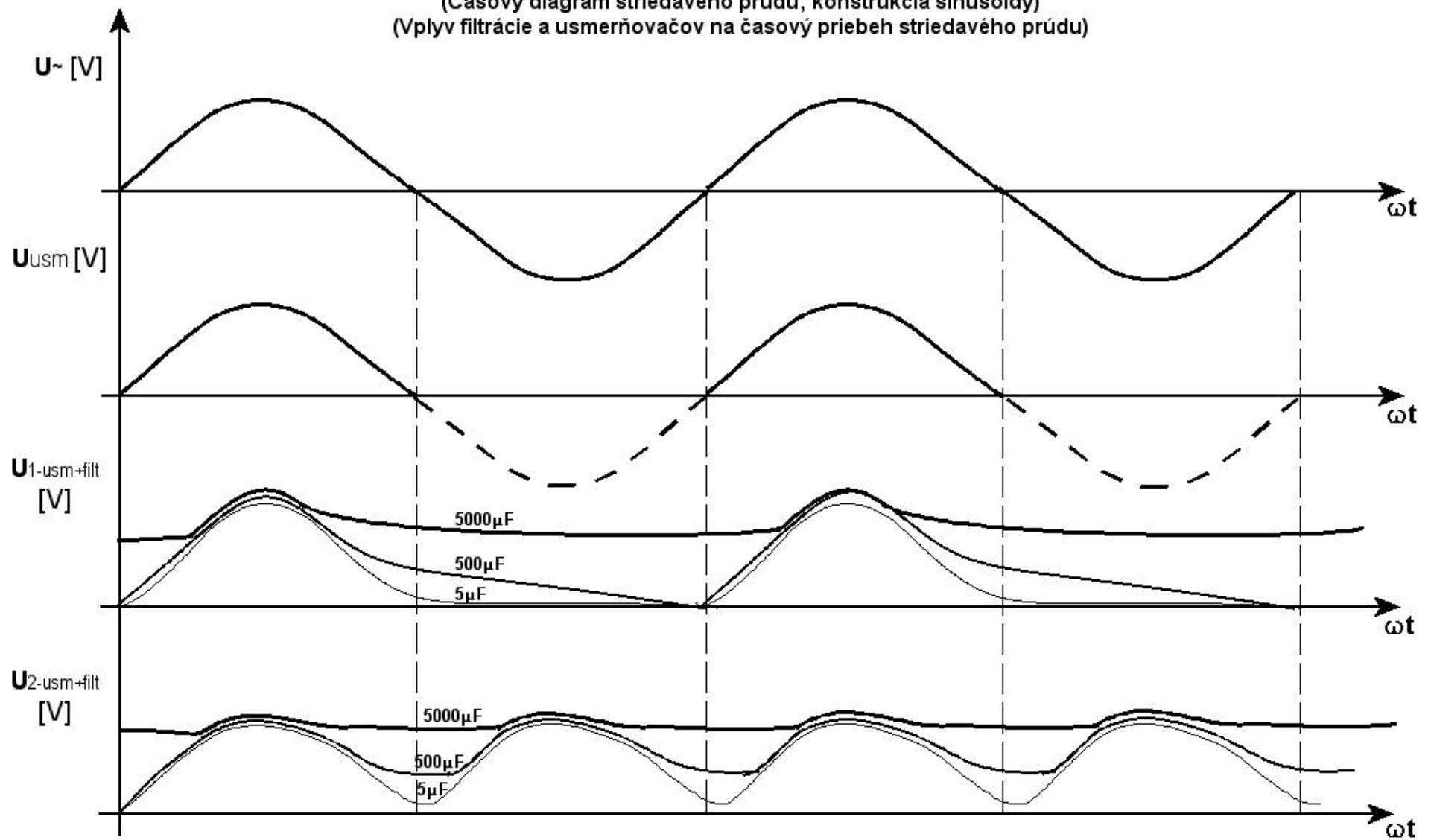
Základné časti:



- 1) Sieťový vypínač; on/off
- 2) Jas; intenzita zobrazovaného signálu
- 3) Ostrosť
- 4) Obrazovka
- 5) Vertikálny posun signálu po obrazovke
- 6) Plynulá regulácia frekvencie časovej závislosti
- 7) Zosilnenie v horizontálnom smere
- 8) Horizontálny posun signálu po obrazovke
- 9) Prepínač frekvencie časovej závislosti (pre regulátor 8)
- 10) Mierka zobrazovaného signálu; zosilnenie amplitúdy
- 11) Vstupná svorka y-ového zosilňovača
- 12) Vstupná svorka x-ového zosilňovača
- 13) Nastavenie citlivosti pre x-ový zosilňovač

6B. Graf

(Časový diagram striedavého prúdu; konštrukcia sinusoidy)
(Vplyv filtrácie a usmerňovačov na časový priebeh striedavého prúdu)



KONTROLA ELEKTROMERU

1. Zadanie úlohy

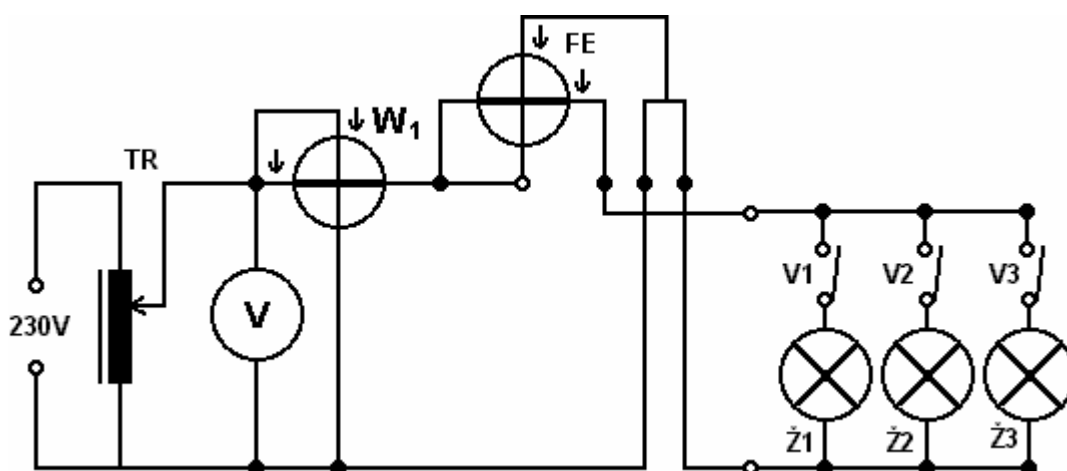
(Meranie elektrickej energie – kontrola elektromera – č.13)

1. Preštudujte základné pojmy a otázky merania el. energie, zapojenie jednofázových elektromerov.
2. Prevedte kontrolu jednofázového elektromera podľa otáčok kotúča laboratórnym wattmetrom pri rôznych zaťaženiach (zaťaženia, všetky kombinácie žiaroviek 100W, 200W, 500W)
3. Z nameraných hodnôt vypočítajte relatívnu chybu elektromera.
4. Zostavte odberový diagram odoberaného výkonu.
5. Vyhodnoťte meranie.

2. Súpis prístrojov (strojov) a zariadení

P.č.	Ozn.	Názov	Typ	Systém, poloha, presnosť	Merací rozsah	Výrobné číslo	Inventárne číslo	Výrobca
1	FE	Elektromer	Křížík	-	-	-	UP 258	Křížík
2	W	Wattmeter	PsLL		-	4685625	UP370	Metra Blansko
3	TR	Zdroj	BM 208	-	250V/2A	826032	UP 428	Tesla
4	Ž ₁₂₃	Žiarovky	-	-	150W, 200W, 500W	-	71/e	Tesla

3. Schéma zapojenia



4. Opis meracej metódy

Obyčajným wattmetrom sme kontrolovali výkonový odber, ktorý meral elektromer. To všetko za určitý čas pri konštantných otáčkach elektromera ($n = 7$), ale pri rôznom výkonovom zaťažení (postupné pripájanie žiaroviek, vid' tabuľku)

5. Výpočty a tabuľky

Č.m.	záťaž [W]	P [W]	t [s]	n [ot]	A _N [kWh]	A _S [kWh]	δ _A [%]
1.	100	110	255	7	0,099	0,11	-10
2.	200	210	133	7	0,19	0,21	-9,5
3.	300	315	89	7	0,283	0,315	-10,1
4.	500	550	50	7	0,504	0,55	-8,4
5.	600	660	42	7	0,6	0,66	-9,1
6.	700	760	36	7	0,7	0,76	-7,9
7.	800	850	32	7	0,787	0,85	-7,35

*Výpočty z posledného riadku

Počet otáčok za hodinu:

$$n_H = \frac{3600 \cdot n}{t} = \frac{3600 \cdot 7}{32} = 787,5 \quad [\text{ot} / \text{h}; \text{ot}, \text{s}]$$

Práca meraná elektromerom:

$$A_N = \frac{n_H}{k_e} = \frac{787}{1000} = 0,787 \quad [\text{kWh}; \text{ot} / \text{h}, \text{ot} / \text{kWh}],$$

kde k_e – konštanta elektromera = 1000;

Skutočná práca:

$$A_S = P \cdot T = 850 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 0,85 \quad [\text{kWh}; \text{kW}, \text{h}],$$

kde $T = 1 \text{ h}$;

Relatívna chyba elektromera:

$$\delta_A \% = \frac{A_N - A_S}{A_S} \cdot 100 = \frac{0,786 - 0,85}{0,85} = -7,35 \quad [\%]$$

6. Graf

(Samostatne na ďalšej strane)

7. Zhodnotenie

Keďže sme výpočet relatívnej chyby vzťahli na skutočnú prácu zobrazovanú wattmetrom, dostali sme vierohodný údaj v percentách, ktorý nás informuje, že klasický bytovkový elektromer zobrazoval zakaždým o niekoľko percent výkonového odberu menej, než v skutočnosti prebiehal.

6. Graf
(Odberový diagram)

