

# Měření charakteristik dekompenzačních tlumivek na sinusovém zdroji

**Pracoviště:** Západočeská univerzita v Plzni, Research and Innovation Centre for Electrical Engineering  
**Číslo dokumentu:** 22190-010-2023  
**Typ zprávy:** Výzkumná zpráva  
**Řešitelé:** Bohumil Skala, Martin Zavřel, Miroslav Tyrpekl, Martin Skalický, Lukáš Sobotka  
**Vedoucí projektu:** Bohumil Skala  
**Počet stran:** 76  
**Datum vydání:** 29.5.2023  
**Oborové zařazení:** 2.2 Electrical engineering, Electronic engineering, Information engineering - Electrical and electronic engineering

**Zadavatel / zákazník:**  
Elzat, spol. s r.o.  
Bezděkovska 760  
262 42, Rožmitál pod Třemšínem  
Česká republika

**Zpracovatel / dodavatel:**  
Západočeská univerzita v Plzni  
Research and Innovation Centre  
for Electrical Engineering  
Univerzitní 8  
306 14 Plzeň  
**Kontaktní osoba:**  
Ing. Bohumil Skala  
tel. 377634473  
[skalab@fel.zcu.cz](mailto:skalab@fel.zcu.cz)

**Práce vznikla za finanční podpory projektu Návrh energeticky úsporných tlumivek – NEUTlum, OP PIK c. CZ.01.1.02/0.0/0.0/20\_321/0024444, MPO, EU a EF pro regionální rozvoj a podnikání.**



EVROPSKÁ UNIE  
Evropský fond pro regionální rozvoj  
OP Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost



## **Anotace**

Tato výzkumná zpráva se zabývá problematikou jakostních charakteristik dekompenzačních tlumivek vyvinutých ve spolupráci ZČU/FEL/RICE a Elzat, spol. s.r.o. Celkem bylo porovnáváno jedenáct tlumivek s označeními: Kopie elektrokov II, Sklolaminát, +20 závitů, Kopie elektrokov I, Reference bez mezer, Unicore, reference, vzorek G, vzorek H – vstupní tlumivka, Unicore M530-50A, 3D stahovací. Detailní popis konstrukce jednotlivých tlumivek není předmětem této výzkumné zprávy.

## **Klíčová slova**

Dekompenzační, tlumivka, jakostní, charakteristiky, měření, sinusová zdroj

## **Název zprávy v anglickém jazyce / Report title**

Measurement of decompensation chokes characteristics on sinusoidal source

## **Anotace v anglickém jazyce / Abstract**

This research report deals with decompensations chokes quality characteristics developed in cooperation between UWB/FEL/RICE and Elzat, spol. S.r.o. A total of eleven chokes was compared. Variants was: "Kopie elektrokov II, Sklolaminát, +20 závitů, Kopie elektrokov I, Reference bez mezer, Unicore, reference, vzorek G, vzorek H – vstupní tlumivka, Unicore M530-50A, 3D stahovací". A detail description of compared decompensation chokes isn't topic of presented research report.

## **Klíčová slova v anglickém jazyce / Keywords**

Decompensation, choke, quality, characteristic, measurement, sinusoidal source.

## Seznam symbolů a zkratk

VZ	výzkumná zpráva
AC	střídavý, sinusový
U	napětí
I	proud
f	kmitočet
R	odpor

# Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>5</b>
1.1	MĚŘÍCÍ PRACOVNÍSTĚ .....	6
1.2	PARAMETRY ZDROJE .....	7
1.3	PARAMETRY VÝKONOVÉHO ANALYZÁTORU .....	7
1.4	PARAMETRY MIKROOHMETRU .....	9
1.5	POSTUP MĚŘENÍ .....	9
<b>2</b>	<b>MĚŘENÉ VZORKY</b> .....	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>VÝSLEDKY MĚŘENÍ</b> .....	<b>13</b>
3.1	SROVNÁNÍ.....	13
	<i>Referenční vzorek (tlumivka)</i> .....	13
	<i>Porovnání - <math>I = f(U)</math></i> .....	14
	<i>Porovnání - <math>L = f(I)</math></i> .....	15
	<i>Porovnání - <math>P = f(I)</math></i> .....	16
	<i>Porovnání - <math>Q = f(I)</math></i> .....	17
	<i>Porovnání - <math>S = f(I)</math></i> .....	18
	<i>Porovnání - <math>P_{Fe} = f(I)</math></i> .....	19
	<i>Porovnání - <math>P_j = f(I)</math></i> .....	20
	<i>Porovnání - Power factor = <math>f(I)</math></i> .....	21
	<i>Porovnání - Phase = <math>f(I)</math></i> .....	22
3.2	JEDNOTLIVÉ TLUMIVKY .....	23
	<i>Kopie elektrokov II</i> .....	28
	<i>Sklolaminát</i> .....	32
	<i>+ 20 závitů</i> .....	36
	<i>Kopie elektrokov I</i> .....	40
	<i>Reference bez mezer</i> .....	44
	<i>Unicore</i> .....	48
<b>4</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>70</b>

## 1 Úvod

Tato výzkumná zpráva se zabývá problematikou jakostních charakteristik dekompenzačních tlumivek vyvinutých ve spolupráci ZČU/FEL/RICE a Elzat, spol. s.r.o. Celkem bylo porovnáváno sedm tlumivek s označeními:

- Kopie elektrokov II
- Sklolaminát
- + 20 závitů
- Kopie elektrokov I
- Reference bez mezer
- Unicore
- Reference
- Vzorek G
- Vzorek H – vstupní tlumivka
- Unicore M530 50-A z 16.2.2023
- 3D stahovací z 16.2.2023

Detailní popis konstrukce jednotlivých tlumivek není předmětem této výzkumné zprávy. Výchozí VZ pro předmětné měření a porovnání je [5].

Důležitými vstupy jsou také technické listy použitého vybavení [1-4].

## 1.1 Měřící pracoviště

Jednoduché měřící pracoviště (tab. I, Obr. 1) sestavené v laboratoři RICE sestává z elektronického zdroje s vestavěným výstupním filtrem MX 30 značky California instruments [1], precizního vysokofrekvenčního výkonového analyzátoru WT 1806E značky Yokogava [2,3] a precizního mikroohmmetru Cropico DO 500 [4] značky Seaward.

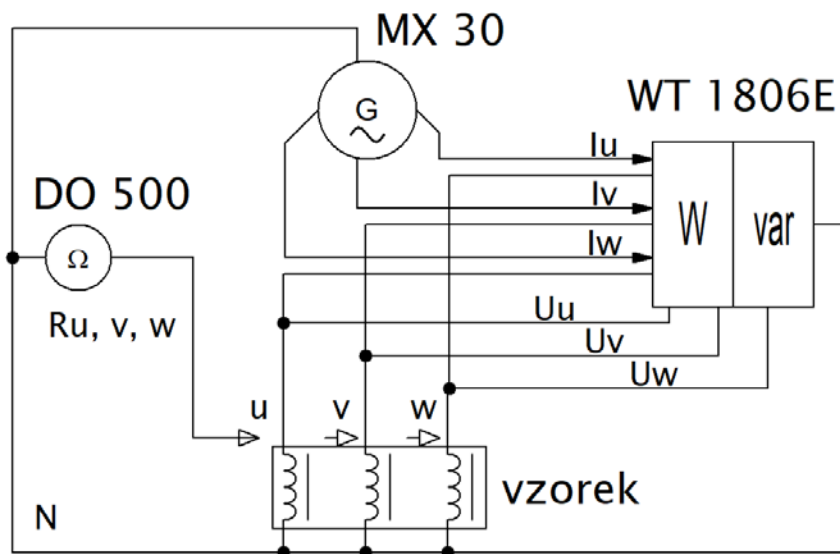
Výkonový zdroj je pro účely popisovaného měření nastaven do 3-fázového AC režimu o rozsahu 400 V<sub>ph</sub>. Proudové omezení bylo z důvodu ochrany všech zařízení nastaveno na 20 A<sub>p</sub>.

Precizní výkonový analyzátor byl k testovanému vzorku připojen v režimu 3P4W (Obr. 1), kdy jsou nezávisle měřeny fázové výkony. Rozsahy byly přepínány automaticky a sběr dat prováděn firemním programem WT Viever E.

Před zahájením měření a po jeho dokončení byl připojován precizní mikroohmmetr (Obr. 1) pro měření parazitního sériového odporu vinutí. Měřící proud byl nastaven na konstantní 1 A.

Tab. I Použité přístroje

	výrobce	model	Požítý rozsah
zdroj	California instruments	MX 30	AC 400 V <sub>ph</sub>
analyzátor	Yokogava	WT 1806E	auto (přímé měření proudu)
mikroohmmetter	Cropico	DO 500	1 A



obr. 1 Schéma zapojení měřícího stanoviště

## 1.2 Parametry zdroje

Zdroj disponuje precizním měřením, na základě kterého je upravován výstup ve zpětnovazebním řízení. Limity výstupu z hlediska harmonických je možné popsat následující přesností...

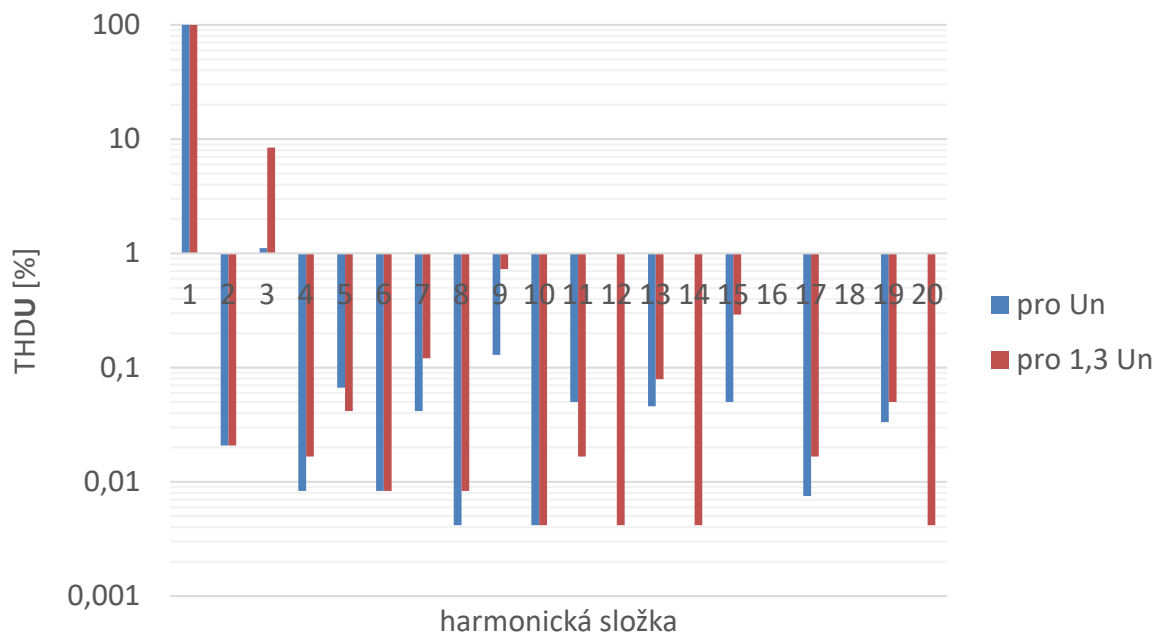
Parametr	Range	Základní přesnost	Harmonická přesnost	okno	filtr
Sladba harmonických	Up to 40 <sup>th</sup>	±0.05% FS ± 0.05% / kHz	± 0.1 % ± 0.1% / kHz	10 periods	1.5 sec

## 1.3 Parametry výkonového analyzátoru

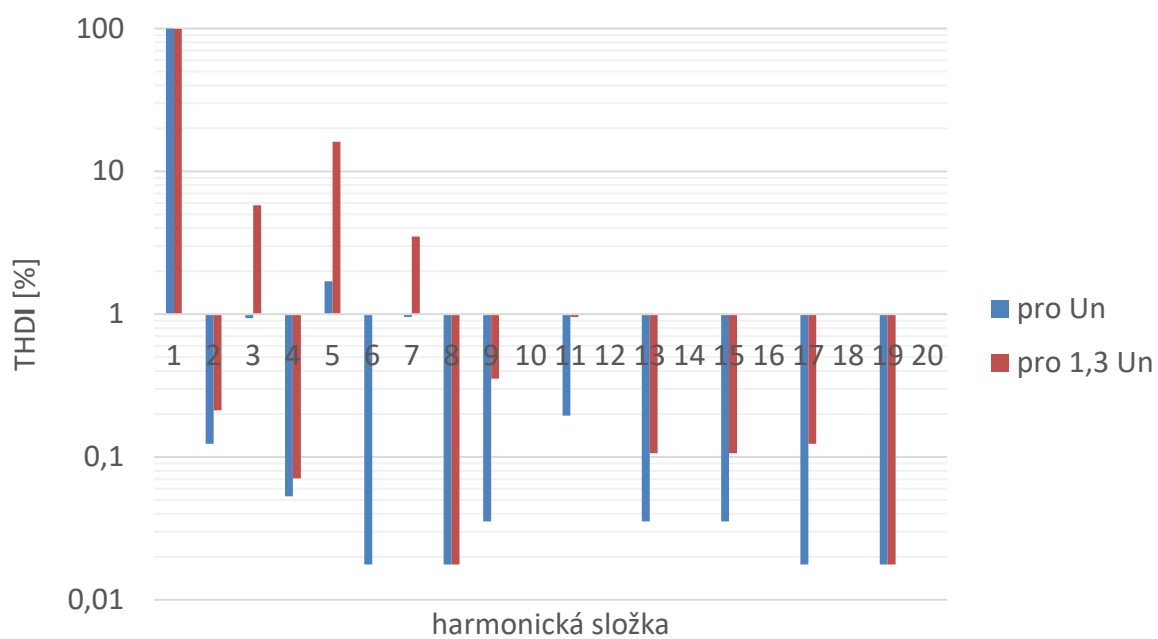
Nejdůležitějším článkem z hlediska měření a porovnání tlumivek je výkonový analyzátor. Základní přesnosti využitých vstupů jsou uvedeny v následujícím seznamu. Při měření jsou využívány i numerické operace integrované v analyzátoru (P, Q, S, ...) a je nutné uvažovat i k tomu příslušné přesnosti. Ty je možné dohledat v [3]. Zároveň je možné je částečně zanedbat...

element	frekvence	přesnost	rozsahy
Proudový (± 50A)	45 – 66 Hz	± [(0.03% of reading + + 0.05% of range) + (2 µA)]	1, 2, 5 , 10, 20 A in auto range mode
Proudový externí čidlo (± 600A)	45 – 66 Hz		
Napěťový (± 1000 V)	45 – 66 Hz	± (0.03% of reading + + 0.05% of range)	1,5 až 600 V in auto range mode
FFT - U	Sampling rate 1 s; 45 Hz – 66 Hz	± (0,05% of reading + + 0,25% of range)	f * 1024
FFT - I	Sampling rate 1 s; 45 Hz – 66 Hz	± (0,05% of reading + + 0,25% of range)	f * 1024

Předmětem popisovaného zkoumání je porovnání jednotlivých tlumivek napájených sinusovým zdrojem. Proto je kvalita napájecího napětí a proudu tlumivky ověřována výkonovým analyzátozem ve formě harmonické analýzy. Grafické znázornění harmonického spektra THDU a THDI je uvedeno na Obr. 2 a Obr. 3.



obr. 2 Skladba harmonického spektra napájecího napětí pro Un a 1,3Un (Kopie elektrov I)



obr. 3 Skladba harmonického spektra napájecího proudu pro Un a 1,3Un (Kopie elektrov I)



## 1.4 Parametry mikroohmetru

Odpory jednotlivých vinutí snímané mikroohmetrem Cropico DO 500 podléhají následujícím přesnostem:

zapojení	rozsah	rozlišení	nastavený proud	přesnost na nastaveném proudu
4 vodičové	3 $\Omega$	100 $\mu\Omega$	1 A	$\pm (0.03\% \text{ Rdg} + 0.01\% \text{ FS})$

## 1.5 Postup měření

- Měřený vzorek je nejprve otestován mikroohmetrem a jsou stanoveny parazitní sériové odpory jednotlivých vinutí za studena ( $23^\circ$ ) ( $R_{s_c}$ ).
- Poté je měřený vzorek připojen do měřícího obvodu dle schématu na Obr. 1
- Samotné měření je prováděno pro kmitočet první harmonické složky 50 Hz s fázovou efektivní hodnotou napětí 30; 60; 90; 120; 150; 180; 210; 240; 270; 300 V. Po ustálení jsou pro jednotlivé napěťové úrovně odečtena měřená data ve struktuře dle Tab. II. Dále jsou pro jmenovité napětí a 1,3 násobek jmenovitého napětí uloženy oscilografy a waveformy.
- Po dokončení měření je testovaný vzorek odpojen a jsou změřeny parazitní sériové odpory jednotlivých vinutí za tepla ( $\approx 30^\circ$ ) ( $R_{s_h}$ ).
- Získaná data jsou přímo využita a současně jsou z nich dopočteny průměrné parazitní odpory ( $R_{s_{av}}$ ), indukčnosti ( $L_{u, v, w}$ ), ztráty v magnetickém obvodu ( $P_{Fe}$ ) a ztráty ve vinutí ( $P_w$ ). Dopočtené hodnoty jsou ukládány ve struktuře dle Tab. III, která rovněž odkazuje na použité rovnice (rov. 1 až rov. 4).
- Poté je vzorek vyměněn a proces se opakuje.

Tab. II Struktura ukládání měřených hodnot a nastavení

StoreNo	Date	Time	Millisecond	Urms-1	Irms-1	Urms-2	Irms-2	Urms-3	Irms-3
1 až 10	meas	meas	meas	meas	meas	meas	meas	meas	meas

P-3ph	Q-3ph	S-3ph	PF-3ph	Phi-3ph	FreqU-1
meas	meas	meas	meas	meas	meas

MeasureMode	DisplayMode	IntegrateMode	UpdateRate	Comment
2	1	1	2 ms	označení vzorku

Tab. III Struktura ukládání dopočtených hodnot

Ru_av	Rv_av	Rw_av	Lu	Lv	Lw	Pfe	Pw
Rov. 1	Rov. 1	Rov. 1	Rov. 2	Rov. 2	Rov. 2	Rov. 3	Rov. 4

$R_{x_{av}} = \frac{R_{x_c} + R_{x_h}}{2}$	rov. 1
$L_{x_k} = \frac{\frac{U_{x_k}}{I_{x_k}} - R_{x_{av}}}{2\pi f_k}$	rov. 2
$P_{w_k} = \sum_{x=u}^{x=w} R_{x_{av}} I_x^2$	rov. 3
$P_{Fe_k} = P_{3ph_k} - P_{w_k}$	rov. 4
$L_{av} = \sum_{x=u}^{x=w} \sum_{k=1}^{k=10} L_{x_k}$	rov. 5
$R_{av} = \sum_{x=u}^{x=w} R_{x_{av}}$	rov. 6

Vysvětlivky k rov. 1 až rov. 6:

Index  $x$  reprezentuje danou fází  $u$ ,  $v$  nebo  $w$ .  
Index  $k$  reprezentuje pořadí testovacího napětí,  
též *StoreNo* v Tab. II.

## 2 Měřené vzorky

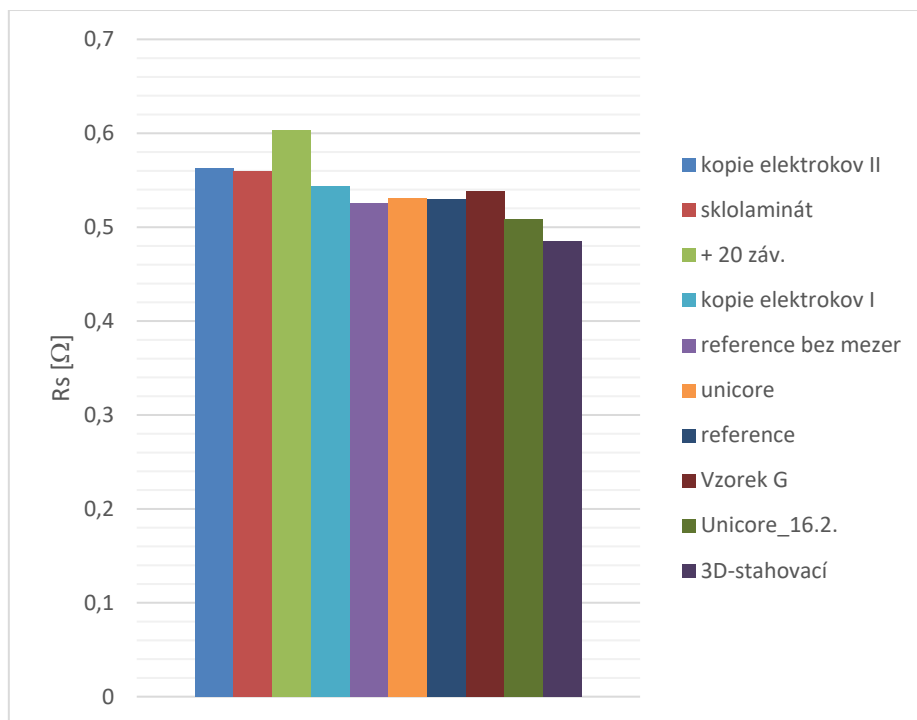
Předkládaná výzkumná zpráva porovnává jakostní charakteristiky devíti dekompenzačních tlumivek a jedné vstupní tlumivky s označením a hlavními parametry dle Tabulky IV. Hodnoty uvedené v Tab. 4 jsou dány výrobcem (jmenovité sdružené napětí -  $U_{ns}$ ) a měřením (zbývající).

Tab. IV Označení tlumivek a jejich základní parametry

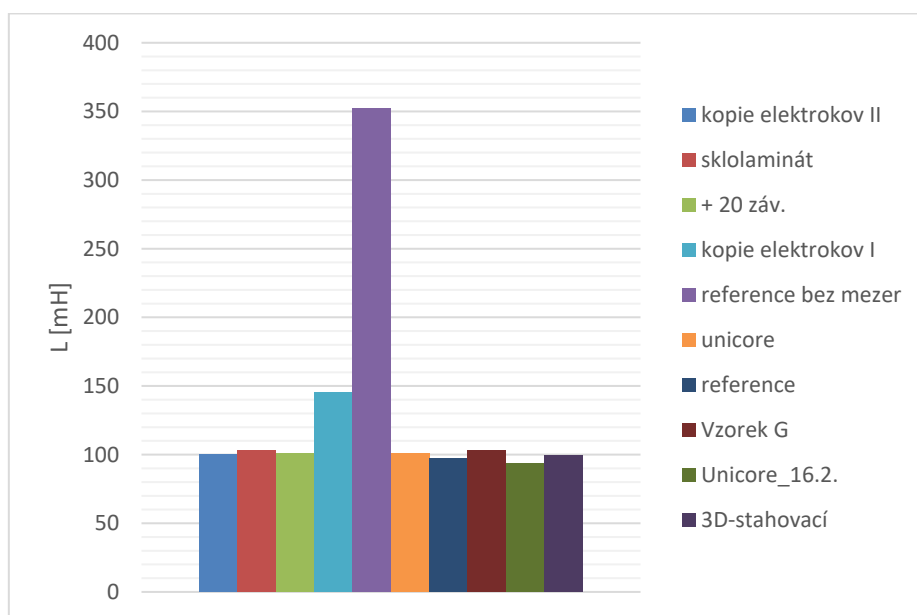
označení	$U_{ns}$ [V]	$I_n$ [A]	$L_1$ [mH]	$L_2$ [mH]	$L_3$ [mH]	$R_{s1}$ [ $\Omega$ ]	$R_{s2}$ [ $\Omega$ ]	$R_{s3}$ [ $\Omega$ ]	pozn.
kopie elektrokov II	400	7,5	100	100	100	0,5632	0,56435	0,5621	
sklolaminát	400	7,4	103	100	104	0,5598	0,55825	0,55935	
+ 20 záv.	400	7,38	101	101	98	0,60375	0,6035	0,60305	
kopie elektrokov I	400	5,53	145	138	149	0,54345	0,54465	0,54255	
reference bez mezer	400	2,73	352	346	359	0,5251	0,5155	0,5186	
unicore	400	7,03	101	100	106	0,53135	0,5329	0,5397	
reference	400	4,3	97	98	97	0,52992	0,53652	0,5332	
Vzorek G	400	7,81	99	101	98	0,538	0,536	0,538	
Vzorek H	38	72	1,04	1,05	1,07	0,0087	0,0079	0,0078	vstupní tlumivka
Unicore M530-50A 16.2.2023	400	7,6	9,2	9,8	10	0,509	0,542	0,542	
3D stahovací 16.2.2023	400	7,4	9,8	10	9,8	0,485	0,486	0,484	

Základní parametry porovnávaných tlumivek shrnují Obr. 4 a Obr. 5. Průměrný parazitní odpor vinutí je dán rov. 6 (Obr. 4) a průměrná indukčnost rov. 5 (Obr. 5).

*Grafické porovnání z Obr. 4-5 nezachycuje tlumivku – Vzorek H – vstupní tlumivka.*



obr. 4 Porovnání parazitního sériového odporu



obr. 5 Porovnání průměrné indukčnosti  $L_{av}$

### 3 Výsledky měření

Výsledky z měření jsou organizovány ve dvou úrovních. Hlavní reprezentaci výsledků tvoří samotné grafické srovnání tlumivek v kapitole 3.1. Navazující kapitola 3.2 uvádí detaily z měření jednotlivých tlumivek v podobě tabulek naměřených hodnot a jejich grafickou reprezentací.

#### 3.1 Srovnání

Srovnání zprostředkovává celkem devět grafů, které zachycují porovnávaný parametr v závislosti na proudu fází (převážně):

- Kapitola 4.1.2  $I = f(U)$  Obr. 6
- Kapitola 4.1.3  $L = f(I)$  Obr. 7
- Kapitola 4.1.4  $P = f(I)$  Obr. 8
- Kapitola 4.1.5  $Q = f(I)$  Obr. 9
- Kapitola 4.1.6  $S = f(I)$  Obr. 10
- Kapitola 4.1.7  $P_{Fe} = f(I)$  Obr. 11
- Kapitola 4.1.8  $P_j = f(I)$  Obr. 12
- Kapitola 4.1.9 **Power factor** =  $f(I)$  Obr. 13
- Kapitola 4.1.10 **Phase** =  $f(I)$  Obr. 14

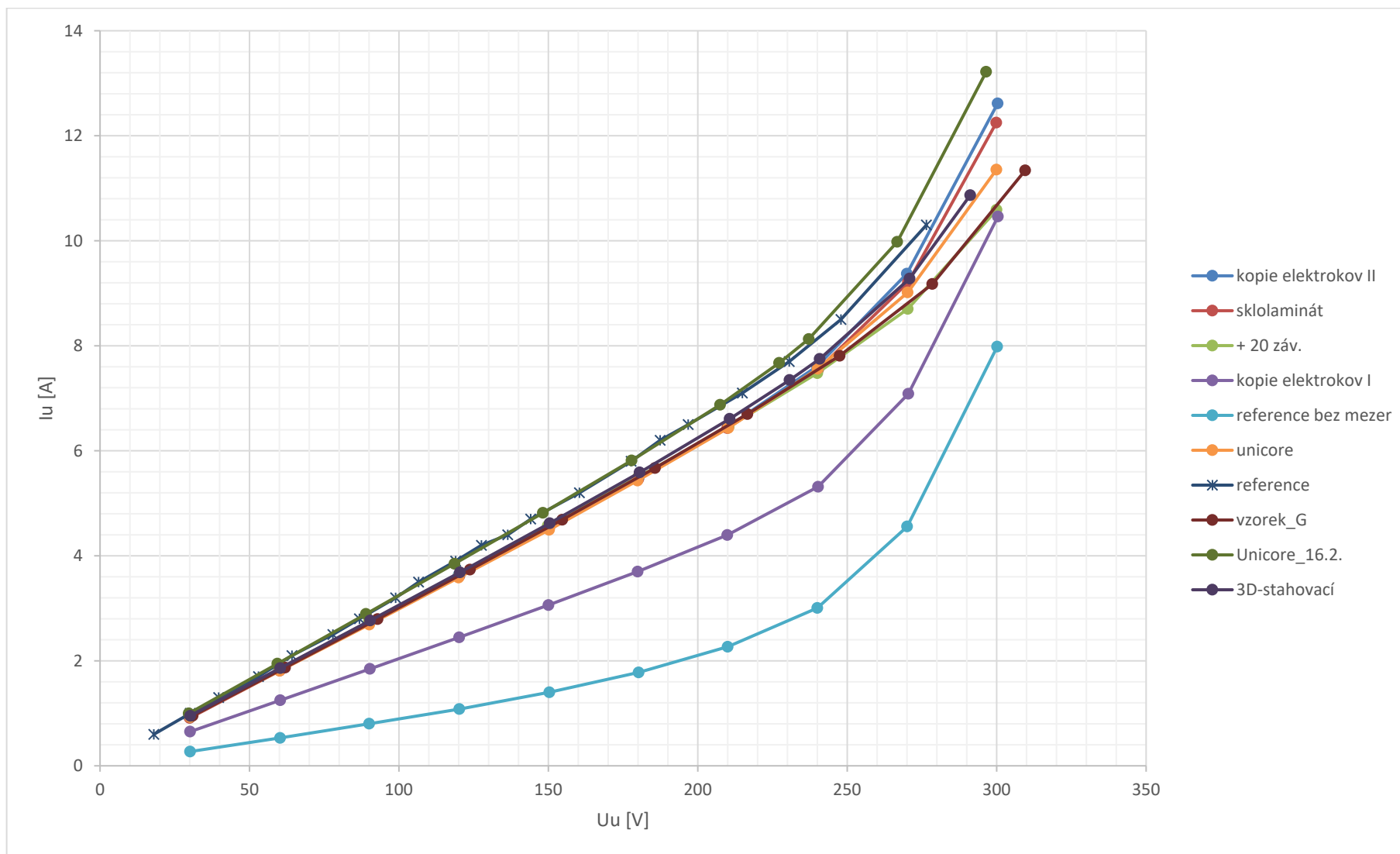
Naměřené hodnoty a detailní pohled na vlastnosti jednotlivých tlumivek zprostředkovává následující kapitola 3.2.

#### Referenční vzorek (tlumivka)

Popisem referenčního vzorku se zabývá zvláštní výzkumná zpráva „Protokol o měření kompenzační tlumivky – TTC 34075 - 0024“ s číslem VZ : XXXXXXXX ze dne 20.8.2017 [5].

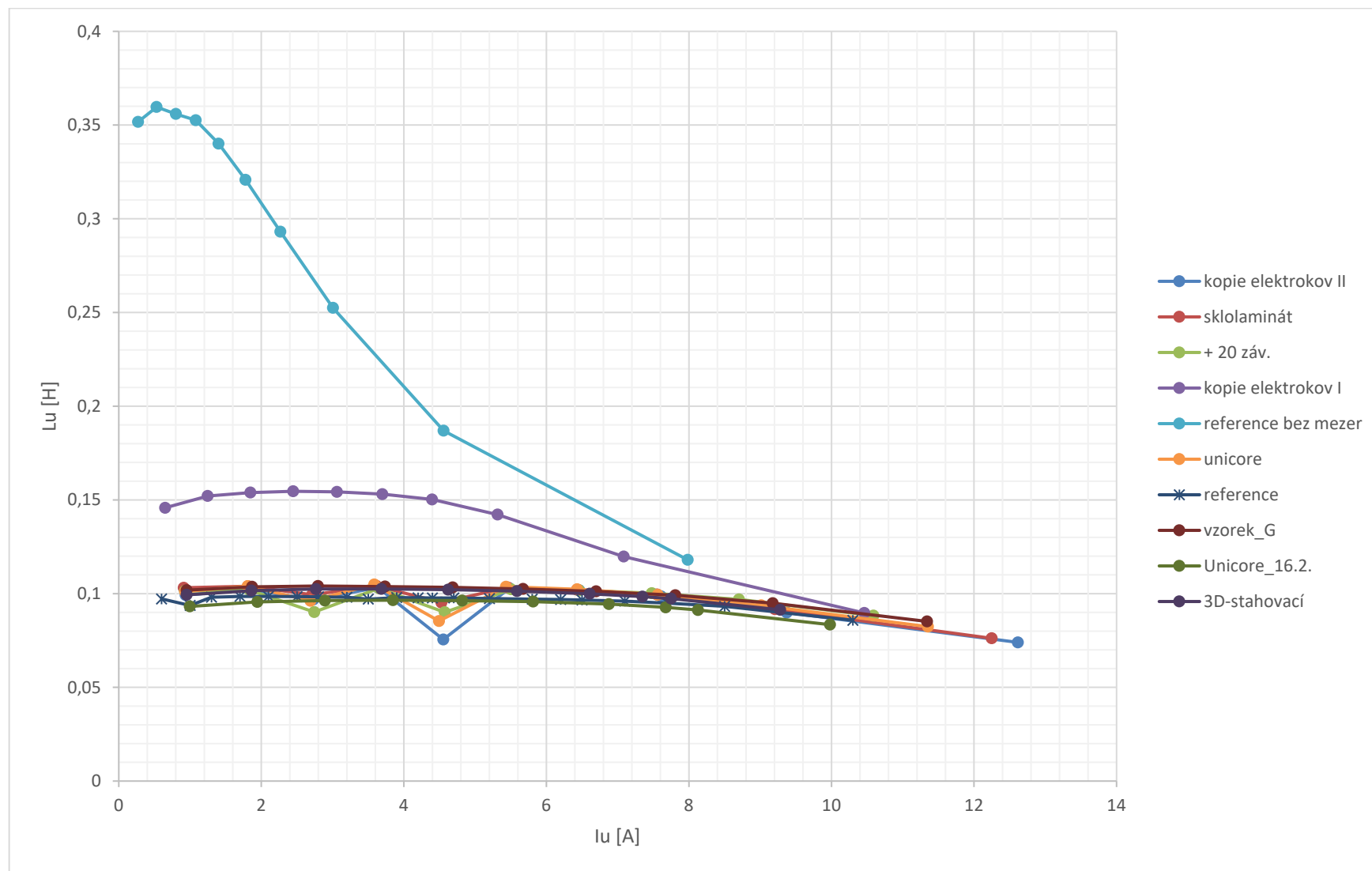
Charakteristiky této tlumivky jsou zanášeny do grafů společně s tlumivkami porovnávanými v této VZ.

### Porovnání - $I = f(U)$



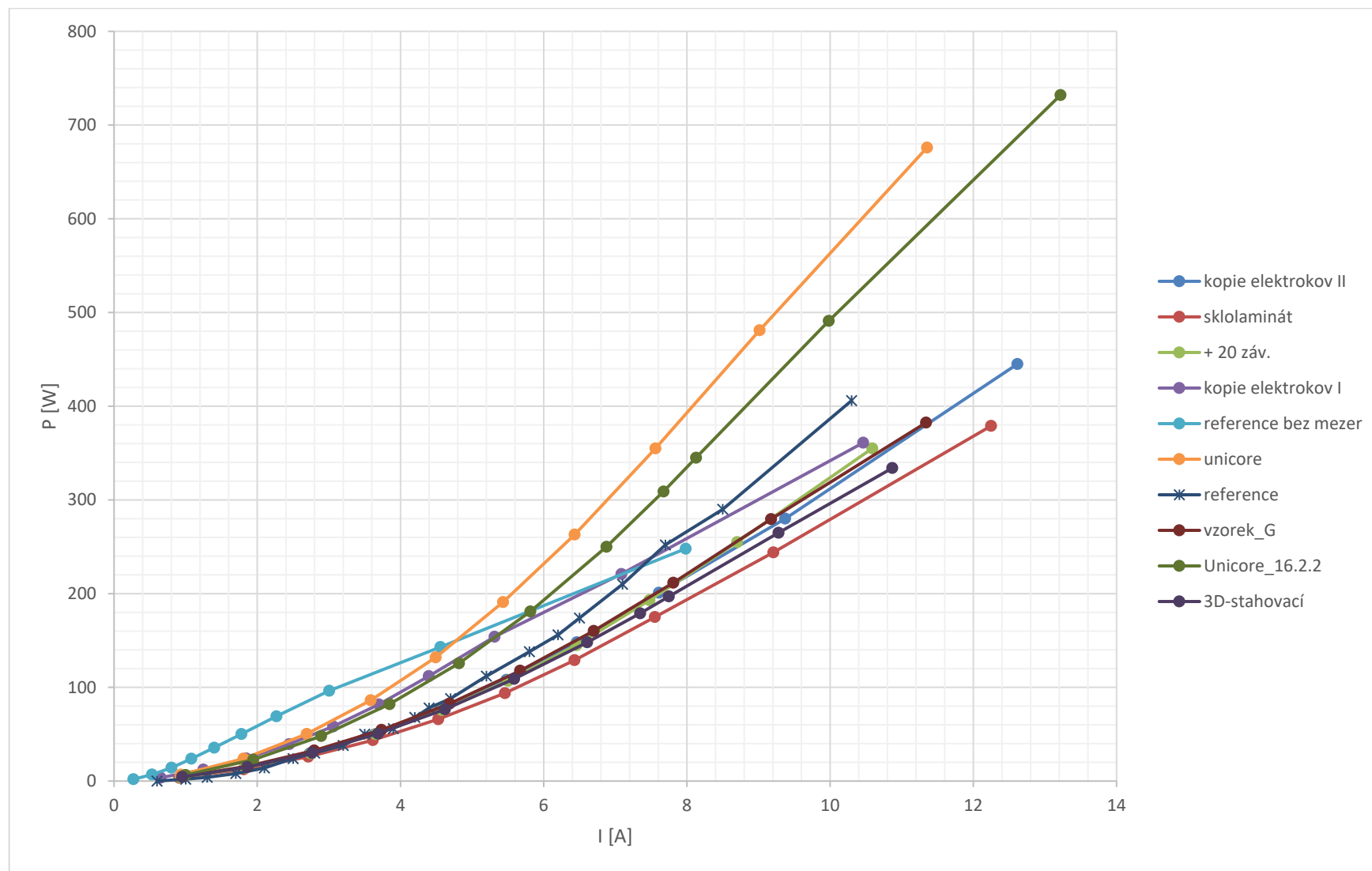
obr. 6  $I = f(U)$

**Porovnání -  $L = f(I)$**



obr. 7  $L = f(I)$

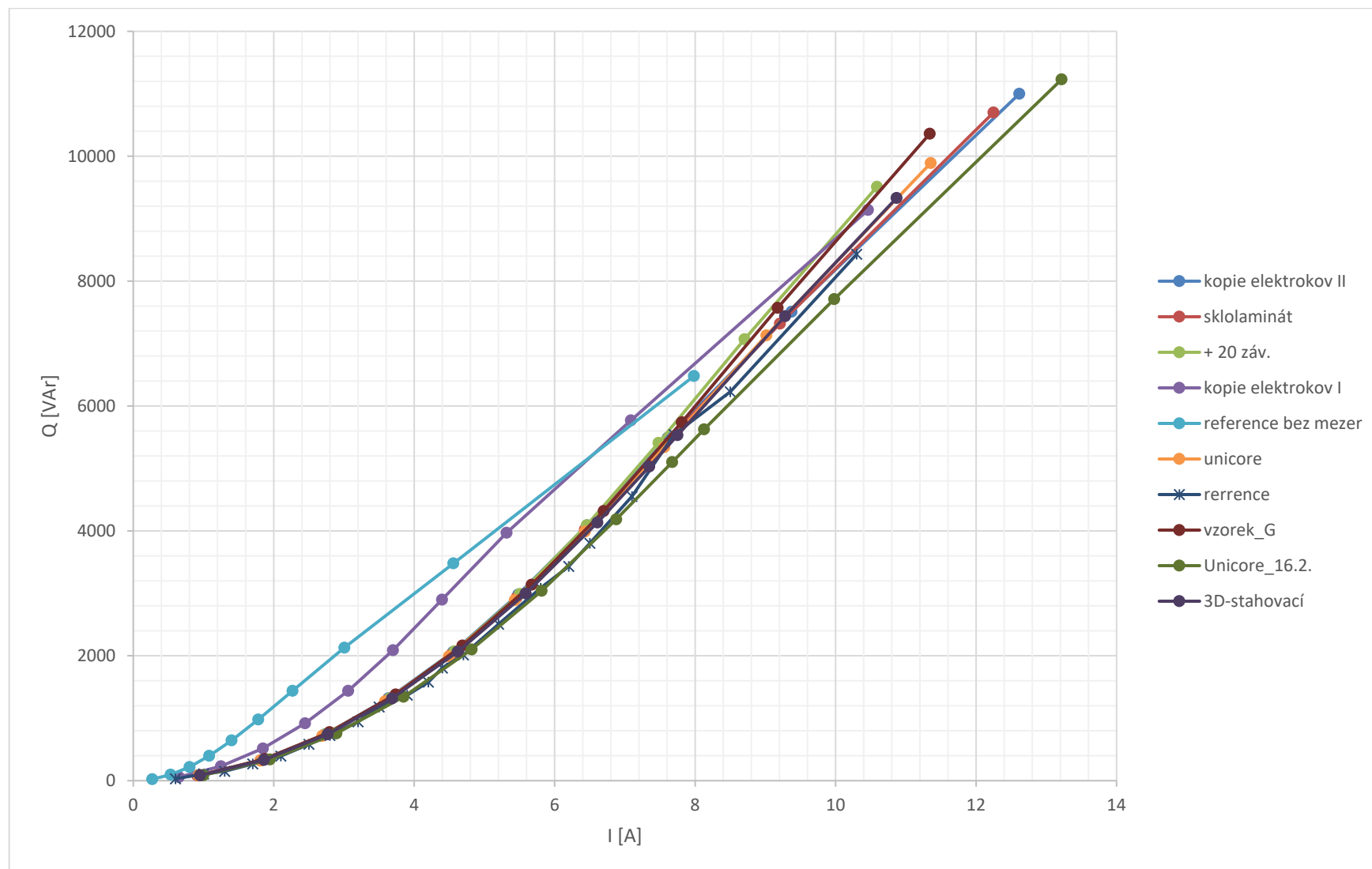
### Porovnání - $P = f(I)$



obr. 8  $P = f(I)$

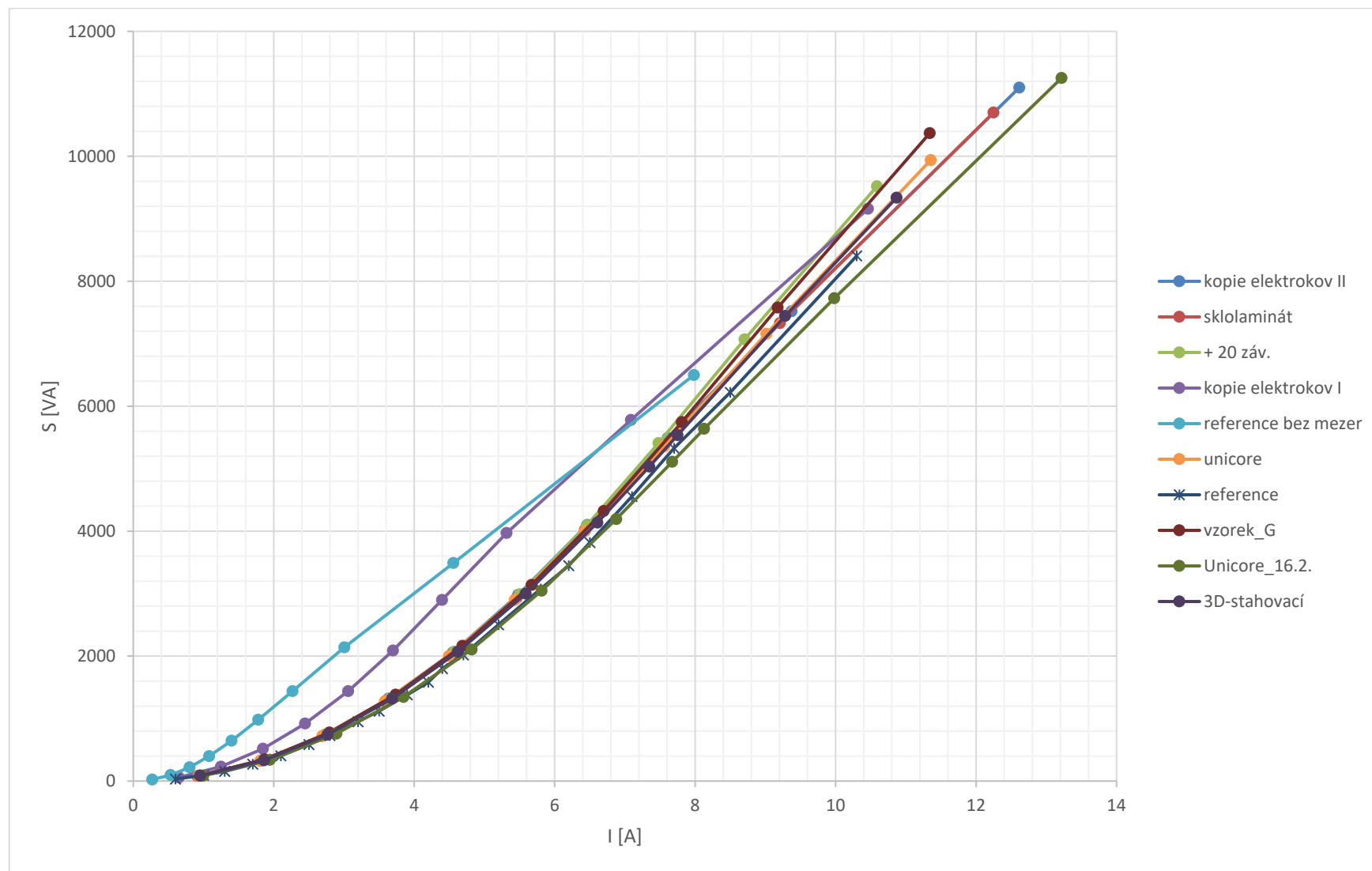


### Porovnání - $Q = f(I)$



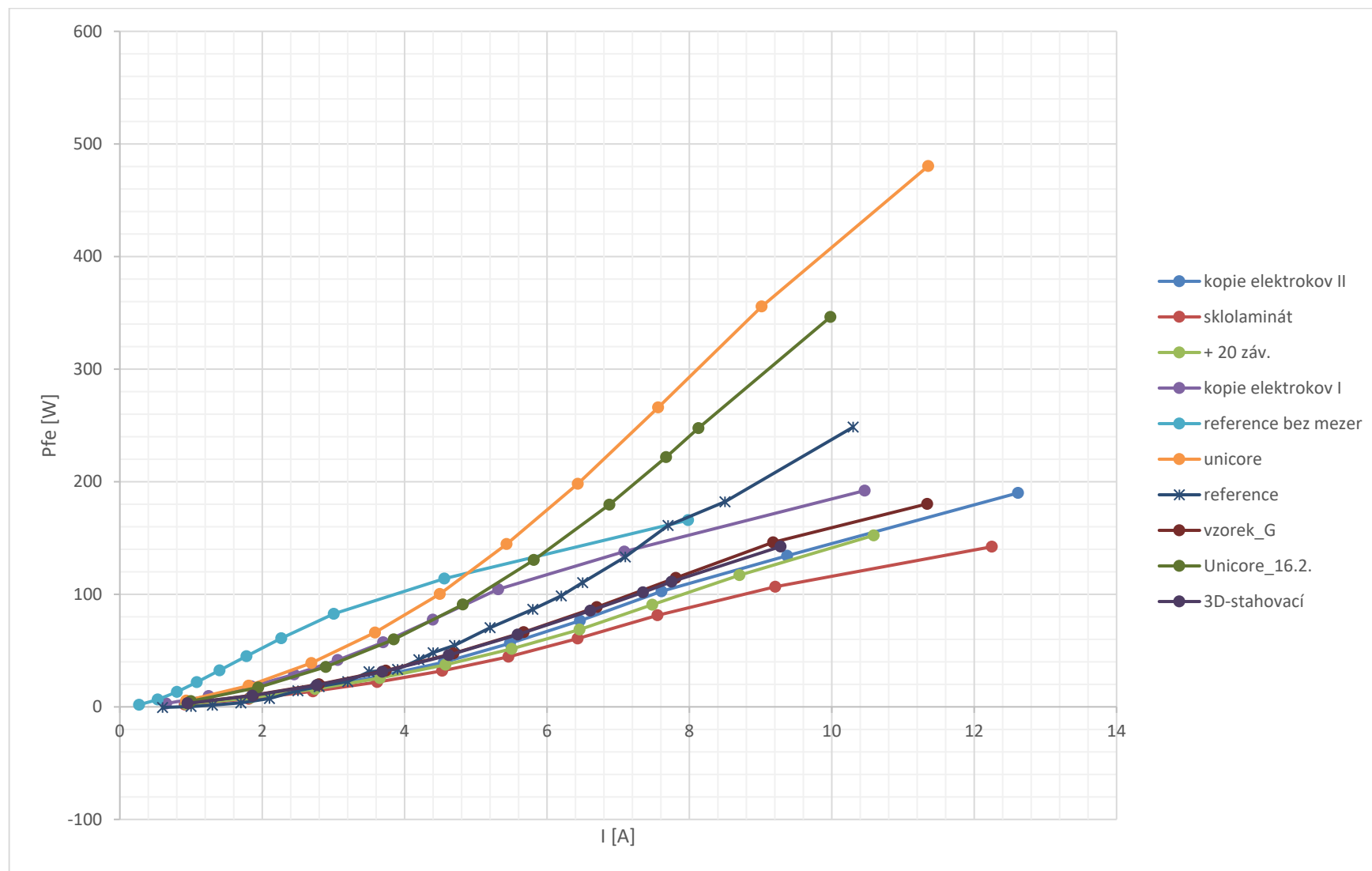
obr. 9  $Q = f(I)$

### Porovnání - $S = f(I)$



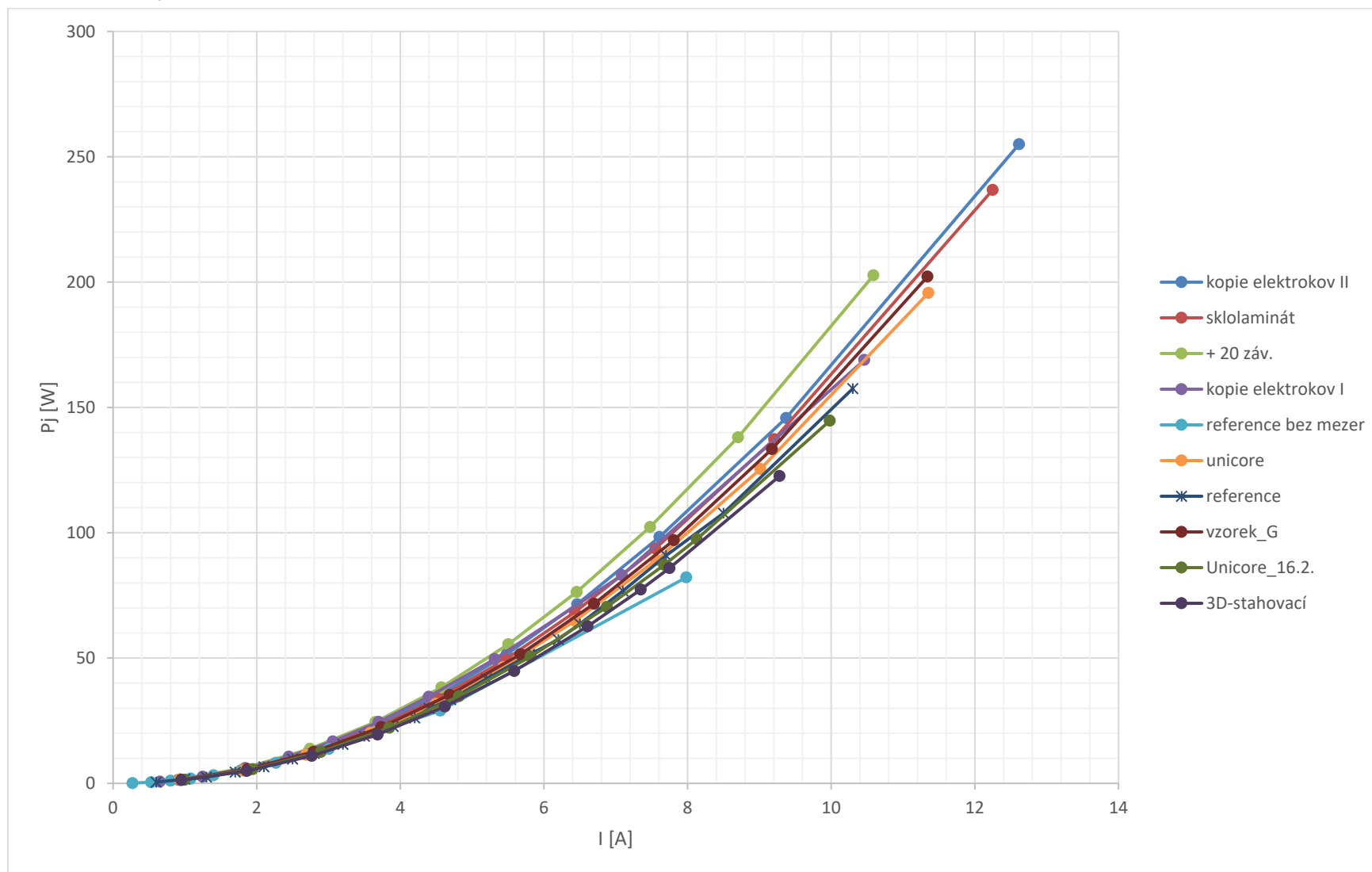
obr. 10  $S = f(I)$

### Porovnání - $P_{Fe} = f(I)$



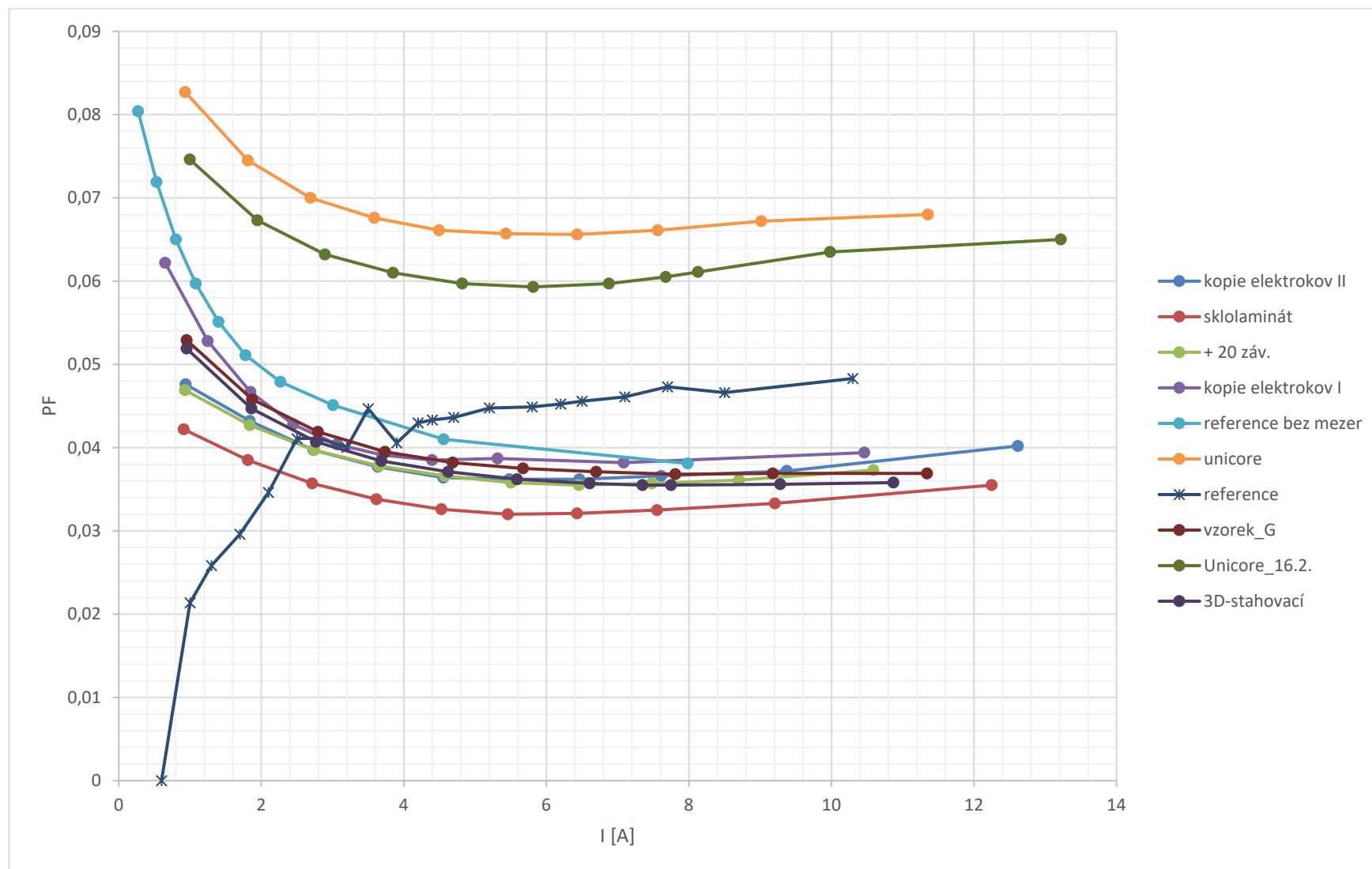
obr. 11  $P_{Fe} = f(I)$

### Porovnání - $P_j = f(I)$



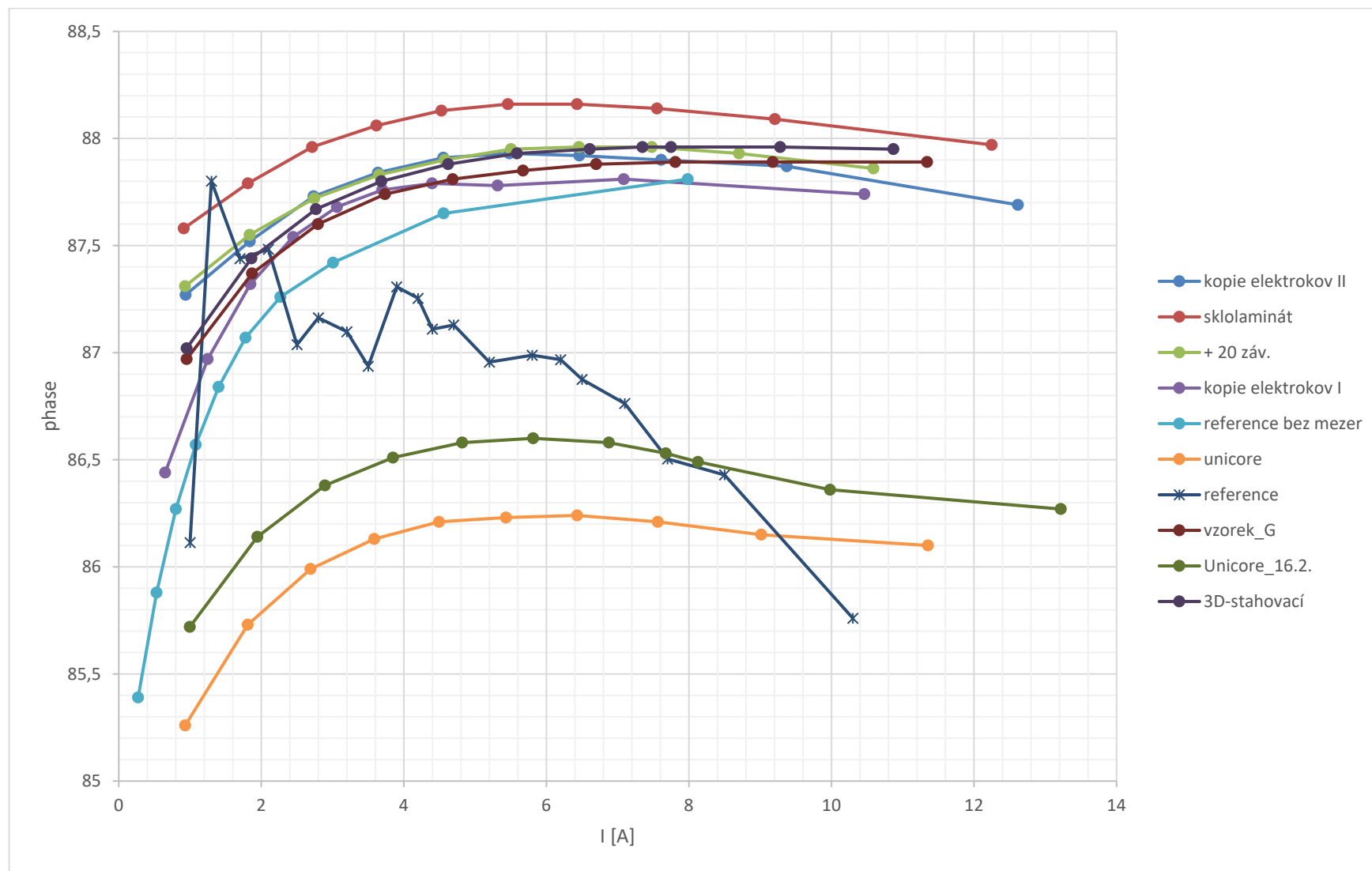
obr. 12  $P_j = f(I)$

**Porovnání - Power factor =  $f(I)$**



obr. 13 Power factor =  $f(I)$

**Porovnání - Phase = f(I)**



obr. 14 Phase = f(I)

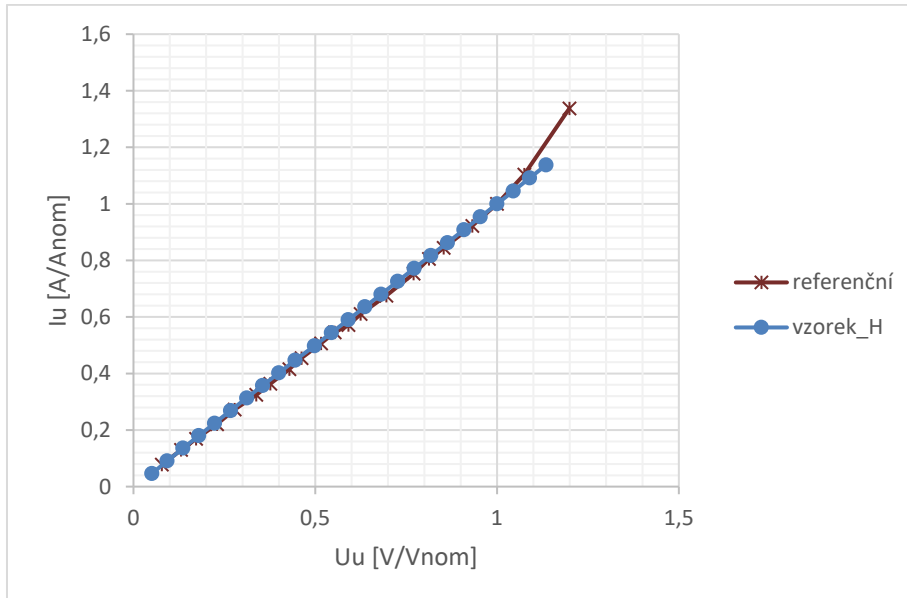
### 3.2 Srovnání vzorku H – vstupní tlumivka

V této kapitole je uvedeno srovnání referenční výstupní tlumivky se vstupní tlumivkou vedenou pod označením „Vzorek H“. Srovnání je provedeno v poměrných jednotkách vztahených k nominální hodnotě:

- 230 V pro referenční tlumivku
- 72 A pro vstupní tlumivku – vzorek H

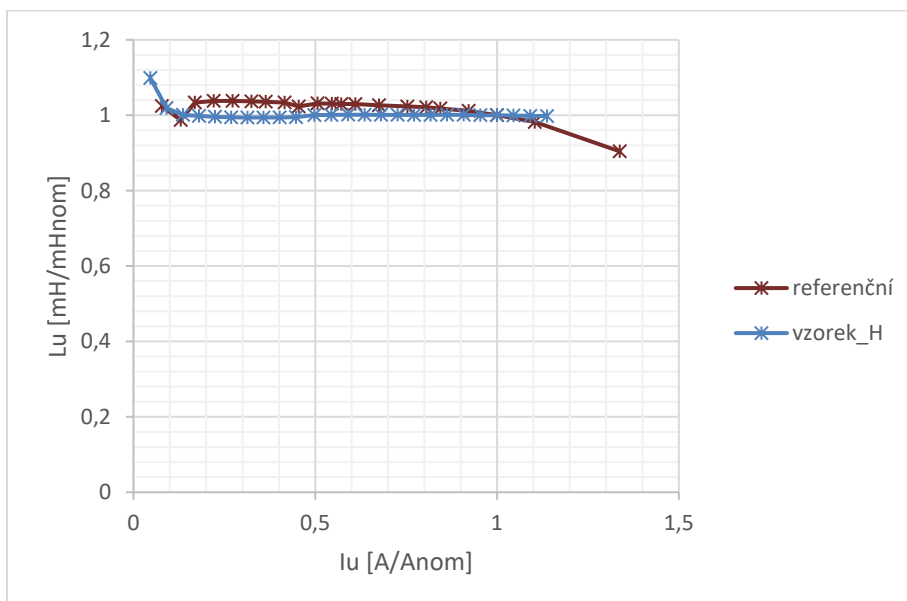
Atruktura je shodná s předchozí kapitolou 3.1 – Srovnání...

#### Porovnání – $I = f(U)$



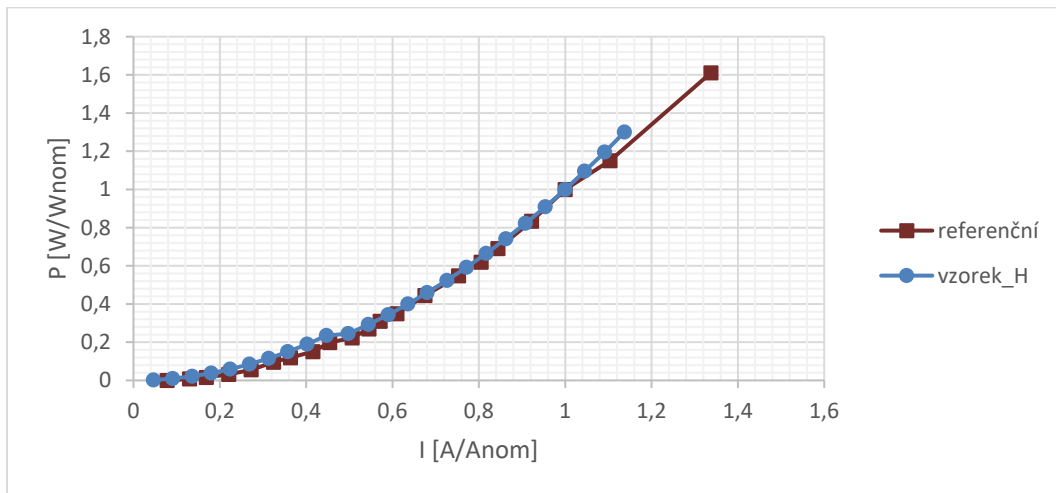
obr. 15  $I_u = f(U_u)$  – poměrné

#### Porovnání – $L = f(I)$



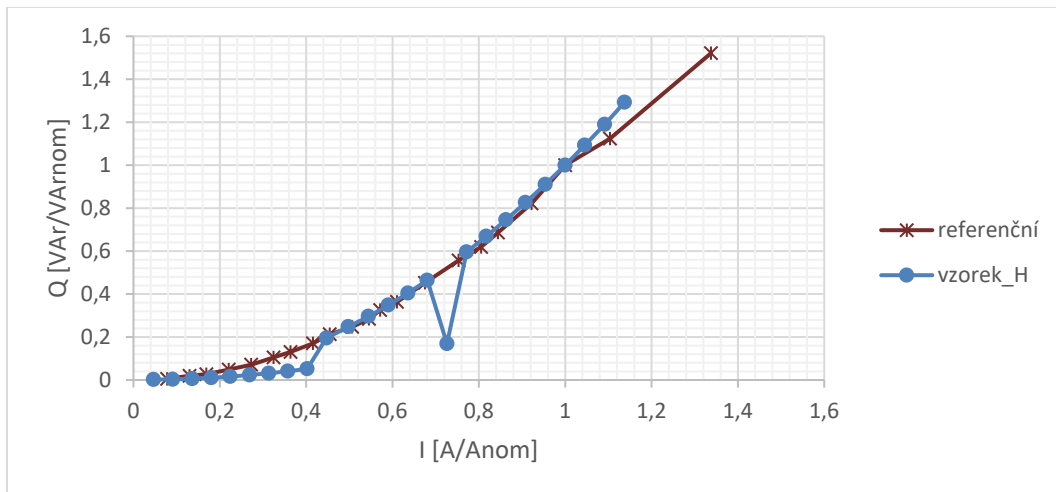
obr. 16  $L_u = f(I_u)$  – poměrné

### Porovnání – $P = f(I)$



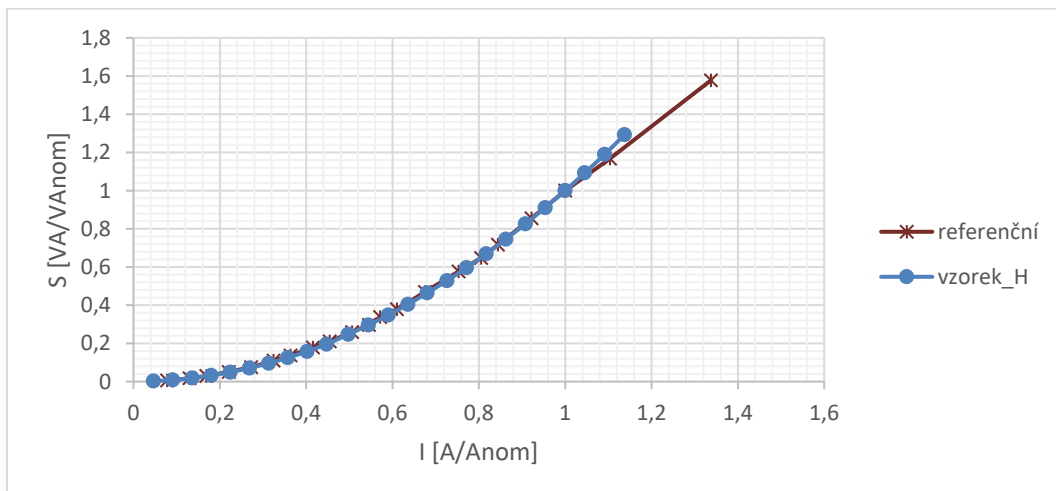
obr. 17  $P = f(I)$  - poměrné

### Porovnání – $Q = f(I)$



obr. 18  $Q = f(I)$  - poměrné

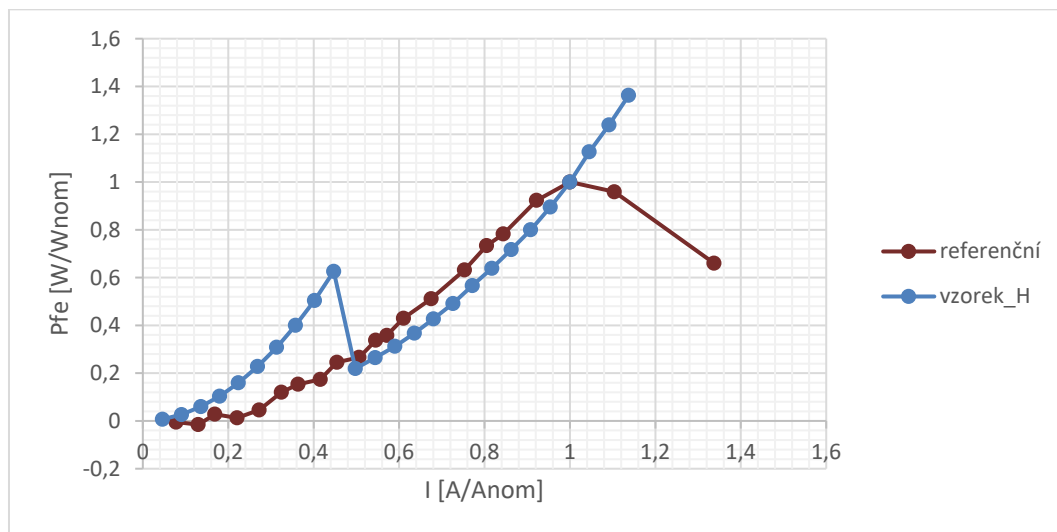
### Porovnání – $S = f(I)$



obr. 19  $S = f(I)$  - poměrné

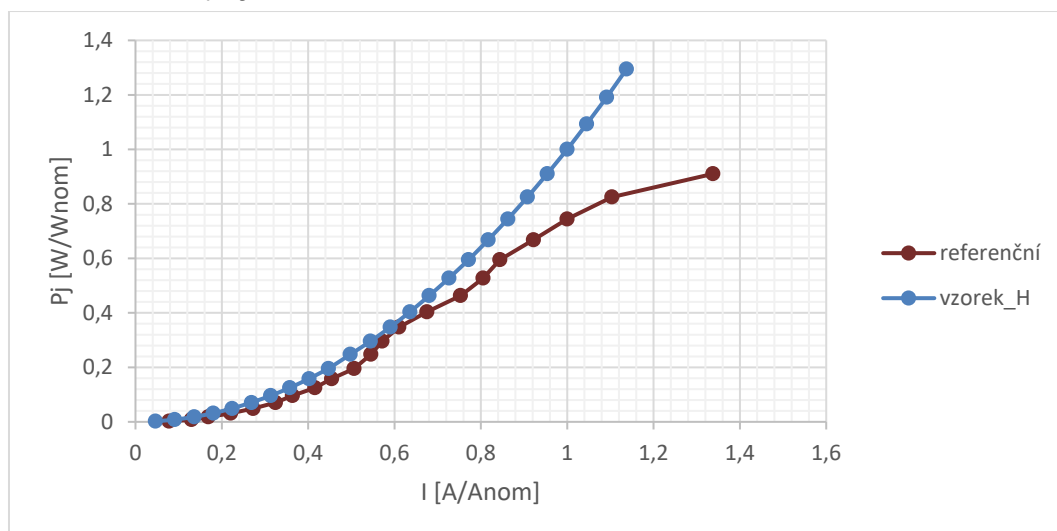


### Porovnání – $P_{Fe} = f(I)$



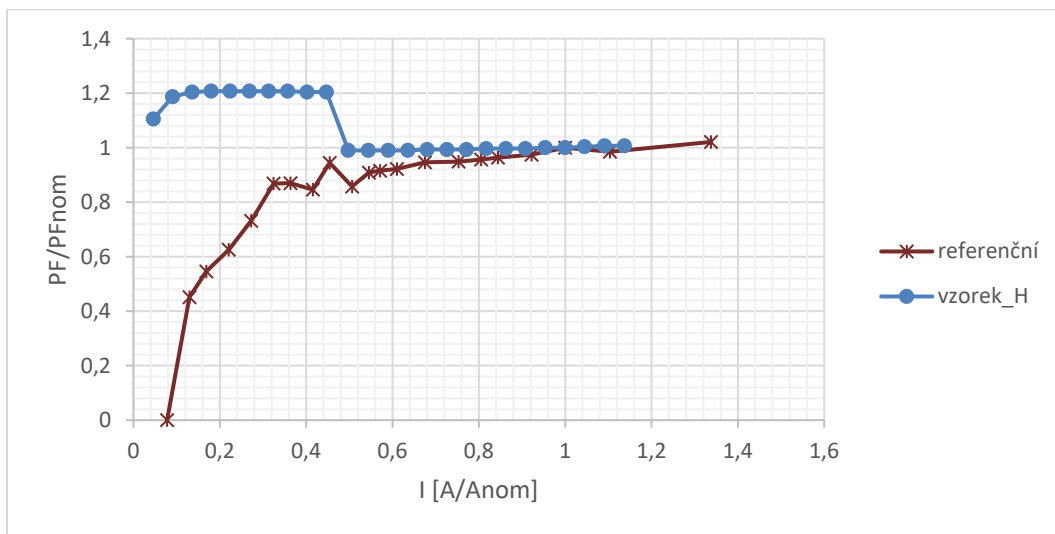
obr. 20  $P_{Fe} = f(I)$  - poměrné

### Porovnání – $P_j = f(I)$



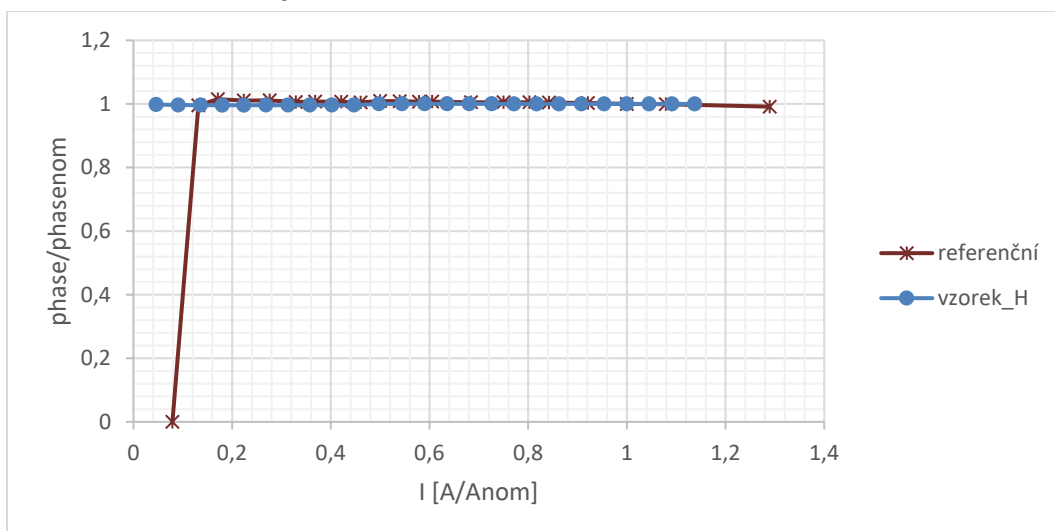
obr. 21  $P_j = f(I)$  - poměrné

### Porovnání – Power factor = $f(I)$



obr. 22 PF =  $f(I)$  – poměrné

### Srovnání – Phase = $f(I)$



obr. 23 Phase =  $f(I)$  - poměrné

### 3.3 Jednotlivé tlumivky

Naměřené hodnoty jednotlivých tlumivek zachycují postupně kapitoly 3.2.1 až 3.2.6. Organizace jednotlivých kapitol je vždy shodná:

První list kapitoly uvádí tabulku naměřených parametrů v jednotlivých měřících bodech. Uspořádání a měřící body jsou totožné s kapitolou 2 a Tab. II a Tab. III. Tabulky (Tab. V až Tab. XI) uvádí hodnoty v základních jednotkách SI.

Druhý a třetí list kapitoly prezentuje základní charakteristiky tlumivek graficky v pořadí:

- $I = f(U)$  pro jednotlivé sloupky (fáze u, v, w)
- Power =  $f(I)$  rozložení výkonu do činné, jalové a zdánlivé složky
- $P = f(I)$  rozložení činného výkonu do ztrát v magnetickém obvodu a ve vinutí
- $L = f(I)$  pro jednotlivé sloupky (fáze u, v, w)

Čtvrtý list uvádí základní oscilografy fázových napětí  $U_u$ ,  $U_v$ ,  $U_w$  a proudů  $I_u$ ,  $I_v$ ,  $I_w$ . Oscilografy jsou uvedeny vždy v tomto pořadí:

- Pro jmenovité napětí
- Pro 1,3 násobek jmenovitého napětí

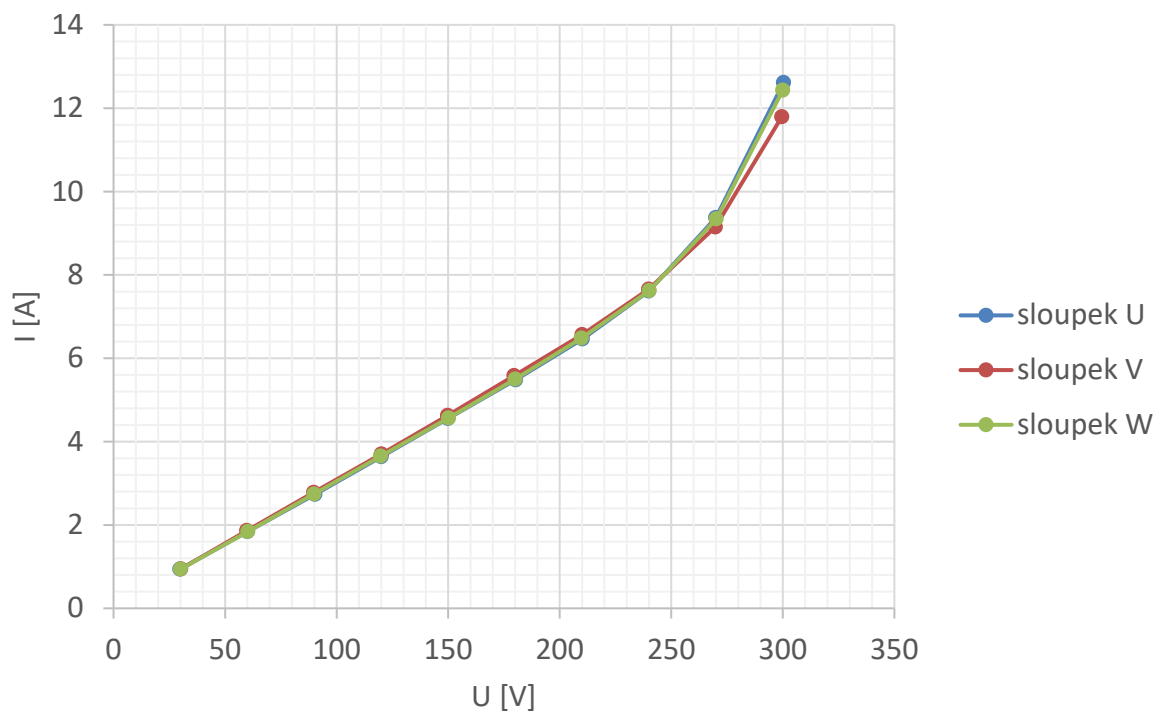
## Kopie elektrokov II

Tab. V Naměřené hodnoty pro tlumivku Elektrokov II

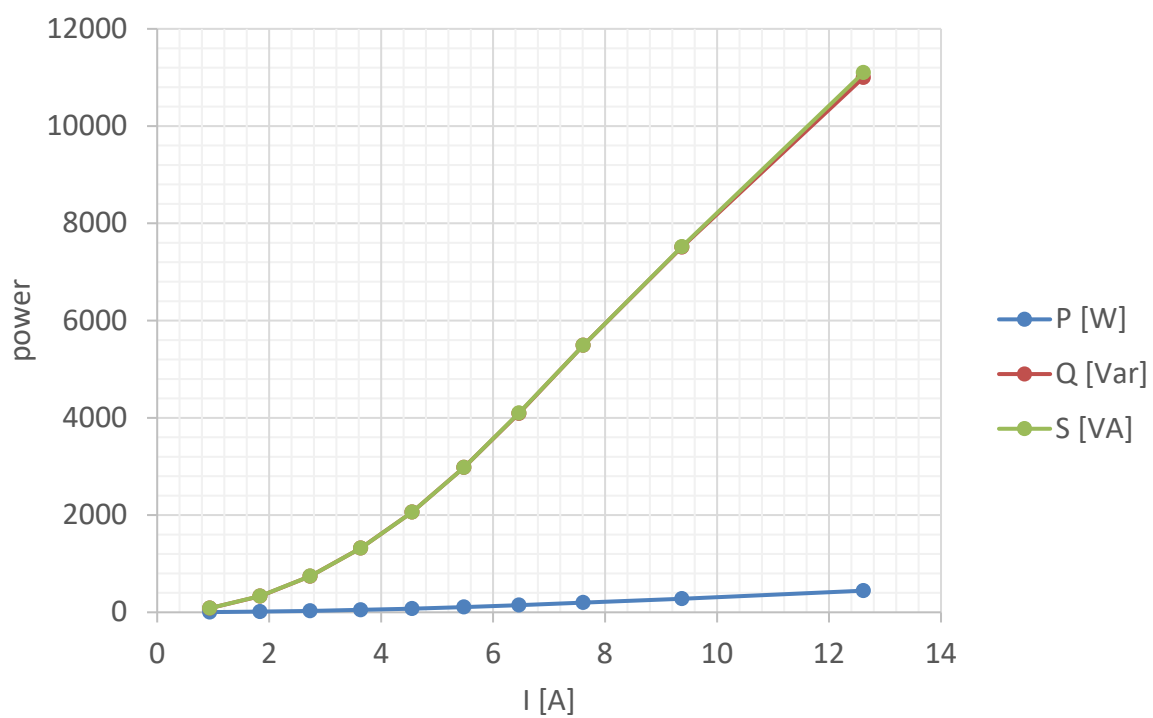
StoreNo	Urms-1	Irms-1	Urms-2	Irms-2	Urms-3	Irms-3
1	29,796	0,9391	30,197	0,9462	30,03	0,9391
2	60,021	1,8385	59,785	1,8658	60,234	1,8421
3	90,28	2,7337	89,74	2,7816	89,88	2,7429
4	120,01	3,6359	120,09	3,7024	119,74	3,6506
5	149,9	4,5537	149,82	4,6293	150,18	4,5664
6	180,24	5,481	179,59	5,583	180,07	5,5
7	210,2	6,463	210,02	6,567	209,73	6,482
8	239,92	7,61	239,88	7,657	240,16	7,622
9	269,96	9,373	269,78	9,149	270,18	9,343
10	300,34	12,616	299,55	11,795	299,99	12,431

P-SIGMA	Q-SIGMA	S-SIGMA	PF-SIGMA	Phi-SIGMA	FreqU-1
4,031	84,63	84,754	0,0476	87,27	50
14,38	332,4	332,85	0,0432	87,52	50
29,47	742,08	742,96	0,0397	87,73	53,332
4,97E+01	1,32E+03	1,32E+03	0,0377	87,84	49,998
7,51E+01	2,06E+03	2,06E+03	0,0364	87,91	68,183
1,08E+02	2,98E+03	2,98E+03	0,0362	87,93	50,006
1,48E+02	4,09E+03	4,10E+03	0,0362	87,92	49,999
2,01E+02	5,49E+03	5,49E+03	0,0366	87,9	50,006
2,80E+02	7,51E+03	7,52E+03	0,0372	87,87	50
4,45E+02	1,10E+04	1,11E+04	0,0402	87,69	49,999

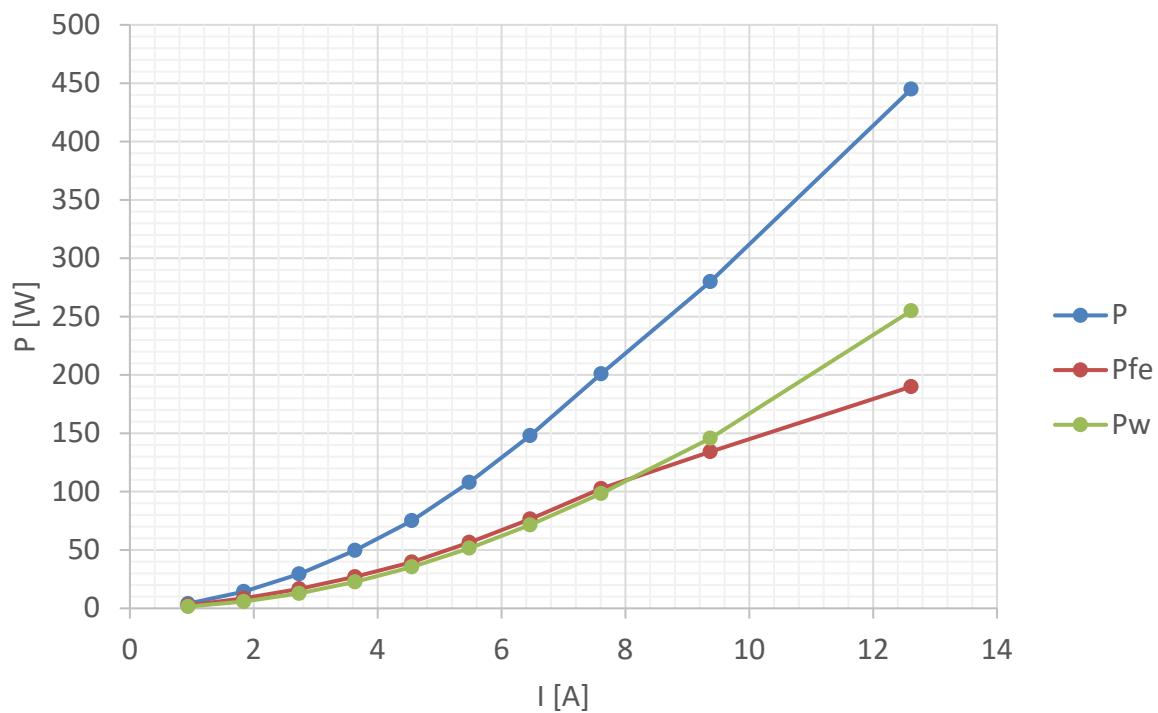
Ru	Rv	Rw	Lu	Lv	Lw	Pfe	Pw
0,5632	0,56435	0,5621	0,099201	0,099789	0,099998	2,533329	1,497671
0,5632	0,56435	0,5621	0,102125	0,100198	0,102293	8,604325	5,775675
0,5632	0,56435	0,5621	0,096873	0,094593	0,096111	16,66564	12,80436
0,5632	0,56435	0,5621	0,103276	0,101454	0,102621	27,02761	22,67239
0,5632	0,56435	0,5621	0,075524	0,074226	0,075456	39,60621	35,49379
0,5632	0,56435	0,5621	0,10287	0,100583	0,102413	56,48645	51,51355
0,5632	0,56435	0,5621	0,101735	0,100005	0,101204	76,51968	71,48032
0,5632	0,56435	0,5621	0,098549	0,097913	0,098495	102,6411	98,35887
0,5632	0,56435	0,5621	0,089887	0,092065	0,090259	134,216	145,784
0,5632	0,56435	0,5621	0,073986	0,079044	0,075028	189,9844	255,0156



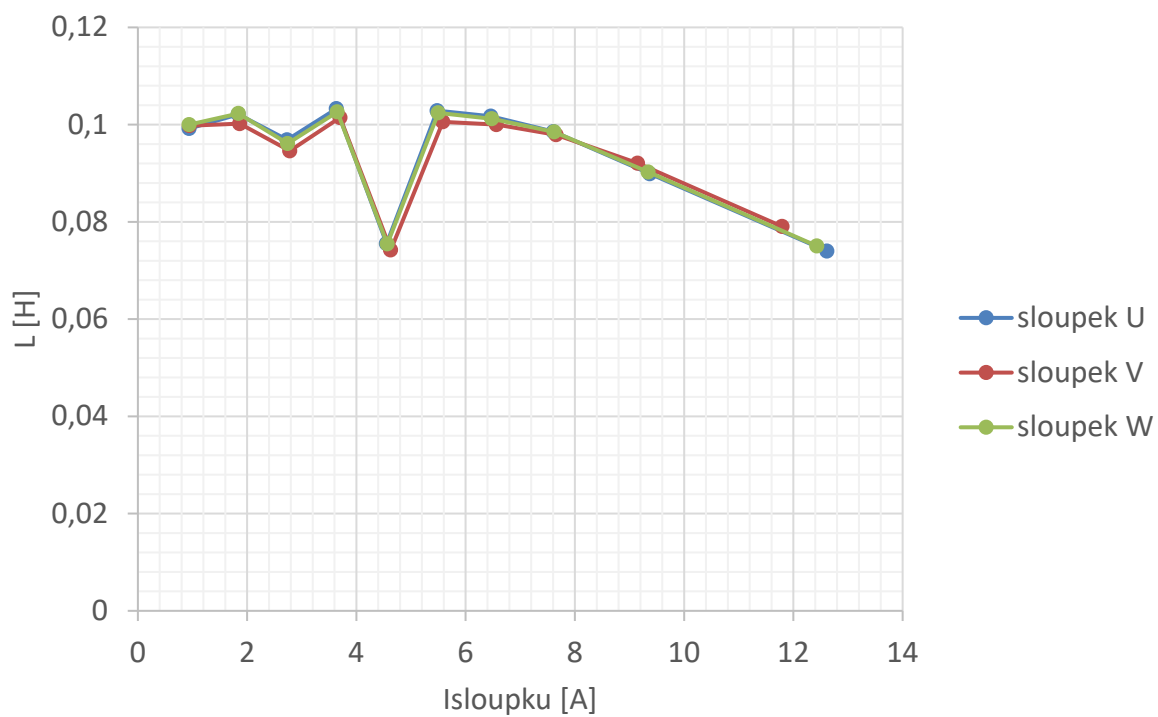
obr. 24  $I = f(U)$  – tlumivka Kopie Eektrokov II



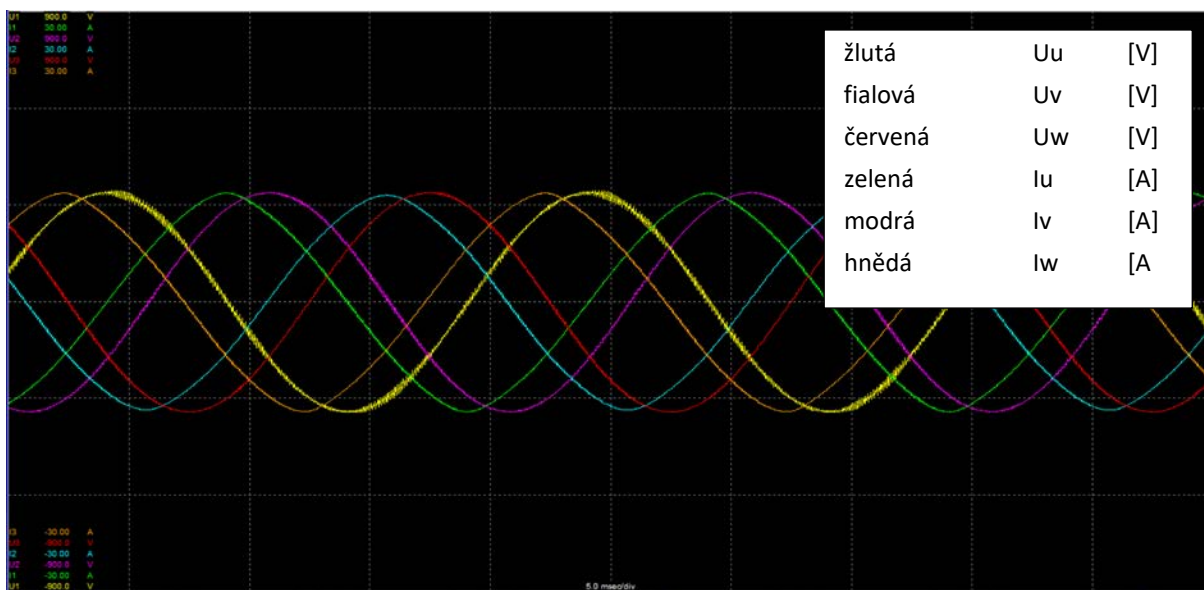
obr. 25 Power =  $f(I)$  – tlumivka Kopie Eektrokov II



obr. 26  $P = f(I)$  – tlumivka Kopie Eeketrokov II



obr. 27  $L = f(I)$  – tlumivka Kopie Eeketrokov II



obr. 28 – Oscilograf pro jmenovité napětí – Kopie Elektrov II

## Sklolaminát

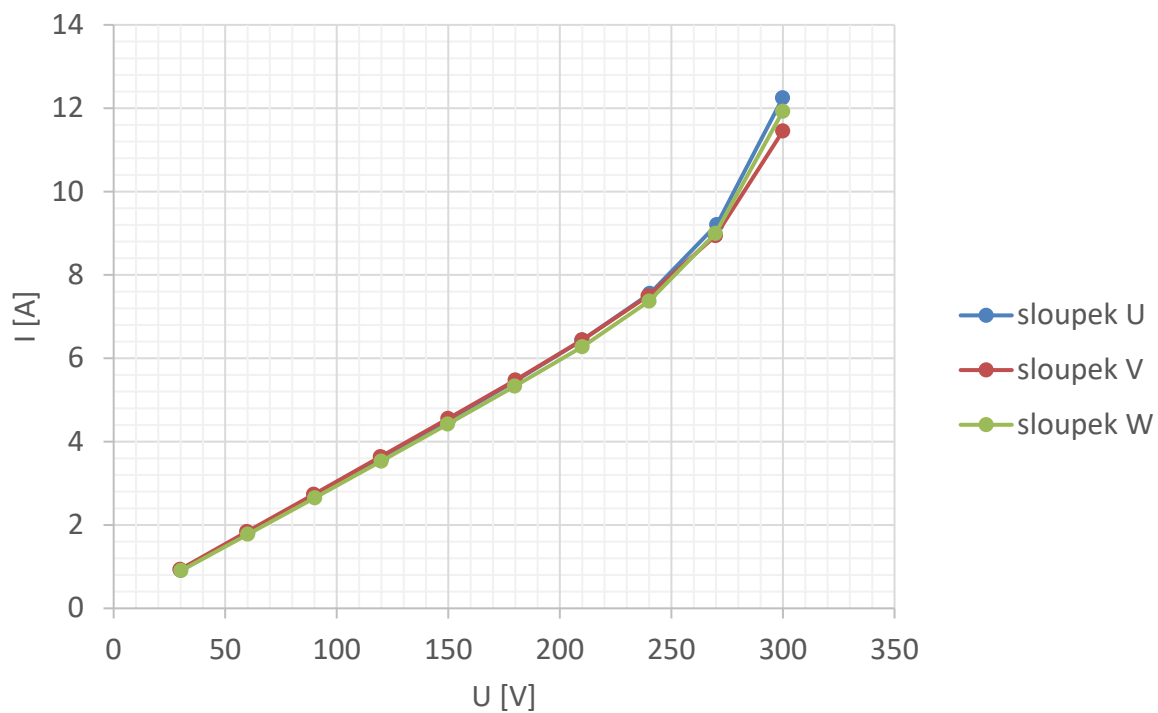
Tab. VI Naměřené hodnoty pro tlumivku Sklolaminát

StoreNo	Urms-1	Irms-1	Urms-2	Irms-2	Urms-3	Irms-3
1	30,032	0,9113	29,764	0,9331	30,223	0,9045
2	60,162	1,8116	59,711	1,8375	60,158	1,776
3	90,09	2,7128	89,66	2,7334	90,16	2,6509
4	120,29	3,6151	119,63	3,6385	119,93	3,5311
5	150,3	4,5285	149,88	4,5528	149,69	4,4191
6	180,11	5,4592	180,07	5,4753	179,75	5,3298
7	209,89	6,431	210	6,439	210,07	6,277
8	240,36	7,553	239,59	7,497	240,04	7,37
9	270,36	9,207	269,82	8,942	269,72	8,993
10	299,9	12,249	299,97	11,454	299,95	11,926

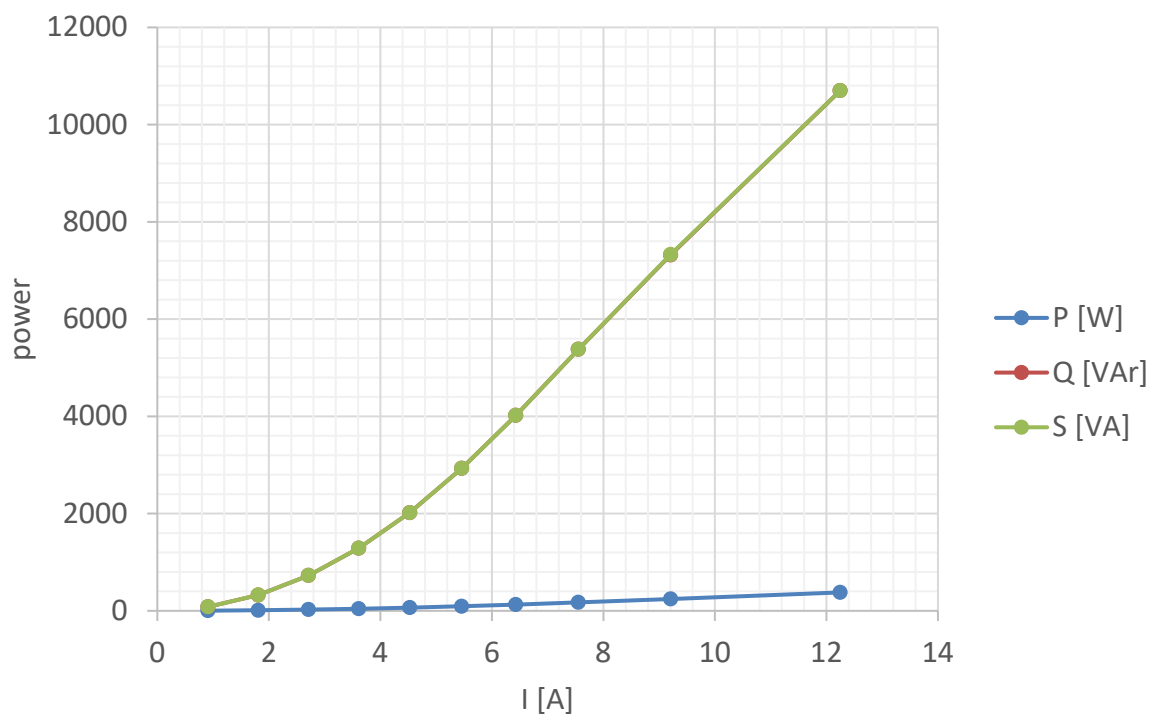
P-SIGMA	Q-SIGMA	S-SIGMA	PF-SIGMA	Phi-SIGMA	FreqU-1
3,477	82,372	82,481	0,0422	87,58	50,001
12,54	325,21	325,55	0,0385	87,79	50,001
25,99	727,85	728,46	0,0357	87,96	52,274
4,37E+01	1,29E+03	1,29E+03	0,0338	88,06	50,01
6,60E+01	2,02E+03	2,02E+03	0,0326	88,13	54,539
9,38E+01	2,93E+03	2,93E+03	0,032	88,16	49,992
1,29E+02	4,02E+03	4,02E+03	0,0321	88,16	50,005
1,75E+02	5,38E+03	5,38E+03	0,0325	88,14	49,999
2,44E+02	7,32E+03	7,33E+03	0,0333	88,09	49,996
3,79E+02	1,07E+04	1,07E+04	0,0355	87,97	50

Ru	Rv	Rw	Lu	Lv	Lw	Pfe	Pw
0,5598	0,55825	0,55935	0,103115	0,099755	0,104578	2,068434	1,408566
0,5598	0,55825	0,55935	0,103925	0,101658	0,106038	7,053628	5,486372
0,5598	0,55825	0,55935	0,099405	0,098169	0,101848	13,76862	12,22138
0,5598	0,55825	0,55935	0,104113	0,102859	0,106309	22,01916	21,68084
0,5598	0,55825	0,55935	0,09522	0,094439	0,097217	32,02537	33,97463
0,5598	0,55825	0,55935	0,103251	0,102924	0,105588	44,4913	49,3087
0,5598	0,55825	0,55935	0,102095	0,102026	0,104737	60,66368	68,33632
0,5598	0,55825	0,55935	0,099516	0,099951	0,101895	81,30603	93,69397
0,5598	0,55825	0,55935	0,091696	0,094279	0,093695	106,6722	137,3278
0,5598	0,55825	0,55935	0,076152	0,081586	0,078277	142,2136	236,7864

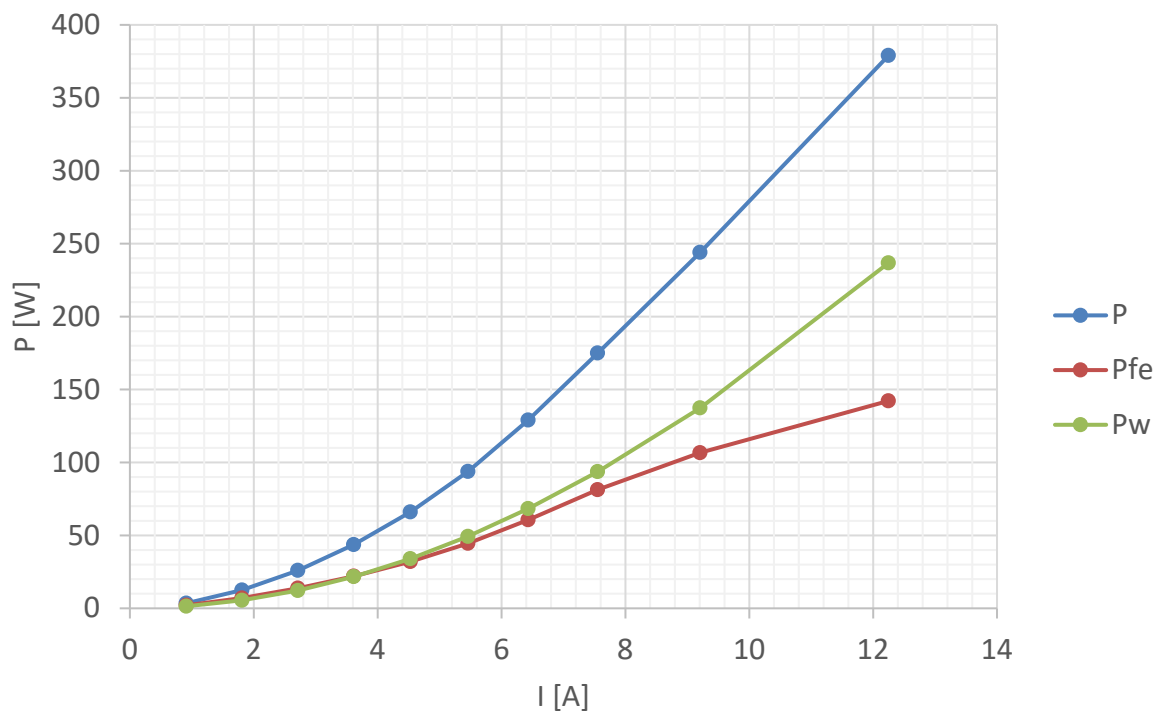




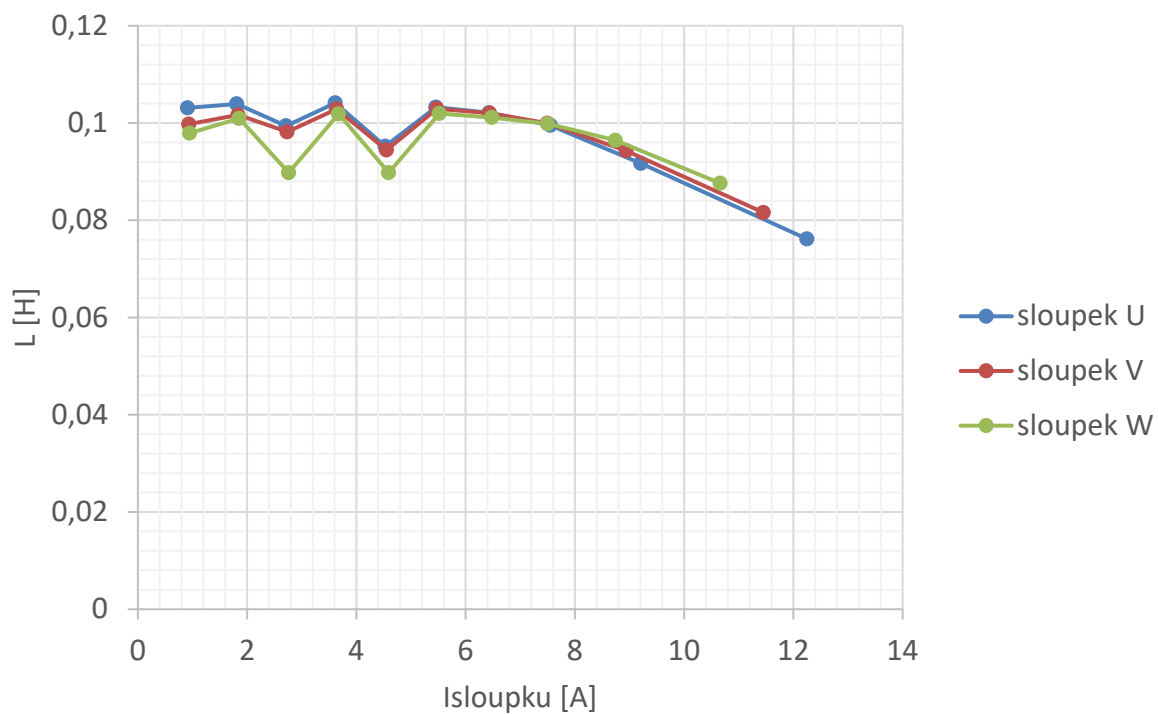
obr. 29  $I = f(U)$  – tlumivka Sklolaminát



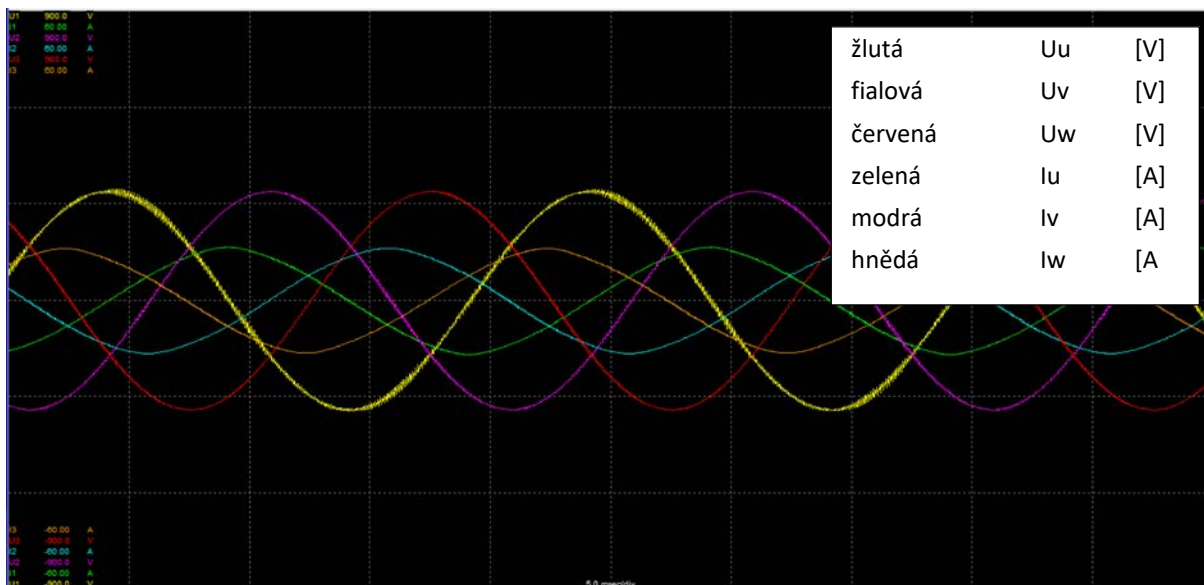
obr. 30 Power =  $f(I)$  – tlumivka Sklolaminát



obr. 31  $P = f(I)$  – tlumivka Sklolaminát



obr. 32  $L = f(I)$  – tlumivka Sklolaminát



obr. 33 – Oscilograf pro jmenovité napětí – Sklolaminát

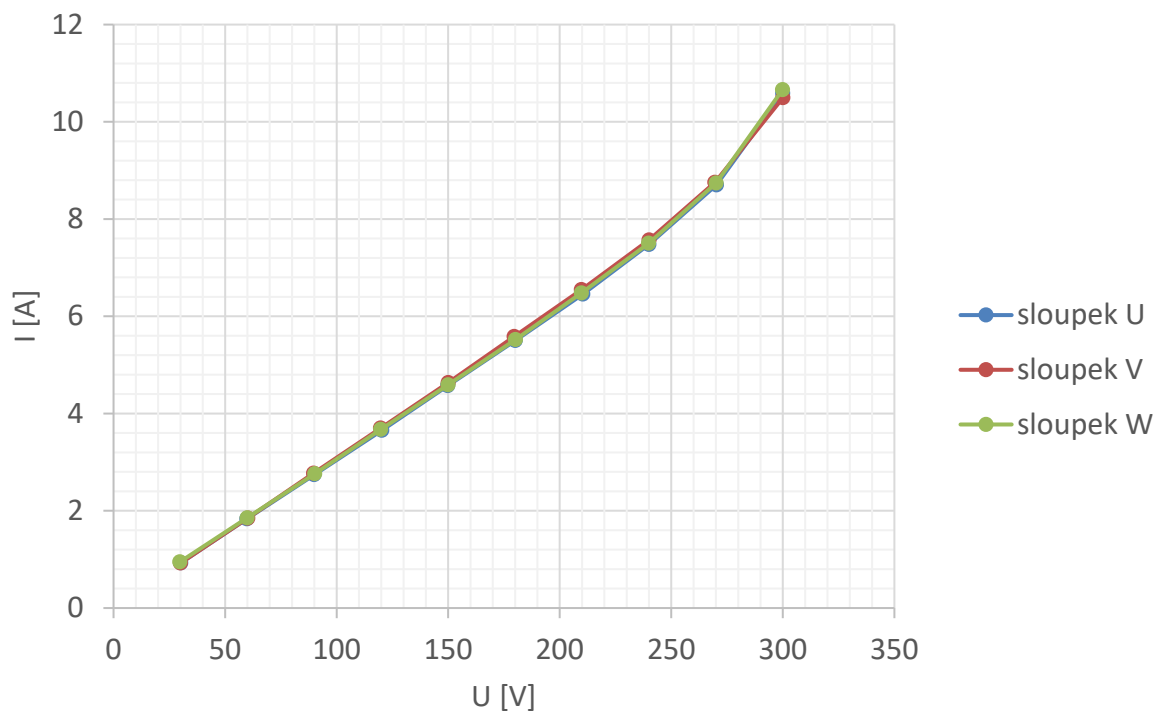
**+ 20 závitů**

Tab. VII Naměřené hodnoty pro tlumivku + 20 závitů

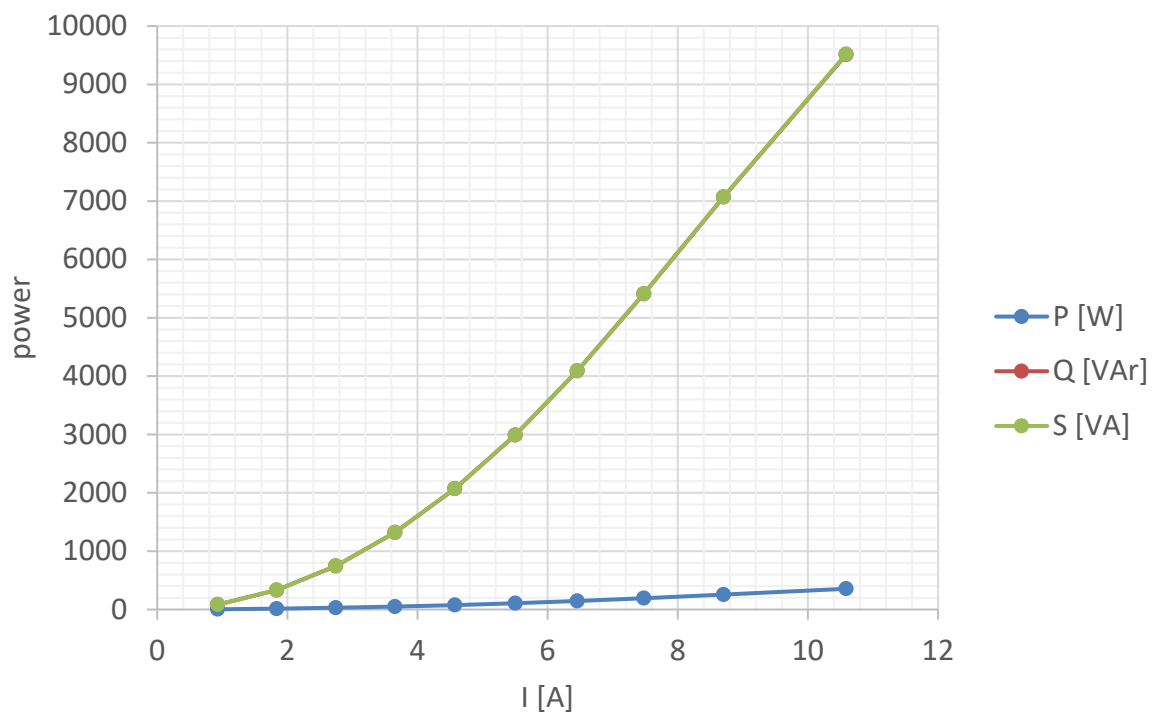
StoreNo	Urms-1	Irms-1	Urms-2	Irms-2	Urms-3	Irms-3
1	30,206	0,9304	30,065	0,9251	29,751	0,9486
2	59,853	1,8363	60,225	1,8488	59,954	1,8554
3	89,98	2,7434	89,72	2,7738	90,21	2,7624
4	120,3	3,6543	119,73	3,7013	119,8	3,6743
5	149,85	4,5736	150,08	4,6382	149,97	4,5922
6	180,16	5,504	179,63	5,586	180,17	5,521
7	210,37	6,457	209,78	6,549	209,79	6,481
8	240	7,479	240,09	7,57	239,9	7,504
9	270,28	8,703	269,57	8,754	270,15	8,743
10	299,99	10,589	300,05	10,495	299,9	10,661

P-SIGMA	Q-SIGMA	S-SIGMA	PF-SIGMA	Phi-SIGMA	FreqU-1
3,95	84,024	84,14	0,0469	87,31	50,001
14,2	332,14	332,49	0,0427	87,55	49,998
29,59	744,17	744,9	0,0397	87,72	56,821
5,00E+01	1,32E+03	1,32E+03	0,0378	87,83	50,001
7,57E+01	2,07E+03	2,07E+03	0,0366	87,9	56,823
1,07E+02	2,99E+03	2,99E+03	0,0358	87,95	49,998
1,45E+02	4,09E+03	4,09E+03	0,0355	87,96	49,995
1,93E+02	5,41E+03	5,41E+03	0,0357	87,96	49,995
2,55E+02	7,07E+03	7,07E+03	0,0361	87,93	50,003
3,55E+02	9,51E+03	9,52E+03	0,0373	87,86	50,004

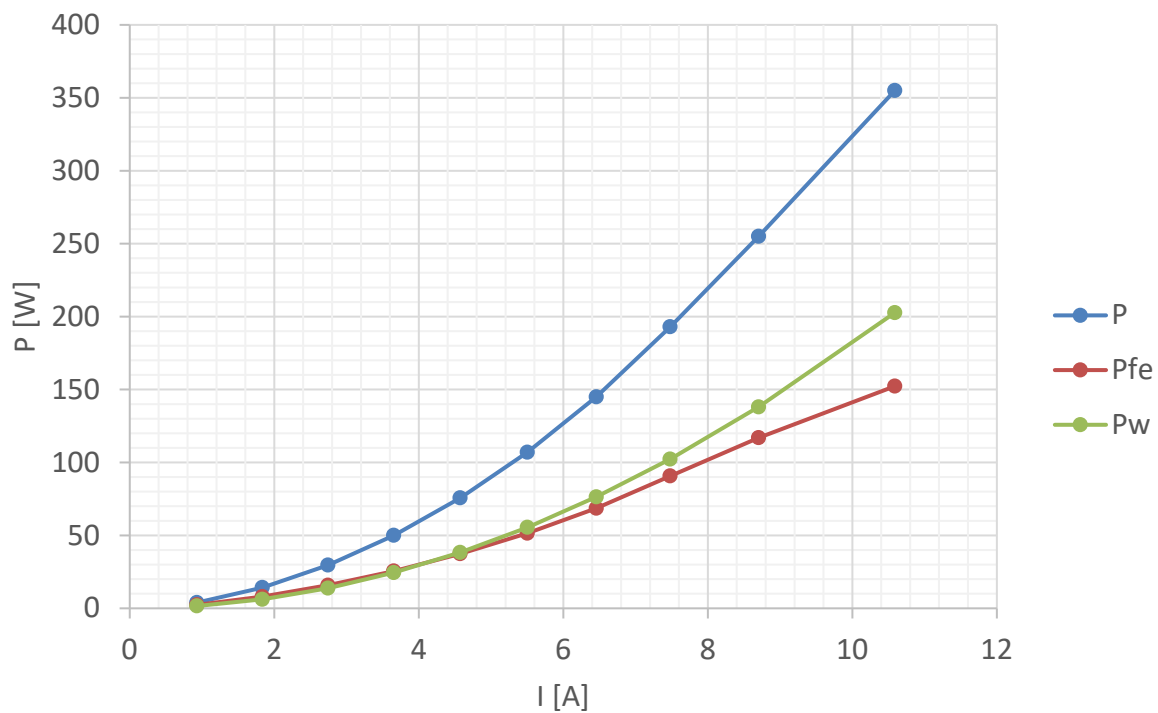
Ru	Rv	Rw	Lu	Lv	Lw	Pfe	Pw
0,60375	0,6035	0,60305	0,101417	0,101525	0,09791	2,368236	1,581764
0,60375	0,6035	0,60305	0,101833	0,101773	0,100941	8,025351	6,174649
0,60375	0,6035	0,60305	0,090178	0,088909	0,089781	15,80094	13,78906
0,60375	0,6035	0,60305	0,102864	0,101044	0,101863	25,52839	24,47161
0,60375	0,6035	0,60305	0,090078	0,088939	0,089781	37,37053	38,32947
0,60375	0,6035	0,60305	0,102273	0,100442	0,10196	51,49691	55,50309
0,60375	0,6035	0,60305	0,101794	0,100051	0,101127	68,61406	76,38594
0,60375	0,6035	0,60305	0,100233	0,099044	0,099853	90,68772	102,3123
0,60375	0,6035	0,60305	0,096927	0,096093	0,096429	116,9257	138,0743
0,60375	0,6035	0,60305	0,088249	0,089076	0,087616	152,29	202,71



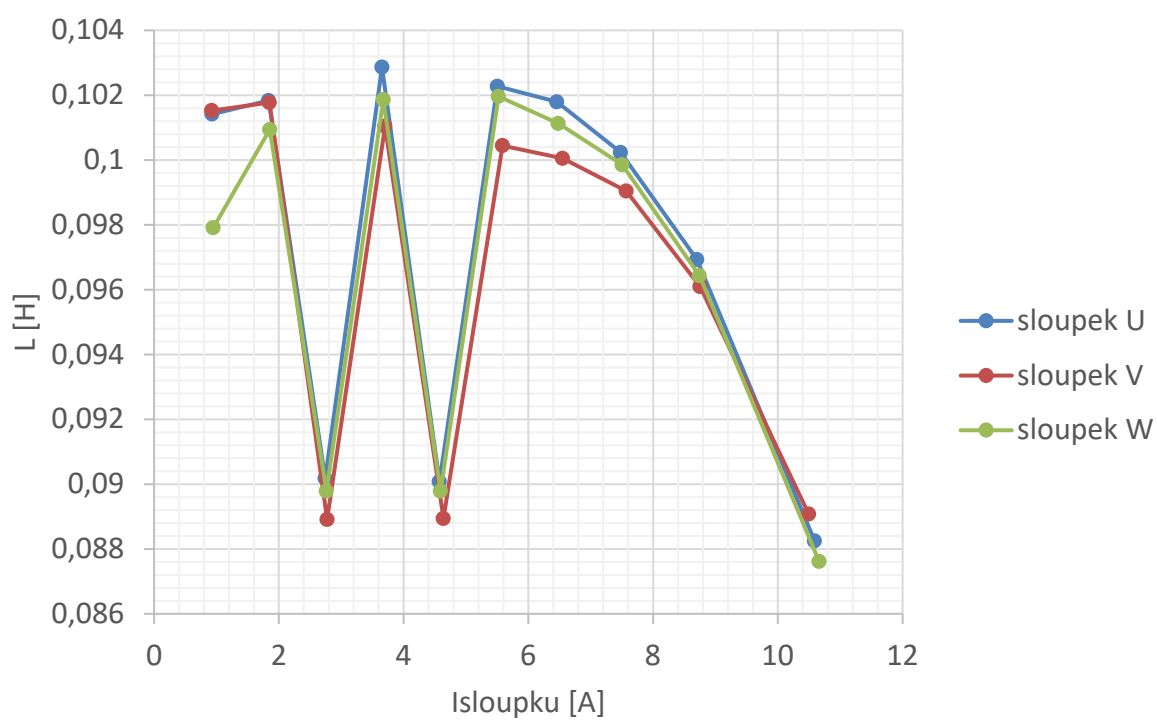
obr. 34  $I = f(U)$  – tlumivka + 20 závitů



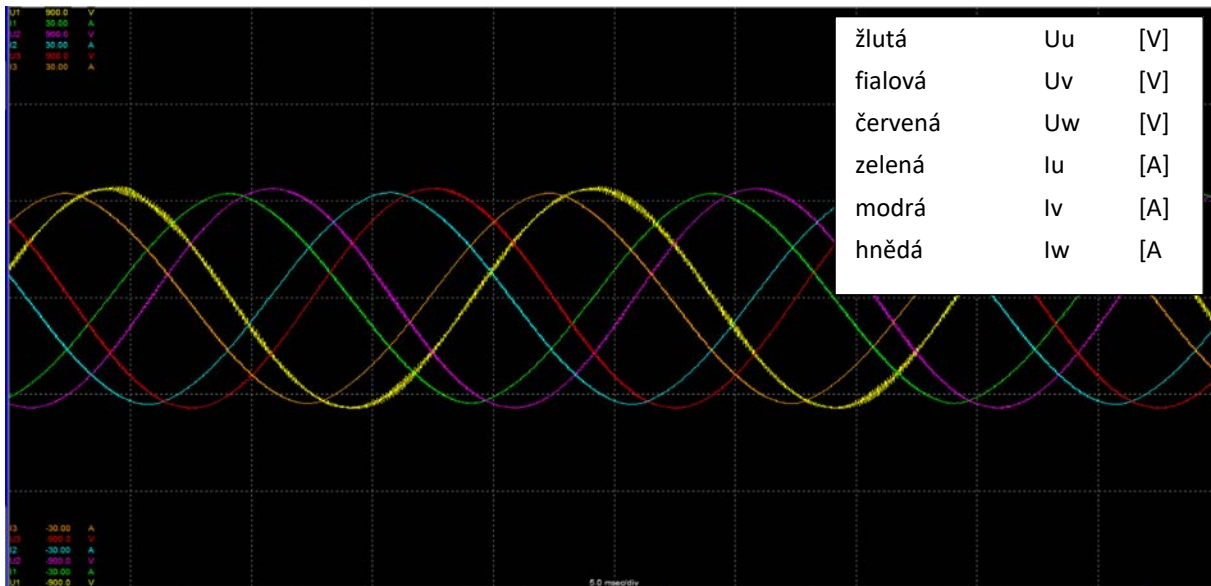
obr. 35 Power =  $f(I)$  – tlumivka + 20 závitů



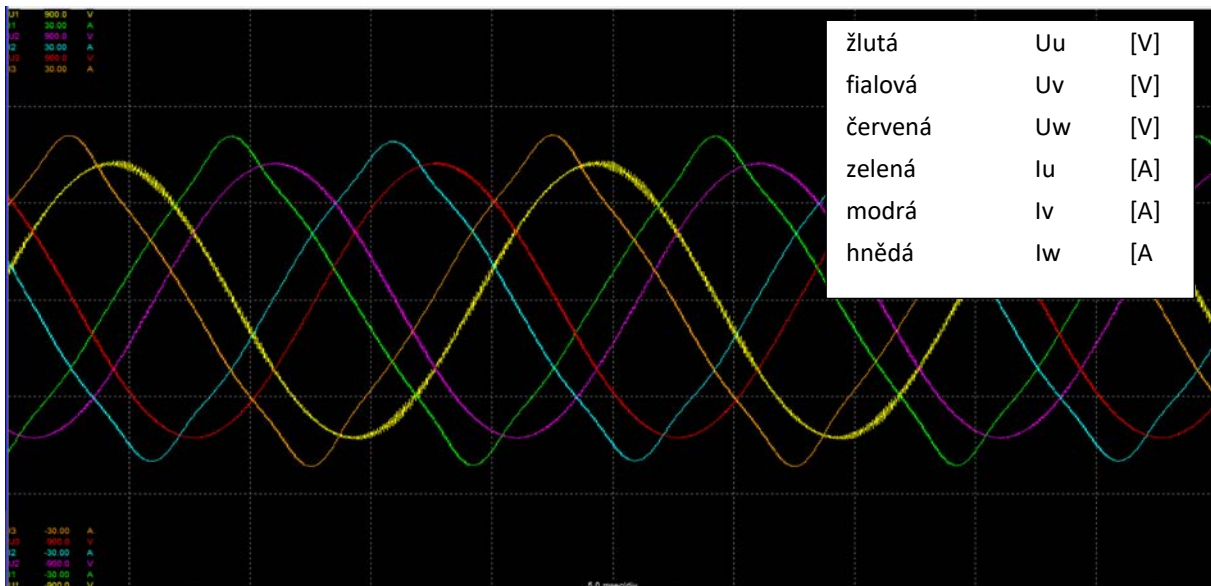
obr. 36  $P = f(I)$  – tlumivka + 20 závitů



obr. 37  $L = f(I)$  – tlumivka + 20 závitů



obr. 38 – Oscilograf pro jmenovité napětí – + 20 závitů



obr. 39 – Oscilograf pro 1,3 násobek jmenovitého napětí – + 20 závitů

## Kopie elektrokov I

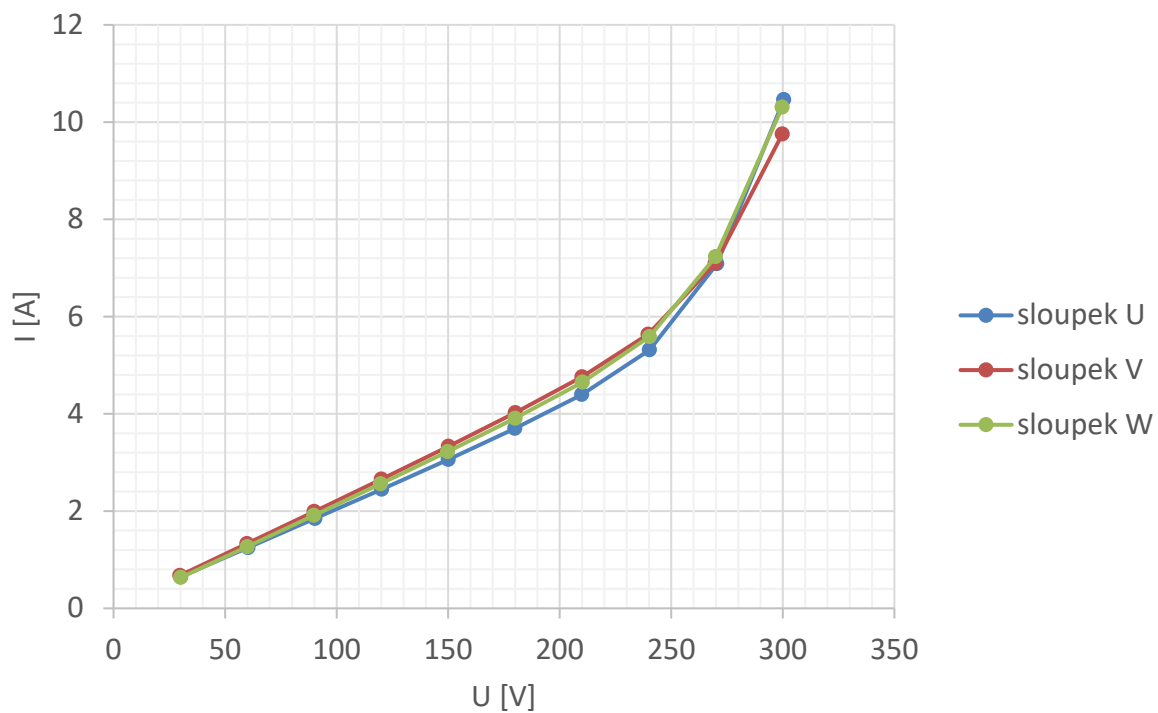
Tab. VIII Naměřené hodnoty pro tlumivku Elektrokov I

StoreNo	Urms-1	Irms-1	Urms-2	Irms-2	Urms-3	Irms-3
1	30,17	0,651	29,74	0,6749	30,14	0,6345
2	60,31	1,2481	59,82	1,3312	59,95	1,2687
3	90,3	1,8466	89,97	1,9904	89,8	1,9112
4	120,2	2,4473	120,06	2,6554	119,76	2,5621
5	150,05	3,0609	150,14	3,33	149,81	3,2226
6	179,91	3,699	180,11	4,0232	180,04	3,9075
7	209,91	4,3965	210,02	4,7602	210,18	4,6513
8	240,26	5,315	239,64	5,637	240,23	5,587
9	270,46	7,086	269,76	7,095	269,87	7,232
10	300,44	10,462	299,79	9,755	299,72	10,306

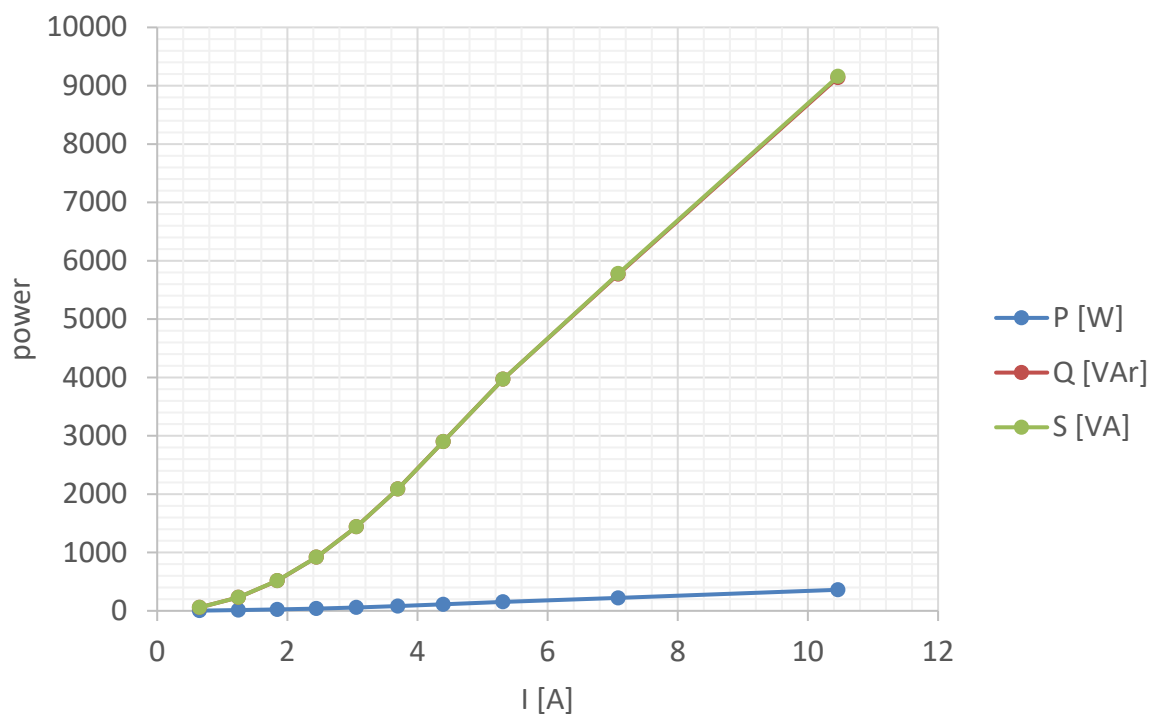
P-SIGMA	Q-SIGMA	S-SIGMA	PF-SIGMA	Phi-SIGMA	FreqU-1
3,66	58,68	58,84	0,0622	86,44	50,002
12,19	230,54	230,96	0,0528	86,97	50
24,16	516,74	517,45	0,0467	87,32	49,998
3,94E+01	9,19E+02	9,20E+02	0,0428	87,54	50,002
5,83E+01	1,44E+03	1,44E+03	0,0404	87,68	50,002
8,18E+01	2,09E+03	2,09E+03	0,0391	87,76	50,01
1,12E+02	2,90E+03	2,90E+03	0,0385	87,79	50,002
1,54E+02	3,97E+03	3,97E+03	0,0387	87,78	49,996
2,21E+02	5,77E+03	5,78E+03	0,0382	87,81	50,001
3,61E+02	9,14E+03	9,16E+03	0,0394	87,74	50,005

Ru	Rv	Rw	Lu	Lv	Lw	Pfe	Pw
0,54345	0,54465	0,54255	0,145782	0,138527	0,14947	2,963177	0,696823
0,54345	0,54465	0,54255	0,152082	0,141305	0,148684	9,50498	2,68502
0,54345	0,54465	0,54255	0,153932	0,142154	0,147841	18,16737	5,992627
0,54345	0,54465	0,54255	0,154603	0,14218	0,147054	28,74323	10,65677
0,54345	0,54465	0,54255	0,154304	0,141777	0,146241	41,53432	16,76568
0,54345	0,54465	0,54255	0,153057	0,140739	0,144907	57,26446	24,53554
0,54345	0,54465	0,54255	0,150241	0,138699	0,142103	77,41619	34,58381
0,54345	0,54465	0,54255	0,142171	0,133597	0,135151	104,4058	49,59418
0,54345	0,54465	0,54255	0,119761	0,119289	0,117051	137,9191	83,08089
0,54345	0,54465	0,54255	0,089671	0,096079	0,090835	192,0624	168,9376

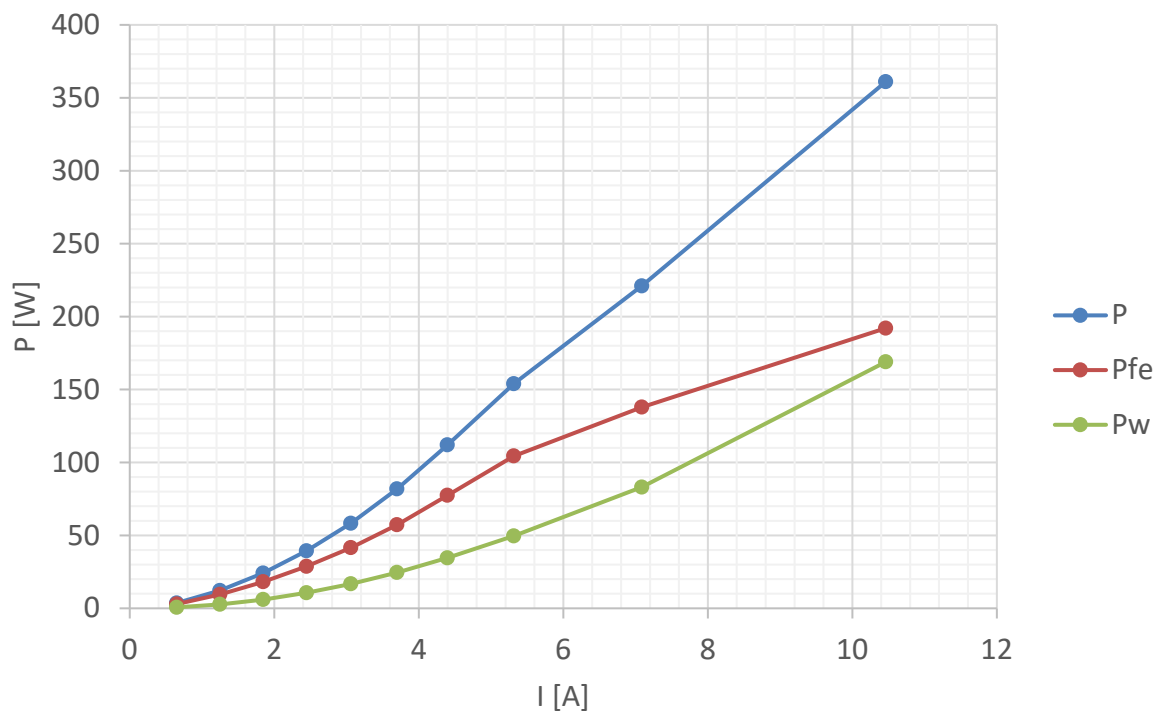




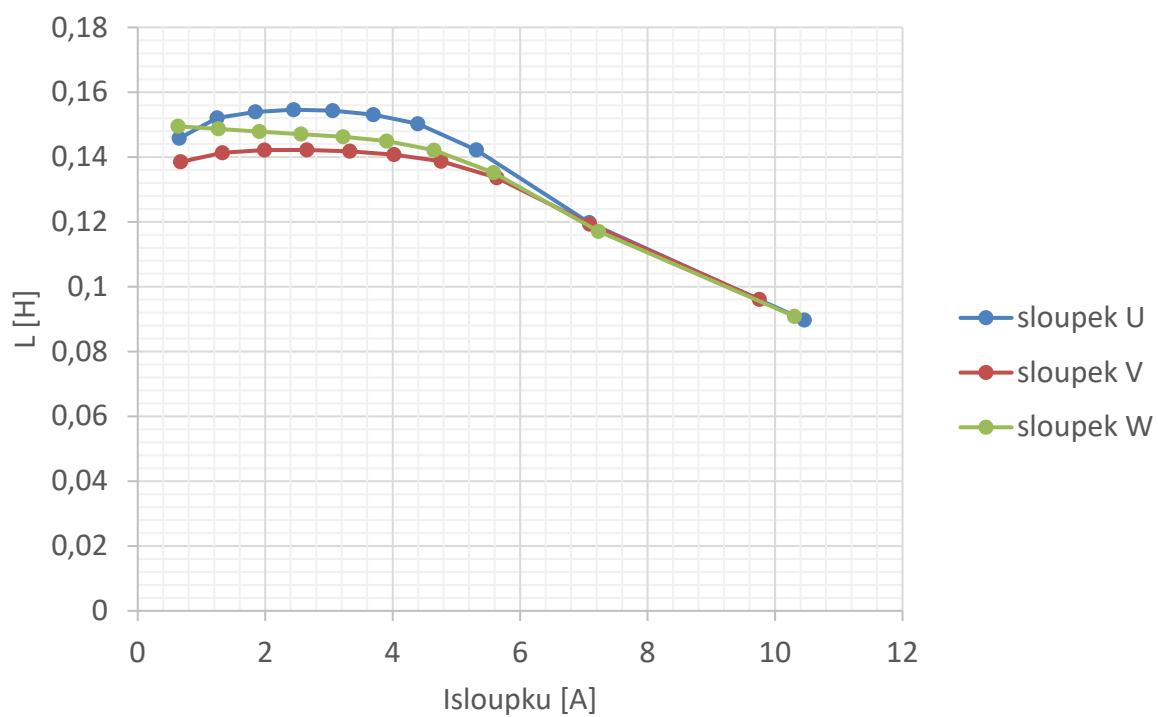
obr. 40  $I = f(U)$  – tlumivka Kopie Ekektrokov I



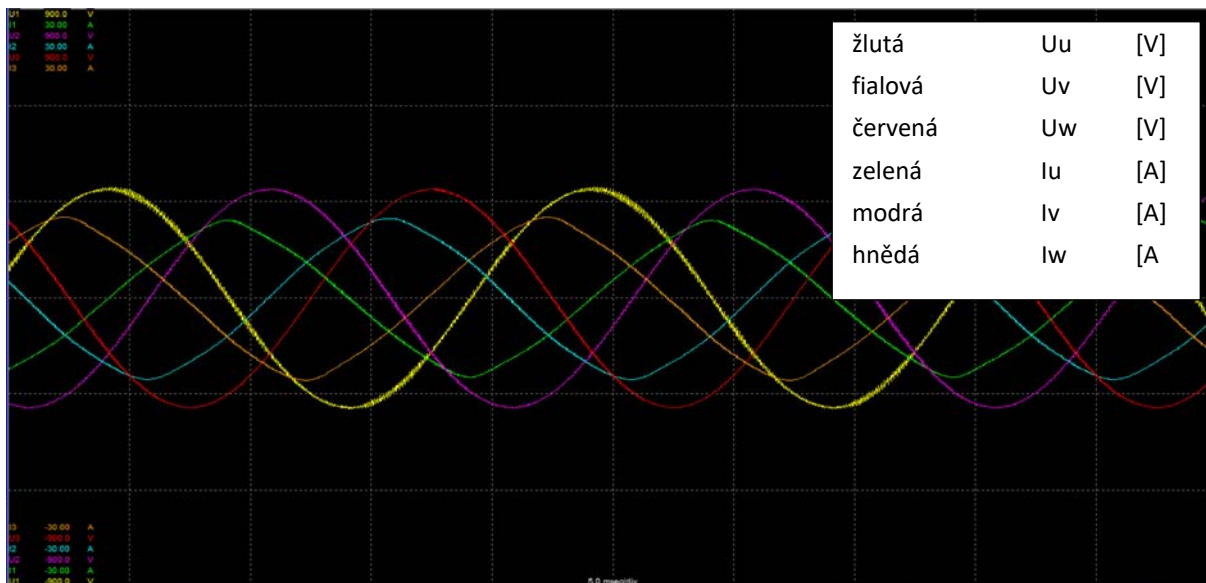
obr. 41 Power =  $f(I)$  – tlumivka Kopie Ekektrokov I



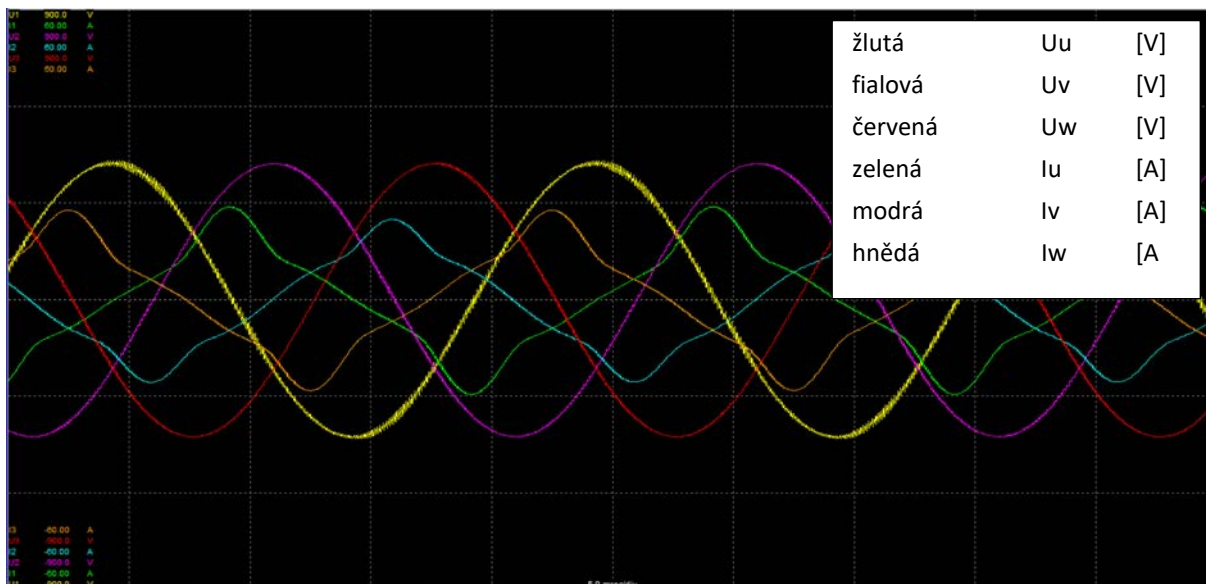
obr. 42  $P = f(I)$  – tlumivka Kopie Eeketrokov I



obr. 43  $L = f(I)$  – tlumivka Kopie Eeketrokov I



obr. 44 – Oscilograf pro jmenovité napětí – Kopie Elektrov I



obr. 45 – Oscilograf pro 1,3 násobek jmenovitého napětí – Kopie Elektrov I

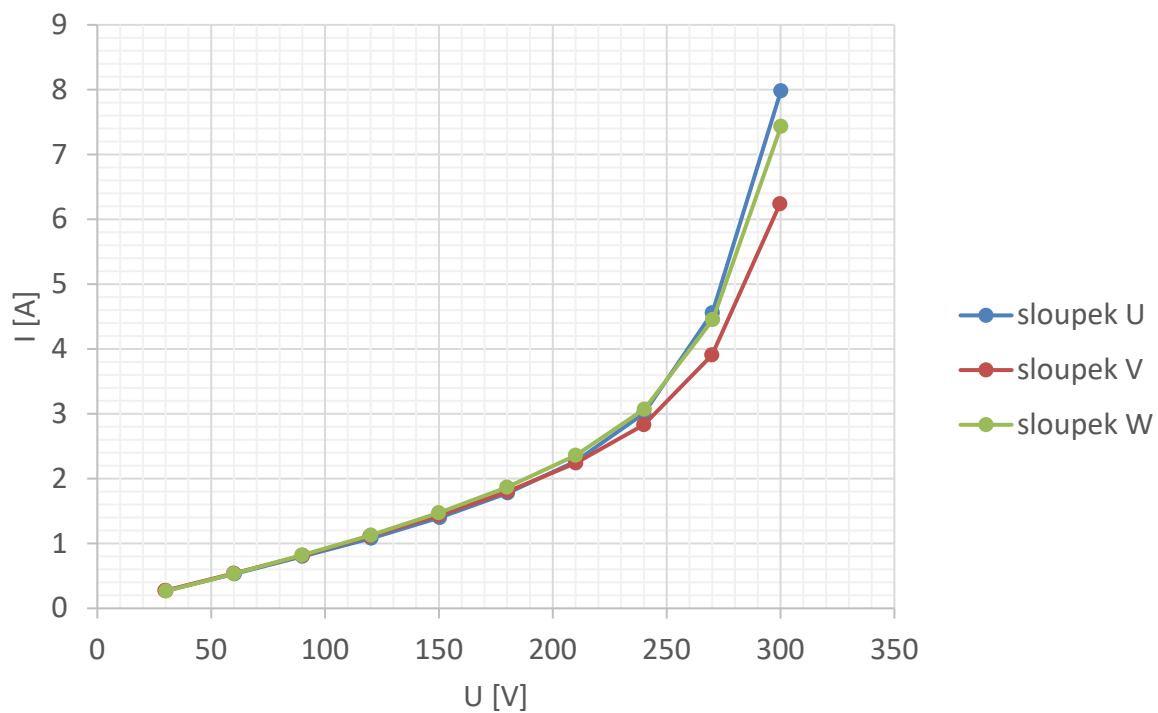
## Reference bez mezer

Tab. IX Naměřené hodnoty pro tlumivku Reference bez mezer

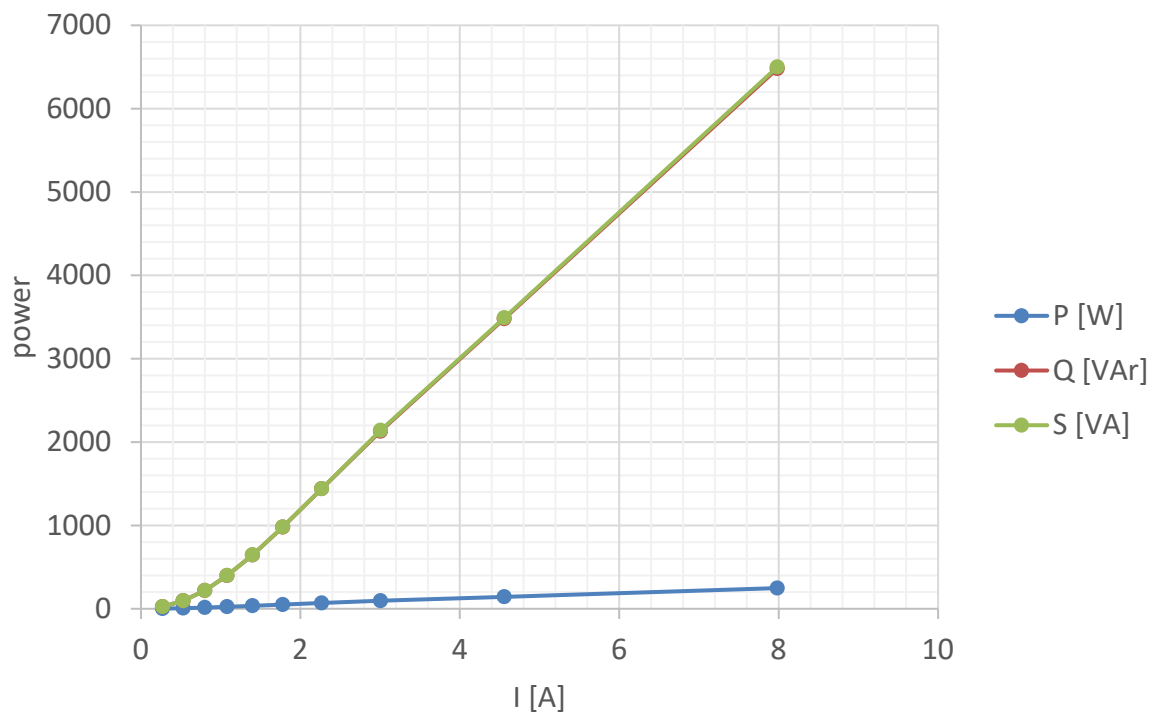
StoreNo	Urms-1	Irms-1	Urms-2	Irms-2	Urms-3	Irms-3
1	30,14	0,2715	29,774	0,2727	30,135	0,266
2	60,281	0,5311	59,914	0,5399	59,89	0,533
3	90,08	0,8018	90,18	0,8162	89,86	0,8196
4	120,24	1,0804	119,75	1,1126	120,16	1,1292
5	150,36	1,4004	149,91	1,4336	149,92	1,4728
6	180,24	1,7791	180,12	1,8013	179,87	1,8685
7	210,04	2,2683	210,17	2,2417	210,02	2,36
8	240	3,0061	240,05	2,8326	240,22	3,0724
9	270,07	4,558	269,89	3,9077	270,27	4,4528
10	300,18	7,983	299,76	6,239	300,21	7,433

P-SIGMA	Q-SIGMA	S-SIGMA	PF-SIGMA	Phi-SIGMA	FreqU-1
1,954	24,218	24,319	0,0804	85,39	49,997
6,923	95,978	96,279	0,0719	85,88	50
14,26	218,92	219,47	0,065	86,27	50,004
23,83	397,89	398,83	0,0597	86,57	50,002
35,61	644,9	646,26	0,0551	86,84	50
50,15	979,27	981,18	0,0511	87,07	50,003
6,91E+01	1,44E+03	1,44E+03	0,0479	87,26	50,001
9,64E+01	2,13E+03	2,14E+03	0,0451	87,42	50,001
1,43E+02	3,48E+03	3,49E+03	0,041	87,65	50,003
2,48E+02	6,48E+03	6,50E+03	0,0381	87,81	49,995

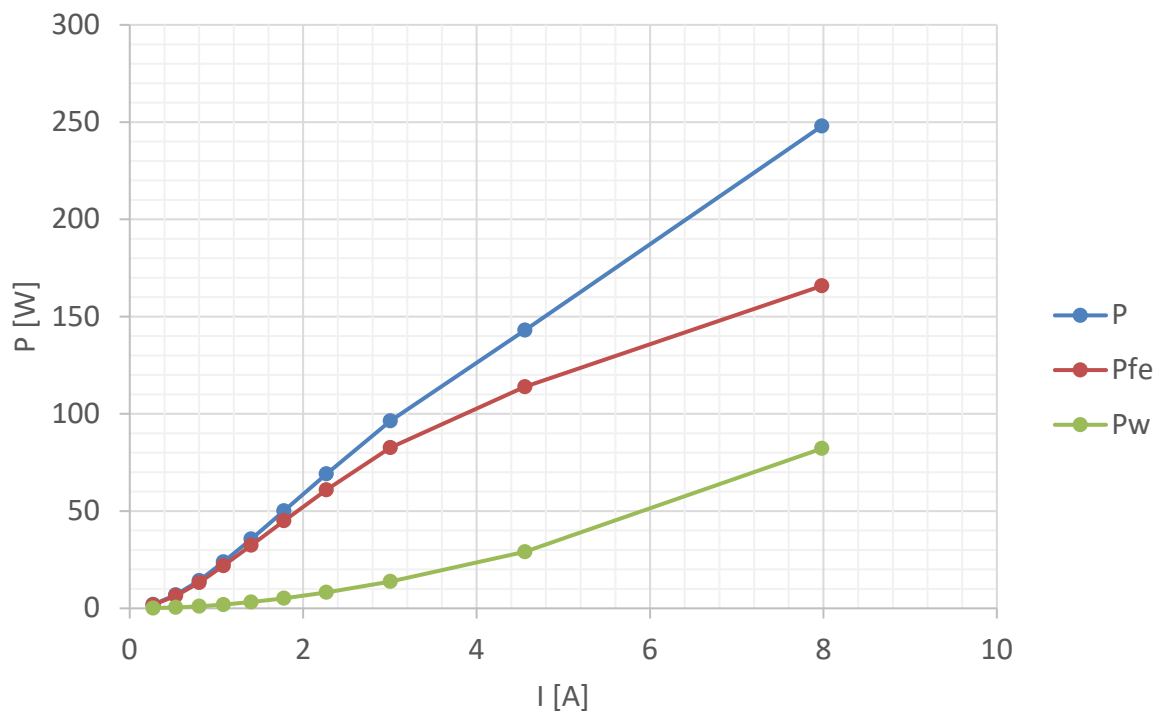
Ru	Rv	Rw	Lu	Lv	Lw	Pfe	Pw
0,5251	0,5155	0,5186	0,351715	0,345918	0,358982	1,840264	0,113736
0,5251	0,5155	0,5186	0,359617	0,351595	0,356015	6,477294	0,445706
0,5251	0,5155	0,5186	0,355912	0,350024	0,347313	13,23064	1,029362
0,5251	0,5155	0,5186	0,352568	0,340945	0,337054	21,91768	1,91232
0,5251	0,5155	0,5186	0,340096	0,331212	0,322365	32,39584	3,21416
0,5251	0,5155	0,5186	0,320788	0,316632	0,30475	45,00474	5,145262
0,5251	0,5155	0,5186	0,293071	0,296784	0,281612	60,91937	8,180631
0,5251	0,5155	0,5186	0,252455	0,268107	0,247219	82,62329	13,77671
0,5251	0,5155	0,5186	0,186922	0,218191	0,191541	113,9366	29,06339
0,5251	0,5155	0,5186	0,118033	0,15131	0,126924	165,818	82,18201



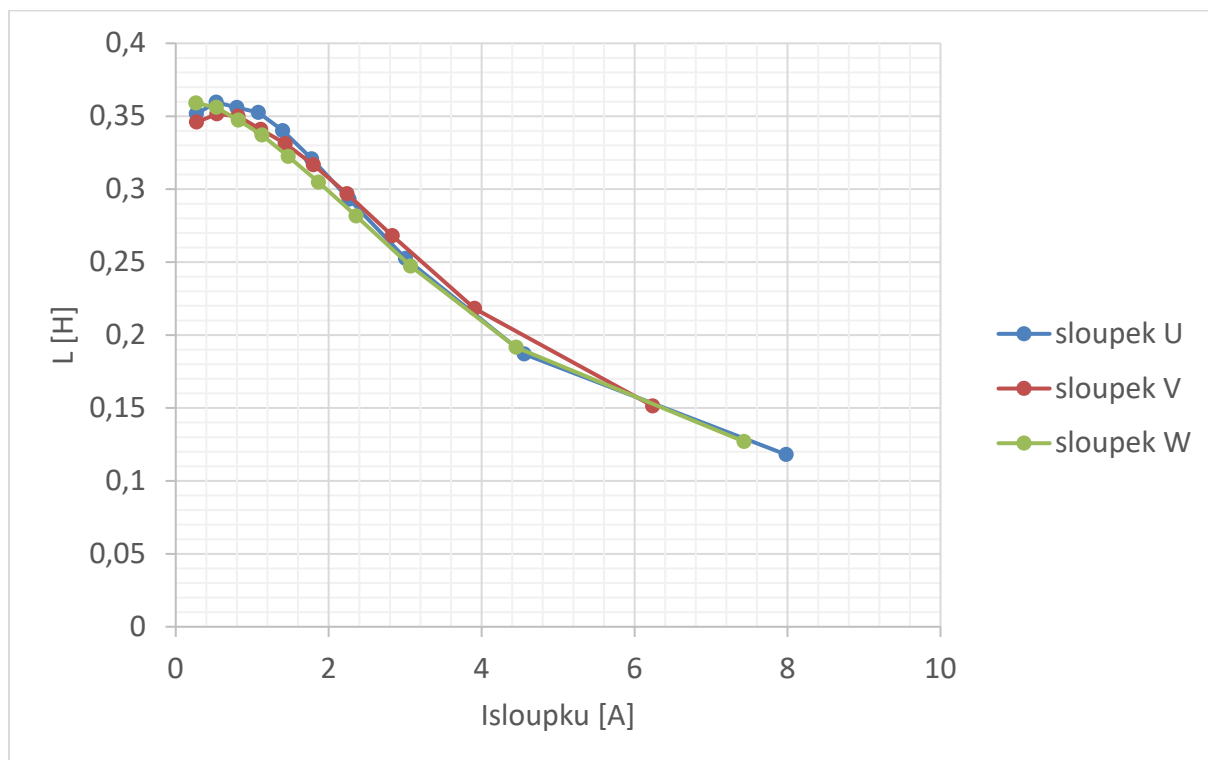
obr. 46  $I = f(U)$  – tlumivka Reference bez mezer



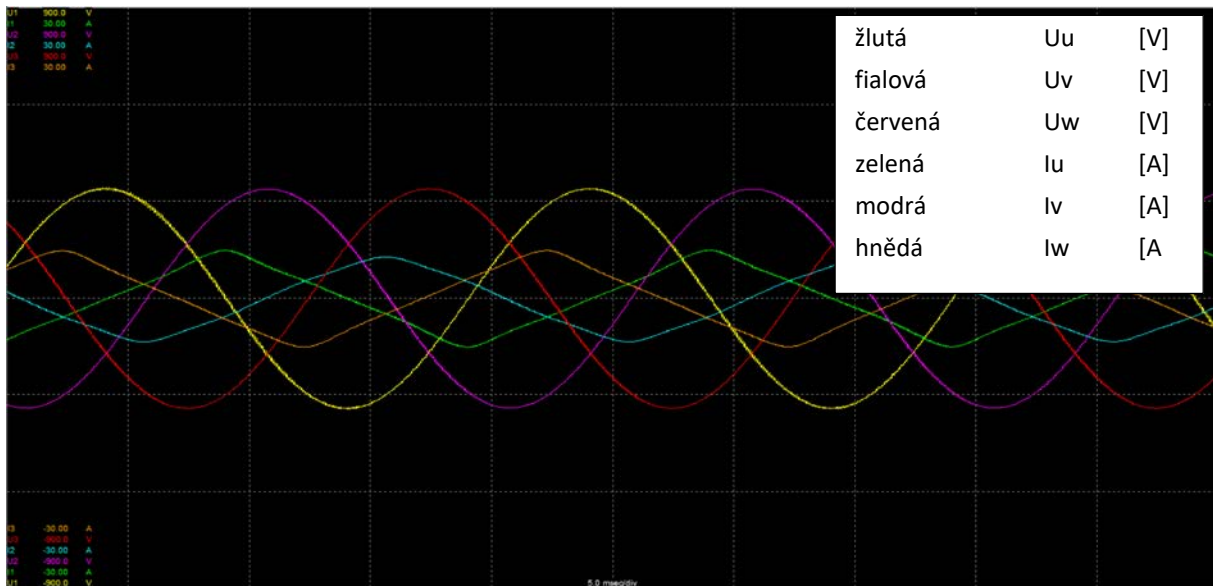
obr. 47 Power =  $f(I)$  – tlumivka Reference bez mezer



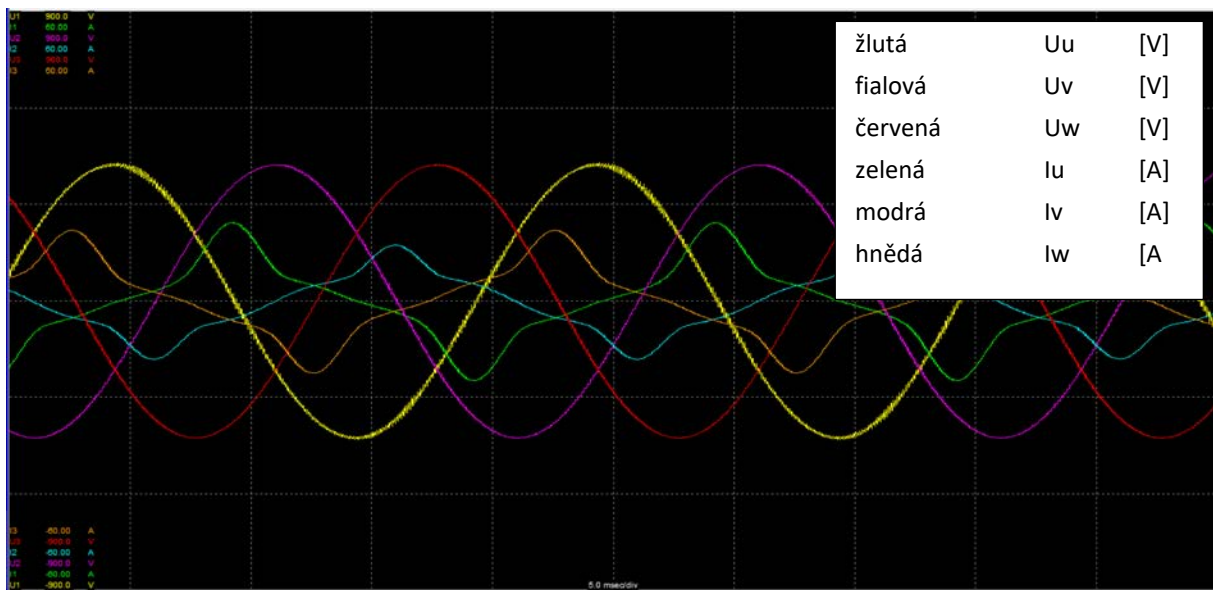
obr. 48  $P = f(I)$  – tlumivka Reference bez mezer



obr. 49  $L = f(I)$  – tlumivka Reference bez mezer



obr. 50 – Oscilograf pro jmenovité napětí – Reference bez mezer



obr. 51 – Oscilograf pro 1,3 násobek jmenovitého napětí – Reference bez mezer

## Unicore

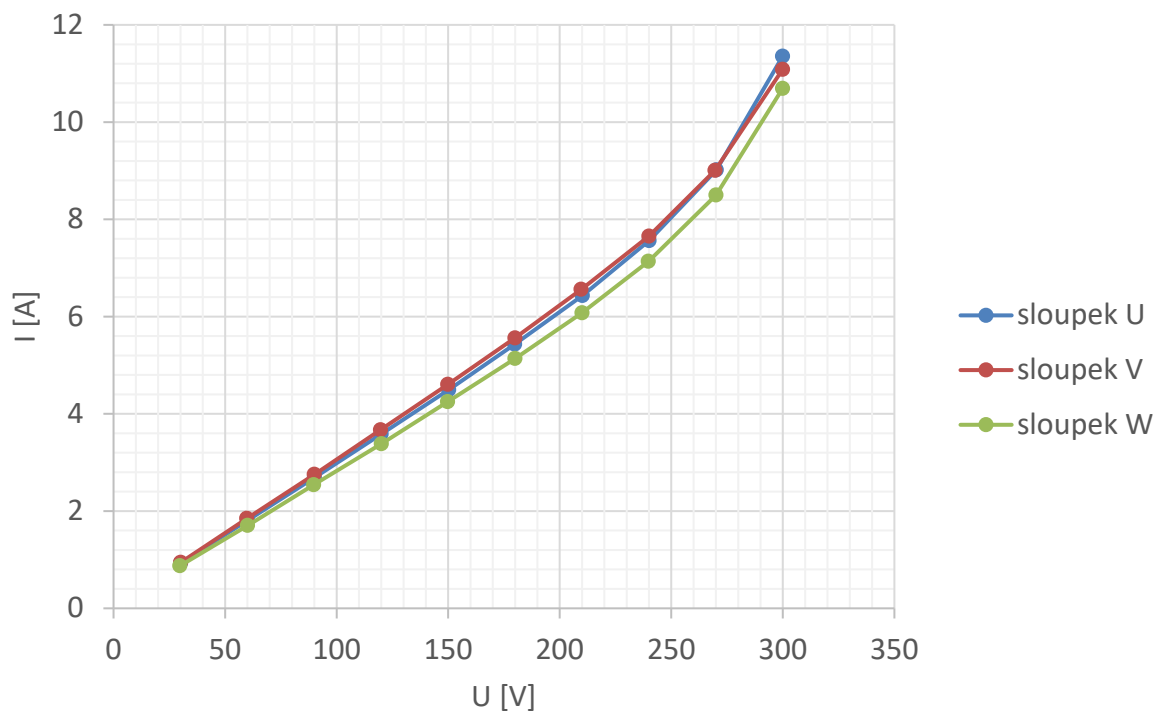
Tab. X Naměřené hodnoty pro tlumivku Unicore

StoreNo	Urms-1	Irms-1	Urms-2	Irms-2	Urms-3	Irms-3
1	30,115	0,9324	30,102	0,9435	29,798	0,874
2	60,11	1,8102	59,781	1,8492	60,138	1,7046
3	90,1	2,6908	90,05	2,7545	89,77	2,5417
4	120	3,5844	119,7	3,6716	120,11	3,3854
5	150,26	4,4936	149,83	4,605	149,78	4,249
6	179,87	5,433	179,97	5,561	180,02	5,138
7	210,22	6,433	209,64	6,56	210,03	6,077
8	240,1	7,562	240,01	7,654	239,77	7,136
9	270,23	9,015	269,63	9,007	270,07	8,499
10	299,92	11,354	299,94	11,085	299,93	10,693

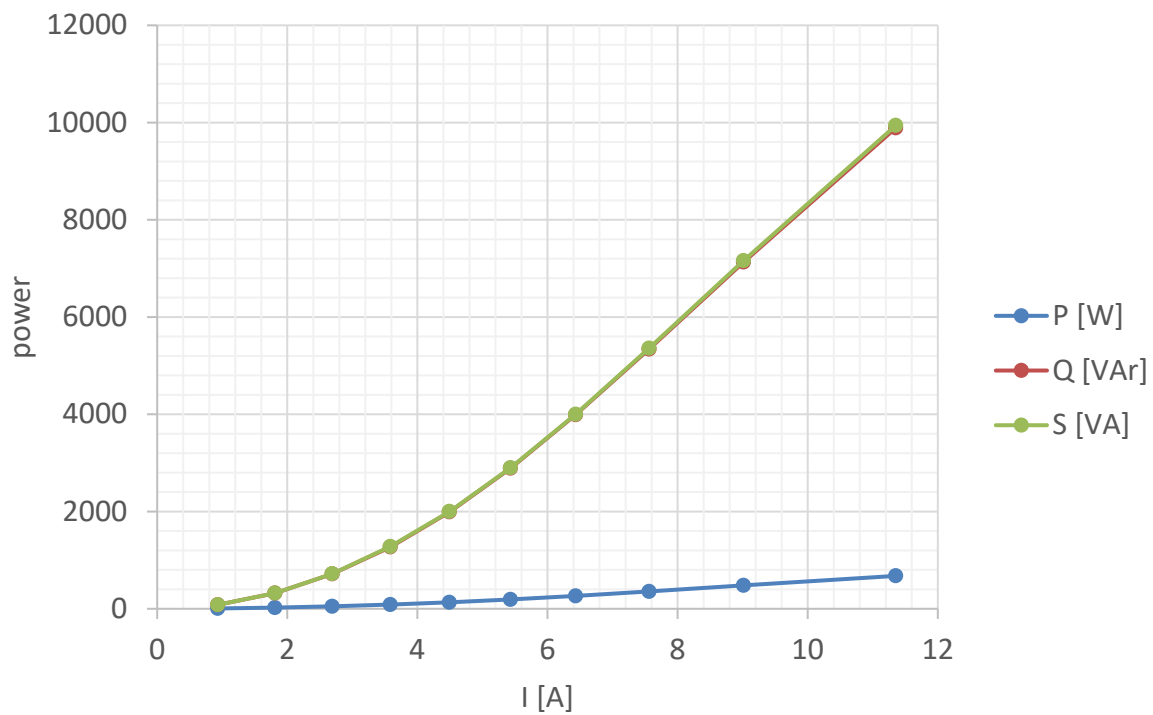
P-SIGMA	Q-SIGMA	S-SIGMA	PF-SIGMA	Phi-SIGMA	FreqU-1
6,823	82,133	82,522	0,0827	85,26	50,003
23,96	320,52	321,87	0,0745	85,73	50,004
50,31	716,08	718,64	0,07	85,99	54,552
8,62E+01	1,27E+03	1,28E+03	0,0676	86,13	50,006
1,32E+02	1,99E+03	2,00E+03	0,0661	86,21	61,354
1,91E+02	2,89E+03	2,90E+03	0,0657	86,23	50,007
2,63E+02	3,99E+03	4,00E+03	0,0656	86,24	49,999
3,55E+02	5,34E+03	5,36E+03	0,0661	86,21	50,005
4,81E+02	7,13E+03	7,16E+03	0,0672	86,15	50,004
6,76E+02	9,89E+03	9,94E+03	0,068	86,1	50,001

Ru	Rv	Rw	Lu	Lv	Lw	Pfe	Pw
0,53135	0,5329	0,5397	0,101111	0,099853	0,1068	5,474413	1,348587
0,53135	0,5329	0,5397	0,103999	0,101199	0,110572	18,8284	5,131599
0,53135	0,5329	0,5397	0,09614	0,093824	0,101468	38,93296	11,37704
0,53135	0,5329	0,5397	0,104861	0,102066	0,111201	66,00395	20,19605
0,53135	0,5329	0,5397	0,085363	0,083018	0,090042	100,2263	31,77369
0,53135	0,5329	0,5397	0,103677	0,101304	0,109793	144,5885	46,41147
0,53135	0,5329	0,5397	0,102329	0,100029	0,108297	198,1472	64,85281
0,53135	0,5329	0,5397	0,099365	0,098108	0,105224	265,9132	89,08677
0,53135	0,5329	0,5397	0,093716	0,093584	0,099422	355,6008	125,3992
0,53135	0,5329	0,5397	0,08239	0,084431	0,087564	480,3112	195,6888

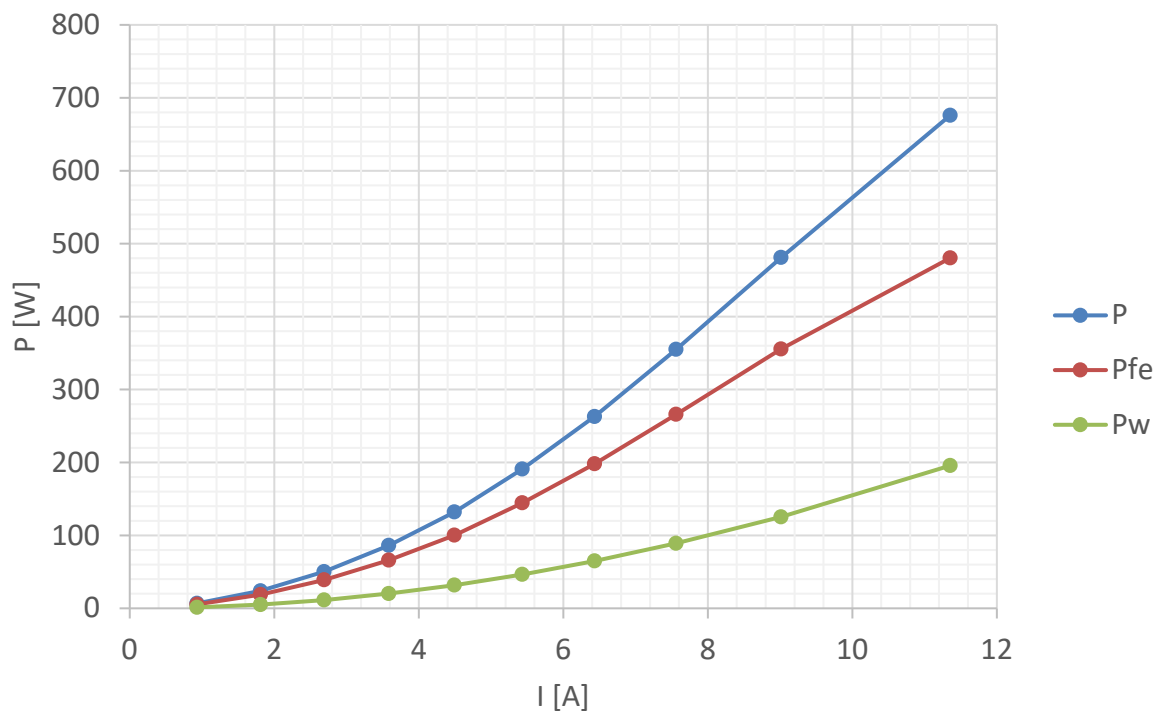




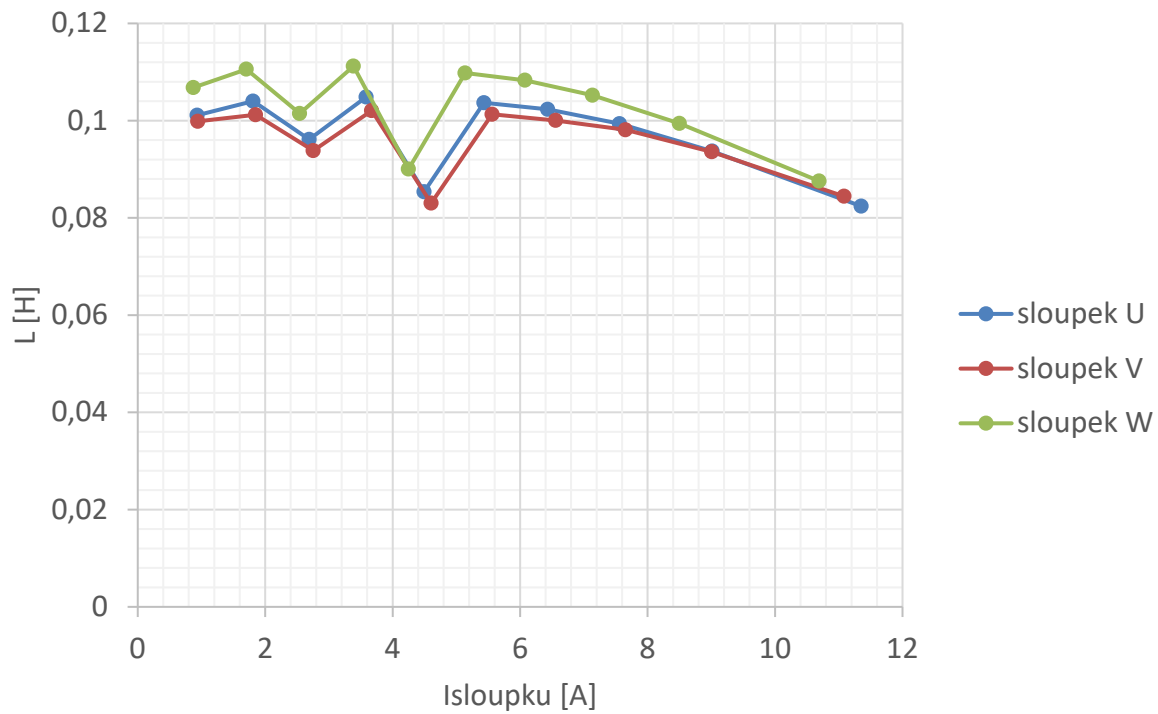
obr. 52  $I = f(U)$  – tlumivka Unicore



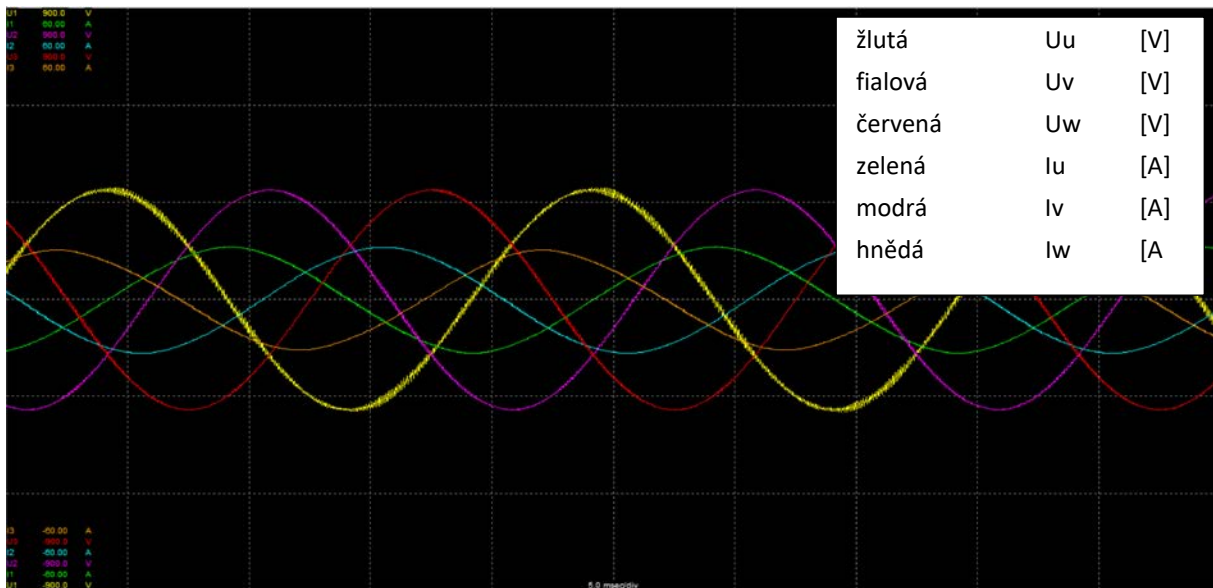
obr. 53 Power =  $f(I)$  – tlumivka Unicore



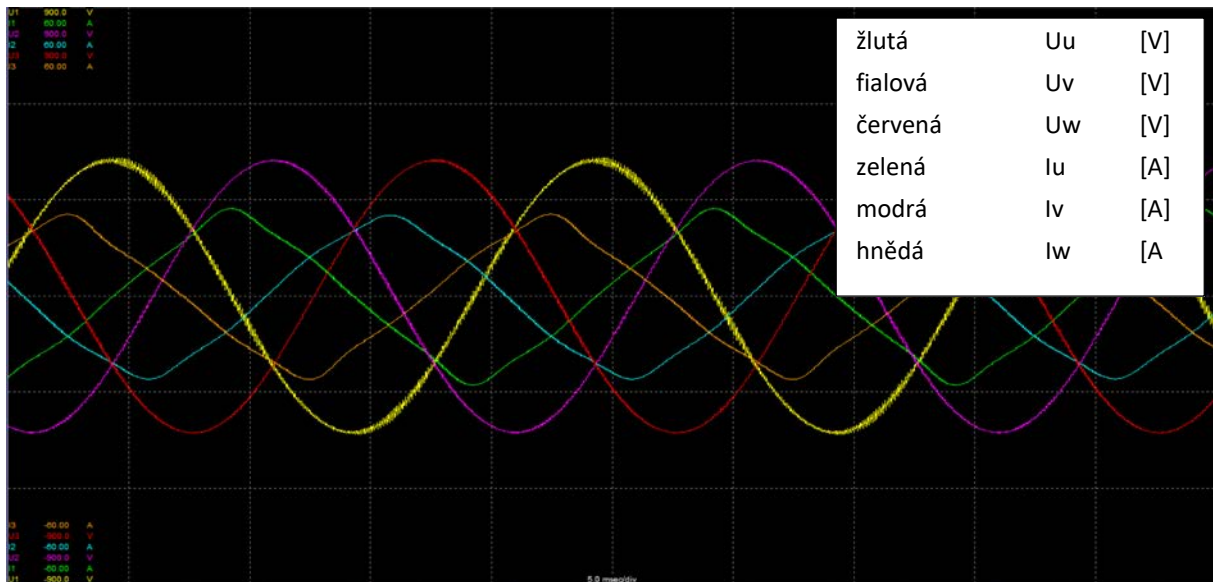
obr. 54  $P = f(I)$  – tlumivka Unicore



obr. 55  $L = f(I)$  – tlumivka Unicore



obr. 56 – Oscilograf pro jmenovité napětí – Unicore



obr. 57 – Oscilograf pro 1,3 násobek jmenovitého napětí – Unicore

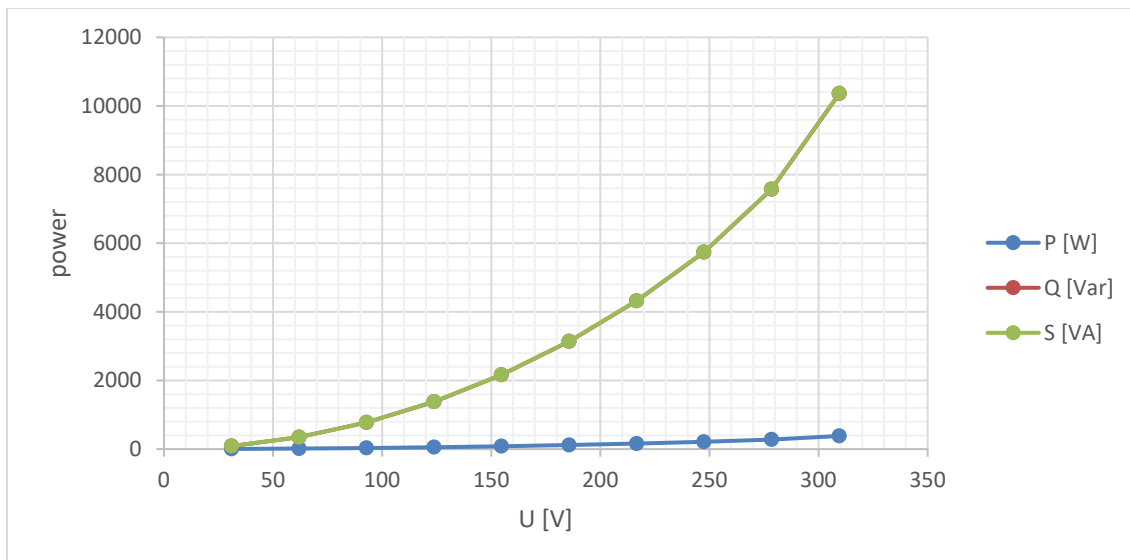
## Vzorek G

Tab. XI – Naměřené hodnoty pro tlumivku Vzorek G

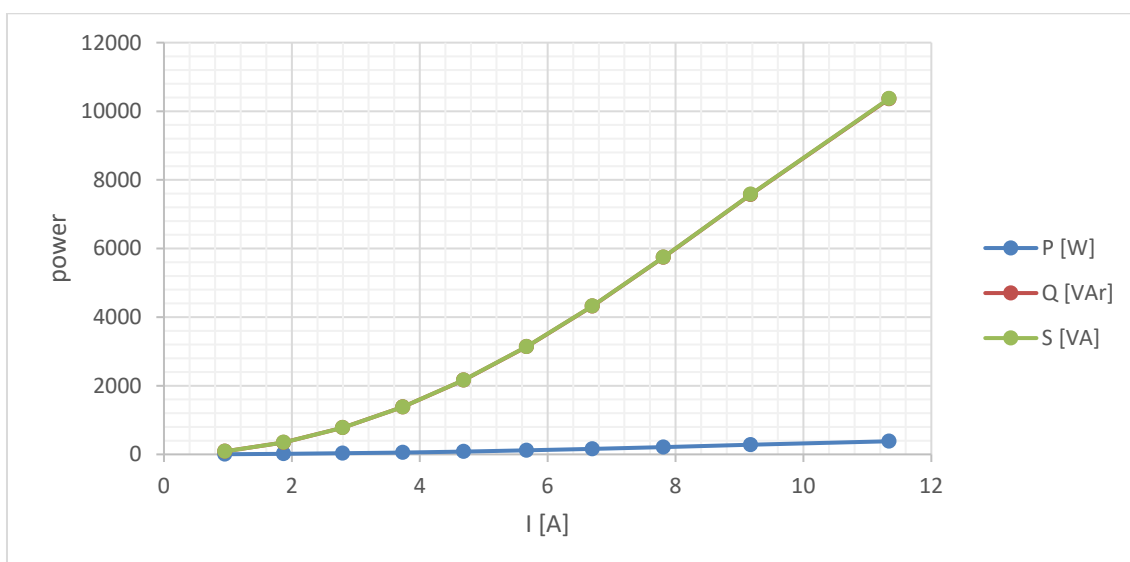
StoreNo	Urms-1	Irms-1	Urms-2	Irms-2	Urms-3	Irms-3
1	31,013	0,9532	30,78	0,9334	30,835	0,9821
2	61,936	1,8713	61,53	1,84	61,721	1,9146
3	92,87	2,7949	92,37	2,7516	92,66	2,8446
4	123,82	3,7358	123,12	3,6721	123,49	3,7874
5	154,67	4,6864	153,86	4,6023	154,29	4,7431
6	185,71	5,672	184,69	5,554	185,21	5,731
7	216,63	6,699	215,53	6,541	216,05	6,761
8	247,48	7,81	246,21	7,588	246,85	7,875
9	278,49	9,176	277,09	8,855	277,76	9,253
10	309,55	11,341	308,06	10,787	308,72	11,459

P-SIGMA	Q-SIGMA	S-SIGMA	PF-SIGMA	Phi-SIGMA	FreqU-1
4,689	88,429	88,575	0,0529	86,97	50,001
15,91	346,87	347,29	0,0458	87,37	50,002
32,6	776,52	777,29	0,0419	87,6	49,991
5,46E+01	1,38E+03	1,38E+03	0,0395	87,74	50,001
8,27E+01	2,16E+03	2,16E+03	0,0382	87,81	50,002
1,18E+02	3,14E+03	3,14E+03	0,0375	87,85	50,002
1,60E+02	4,32E+03	4,32E+03	0,0371	87,88	50,003
2,12E+02	5,74E+03	5,75E+03	0,0368	87,89	50,005
2,80E+02	7,57E+03	7,58E+03	0,0369	87,89	49,993
3,83E+02	1,04E+04	1,04E+04	0,0369	87,89	49,995

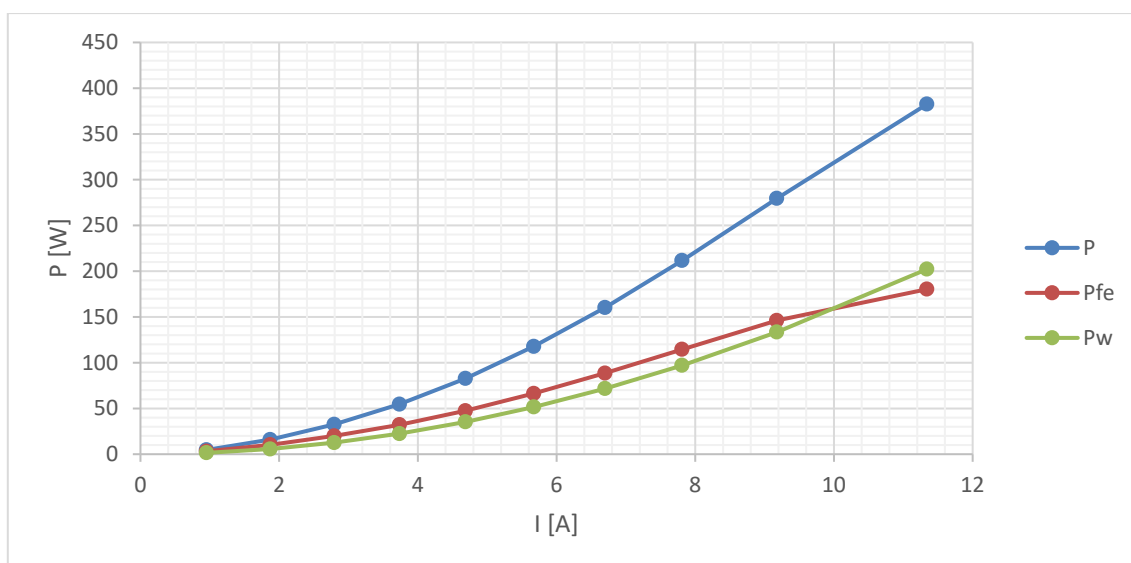
Ru	Rv	Rw	Lu	Lv	Lw	Pfe	Pw
0,538	0,536	0,538	0,10185	0,103258	0,098225	3,214284	1,474716
0,538	0,536	0,538	0,103637	0,104733	0,100897	10,23923	5,670773
0,538	0,536	0,538	0,104075	0,105168	0,101992	19,98585	12,61415
0,538	0,536	0,538	0,103787	0,105016	0,102072	32,14668	22,45332
0,538	0,536	0,538	0,103338	0,104704	0,101828	47,42777	35,27223
0,538	0,536	0,538	0,102503	0,104139	0,101152	66,28747	51,51253
0,538	0,536	0,538	0,101215	0,103173	0,099998	88,53122	71,66878
0,538	0,536	0,538	0,099142	0,101567	0,098055	114,558	97,04198
0,538	0,536	0,538	0,094907	0,097913	0,093852	146,1102	133,3898
0,538	0,536	0,538	0,085178	0,089207	0,084053	180,2907	202,2093



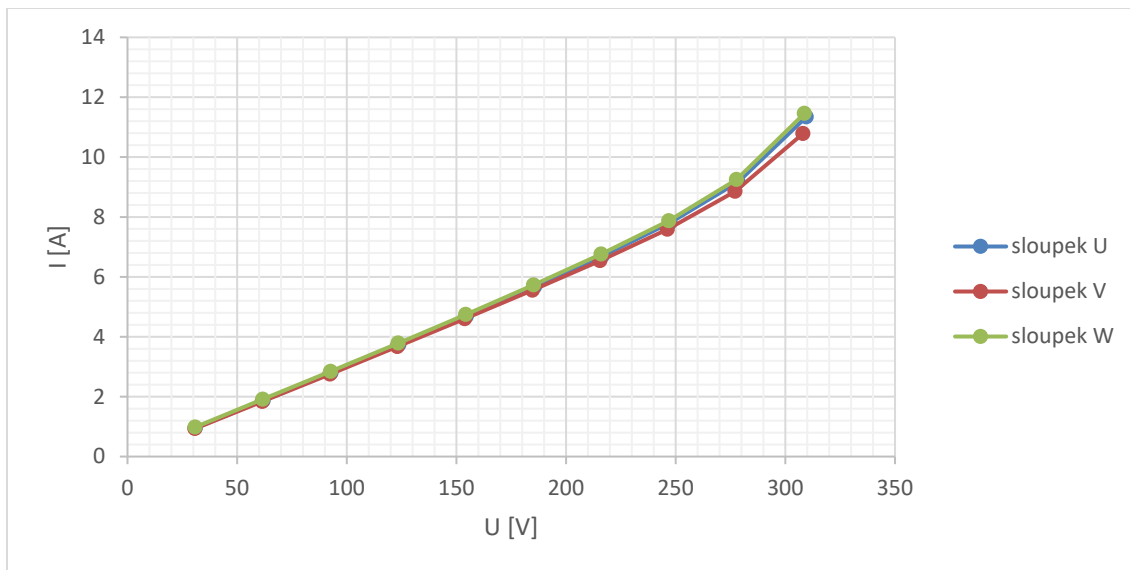
obr. 58  $I = f(U)$  – tlumivka Vzorek G



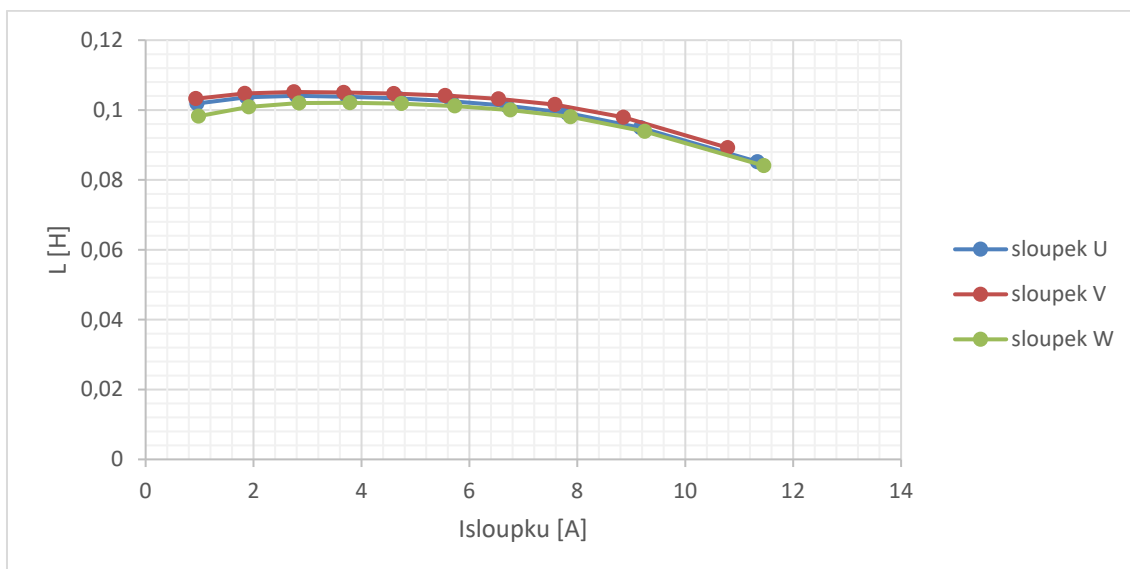
obr. 59 Power =  $f(I)$  – tlumivka Vzorek G



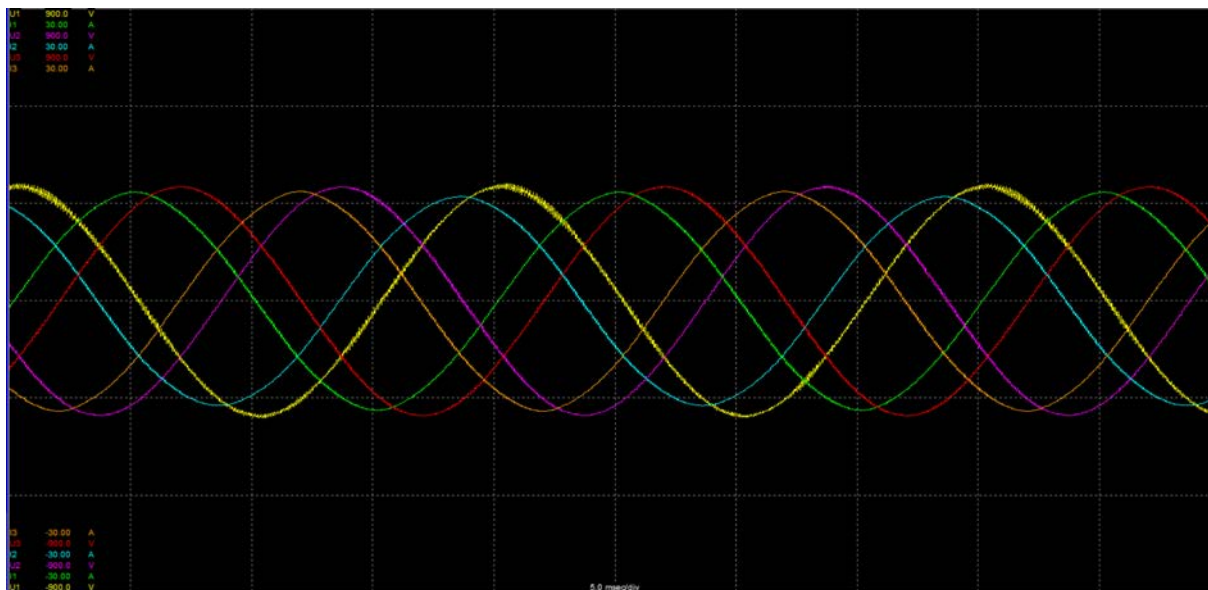
obr. 60  $P = f(I)$  – tlumivka Vzorek G



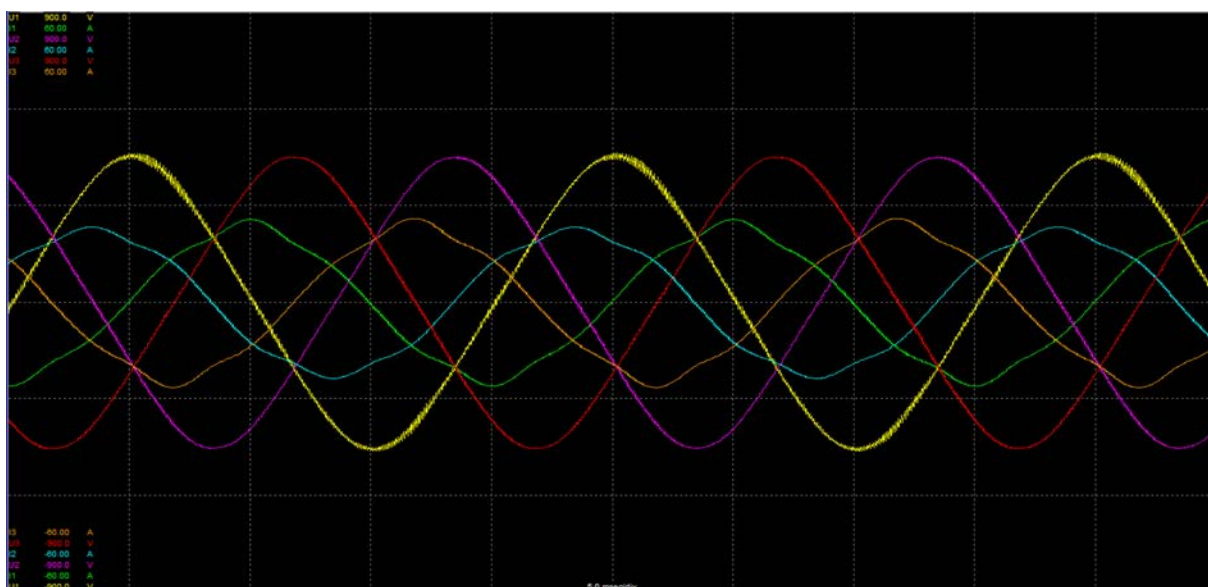
obr. 61  $I = f(U)$  – tlumivka Vzorek G



obr. 62  $L = f(I)$  – tlumivka Vzorek G



obr. 63 Oscilograf pro jmenovité napětí - Vzorek G - Un



obr. 64 Oscilograf pro 1,3 násobek jmenovitého napětí – Vzorek G

## Vzorek H

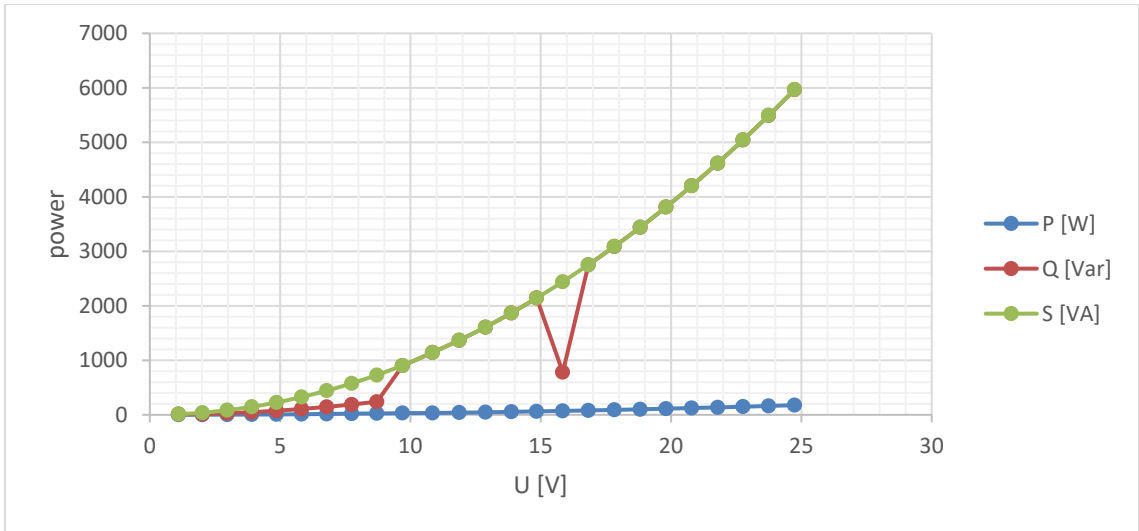
Tab. XII Naměřené hodnoty pro tlumivku Vzorek H

StoreNo	Urms-4	Irms-4	Urms-5	Irms-5	Urms-6	Irms-6
1	1,1058	3,302	1,0427	3,072	1,1017	3,197
2	2,0181	6,483	1,9293	6,14	1,9951	6,373
3	2,9677	9,702	2,873	9,252	2,9511	9,585
4	3,9193	12,846	3,7684	12,275	3,8679	12,718
5	4,8622	15,973	4,7072	15,365	4,7999	15,824
6	5,8253	19,165	5,6527	18,468	5,755	18,997
7	6,79	22,352	6,58	21,518	6,71	22,175
8	7,747	25,498	7,499	24,554	7,647	25,306
9	8,714	28,678	8,453	27,643	8,608	28,463
10	9,695	31,883	9,417	30,74	9,584	31,657
11	10,851	35,491	10,623	34,823	10,849	35,831
12	11,872	38,815	11,619	38,043	11,863	39,137
13	12,881	42,094	12,604	41,252	12,863	42,426
14	13,875	45,347	13,595	44,465	13,869	45,718
15	14,843	48,521	14,575	47,65	14,872	49,019
16	15,842	51,788	15,544	50,827	15,854	52,277
17	16,827	55,019	16,516	54,011	16,833	55,515
18	17,823	58,27	17,497	57,241	17,823	58,827
19	18,821	61,511	18,461	60,424	18,818	62,098
20	19,809	64,755	19,433	63,637	19,798	65,37
21	20,792	68,02	20,403	66,88	20,77	68,62
22	21,791	71,3	21,367	70,1	21,768	71,93
23	22,762	74,53	22,328	73,3	22,756	75,24
24	23,746	77,83	23,297	76,51	23,734	78,51
25	24,737	81,11	24,283	79,77	24,724	81,86

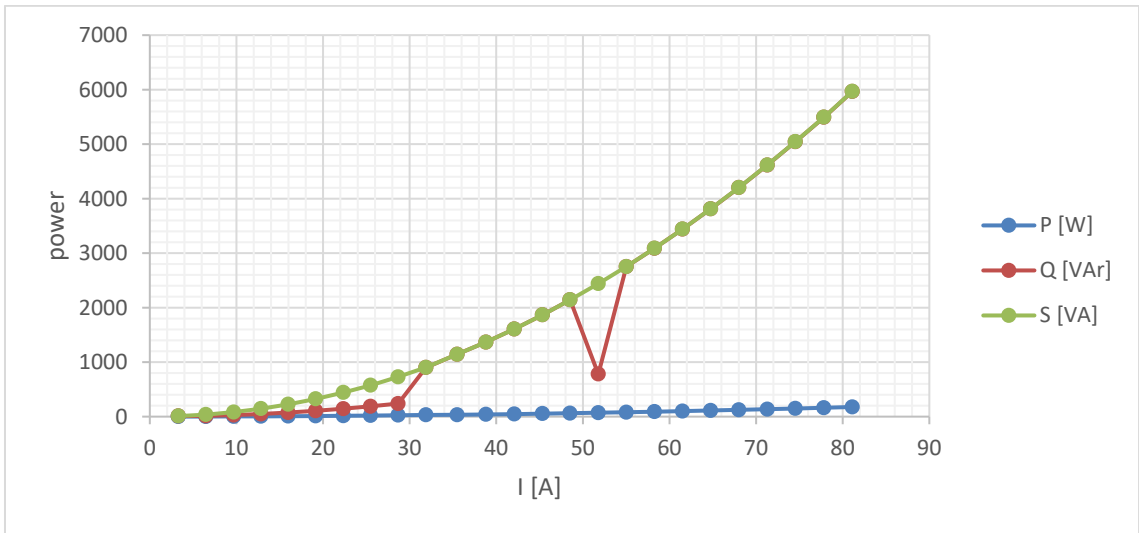


P-SIGMA	Q-SIGMA	S-SIGMA	PF-SIGMA	Phi-SIGMA	FreqU-1
0,338	10,371	10,377	0,0325	88,14	50
1,31	12,22	37,64	0,0349	88	50
2,96	27,09	83,66	0,0354	87,97	50
5,18	47,42	145,79	0,0355	87,96	50
8,03	74,04	225,94	0,0355	87,96	50
11,55	106,72	325,37	0,0355	87,97	50
15,69	144,6	442,16	0,0355	87,97	50
20,41	188,19	575,18	0,0355	87,97	50
25,81	238,59	728,55	0,0354	87,97	50
31,95	901,38	901,97	0,0354	87,97	50
33,29	1143,17	1143,73	0,0291	88,33	50
3,98E+01	1,37E+03	1,37E+03	0,0291	88,33	50
4,68E+01	1,61E+03	1,61E+03	0,0291	88,33	50
5,44E+01	1,87E+03	1,87E+03	0,0291	88,33	50
6,25E+01	2,14E+03	2,14E+03	0,0292	88,33	50
7,12E+01	7,81E+02	2,44E+03	0,0292	88,33	50
8,05E+01	2,75E+03	2,75E+03	0,0292	88,32	50
9,04E+01	3,09E+03	3,09E+03	0,0293	88,32	50
1,01E+02	3,44E+03	3,44E+03	0,0293	88,32	50
1,12E+02	3,81E+03	3,81E+03	0,0293	88,32	50
1,24E+02	4,20E+03	4,20E+03	0,0294	88,32	50
1,36E+02	4,62E+03	4,62E+03	0,0294	88,31	50
1,49E+02	5,04E+03	5,05E+03	0,0295	88,31	50
1,63E+02	5,49E+03	5,49E+03	0,0296	88,3	50
1,77E+02	5,96E+03	5,97E+03	0,0296	88,3	50

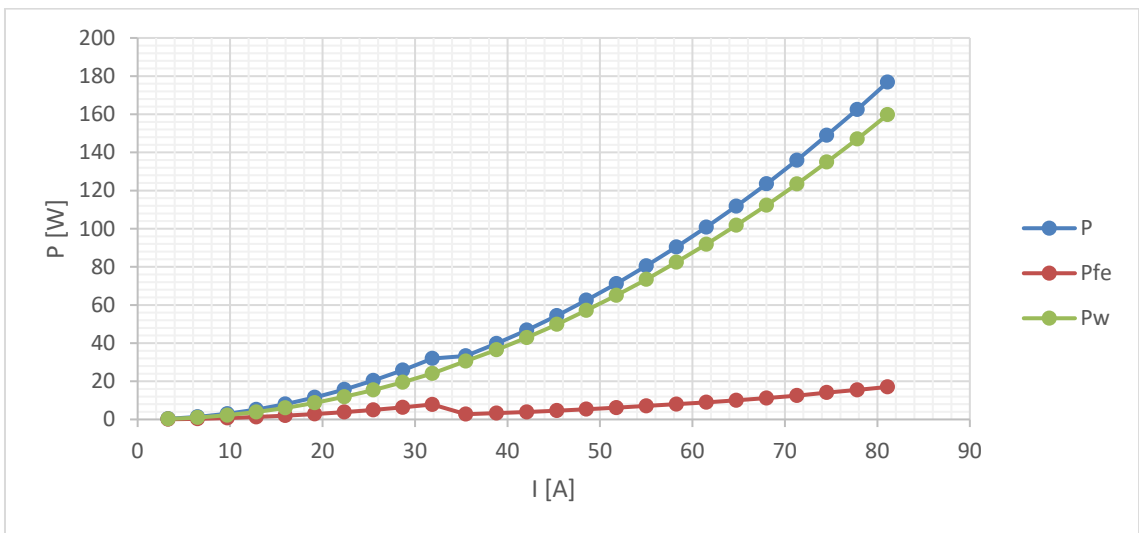
Ru	Rv	Rw	Lu	Lv	Lw	Pfe	Pw
0,0087	0,0079	0,0078	0,001038288	0,001055	0,001072	0,088866	0,249134
0,0087	0,0079	0,0078	0,000963177	0,000975	0,000972	0,32972	0,98028
0,0087	0,0079	0,0078	0,00094597	0,000963	0,000955	0,74824	2,21176
0,0087	0,0079	0,0078	0,000943467	0,000952	0,000943	1,29236	3,88764
0,0087	0,0079	0,0078	0,000941246	0,00095	0,000941	1,992141	6,037859
0,0087	0,0079	0,0078	0,000939826	0,000949	0,000939	2,845174	8,704826
0,0087	0,0079	0,0078	0,000939256	0,000948	0,000938	3,849985	11,84001
0,0087	0,0079	0,0078	0,000939421	0,000947	0,000937	4,995741	15,41426
0,0087	0,0079	0,0078	0,000939513	0,000948	0,000938	6,299099	19,5109
0,0087	0,0079	0,0078	0,000940225	0,00095	0,000939	7,824248	24,12575
0,0087	0,0079	0,0078	0,000945506	0,000946	0,000939	2,737405	30,5526
0,0087	0,0079	0,0078	0,000945893	0,000947	0,00094	3,311814	36,48819
0,0087	0,0079	0,0078	0,000946353	0,000947	0,00094	3,90105	42,89895
0,0087	0,0079	0,0078	0,000946252	0,000948	0,000941	4,587318	49,81268
0,0087	0,0079	0,0078	0,000946045	0,000948	0,000941	5,338245	57,16175
0,0087	0,0079	0,0078	0,00094602	0,000948	0,000941	6,141393	65,05861
0,0087	0,0079	0,0078	0,000945825	0,000948	0,00094	7,079589	73,42041
0,0087	0,0079	0,0078	0,000945919	0,000948	0,00094	7,982674	82,41733
0,0087	0,0079	0,0078	0,000946265	0,000947	0,00094	8,96122	91,83878
0,0087	0,0079	0,0078	0,000946039	0,000947	0,000939	9,99545	101,8046
0,0087	0,0079	0,0078	0,0009453	0,000946	0,000939	11,18346	112,3165
0,0087	0,0079	0,0078	0,000945139	0,000945	0,000938	12,4946	123,4054
0,0087	0,0079	0,0078	0,000944448	0,000944	0,000938	14,07185	134,9282
0,0087	0,0079	0,0078	0,000943473	0,000944	0,000937	15,47701	147,023
0,0087	0,0079	0,0078	0,000943091	0,000944	0,000937	17,0262	159,7738



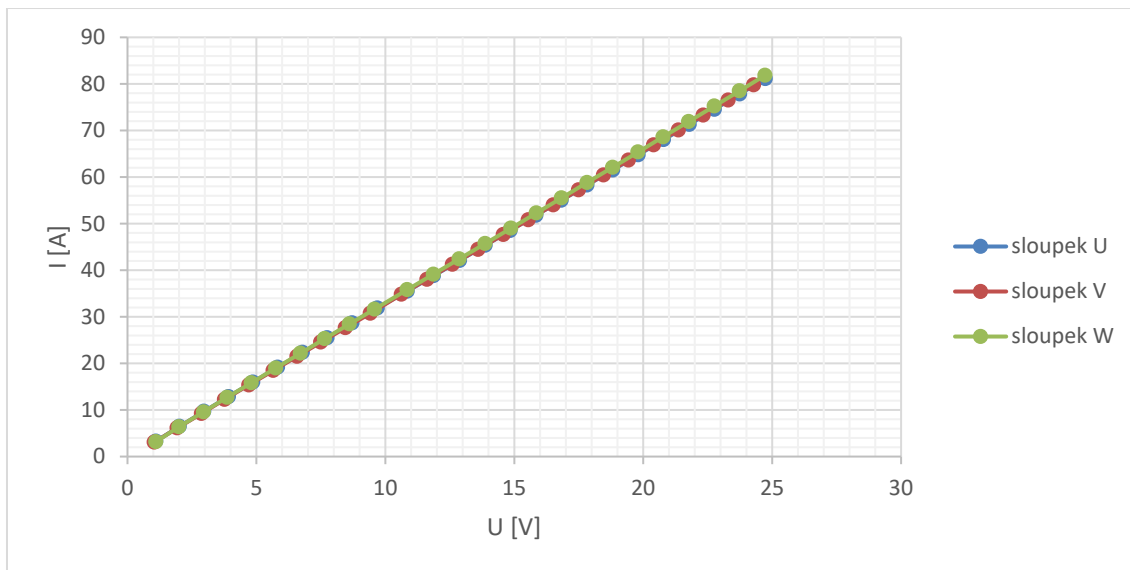
obr. 65  $P = f(U)$  – tlumivka Vzorek H



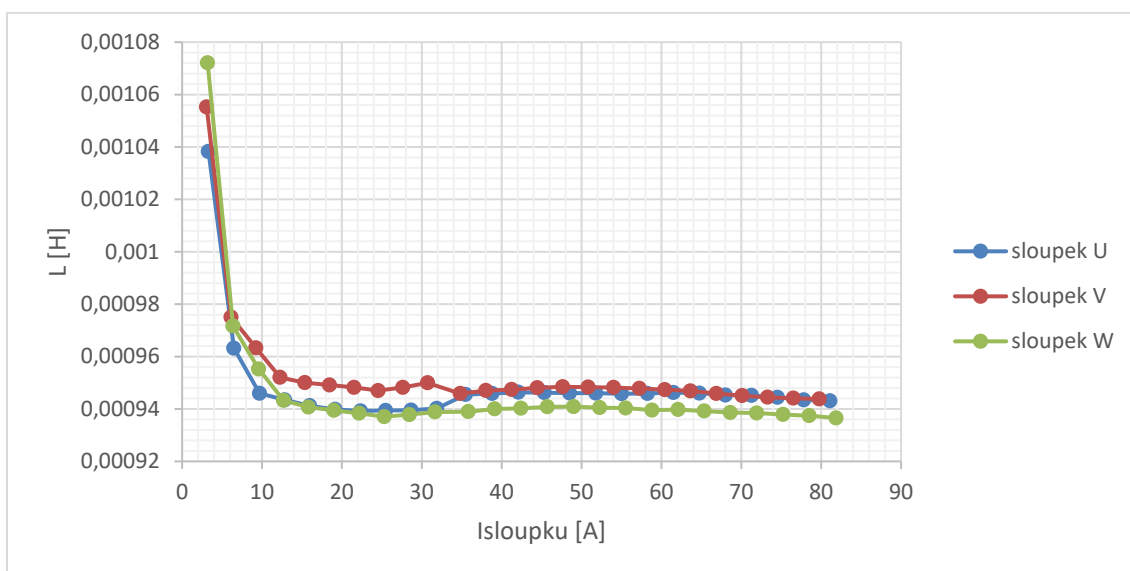
obr. 66  $P = f(I)$  – tlumivka Vzorek H



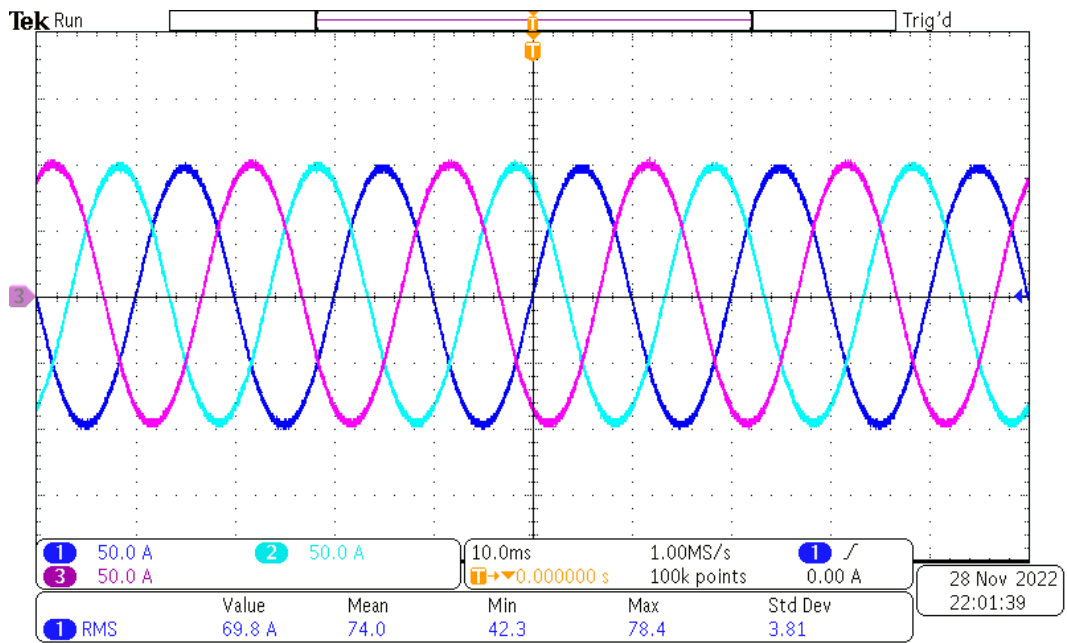
obr. 67  $P_x = f(I)$  – tlumivka Vzorek H



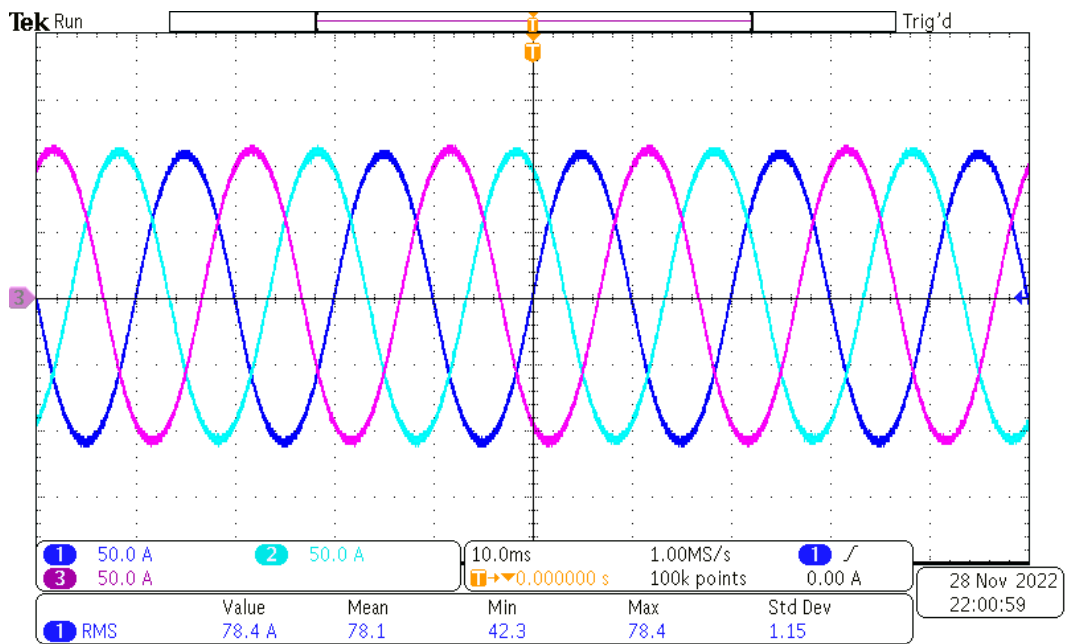
obr. 68  $I = f(U)$  – tlumivka Vzorek H



obr. 69  $L = f(I)$  – tlumivka Vzorek H



obr. 70 Oscilograf pro jmenovité napětí - Vzorek H



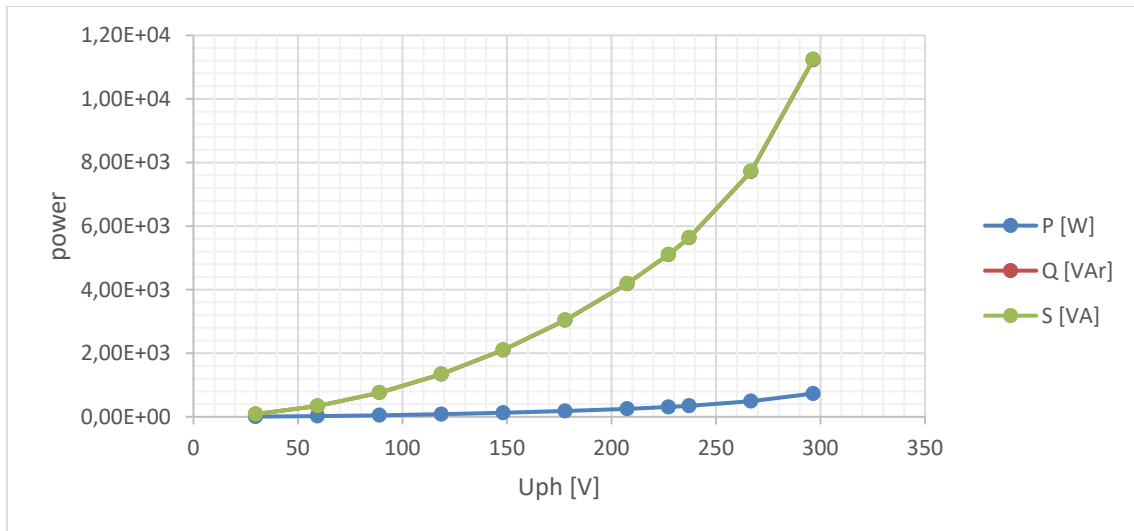
obr. 71 Oscilograf pro 1,3 násobek jmenovitého napětí – Vzorek H

**Unicore M50-50A – 16.2.2023**

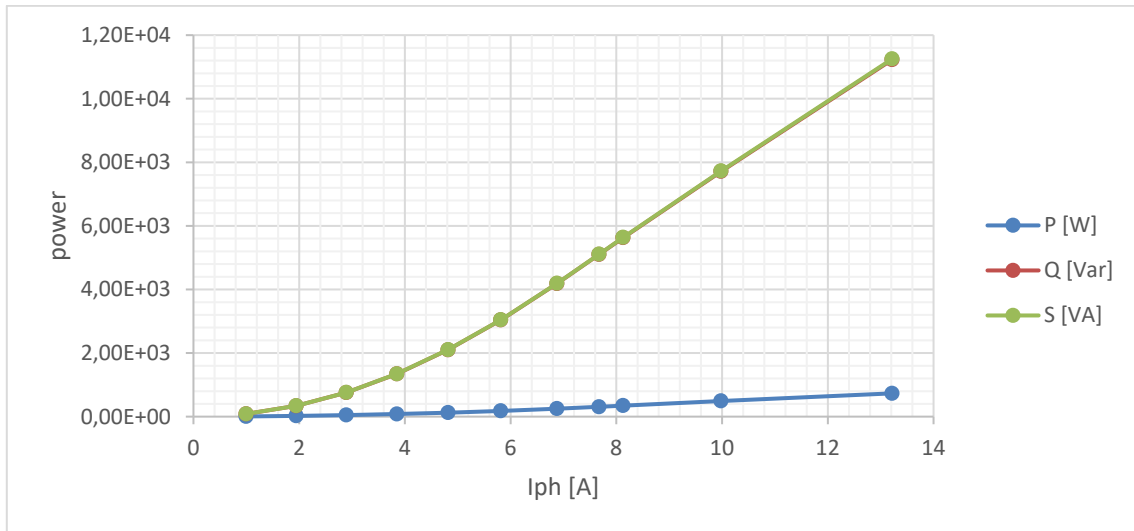
StoreNo	Urms-4	Irms-4	Urms-5	Irms-5	Urms-6	Irms-6
1	29,718	0,998	30,06	0,955	30,425	0,94
2	59,385	1,945	60,094	1,878	60,846	1,834
3	89,01	2,893	90,09	2,801	91,28	2,732
4	118,6	3,848	120,05	3,725	121,71	3,636
5	148,21	4,818	150,03	4,656	152,15	4,554
6	177,85	5,815	180,01	5,6	182,6	5,495
7	207,51	6,877	209,98	6,579	213,05	6,497
8	227,25	7,674	229,94	7,279	233,39	7,251
9	237,15	8,128	239,92	7,666	243,57	7,681
10	266,75	9,981	269,83	9,174	274,14	9,448
11	296,51	13,218	299,96	11,708	304,98	12,534

P-SIGMA	Q-SIGMA	S-SIGMA	PF-SIGMA	Phi-SIGMA	FreqU-4
6,50E+00	8,67E+01	8,70E+01	0,0746	85,72	50,004
2,29E+01	3,39E+02	3,40E+02	0,0673	86,14	49,998
4,80E+01	7,58E+02	7,59E+02	0,0632	86,38	50
8,21E+01	1,34E+03	1,35E+03	0,061	86,51	49,994
1,26E+02	2,10E+03	2,11E+03	0,0597	86,58	49,998
1,81E+02	3,04E+03	3,05E+03	0,0593	86,6	50,002
2,50E+02	4,19E+03	4,19E+03	0,0597	86,58	49,998
3,09E+02	5,10E+03	5,11E+03	0,0605	86,53	50,001
3,45E+02	5,63E+03	5,64E+03	0,0611	86,49	49,99
4,91E+02	7,71E+03	7,73E+03	0,0635	86,36	50,001
7,32E+02	1,12E+04	1,13E+04	0,065	86,27	50,005

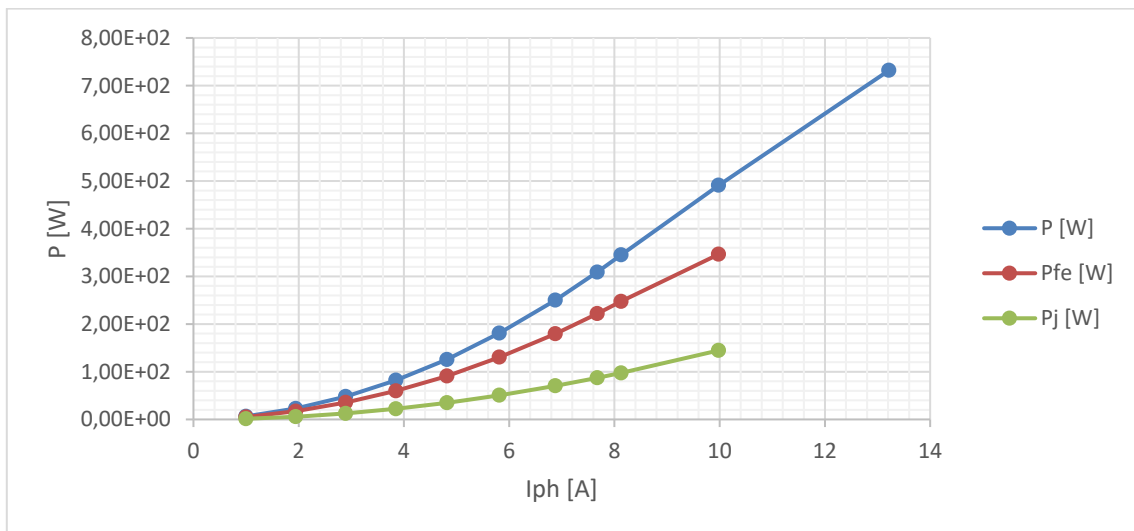
Ru	Rv	Rw	Lu	Lv	Lw	Pfe	Pw
0,509	0,542	0,542	0,093168	0,09846	0,101294	5,02E+00	1,480195
0,509	0,542	0,542	0,095567	0,100135	0,103884	1,72E+01	5,660178
0,509	0,542	0,542	0,096327	0,100654	0,104627	3,54E+01	12,55776
0,509	0,542	0,542	0,096491	0,100872	0,104837	5,99E+01	22,22291
0,509	0,542	0,542	0,096294	0,100848	0,104627	9,09E+01	34,80563
0,509	0,542	0,542	0,095738	0,10059	0,104046	1,30E+02	50,57426
0,509	0,542	0,542	0,094426	0,099873	0,102659	1,80E+02	70,41009
0,509	0,542	0,542	0,092659	0,098825	0,100728	2,22E+02	87,18913
0,509	0,542	0,542	0,091251	0,097915	0,099233	2,48E+02	97,45557
0,509	0,542	0,542	0,083442	0,091896	0,090633	3,46E+02	144,7042



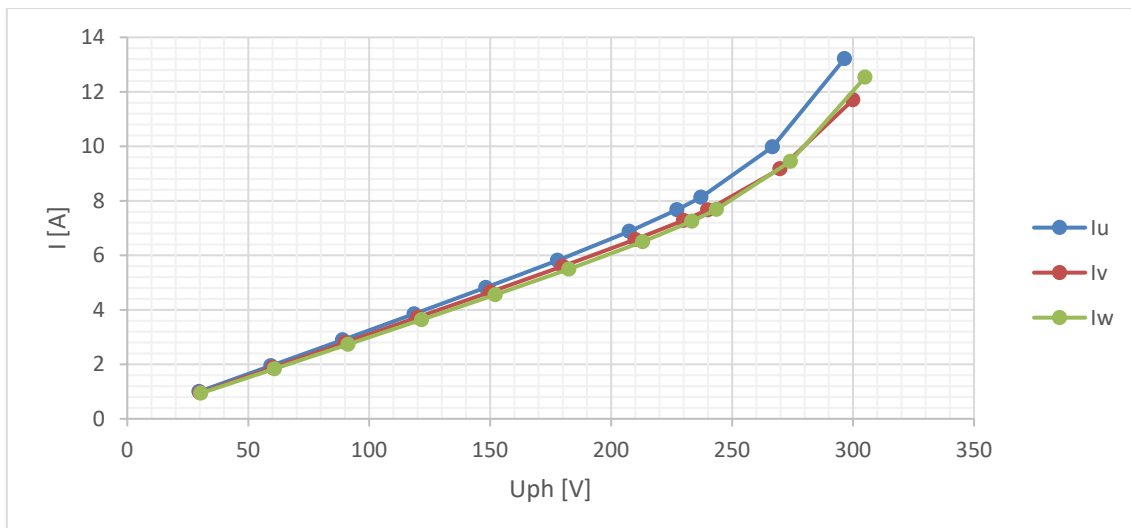
obr. 72  $P = f(U)$  – tlumivka Vzorek Unicore M530-50A – 16.2.2023



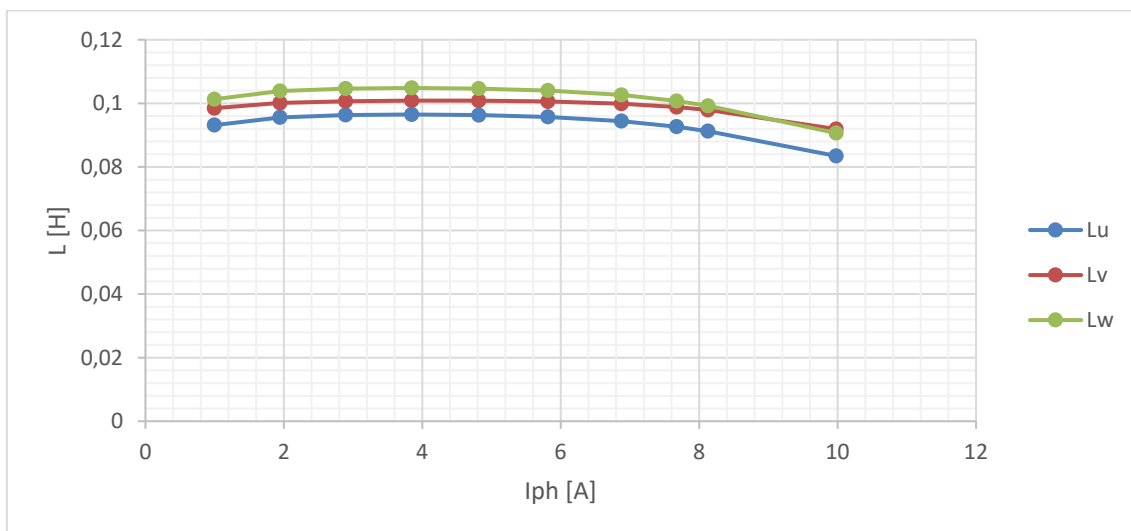
obr. 73  $P = f(I)$  – tlumivka Vzorek Unicore M530-50A – 16.2.2023



obr. 74  $P_x = f(I)$  – tlumivka Vzorek Unicore M530-50A – 16.2.2023

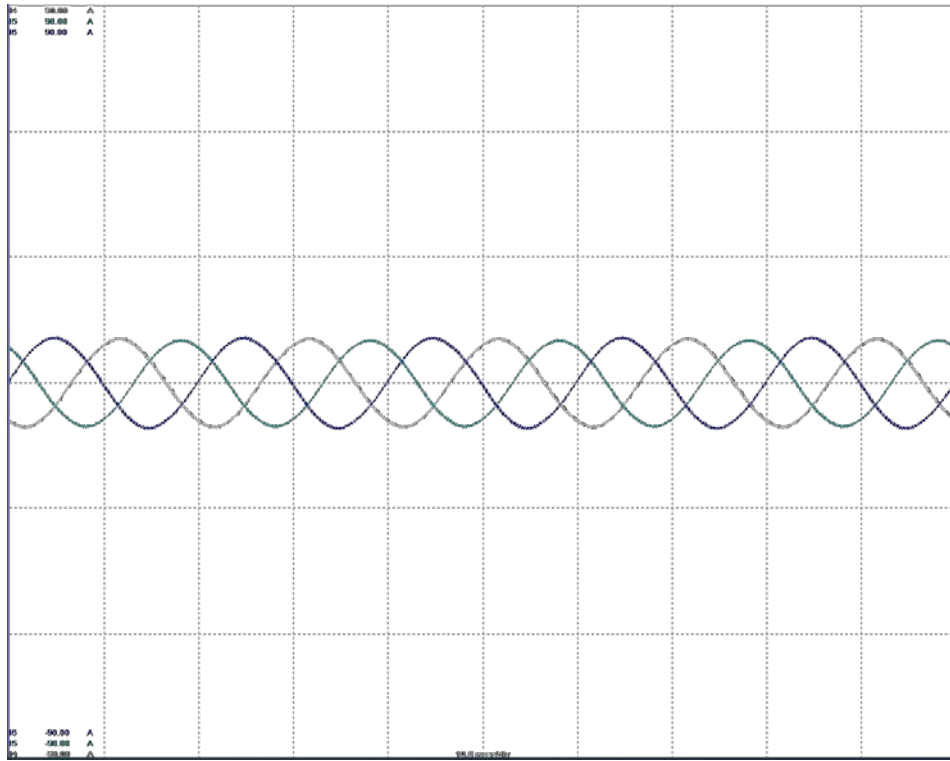


obr. 75  $I = f(U)$  – tlumivka Vzorek Unicore M530-50A – 16.2.2023

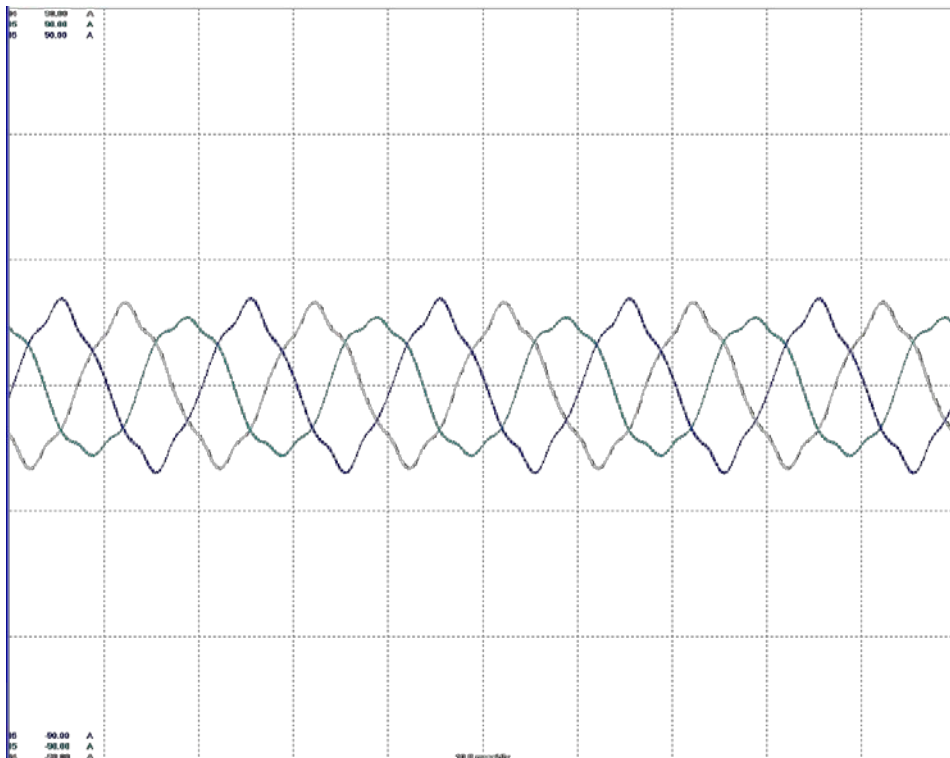


obr. 76  $L = f(I)$  – tlumivka Vzorek Unicore M530-50A – 16.2.2023





obr. 77 Oscilograf pro jmenovité napětí - Vzorek Unicore M530-50A – 16.2.2023



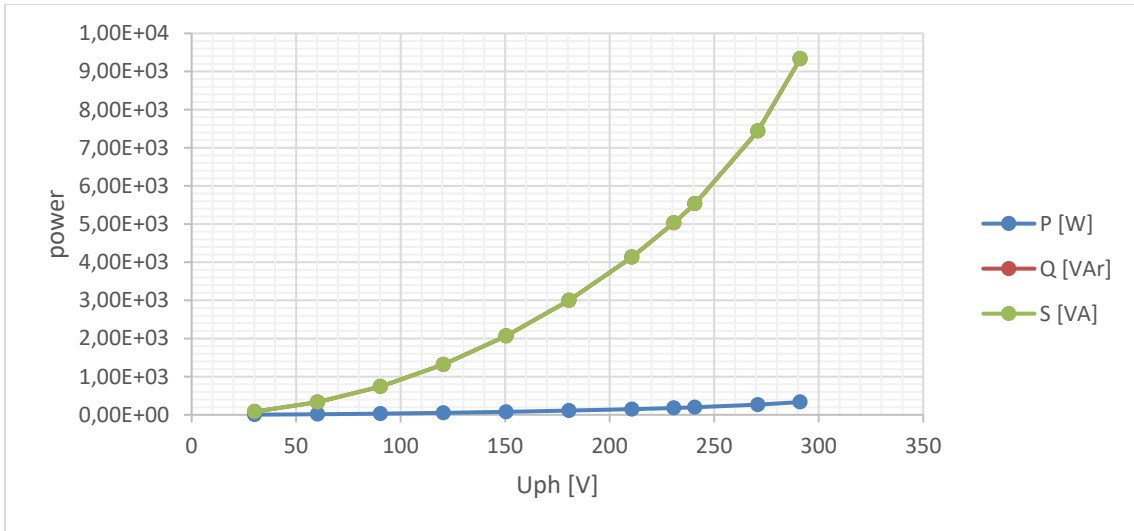
obr. 78 Oscilograf pro 1,3 násobek jmenovitého napětí - Vzorek Unicore M530-50A-16.2.2023

### 3D stahovací – 16.2.2023

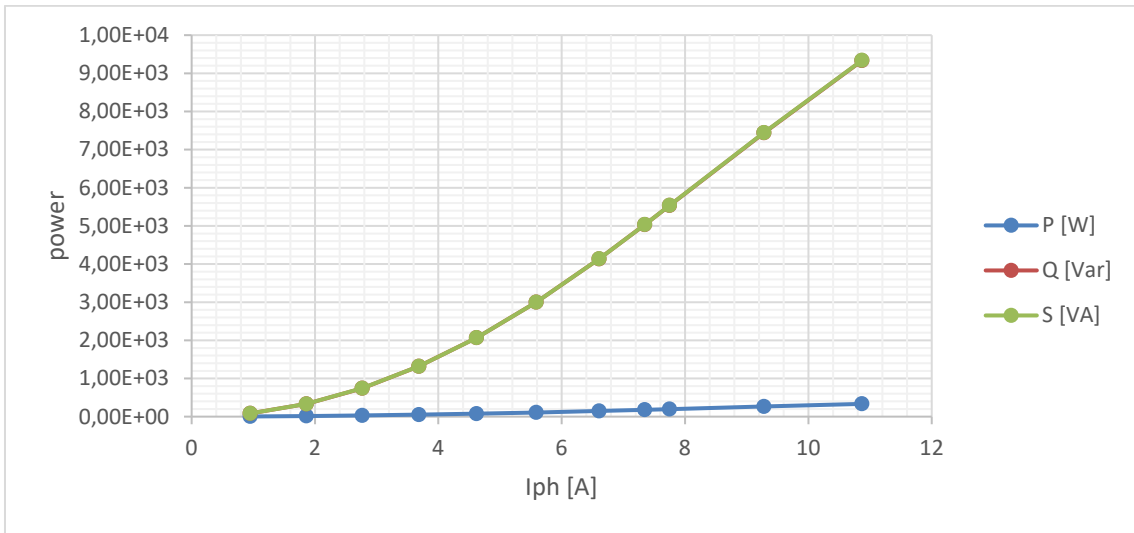
StoreNo	Urms-4	Irms-4	Urms-5	Irms-5	Urms-6	Irms-6
1	30,178	0,952	30,052	0,924	29,977	0,945
2	60,311	1,861	60,06	1,82	59,947	1,851
3	90,39	2,767	90,04	2,715	89,95	2,758
4	120,45	3,685	120,01	3,62	119,94	3,677
5	150,48	4,621	149,96	4,539	149,94	4,614
6	180,57	5,588	179,95	5,482	179,94	5,584
7	210,67	6,608	209,91	6,466	209,96	6,609
8	230,74	7,348	229,9	7,169	229,99	7,35
9	240,79	7,749	239,91	7,547	239,99	7,752
10	270,91	9,281	269,92	8,958	270,1	9,298
11	291,17	10,869	290,08	10,374	290,35	10,896

P-SIGMA	Q-SIGMA	S-SIGMA	PF-SIGMA	Phi-SIGMA	FreqU-4
4,40E+00	8,47E+01	8,48E+01	0,0519	87,02	72,734
1,49E+01	3,32E+02	3,33E+02	0,0447	87,44	49,996
3,02E+01	7,42E+02	7,43E+02	0,0407	87,67	50,002
5,06E+01	1,32E+03	1,32E+03	0,0384	87,8	50
7,66E+01	2,07E+03	2,07E+03	0,0371	87,88	50,005
1,09E+02	3,00E+03	3,00E+03	0,0362	87,93	50,001
1,48E+02	4,13E+03	4,14E+03	0,0357	87,95	49,993
1,79E+02	5,03E+03	5,03E+03	0,0355	87,96	50,005
1,97E+02	5,53E+03	5,54E+03	0,0355	87,96	49,997
2,65E+02	7,44E+03	7,44E+03	0,0356	87,96	49,996
3,34E+02	9,33E+03	9,34E+03	0,0358	87,95	49,989

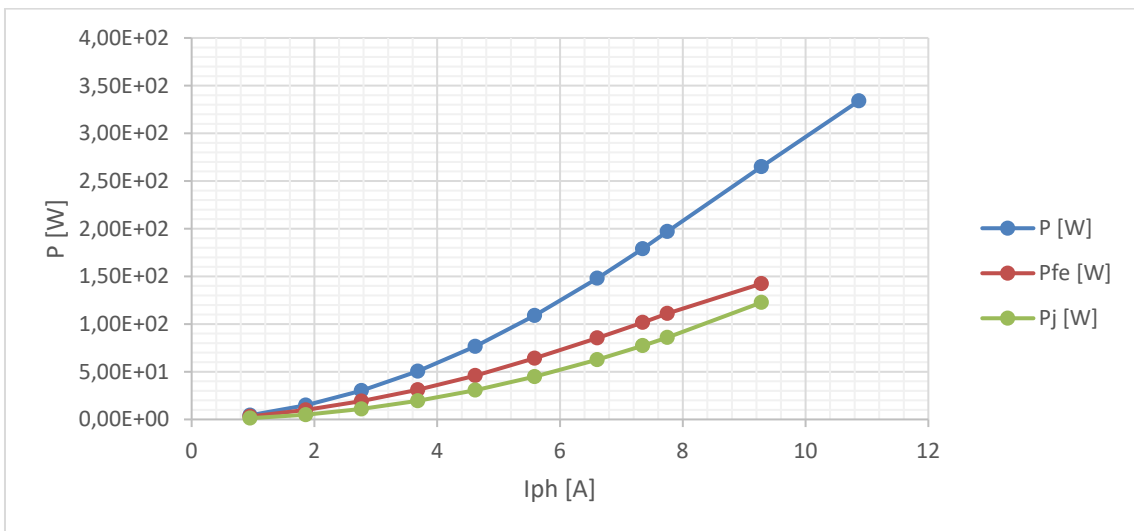
Ru	Rv	Rw	Lu	Lv	Lw	Pfe	Pw
0,485	0,486	0,484	0,099367	0,070104	0,068354	3,11E+00	1,286717
0,485	0,486	0,484	0,10161	0,103504	0,101556	9,95E+00	4,947818
0,485	0,486	0,484	0,102439	0,104013	0,10227	1,92E+01	10,97729
0,485	0,486	0,484	0,102491	0,103979	0,102289	3,11E+01	19,4985
0,485	0,486	0,484	0,10211	0,103606	0,10189	4,59E+01	30,67322
0,485	0,486	0,484	0,101329	0,102938	0,10103	6,42E+01	44,84155
0,485	0,486	0,484	0,099927	0,101802	0,099597	8,54E+01	62,63768
0,485	0,486	0,484	0,098417	0,100521	0,098052	1,02E+02	77,3113
0,485	0,486	0,484	0,097375	0,099646	0,097009	1,11E+02	85,88925
0,485	0,486	0,484	0,09139	0,094373	0,090933	1,42E+02	122,619



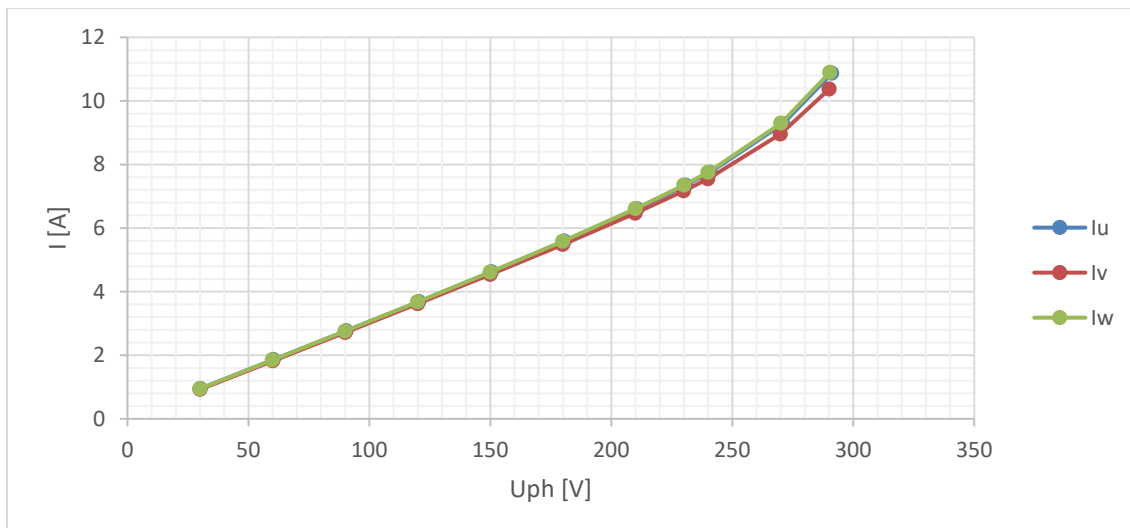
obr. 79  $P = f(U)$  – tlumivka Vzorek 3D stahovací – 16.2.2023



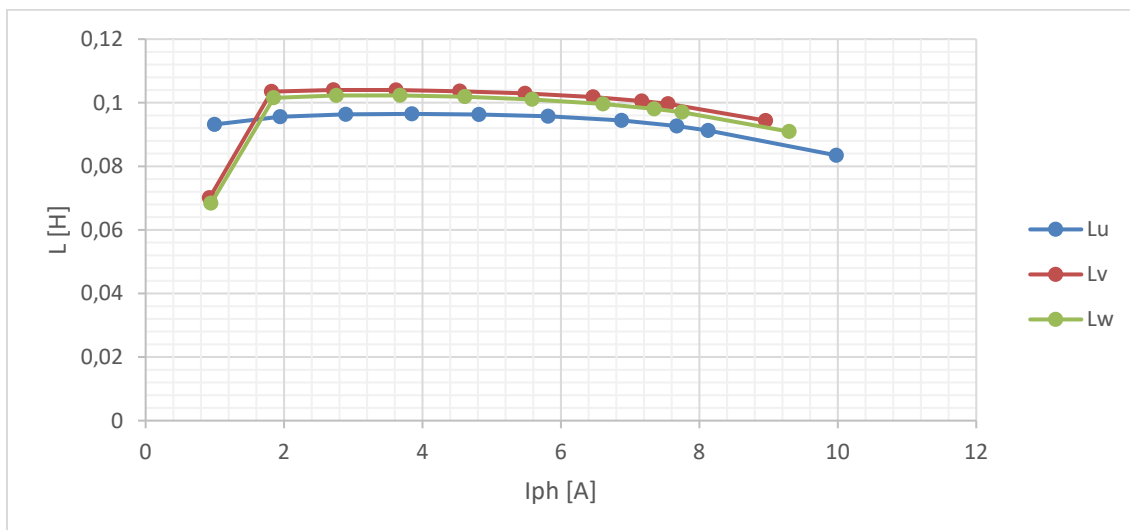
obr. 80  $P = f(I)$  – tlumivka Vzorek 3D stahovací – 16.2.2023



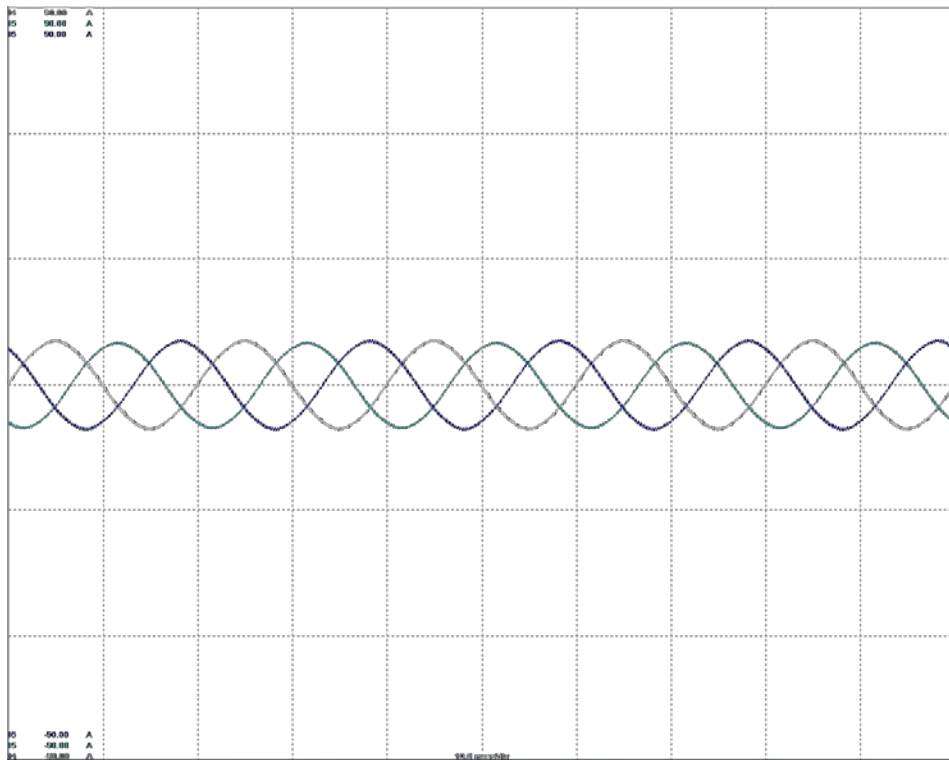
obr. 81  $P_x = f(I)$  – tlumivka Vzorek 3D stahovací – 16.2.2023



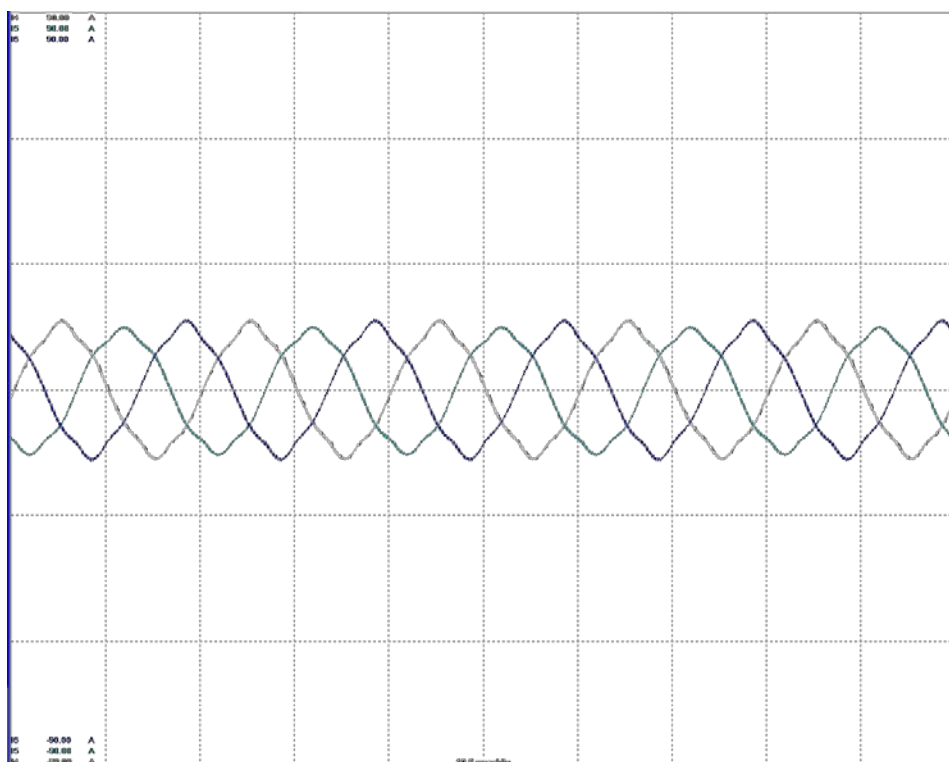
obr. 82  $I = f(U)$  – tlumivka Vzorek 3D stahovací – 16.2.2023



obr. 83  $L = f(I)$  – tlumivka Vzorek 3D stahovací – 16.2.2023



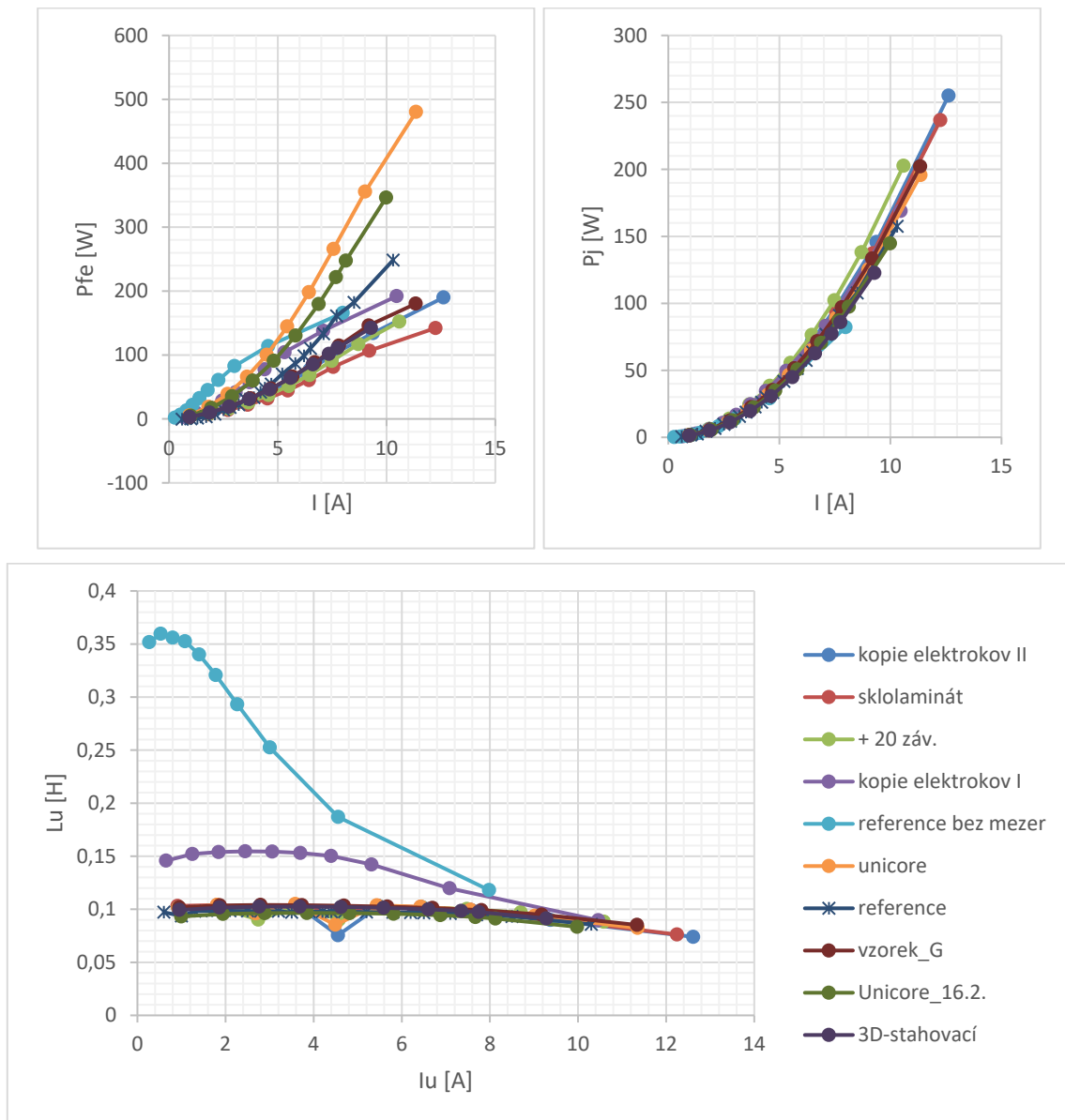
obr. 84 Oscilograf pro jmenovité napětí - Vzorek 3D stahovací – 16.2.2023



obr. 85 Oscilograf pro 1,3 násobek jmenovitého napětí - Vzorek 3D stahovací – 16.2.2023

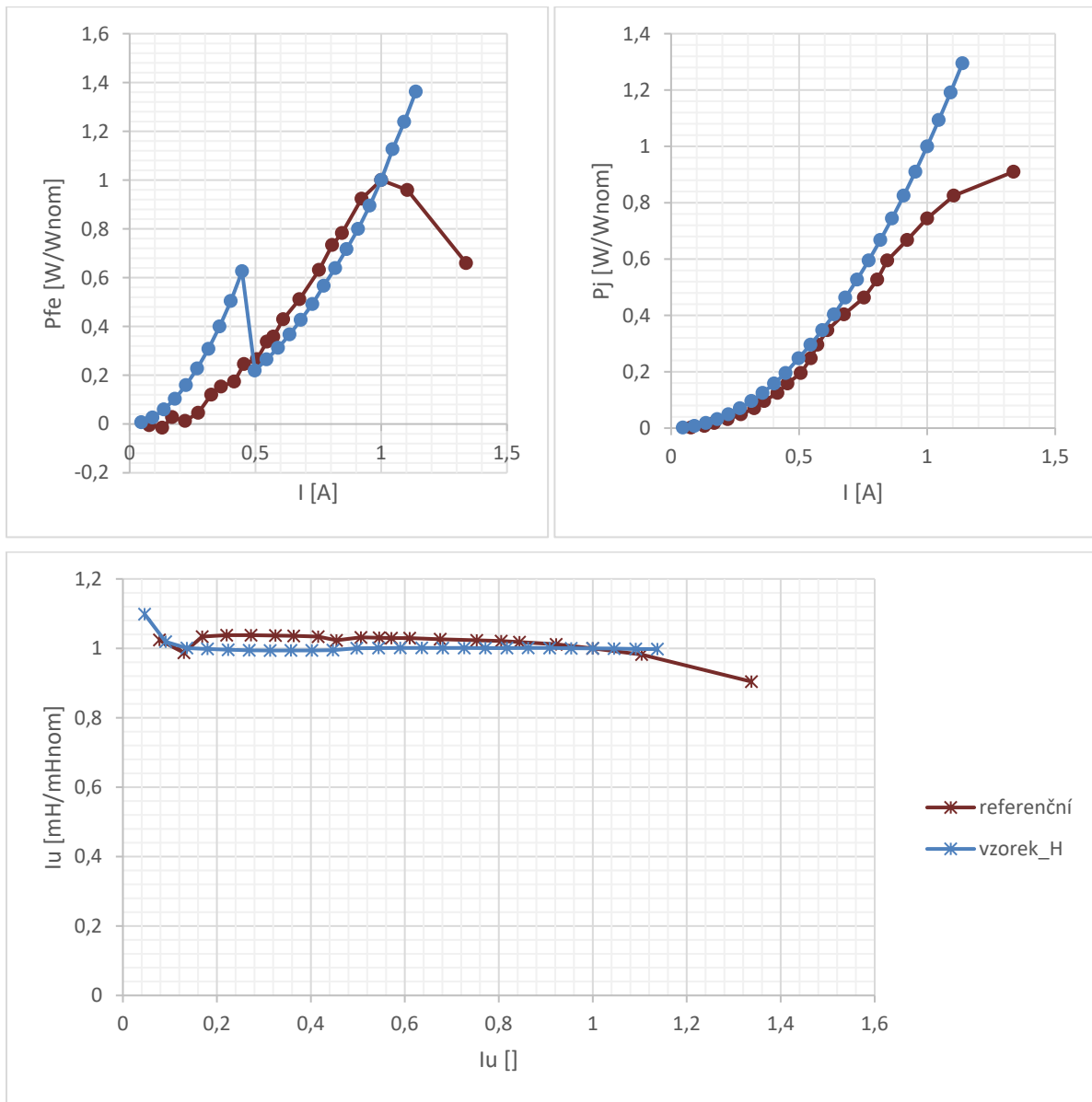
## 4 Závěr

Hlavní výstup popsaného měření je srovnání jednotlivých tlumivek z kapitoly 3.1. Především pak rozložení činných ztrát mezi ztráty v magnetickém obvodu a ztráty ve vinutí. Závislost mezi indukčností a budícím proudem je také důležitá pro kvalitní vyhodnocení.



Důležitý výstup také tvoří oscilografy jednotlivých tlumivek při napětí jmenovitém a 1,3 násobku jmenovitého napětí. Tyto jsou uvedeny v kapitole 3.2. Zde je pozorovatelná změna tvaru proudu vlivem magnetizace magnetického obvodu. V případě tlumivky Reference bez mezer je změna průběhu proudu nežádoucí již od jmenovitého napětí. V ostatních případech nastává změna až pro vyšší hladiny napájecího napětí.

Zhodnocení pro případ vstupní tlumivky reprezentuje následující grafika coby výběr z kapitoly 3.2. Absolutní hodnoty tlumivky „Vzorku\_H“ jsou uvedeny v kapitole 3.3.



## Literatura

- [1] California Instruments, Ametek, series MX, datasheet, available online on: <https://www.programmablepower.com/products/test-compliance/e2aac536-dd69-4564-9c79-843e65f4bacc>
- [2] Yokogawa, model WT1800E datasheet, available online on: <https://cdn.tmi.yokogawa.com/IMWT1801E-01EN.pdf>
- [3] Yokogawa, model WT1800E brochure, available online on: <https://cdn.tmi.yokogawa.com/1/2678/files/BUWT1800E-01EN.pdf>
- [4] Seaward, model cropico DO 500 datasheet, available online on: <https://www.seaward.com/gb/support/resistance/930076-cropico-do5000/specifications-and-manuals/342-do5000-series-datsheet/>
- [5] Skala B a kolektiv, Protokol o měření kompenzační tlumivky TTc 34075 – 0024, výzkumná zpráva, ZČU/FEL/ RICE, 2022.
- [6] Skala B a kolektiv, Měnič - ELZAT verze: CAS 300 V1\_3ph, výzkumná zpráva, ZČU/FEL/ RICE, 2023, číslo: 22190-008-2023
- [7] Skala B a kolektiv, Měření dekompenzačních tlumivek při proudech o vyšších harmonických, výzkumná zpráva, ZČU/FEL/ RICE, 2023, číslo: 22190-009-2023
- [8] Skala B a kolektiv, Měření opakovatelnosti dekompenzačních tlumivek na sinusovém zdroji, výzkumná zpráva, ZČU/FEL/ RICE, 2023, číslo: 22190-011-2023
- [9] Texas Instruments, F28335, dokumentace aj., dostupné online z: <https://www.ti.com/product/TMS320F28335>
- [10] Košan T, MLC interface V3, ZČU/FEL/RICE



## Seznam obrázků, tabulek a rovnic

Tab. I Použité přístroje.....	6
obr. 1 Schéma zapojení měřícího stanoviště .....	6
obr. 2 Skladba harmonického spektra napájecího napětí pro $U_n$ a $1,3U_n$ (Kopie elektrokov I) .....	8
obr. 3 Skladba harmonického spektra napájecího proudu pro $U_n$ a $1,3U_n$ (Kopie elektrokov I) .....	8
Tab. II Struktura ukládání měřených hodnot a nastavení .....	9
Tab. III Struktura ukládání dopočtených hodnot .....	9
rov. 1	10
rov. 2	10
rov. 3	10
rov. 4	10
rov. 5	10
rov. 6	10
Tab. IV Označení tlumivek a jejich základní parametry.....	11
obr. 4 Porovnání parazitního sériového odporu .....	12
obr. 5 Porovnání průměrné indukčnosti $L_{av}$ .....	12
obr. 6 $I = f(U)$ .....	14
obr. 7 $L = f(I)$ .....	15
obr. 8 $P = f(I)$ .....	16
obr. 9 $Q = f(I)$ .....	17
obr. 10 $S = f(I)$ .....	18
obr. 11 $P_{Fe} = f(I)$ .....	19
obr. 12 $P_j = f(I)$ .....	20
obr. 13 Power factor = $f(I)$ .....	21
obr. 14 Phase = $f(I)$ .....	22
obr. 15 $I_u = f(U_u)$ – poměrné .....	23
obr. 16 $L_u = f(I_u)$ – poměrné.....	23
obr. 17 $P = f(I_u)$ - poměrné .....	24
obr. 18 $Q = f(I_u)$ - poměrné.....	24
obr. 19 $S = f(I_u)$ – poměrné.....	24
obr. 20 $P_{Fe} = f(I_u)$ - poměrné .....	25
obr. 21 $P_j = f(I_u)$ – poměrné.....	25
obr. 22 PF = $f(I_u)$ – poměrné.....	26
obr. 23 Phase = $f(I_u)$ - poměrné.....	26
Tab. V Naměřené hodnoty pro tlumivku Elektrokov II.....	28
obr. 24 $I = f(U)$ – tlumivka Kopie Elektrokov II .....	29
obr. 25 Power = $f(I)$ – tlumivka Kopie Elektrokov II.....	29
obr. 26 $P = f(I)$ – tlumivka Kopie Elektrokov II .....	30
obr. 27 $L = f(U)$ – tlumivka Kopie Elektrokov II.....	30
obr. 28 – Oscilograf pro jmenovité napětí – Kopie Elektrokov II.....	31
Tab. VI Naměřené hodnoty pro tlumivku Sklolaminát.....	32
obr. 29 $I = f(U)$ – tlumivka Sklolaminát .....	33
obr. 30 Power = $f(I)$ – tlumivka Sklolaminát.....	33
obr. 31 $P = f(I)$ – tlumivka Sklolaminát.....	34

obr. 32	$L = f(I)$ – tlumivka Sklolaminát .....	34
obr. 33	– Oscilograf pro jmenovité napětí – Sklolaminát.....	35
Tab. VII	Naměřené hodnoty pro tlumivku + 20 závitů .....	36
obr. 34	$I = f(U)$ – tlumivka + 20 závitů .....	37
obr. 35	Power = $f(I)$ – tlumivka + 20 závitů .....	37
obr. 36	$P = f(I)$ – tlumivka + 20 závitů .....	38
obr. 37	$L = f(I)$ – tlumivka + 20 závitů.....	38
obr. 38	– Oscilograf pro jmenovité napětí – + 20 závitů .....	39
obr. 39	– Oscilograf pro 1,3 násobek jmenovitého napětí – + 20 závitů .....	39
Tab. VIII	Naměřené hodnoty pro tlumivku Elektrokov I.....	40
obr. 40	$I = f(U)$ – tlumivka Kopie Elektrokov I .....	41
obr. 41	Power = $f(I)$ – tlumivka Kopie Elektrokov I.....	41
obr. 42	$P = f(I)$ – tlumivka Kopie Elektrokov I .....	42
obr. 43	$L = f(I)$ – tlumivka Kopie Elektrokov I .....	42
obr. 44	– Oscilograf pro jmenovité napětí – Kopie Elektrokov I.....	43
obr. 45	– Oscilograf pro 1,3 násobek jmenovitého napětí – Kopie Elektrokov I .....	43
Tab. IX	Naměřené hodnoty pro tlumivku Reference bez mezer .....	44
obr. 46	$I = f(U)$ – tlumivka Reference bez mezer.....	45
obr. 47	Power = $f(I)$ – tlumivka Reference bez mezer .....	45
obr. 48	$P = f(I)$ – tlumivka Reference bez mezer .....	46
obr. 49	$L = f(I)$ – tlumivka Reference bez mezer .....	46
obr. 50	– Oscilograf pro jmenovité napětí – Reference bez mezer .....	47
obr. 51	– Oscilograf pro 1,3 násobek jmenovitého napětí – Reference bez mezer.....	47
Tab. X	Naměřené hodnoty pro tlumivku Unicore .....	48
obr. 52	$I = f(U)$ – tlumivka Unicore.....	49
obr. 53	Power = $f(I)$ – tlumivka Unicore.....	49
obr. 54	$P = f(I)$ – tlumivka Unicore .....	50
obr. 55	$L = f(I)$ – tlumivka Unicore .....	50
obr. 56	– Oscilograf pro jmenovité napětí – Unicore.....	51
obr. 57	– Oscilograf pro 1,3 násobek jmenovitého napětí – Unicore.....	51
Tab. XI	– Naměřené hodnoty pro tlumivku Vzorek G .....	52
obr. 58	$I = f(U)$ – tlumivka Vzorek G.....	53
obr. 59	Power = $f(I)$ – tlumivka Vzorek G .....	53
obr. 61	$I = f(U)$ – tlumivka Vzorek G.....	54
obr. 62	$L = f(I)$ – tlumivka Vzorek G.....	54
obr. 63	Oscilograf pro jmenovité napětí - Vzorek G - Un .....	55
obr. 64	Oscilograf pro 1,3 násobek jmenovitého napětí – Vzorek G.....	55
Tab. XII	Naměřené hodnoty pro tlumivku Vzorek H .....	56
obr. 65	$P = f(U)$ – tlumivka Vzorek H.....	59
obr. 66	$P = f(I)$ – tlumivka Vzorek H .....	59
obr. 68	$I = f(U)$ – tlumivka Vzorek H.....	60
obr. 69	$L = f(I)$ – tlumivka Vzorek H.....	60
obr. 70	Oscilograf pro jmenovité napětí - Vzorek H.....	61
obr. 71	Oscilograf pro 1,3 násobek jmenovitého napětí – Vzorek H.....	61
obr. 72	$P = f(U)$ – tlumivka Vzorek Unicore M530-50A – 16.2.2023 .....	63
obr. 73	$P = f(I)$ – tlumivka Vzorek Unicore M530-50A – 16.2.2023 .....	63
obr. 74	$P_x = f(I)$ – tlumivka Vzorek Unicore M530-50A – 16.2.2023 .....	63

obr. 75 $I = f(U)$ – tlumivka Vzorek Unicore M530-50A – 16.2.2023 .....	64
obr. 76 $L = f(I)$ – tlumivka Vzorek Unicore M530-50A – 16.2.2023 .....	64
obr. 77 Oscilograf pro jmenovité napětí - Vzorek Unicore M530-50A – 16.2.2023 .....	65
obr. 70 Oscilograf pro 1,3 násobek jmenovitého napětí - Vzorek Unicore M530-50A-16.2.2023 .....	65
obr. 79 $P = f(U)$ – tlumivka Vzorek 3D stahovací – 16.2.2023 .....	67
obr. 80 $P = f(I)$ – tlumivka Vzorek 3D stahovací – 16.2.2023 .....	67
obr. 81 $P_x = f(I)$ – tlumivka Vzorek 3D stahovací – 16.2.2023 .....	67
obr. 82 $I = f(U)$ – tlumivka Vzorek 3D stahovací – 16.2.2023 .....	68
obr. 83 $L = f(I)$ – tlumivka Vzorek 3D stahovací – 16.2.2023 .....	68
obr. 84 Oscilograf pro jmenovité napětí - Vzorek 3D stahovací – 16.2.2023 .....	69
obr. 85 Oscilograf pro 1,3 násobek jmenovitého napětí - Vzorek 3D stahovací – 16.2.2023 .....	69

## Historie revizí

Rev.	Kapitola	Popis změny	Datum	Jméno
0	Všechny	Vytvoření dokumentu	1.11.2022	M. zavřel
1	3.2 a 3.3	Doplnění z měření + úpravy v os. kap	29.11.2022	M. Zavřel
2	Vzorky z 16.2.23	doplnění	20.2.2023	M. Zavřel
3	Všechny	Publikování dokumentu	29.5.2023	M. Zavřel