

Měření trojfázového činného výkonu

Ondřej Šika

Obsah

1	Zadání	3
2	Teoretický úvod	3
2.1	Vznik a přenos třífázového proudu a napětí	3
2.2	Zapojení do hvězdy	3
2.3	Zapojení do trojúhelníku	3
2.4	Činný výkon	4
2.5	Elektrodynamický wattmetr	4
2.6	Měřicí transformátor proudu	4
3	Postup měření	5
4	Schéma zapojení	6
4.1	Měření třemi wattmetry	6
4.2	Měření třemi wattmetry (Aronovo zapojení)	6
4.3	Měření dvěmi wattmetry	7
5	Naměřené a vypočítané hodnoty	8
5.1	Tabulka hodnot pro měření třemi wattmetry	8
5.2	Tabulka hodnot pro měření dvěmi wattmetry	8
6	Grafy	9
6.1	Závislost činného výkonu na napětí(tři wattmetry)	9
6.2	Závislost činného výkonu na napětí (dva wattmetry)	10
6.3	Závislost účinníku na napětí	11
7	Závěr	12

1 Zadání

1. Změřte trojfázový činný výkon třemi a dvěma wattmetry pro případ symetrické zátěže (motoru nebo transformátoru - podle konkrétního zadání vyučujícího).
2. Z naměřených hodnot napětí a proudů vypočítejte zdánlivý výkon S a hodnotu účinníku $\cos\varphi$.
3. Z naměřených a vypočítaných hodnot vynesete grafickou závislost $P = f(U)$ a $\cos\varphi = f(U)$.
4. Grafické závislosti získané oběma metodami zakreslete do společného grafu.
5. V závěru porovnejte výsledky získané oběma metodami a zhodnoťte nakreslené průběhy.

2 Teoretický úvod

2.1 Vznik a přenos třífázového proudu a napětí

Otáčejí-li se mezi póly magnetu tři vodiče vzájemně posunuté o 120° , budou se v nich indukovat tři napětí, jejichž časový průběh bude vzájemně posunut rovněž o 120° , tj. o jednu třetinu kmitu.

2.2 Zapojení do hvězdy

Označujeme písmenem Y. Toto zapojení vznikne tak, že začátky všech cívek jsou spojeny do jednoho bodu, který nazýváme nulovým. Příslušný vodič je tak zvaný nulový vodič, označujeme jej N a spojujeme se zemí. Proud procházející fázovými vodiči je totožný s proudem v cívkách a říkáme mu proto fázový proud. Napětí mezi fázovým a nulovým vodičem je totožné s napětím na cívce a říkáme mu proto fázové napětí. Napětí mezi fázovými vodiči je dáno vektorovým rozdílem napětí dvou cívek a nazýváme je proto napětím sdruženým.

2.3 Zapojení do trojúhelníku

Označujeme písmenem D. Toto spojení vznikne tak, že začátek každé fáze je spojen s koncem následující fáze. Napětí mezi fázovými vodiči je totožné s napětím na cívkách a říkáme mu proto fázové napětí. Proud ve fázových vodičích je dán vektorovým rozdílem proudů dvou cívek a říkáme mu proto proud sdružený.

2.4 Činný výkon

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos(\varphi)$$

Pro měření činného výkonu se používají stejné typy zapojení jako u jalového výkonu, jen se nepřivádí na napěťovou cívku wattmetru napětí posunuté o 90°. Schémata viz. níže. Při zapojování použijeme ampérmetry, abychom předešli přetížení wattmetrů, nebo abychom včas přepnuli na nižší proudový rozsah.

2.5 Elektrodynamický wattmetr

Tradiční analogový wattmetr je elektrodynamický přístroj. Takové zařízení obsahuje dvojici cívek, z nichž jedna je pevná (tzv. proudová cívka) s co nejmenším odporem a druhá pohyblivá (tzv. napěťová cívka) s co největším odporem.

Proudová cívka je zapojena do série s měřeným elektrickým obvodem a napěťová cívka paralelně s měřeným obvodem. Na napěťové cívce je připevněna ručička, které na stupnici ukazuje měřený elektrický výkon. Proud protékající skrz proudovou cívku způsobí vytvoření elektromagnetického pole, které je úměrné protékajícímu proudu a jeho fázovému posunu. U napěťové cívky je konstrukčně (obvykle rezistorem velké hodnoty), omezený protékající proud. Elektromagnetická pole obou cívek se navzájem ovlivňují a v případě měření ve stejnosměrném obvodu je výsledná výchylka na stupnici úměrná jak napětí tak proudu (podle vztahu $P=UI$). Při měřeních ve střídavých obvodech lze elektrický výkon určit pomocí efektivních hodnot proudu a napětí a jejich vzájemného fázového posunu.

Oba obvody wattmetru (proudový a napěťový) mohou být nezávisle na sobě přetíženy. Může dojít k poškození přístroje i bez známého vychýlení ručky za okraj stupnice. Údaj na stupnici závisí totiž nejen na skutečných hodnotách proudu a napětí, ale i na účinníku. Pokud budeme měřit v obvodu s nízkým účinníkem, bude nám wattmetr ukazovat malou hodnotu i přes to, že bude proudově nebo napěťově přetížen.

Proto wattmetry obsahují nejen údaj o maximálním měřitelném výkonu, ale i o maximálních hodnotách proudu a napětí v měřeném obvodu.

2.6 Měřicí transformátor proudu

Měřicí transformátory proudu se používají ke změně rozsahů (zvětšení, někdy i zmenšení) střídavých ampérmetrů. Primární vinuti se připojí do série se zátěží, kterou protéká měřený proud a na sekundární vinutí měřicího transformátoru se připojují jednotlivé přístroje (ampérmetr, proudová cívka wattmetru, elektroměr...) sériově.

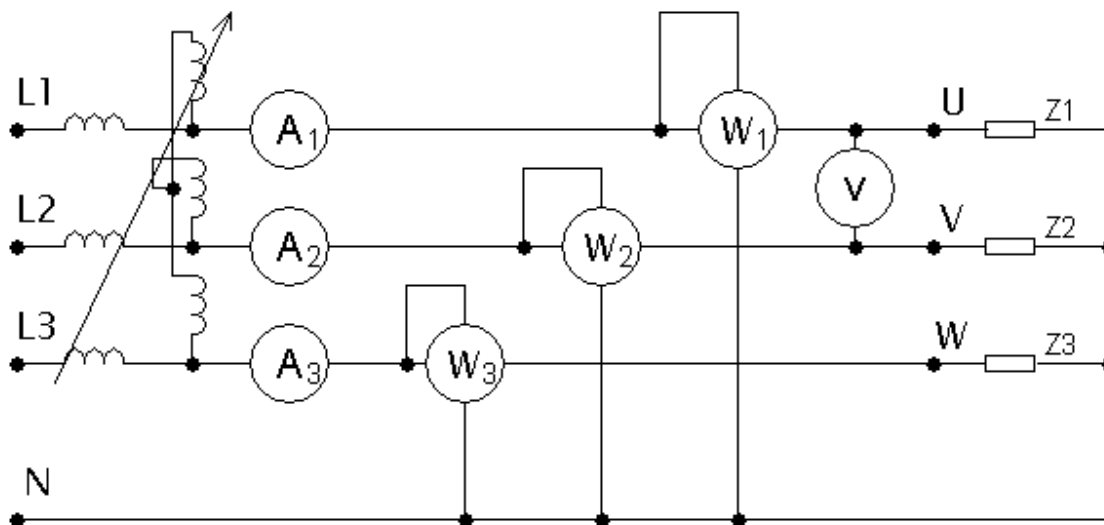
3 Postup měření

Přístroje jsme zapojili podle schématu pro měření činného výkonu třemi W-metry. Po kontrole zapojení jsme připojili zdroj proměnného napětí (indukční regulátor, booster) a nastavili první hodnotu napětí. Postupně jsme takto nastavovali další hodnoty napětí a odečítali příslušné hodnoty proudu na ampérmetrech a výkonů na wattmetrech. Zde je vhodnější zapisovat výchylky wattmetrů v dílcích a výkony později dopočítat na základě konstanty wattmetru.

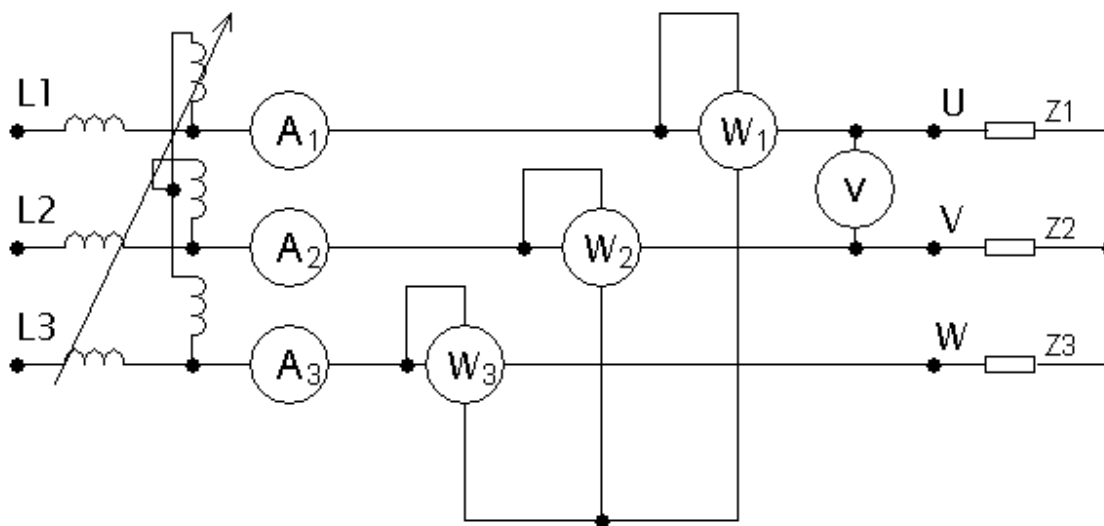
Po skončení měření jsme zapojili přístroje podle Aronova zapojení a opět jsme připojili zdroj proměnného napětí. Při měření jsme postupovali stejným způsobem jako u předchozí metody, naměřené hodnoty jsme zapisovali do tabulek. Po ukončení měření jsme nejprve snížili napětí zdroje na nulu a poté jsme jej odpojili.

4 Schéma zapojení

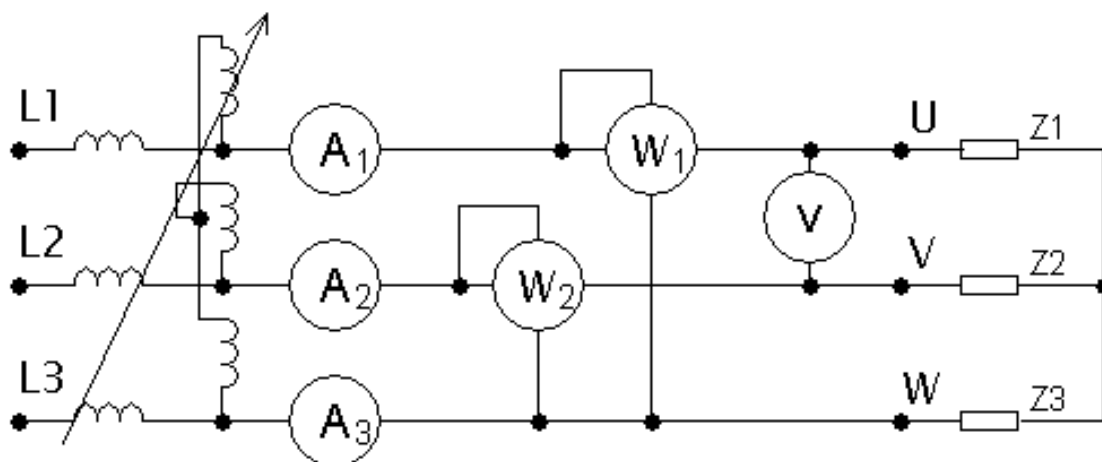
4.1 Měření třemi wattmetry



4.2 Měření třemi wattmetry (Aronovo zapojení)



4.3 Měření dvěma wattmetry



5 Naměřené a vypočítané hodnoty

5.1 Tabulka hodnot pro měření třemi wattmetry

Naměřené a vypočítané hodnoty:

1)

U	I ₁	I ₂	I ₃	I	W1			W2			W3			P	S	cosφ
					k _{w1}	α ₁	P ₁	k _{w2}	α ₂	P ₂	k _{w3}	α ₃	P ₃			
[V]	[A]	[A]	[A]	[A]	[W/d]	[d]	[W]	[W/d]	[d]	[W]	[W/d]	[d]	[W]	[W]	[VA]	[-]
360	3,45	3	3,15	3,2	15	15	225	15	12	180	15	10	150	555	1995	0,278
325	2,8	2,5	2,55	2,6	15	12	180	15	10	150	15	8,5	127,5	457,5	1463	0,313
302	2,45	2,35	2,2	2,3	7,5	21	157,5	7,5	17	127,5	7,5	13	97,5	382,5	1151	0,332
272	2,1	1,95	1,97	2	7,5	17	127,5	7,5	13	97,5	7,5	10	75	300	942	0,318
240	1,75	1,65	1,7	1,7	7,5	14	105	7,5	12	90	7,5	10	75	270	706,7	0,382
210	1,55	1,52	1,47	1,48	7,5	12	90	7,5	10	75	7,5	9	67,5	232,5	538,3	0,432
181	1,3	1,2	1,3	1,27	7,5	10	75	7,5	9	67,5	7,5	9	67,5	210	398,1	0,528
152	1,1	1,1	1,15	1,12	7,5	9	65,7	7,5	9	67,5	7,5	9	67,5	200,7	294,9	0,681
119	1	1	1,05	1,02	7,5	8	60	7,5	7,8	58,5	7,5	7,8	58,5	177	210	0,843
89	1	1	1,1	1,03	7,5	7	52,5	7,5	7	52,5	7,5	8	60	165	166	0,994

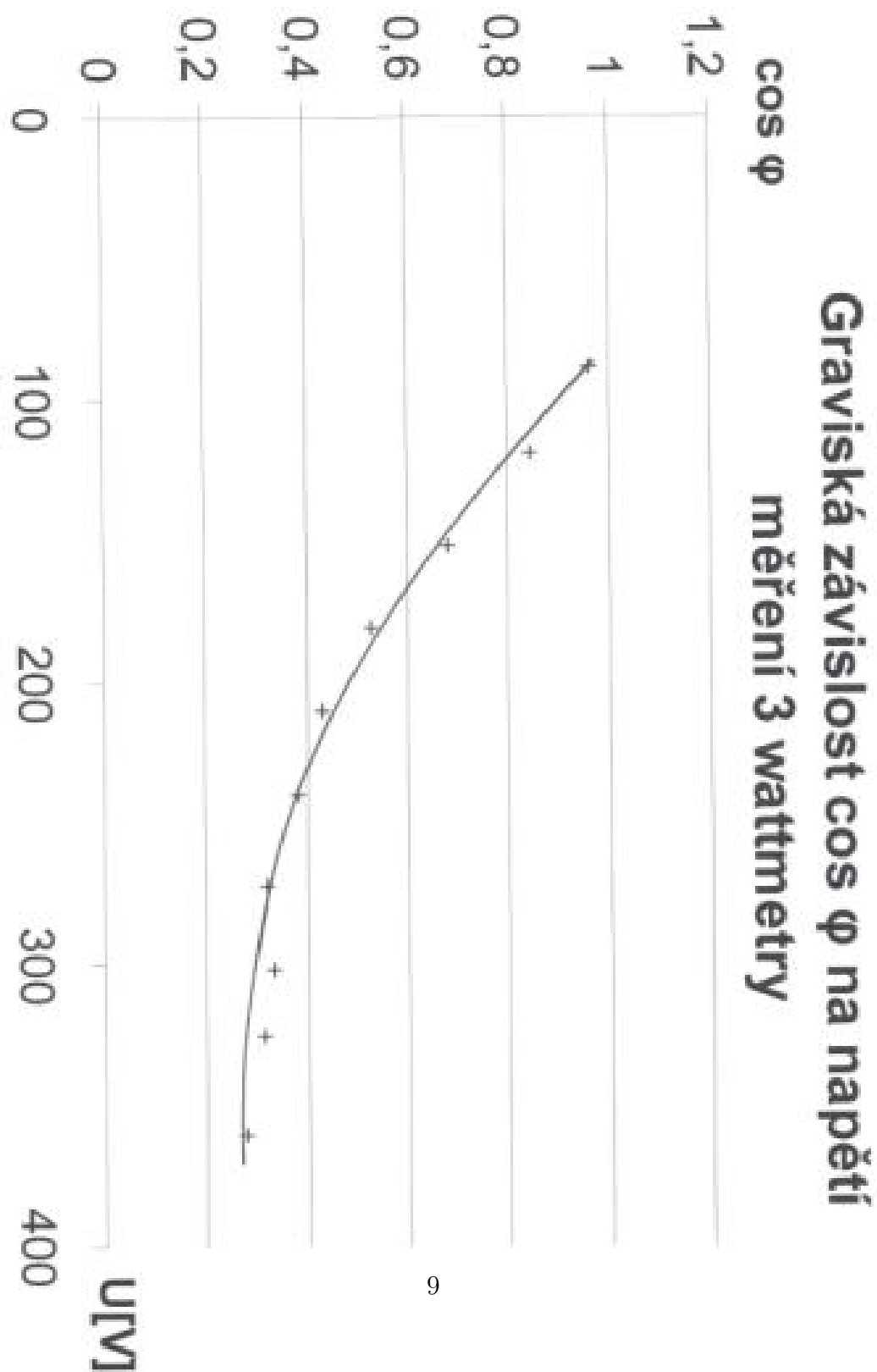
5.2 Tabulka hodnot pro měření dvěma wattmetry

2)

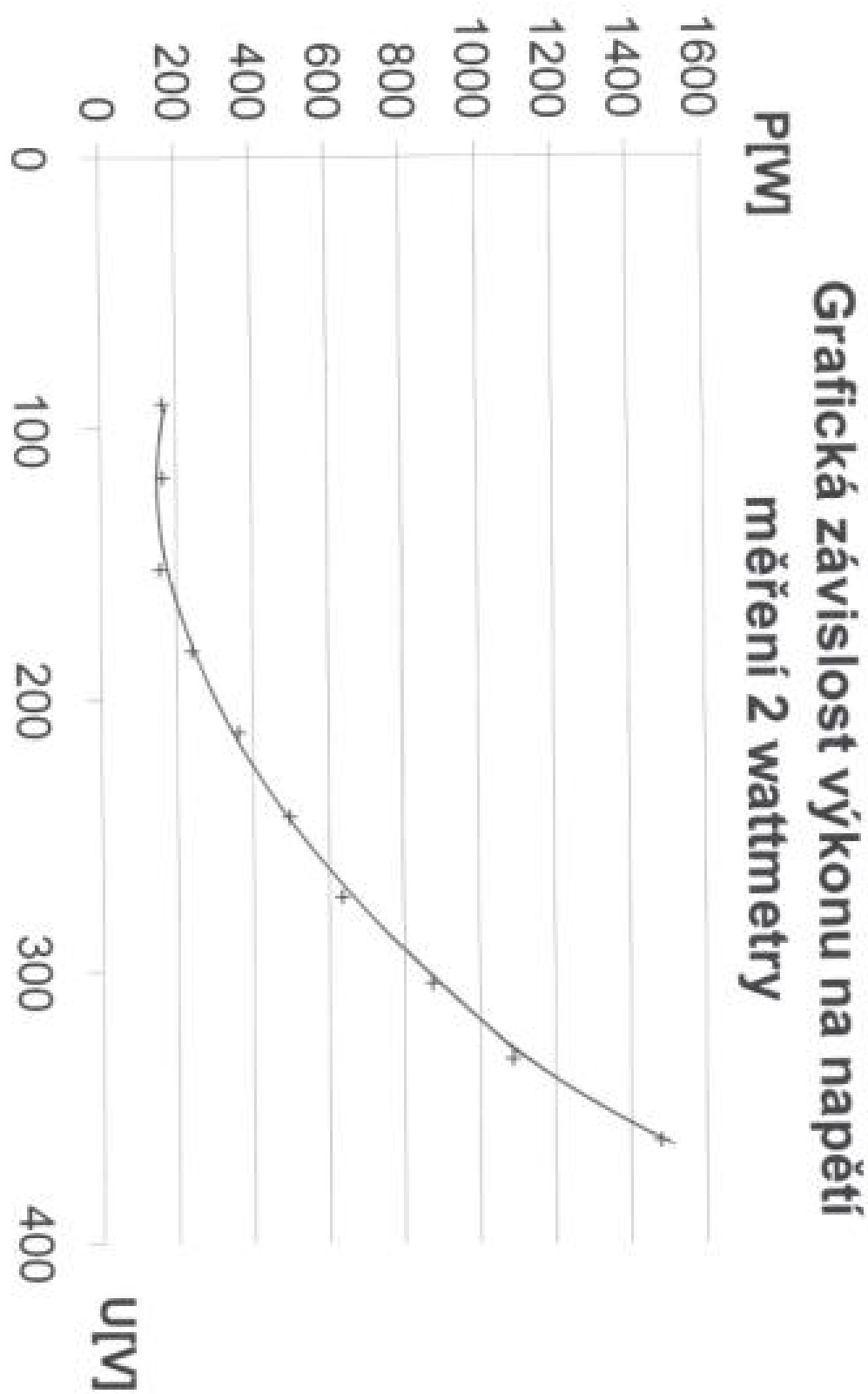
U	I ₁	I ₂	I ₃	I	W1			W2			P	S	cosφ
					k _{w1}	α ₁	P ₁	k _{w2}	α ₂	P ₂			
[V]	[A]	[A]	[A]	[A]	[W/d]	[d]	[W]	[W/d]	[d]	[W]	[W]	[VA]	[-]
362	3,4	3	3,35	3,25	15	51	765	15	47,5	712,5	1477,5	2038	0,72
332	3,35	2,5	3,35	3,07	15	39,5	592,5	15	33	495	1087,5	1765	0,616
304	2,45	2,17	2,4	2,34	15	32	480	15	26	390	870	1232	0,706
272	2,05	1,85	2,07	1,99	7,5	50	375	7,5	35	262,5	637,5	938	0,68
243	1,75	1,7	1,83	1,73	7,5	42	315	7,5	24	180	495	728	0,68
212	1,5	1,4	1,55	1,483	7,5	33	247,5	7,5	15	112,5	360	544	0,662
182	1,25	1,2	1,35	1,27	7,5	25	187,5	7,5	7	52,5	240	400	0,6
152	1	1,05	1,2	1,083	7,5	20	150	7,5	1	7,5	157,5	285	0,552
118	0,8	1	1,15	0,983	7,5	16	120	7,5	6	45	165	201	0,821
91	0,8	1	1,15	0,983	7,5	13	97,5	7,5	9	67,5	165	166	0,994

6 Grafy

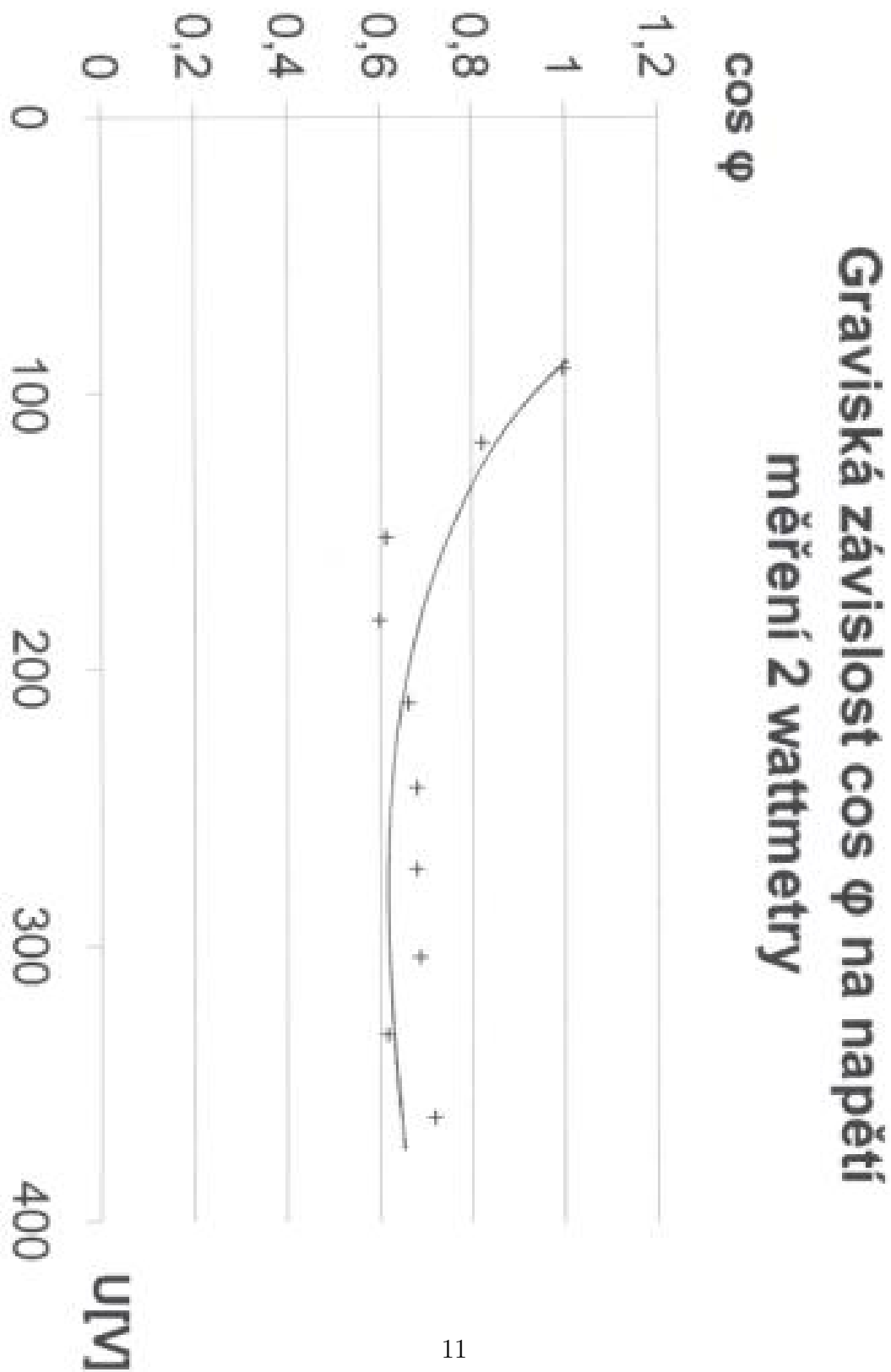
6.1 Závislost činného výkonu na napětí(tři wattmetry)



6.2 Závislost činného výkonu na napětí (dva wattmetry)



6.3 Závislost účinníku na napětí



7 Závěr

Grafy vyšly dle teoretického očekávání. Metodou za pomoci dvou a tří wattmetrů proběho v pořádku. Teoreticky by mělo být Aronovo zapojení jednodušší, ale z nedostatku času jsme jej neměřily.