

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Měření na asynchronním stroji

jméno příjmení

Pavel Svoboda

2012

Anotace

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na rekonstrukci asynchronních motorů, následné měření vytipovaných parametrů strojů, porovnání obou strojů a měření poruchového stavu motoru dle normy ČSN EN 60034 zabývající se zkouškou Eh-star.

Klíčová slova

Asynchronní motor, zapojení asynchronního motoru do hvězdy, zapojení asynchronního motoru do trojúhelníka, motor naprázdno, zkouška Eh-star.

Annotation

The present work is aimed at the reconstruction of induction motors, the measurement of selected parameters of machines, comparison of the two machines and engine fault measurement according to ČSN EN 60034 test dealing with the Eh-star.

Key words

Induction motor, link induction motor in star, link induction motor in delta, squirrel-cage motor, examination Eh-star.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne 6.6.2012

Jméno příjmení

.....

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Bohumilovi Skalovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ ELEKTRONIKY	1
ÚVOD	7
SEZNAM SYMBOLŮ	8
1 ASYNCHRONNÍ MOTOR	9
1.1 PRINCIP ČINNOSTI.....	9
1.2 OBLASTI POUŽITÍ.....	10
1.3 CHARAKTERISTIKA ASYNCHRONNÍHO MOTORU	10
2 ZAPOJENÍ SVORKOVNICE ASYNCHRONNÍHO MOTORU	10
2.1 SROVNÁNÍ OBOU ZAPOJENÍ.....	11
2.2 POSTUP REKONSTRUKCE MOTORŮ	12
2.3 MĚŘENÍ NAPRÁZDNO.....	14
2.4 MĚŘENÍ ODPORŮ VINUTÍ.....	16
3 MĚŘENÍ VYTIPOVANÝCH STAVŮ STROJE	16
3.1 MĚŘENÍ 1: MOTOR Č.1 ZAPOJENÝ DO HVĚZDY S VENTILÁTOREM A KRYTEM.....	17
3.2 MĚŘENÍ Č. 3 MOTOR Č. 2 ZAPOJENÝ DO HVĚZDY S VENTILÁTOREM A KRYTEM	18
3.3 SROVNÁNÍ MOTORŮ ZAPOJENÝCH DO HVĚZDY	19
3.3.1 <i>Postup vyhodnocení</i>	20
3.3.2 <i>Grafy</i>	20
3.4 MĚŘENÍ 2: MOTOR Č.2 ZAPOJENÝ DO HVĚZDY BEZ VENTILÁTORU I KRYTU.	24
3.4.1 <i>Grafy</i>	25
3.5 MĚŘENÍ 4: MOTOR Č.2 ZAPOJENÝ DO TROJÚHELNÍKA S VENTILÁTOREM I KRYTEM.....	28
3.6 MĚŘENÍ 6: MOTOR Č.1 ZAPOJENÝ DO TROJÚHELNÍKA S VENTILÁTOREM I KRYTEM.....	29
3.7 SROVNÁNÍ OBOU MOTORŮ ZAPOJENÝCH DO TROJÚHELNÍKA	30
3.7.1 <i>Postup měření</i>	31
3.7.2 <i>Grafy</i>	31
3.8 MĚŘENÍ 5: MOTOR Č.2 ZAPOJENÝ DO TROJÚHELNÍKU BEZ VENTILÁTORU I KRYTU.	35
3.8.1 <i>Grafy</i>	36
3.9 MĚŘENÍ 7: ZKOUŠKA EH – STAR (ASYNCHRONNÍ STROJE)	39
3.9.1 <i>Schéma zapojení</i>	40
3.9.2 <i>Výpočet hodnot pro metodu Eh-star</i>	40
3.9.3 <i>Naměřené hodnoty</i>	42
3.9.4 <i>Tabulky</i>	43
4 ZÁVĚR	47
POUŽITÁ LITERATURA	48

Úvod

Asynchronní motory jsou v dnešní době na trhu velice žádané pro jejich jednoduchost a nízkou cenu. Jsou také jedny z nejspolehlivějších a to především z důvodu, že vyžadují malou údržbu. Tyto stroje se vyrábí s kotvou kroužkovou, nebo s kotvou nakrátko. Tyto motory můžeme nalézt ve většině výrobních programů. Naproti tomu uplatnění asynchronního motoru s kotvou kroužkovou není tak časté.

Seznam symbolů

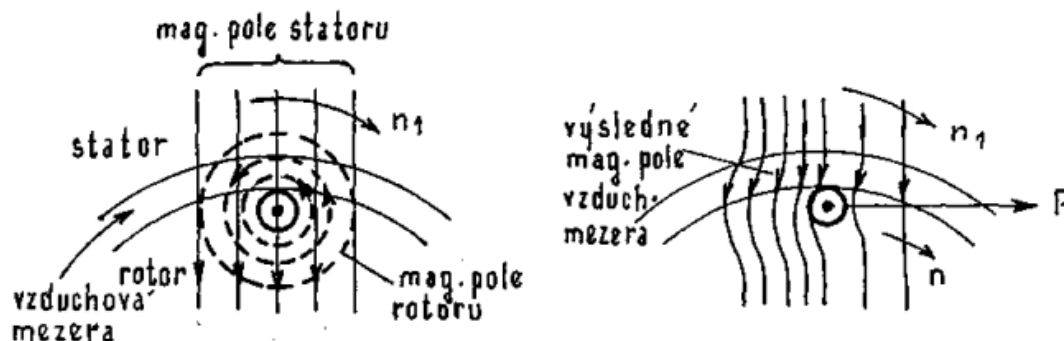
Veličina	jednotky		popis
s	[-]	-	skluz
I	[A]	Ampér	elektrický proud
U	[V]	Volt	elektrické napětí
R	[Ω]	Ohm	elektrický odpor
P	[W]	Watt	Výkon
λ	[-]	-	Účinnost
$\cos \phi$	[-]	-	Účíník
I _f	[A]	Ampér	Fázový proud
I _s	[A]	Ampér	Sdružený proud
U _f	[V]	Volt	Fázové napětí
U _s	[V]	Volt	Sdružené napětí
Z	[Ω]	Ohm	Impedance
U ₁ ,V ₁ ,W ₁	[-]	-	Začátky vinutí
U ₂ ,V ₂ ,W ₂	[-]	-	Konce vinutí
F	[N]	Newton	síla
n ₁	[ot/min]	Otáčky za minutu	Otáčky statoru
n	[ot/min]	Otáčky za minutu	Otáčky rotoru
P _j	[W]	Watt	Joulovy ztráty
P _{mech}	[W]	Watt	Mechanické ztráty
P _{fe}	[W]	Watt	Ztráty v magnetickém obvodu statoru

1 Asynchronní motor

Asynchronní motor je elektrický točivý stroj, sloužící k elektromechanické přeměně energie. Tvoří ho pevná část (stator) a pohyblivá část, jež se u strojů s otáčivým pohybem nazývá rotor. Stator se skládá z litinové konstrukce a dvou ložiskových štítů. Ve statoru jsou zalisovány plechy, které jsou navzájem izolovány a celkově tvoří část magnetického obvodu. Na rotoru jsou nalisovány plechy na hřídeli, která se otáčí v ložiskách, které jsou v ložiskových štítech. Mezi státorem a rotorem je vzduchová mezera, která umožňuje rotoru plnit jeho funkci. Ve statorových a rotorových drážkách je uloženo vinutí stroje. Na statoru bývá obvykle třífázové vinutí, jehož začátky a konce jsou vyvedeny na svorkovnici umístěnou na stroji. V rotorových drážkách je umístěno vinutí, kterému se říká kotva. U motoru s kotvou nakrátko jsou drážky rotoru neizolované měděné nebo mosazné, nejčastěji však hliníkové spojené kruhy nakrátko. U motoru menších výkonů se vinutí odlévá spolu s větracími lopatkami z hliníku metodou tlakového lití. Takovému provedení se říká klec. U motoru s vinutým rotorem a kroužky je v drážkách rotoru uloženo trojfázové vinutí z izolovaných vodičů, začátky fází jsou spojeny do uzlu a konce připojeny ke třem sběracím kroužkům, ke kterým přiléhají kartáče. Takové vinutí rotoru umožňuje připojit zařízení, sloužící k regulaci otáček motoru. [5]

1.1 Princip činnosti

Na statoru je trojfázové vinutí. Na toto vinutí připojíme trojfázovou síť a tím vznikne točivé magnetické pole. Točivé magnetické pole se u asynchronního motoru vytvoří ve vinutí statoru (pevná, nepohyblivá část stroje), které je nejčastěji provedeno jako trojfázové, kde vinutí jednotlivých fází jsou prostorově natočeny o úhel 120° a kterými protéká trojfázový harmonický proud. Točivé magnetické pole protíná vodiče v rotoru, což má za následek vznik indukovaného napětí v rotoru. V případě, že je vinutí rotoru uzavřeno, protéká jím proud, který vytvoří magnetické pole rotoru. Vzájemným působením magnetických polí rotoru a statoru vzniká síla, která působí na vodiče rotoru ve směru pohybu magnetického pole statoru.



Obr. 1.1 Vznik tažné síly asynchronního motoru [5]

Z obr.1.1 je zřejmé, že napětí (tedy i proud) se bude ve vodičích rotoru indukovat jen v případě relativního pohybu pole statoru vůči vodičům rotoru. V takovém případě nemohou být otáčky

točivého pole statoru n_1 a otáčky rotoru n stejné. Rozdíl otáček n_1 a n , vztažený na jednu otáčku točivého pole statoru, je tzv. skluz s .

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \quad (1.1.1)$$

$$s\% = \frac{n_1 - n}{n_1} * 100 \quad (1.1.2)$$

Otáčky magnetického pole statoru závisí na počtu pólů a kmitočtu napájecího napětí. Skluz (a tedy i otáčky rotoru) se mění s mechanickým zatížením stroje a je při jmenovitém zatížení u malých motorů asi 10%, u velkých kolem 1%. [5]

1.2 Oblasti použití

Asynchronní stroje patří mezi levné spolehlivé a poměrně robustné motory. Po připojení elektronického frekvenčního měniče můžeme řídit jejich rychlost. Asynchronní motory se používají k pohonům zařízení, jako jsou čerpadla, ventilátory, kompresory, pásové dopravníky, jeřáby, výtahy, obráběcí stroje, a jiné. [9]

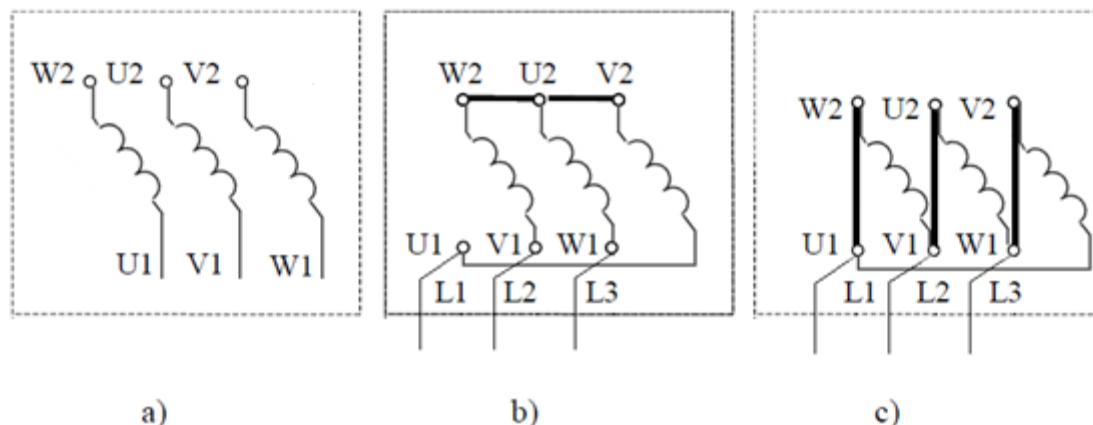
1.3 Charakteristika asynchronního motoru

Trojfázový indukční motor je jednoduchý, v provozu spolehlivý a nevyžaduje žádnou zvláštní obsluhu a údržbu. Vyrábí se v širokém rozsahu výkonů: od několika wattů až do 20 MW s velmi širokým rozsahem otáček od desítek otáček za minutu až po 100 000 ot/min. Asynchronní motor nakrátko je díky své konstrukční jednoduchosti nejužívanějším motorem. Ve srovnání se stejnosměrnými stroji vyniká jednoduchá konstrukce a prakticky bezúdržbový provoz asynchronních strojů. Jejich rozšíření je spojeno s rozvojem střídavých distribučních a napájecích sítí. Především v neregulovaných pohonech se využívá možnost jednoduchého spouštění přímým připojením na síť, i když problémy může činit vzniklý proudový náraz (pětí až sedminásobek jmenovitého proudu) a velký odběr jalového výkonu. Snaha o omezení záběrového (spouštěcího) proudu a splnění požadavků na regulaci vedla ke konstrukci speciálních strojů buď s vinutým (kroužkovým) rotorem, čímž však zanikla hlavní výhoda jednoduchých asynchronních strojů s klecovým rotorem, případně strojů více rychlostních, umožňujících za cenu větší složitosti statorového vinutí stupňovou regulaci otáčivé rychlosti. Teprve nové poznatky v oblasti výkonové elektroniky a regulace zcela vyřešily problémy s kmitočtovým řízením rychlosti asynchronních strojů, které tak dnes získaly dominantní postavení i v oblasti regulovaných pohonů všeobecného použití. [5]

2 Zapojení svorkovnice asynchronního motoru

Vinutí statoru, nejčastěji trojfázové je uloženo v drážkách magnetického obvodu složeného z plechů, které jsou navzájem izolované. Šest konců vinutí je připojeno na svorkovnici a označeno

podle obr. 2a, kde začátky vinutí jsou označeny U1, V1, W1, a konce U2, V2, W2. Pomocí vodivých spojek lze zapojit asynchronní motor do hvězdy (obr. 2b), nebo do trojúhelníka (obr. 2c). [1]



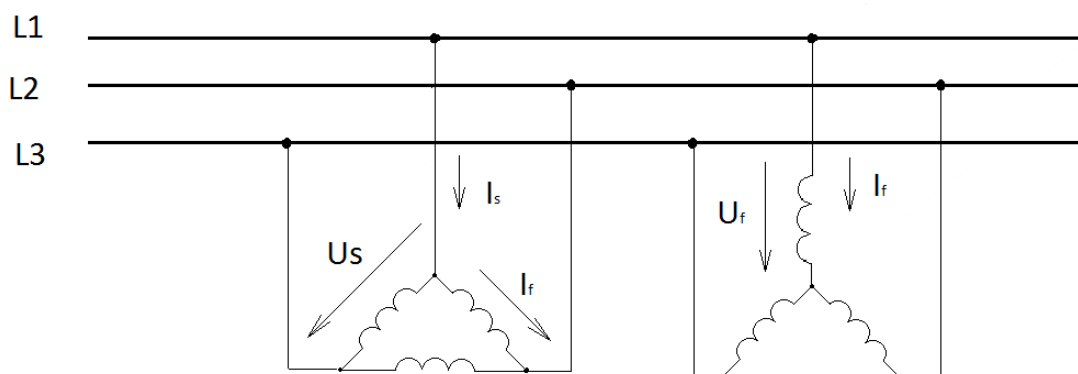
Obr.2 Svorkovnice asynchronního motoru: a) připojení vinutí, b) spojení do hvězdy (Y), c) spojení do trojúhelníka (D) [1]

2.1 Srovnání obou zapojení

Motory, kde napětí na statorových vinutí je rovno síťovému napětí, jsou provozovány běžně v zapojení do trojúhelníka. Při rozběhu v zapojení do hvězdy se napětí na vinutích zmenší o $\sqrt{3}$ krát. Podle pravidel o sdružení fází tak klesne odebíraný proud i výkon na třetinu. Rozběh při přepnutí z trojúhelníka na hvězdu se tedy může realizovat jen při malém zatížení motoru. Pokud by motor nebyl při rozběhu přepnut do trojúhelníka, mohl by být při jmenovitém zatížení přetížen a poškozen. Rozběh hvězda – trojúhelník je nejčastěji používaný postup pro omezení záběrných proudů na statoru zejména u malých strojů. Přepínání při rozběhu může být realizováno pomocí stykačů nebo ručně. Proudový náraz při spouštění a záběrný moment se tím sníží na 1/3 hodnot při jmenovitém napětí. Při spojení vinutí do hvězdy prochází každou fází proud,

$$I_y = \frac{U_f}{Z} = \frac{U_s}{\sqrt{3} \cdot Z} \quad (2.1.1)$$

Kde U_f [V] je fázové napětí, U_s [V] je sdružené napětí a Z [Ω] je impedance vinutí jedné fáze.



Obr.2.1 Srovnání vinutí do hvězdy a trojúhelníka [2]

Po přepojení do trojúhelníka odebírá motor ze sítě proud,

$$I_d = \sqrt{3} * I_f = \frac{\sqrt{3} * U_s}{Z} \quad (2.1.2)$$

neboť jednotlivé fáze jsou připojeny na sdružené napětí.

Z poměru proudů I_Y a I_D plyne:

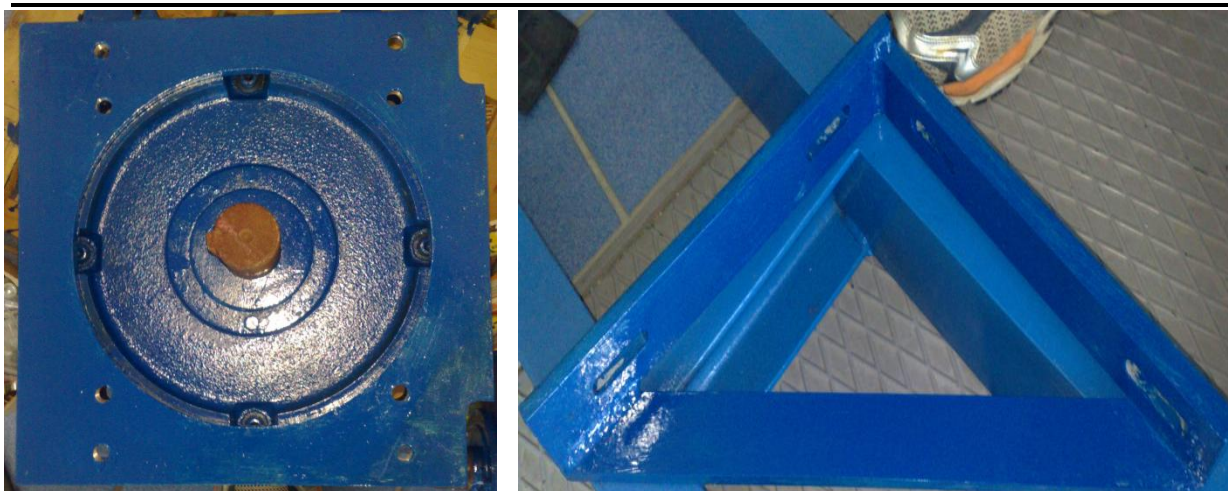
$$\frac{I_y}{I_d} = \frac{\frac{U_s}{\sqrt{3} * Z}}{\frac{\sqrt{3} * U_s}{Z}} = \frac{1}{3} \quad (2.1.3)$$

$$I_y = \frac{1}{3} I_d \quad (2.1.4)$$

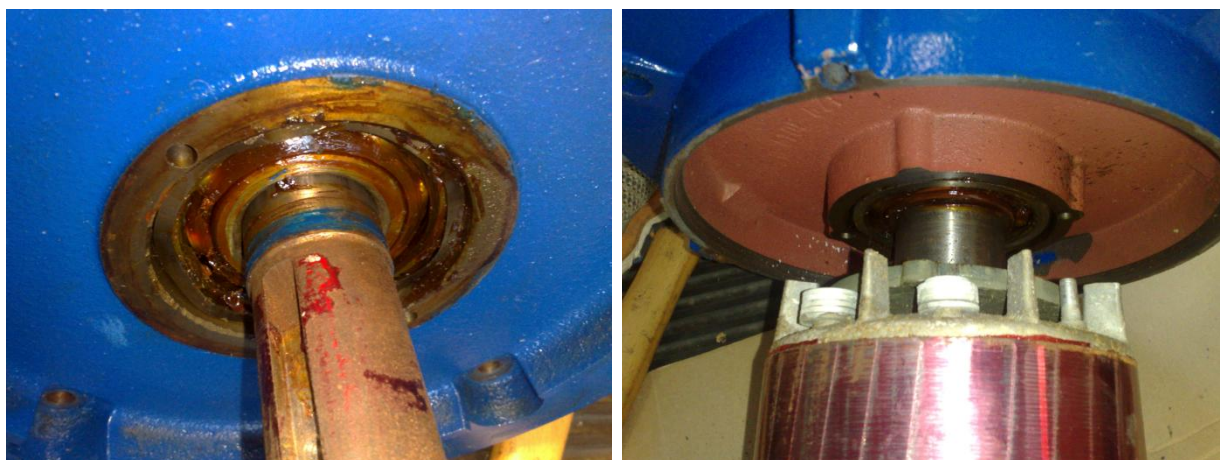
Jestliže zmenšíme proudový náraz na 1/3, zmenšíme tím zároveň i záběrný moment a příkonový náraz na 1/3. Při spouštění motorů přepínačem hvězda - trojúhelník si musíme uvědomit, že v obvodu vznikají dva proudové nárazy. První při zapnutí statoru na síť a druhý při přepínání vinutí z hvězdy do trojúhelníka [2] [5]

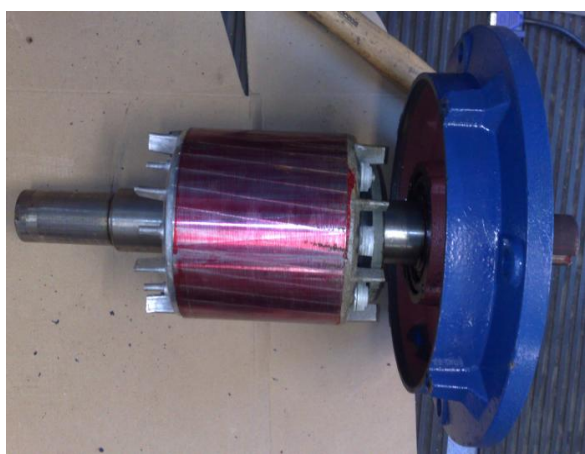
2.2 Postup rekonstrukce motorů

Nejprve bylo nutné zbavit důkladně oba motory od prachu a jiných nečistot. Poté se vytvořila konstrukce, která slouží, v případě potřeby, pro přeměnu ze stroje přírubového na stroj patkový. Tyto



komponenty jsou vytvořeny v domácím prostředí z masivní oceli a celý motor lze spojit s přírubou v radiálním směru pomocí dvou šroubů. U těchto komponentů i obou motorů byl proveden modrý nátěr. Dále bylo potřeba odmontovat šrouby na čele stroje a povolit krytku k ložiskům, což umožnilo vyjmout celý rotor i s ložisky. Ta se pak očistila, vyfoukala a natřela přípravkem sloužícím k snadnému pohybu ložisek. Nakonec se důkladně prozkoumalo vinutí na statoru, zda není porušeno a oba motory se opět smontovaly. Tato práce byla udělána u obou strojů. Po sestavení obou strojů se provedla závěrečná zkouška na jejich bezchybný chod.

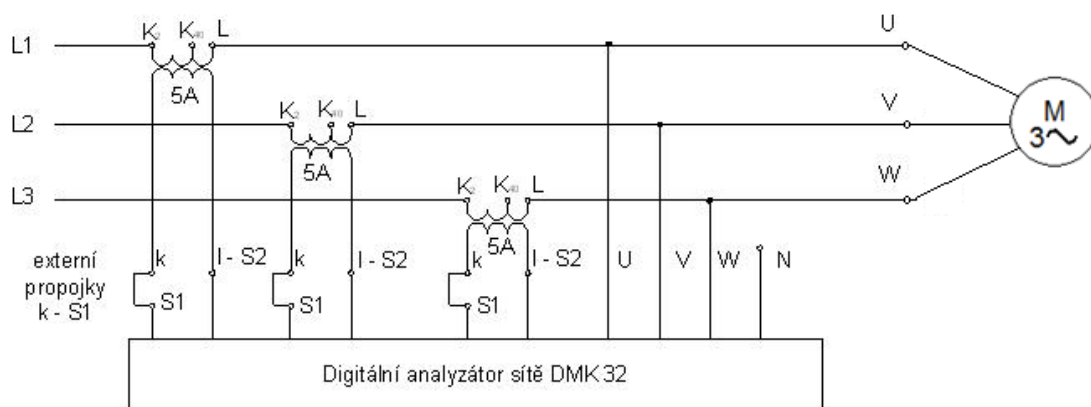




Svorkovnice byla zhotovena z kuprexidové desky, která byla oříznuta na rozměr původní svorkovnice. Následně do ní byly vyvrtány díry k uchycení této desky na svorkovnici a také šest otvorů na svorky. Nakonec bylo nutné propojit obě svorkovnice přes Wago svorky a přimontovat obě svorkovnice na sebe.

2.3 Měření naprázdno

Hřídel stroje musí být mechanicky odpojena od poháněného zařízení, což je například zatěžovací stroj. Při měření se určuje proud naprázdno, ztráty v magnetickém obvodu a ztráty mechanické někdy i velikost skluzu. Měření se provádí většinou v rozsahu $(130 - 30)\% U_n$. Měření se musí provádět při konstantní otáčivé rychlosti stroje. Při malých napájecích napětích se však vytvořený moment, úměrný kvadrátu napětí, může blížit hodnotě, která je potřebná pro krytí mechanických ztrát stroje. Pak může nastat pokles otáčivé rychlosti a stroj se může dostat do labilní části své momentové charakteristiky, popřípadě se může i zastavit. Z těchto důvodů se měří otáčky stroje a při skluzu okolo 1% se doporučuje měření ukončit. [6]



Obr 2.3 Zapojení DMK 32 pro 3f měření asynchronního stroje s kotvou nakrátko při měření naprázdno v rozsahu proudů do 2A (resp. do 40A). Externí propojení svorek k-S1 musí být spolehlivě zajištěno! [5]

Při měření naprázdno je důležitá symetrie napájecího zdroje. Proto se doporučuje obsadit každou fázi shodnými měřicími přístroji. Z měření se vynese charakteristika naprázdno. Obecně se jedná o závislost indukovaného napětí na budícím proudem. Budícím proudem je v tomto případě proud odebíraný ze zdroje I_0 , který také obsahuje činnou složku nutnou ke krytí ztrát. Místo indukovaného napětí se vynášá často napětí svorkové. Charakteristika naprázdno je pak závislost

$$U = f(I_0). \quad (2.3.1)$$

Ztráty měřené v chodu naprázdno jsou součtem ztrát Joulových způsobených proudem naprázdno, v železe magnetického obvodu statoru a mechanických.

$$\Delta P_0 = \Delta P_{j0} + \Delta P_{fe} + \Delta P_{mech}. \quad (2.3.2)$$

Ztráty v magnetickém obvodu rotoru můžeme zanedbat, protože jsou velice malé vzhledem k nepatrnému skluzu, při kterém měření probíhá. V rotoru dále můžeme zanedbat i Joulovy ztráty, protože v chodu stroje naprázdno jsou rotorové proudy malé.

Pro výpočet Joulových ztrát ΔP_{j0} tyto ztráty odečteme od ztrát měřených ΔP_0 a obdržíme společně ztráty mechanické a ztráty v železe magnetického obvodu stroje.

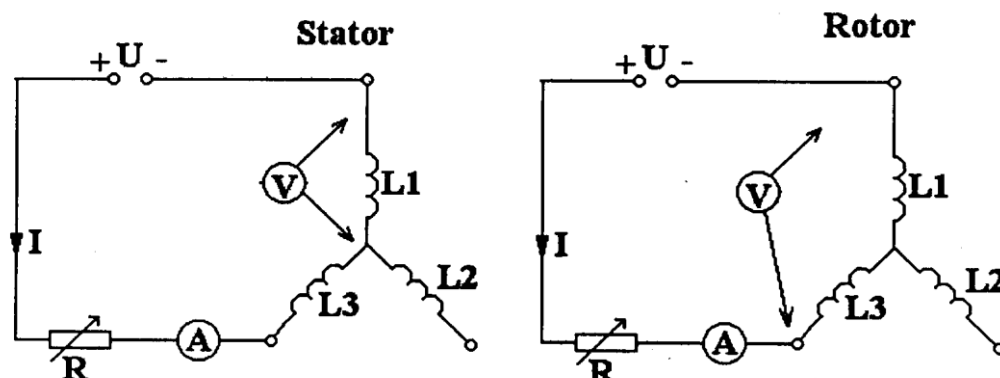
$$\Delta P_0 - \Delta P_{j0} = \Delta P_{fe} + P_{mech}. \quad (2.3.3)$$

Pro určení ztrát mechanických ΔP_m a ztrát v železe statoru ΔP_{fe} provedeme grafické znázornění jednotlivých ztrát, ale pro znázornění součtu obou ztrát $\Delta P_{fe} + \Delta P_{mech} = f(U^2)$ provedeme tak, že extrapolujeme průběh ztrát do nulového napětí. Průsečík s osou napětí nám odpovídá ztrátám mechanickým. Tato složka ztrát je závislá na otáčkové rychlosti stroje, která je po celé měření konstantní.

Tento postup lze nahradit určením koeficientů polynomu druhého stupně, na základě známých souřadnic bodů funkce $\Delta P_{mech} + \Delta P_{fe} = f(U)$. [5]

2.4 Měření odporů vinutí

Měření odporu vinutí statoru se provádí zcela analogicky jako u transformátoru. Použijeme Ohmovu metodu pro měření malých odporů. Měřící proud bychom měli nastavit do asi 20% I_N . Při vyšší hodnotě proudu by se mohla zvýšit teplota vinutí a tím by se mohl zvětšit i odpor. Proud nastavíme na takovou hodnotu, kterou bychom snadno mohli odečítat v poslední třetině stupnice použitého přístroje. Pro kontrolu se provádí dvě měření s odlišnými hodnotami proudu. Odporů jednotlivých cívek asynchronního motoru jsou si velice podobné. [5]



Obr. 2.4 : měření odporu vinutí [4]

Celkový odpor získáme aritmetickým součtem odporů v jednotlivých fázích.

$$R = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{3} \quad (2.4.1)$$

3 Měření vytipovaných stavů stroje

Asynchronní motor změříme v chodu naprázdno. Jestliže připojíme indukční motor k trojfázové síti a na hřídeli ho nezatížíme, říkáme, že je v chodu naprázdno.

U ideálního motoru se při chodu naprázdno rotor otáčí synchronními otáčkami, neboť se zde zanedbávají ztráty mechanické a v železe. Rotor vzhledem k točivému magnetickému poli stojí a v jeho vinutí se neindukuje napětí. Vodiči rotoru neprochází proud a motor nevytváří točivý moment. Skutečný chod naprázdno je však v podstatě chod s malým zatížením, neboť motor dodává určitý výkon na krytí mechanických ztrát ΔP_{mech} , které tvoří tření v ložiskách a tření rotoru a vzduchu a ztráty ve vinutí statoru a ztráty v železe, které se kryjí přímo ze sítě. Motor ze sítě odebírá magnetizační proud I_m pro vybuzení točivého magnetického pole s tokem, s kterým je ve fázi. Otáčky motoru se blíží synchronním otáčkám točivého magnetického pole u_s . To má za následek skutečnost, že skluz je velmi malý a rotorový proud je zanedbatelný.

3.1 Měření 1: motor č.1 zapojený do hvězdy s ventilátorem a krytem

UL1-L2 [V]	UL2-L3 [V]	UL3-L1 [V]	Ustř [V]	IL1 [A]	IL2 [A]	IL3 [A]	Istř [A]	P L1 [W]	P L2 [W]	P L3 [W]	ΔP [W]	QL1 [Var]	QL2 [Var]	QL3 [Var]	ΔQ [Var]	Λ	ΔPj1 [W]	ΔPj2 [W]	ΔPj3 [W]	ΔPj [W]	ΔPfe+mech [W]	ΔPmech_lin [W]	ΔPmech_∧2 [W]	ΔPfe [W]
405	404	401	403,33	6,24	6,18	6,3	6,24	222	222	186	630	1440	1422	1458	4320	0,145	43,22	42,39	42,47	128,10	501,90	33,46	60,01	468,44
383	381	379	381,00	5,34	5,34	5,46	5,38	192	186	150	528	1164	1158	1194	3516	0,149	31,65	31,65	31,90	95,23	432,77	33,46	60,01	399,31
360	359	357	358,67	4,68	4,62	4,8	4,70	162	156	132	450	954	942	990	2886	0,154	24,31	23,69	24,65	72,68	377,32	33,46	60,01	343,86
333	332	331	332,00	4,08	4,02	4,14	4,08	132	126	108	366	768	756	786	2310	0,156	18,48	17,94	18,34	54,77	311,23	33,46	60,01	277,77
311	310	308	309,67	3,66	3,6	3,72	3,66	120	108	90	318	642	630	660	1932	0,162	14,87	14,39	14,81	44,07	273,93	33,46	60,01	240,47
287	286	284	285,67	3,24	3,18	3,3	3,24	108	102	72	282	528	516	540	1584	0,176	11,65	11,22	11,65	34,54	247,46	33,46	60,01	214,00
260	259	258	259,00	2,88	2,82	2,88	2,86	84	84	66	234	426	414	426	1266	0,182	9,21	8,83	8,88	26,91	207,09	33,46	60,01	173,63
237	236	235	236,00	2,58	2,52	2,58	2,56	72	72	54	198	348	336	348	1032	0,189	7,39	7,05	7,12	21,56	176,44	33,46	60,01	142,98
213	212	211	212,00	2,22	2,16	2,22	2,20	66	60	42	168	264	252	264	780	0,208	5,47	5,18	5,27	15,92	152,08	33,46	60,01	118,62
183	182	181	182,00	1,92	1,86	1,86	1,88	48	54	36	138	198	192	192	582	0,233	4,09	3,84	3,70	11,63	126,37	33,46	60,01	92,91
165	164	163	164,00	1,68	1,68	1,68	1,68	42	42	36	120	156	156	156	468	0,251	3,13	3,13	3,02	9,29	110,71	33,46	60,01	77,25
144	143	142	143,00	1,44	1,44	1,44	1,44	36	36	30	102	114	114	114	342	0,286	2,30	2,30	2,22	6,82	95,18	33,46	60,01	61,72
123	122	122	122,33	1,26	1,2	1,26	1,24	30	30	24	84	84	78	84	246	0,320	1,76	1,60	1,70	5,06	78,94	33,46	60,01	45,48
92	90	90	90,67	0,9	0,84	0,9	0,88	24	18	18	60	42	42	42	126	0,434	0,90	0,78	0,87	2,55	57,45	33,46	60,01	23,99
70	70	70	70,00	0,72	0,72	0,78	0,74	18	18	18	54	24	24	30	78	0,602	0,58	0,58	0,65	1,80	52,20	33,46	60,01	18,74
70	70	69	69,67	0,72	0,72	0,78	0,74	18	18	18	54	18	24	24	66	0,605	0,58	0,58	0,65	1,80	52,20	33,46	60,01	13,11
52	53	52	52,33	0,66	0,66	0,66	0,66	18	12	18	48	12	12	12	36	0,802	0,48	0,48	0,47	1,43	46,57	33,46	60,01	468,44

Tab. 3.1 : Asynchronní motor zapojený do hvězdy s ventilátorem a krytem

3.2 Měření č. 3 motor č. 2 zapojený do hvězdy s ventilátorem a krytem

U L1- L2 [V]	U L2- L3 [V]	U L3- L1 [V]	Ustř [V]	I1 [A]	I2 [A]	I3 [A]	Istř [A]	P1 [W]	P2 [W]	P3 [W]	ΔP [W]	Q1 [VAr]	Q2 [VAr]	Q3 [VAr]	ΔQ [VAr]	λ	ΔPj1 [W]	ΔPj2 [W]	ΔPj3 [W]	ΔPj [W]	ΔPfe+mech [W]	ΔPfe [W]	ΔPmech lin [W]	ΔPmech ^2[W]
401	399	398	399,3	5,9	5,8	5,9	5,9	210	210	162	582	1356	1326	1362	4044	0,142	39,16	38,28	38,81	116,2	465,735	433,567	28,603	32,168
394	392	391	392,3	5,5	5,4	5,5	5,5	186	180	138	504	1206	1158	1212	3576	0,134	33,82	32,95	34,25	101,0	402,965	370,797	28,603	32,168
373	372	371	372	4,9	4,8	5,0	4,96	174	168	126	468	1056	1026	1074	3156	0,146	27,53	26,69	27,94	82,16	385,831	353,663	28,603	32,168
350	349	348	349	4,3	4,2	4,4	4,36	150	138	108	396	870	846	888	2604	0,150	21,29	20,51	21,68	63,42	332,508	300,340	28,603	32,168
327	326	325	326	3,8	3,8	3,9	3,88	126	120	102	348	714	708	738	2160	0,158	16,37	16,66	17,25	50,28	297,718	265,550	28,603	32,168
303	303	302	302,6	3,4	3,4	3,5	3,48	114	102	84	300	600	588	612	1800	0,164	13,44	13,22	13,78	40,44	259,551	227,383	28,603	32,168
276	275	274	275	3,0	3	3,1	3,06	90	84	72	246	480	468	492	1440	0,168	10,39	10,17	10,71	31,27	214,726	182,558	28,603	32,168
249	249	248	248,6	2,7	2,6	2,7	2,7	78	72	60	210	384	372	396	1152	0,180	8,09	7,88	8,38	24,34	185,651	153,483	28,603	32,168
223	223	223	223	2,3	2,2	2,4	2,34	66	60	48	174	294	288	306	888	0,192	6,08	5,87	6,34	18,28	155,711	123,543	28,603	32,168
198	198	198	198	2,0	1,9	2,1	2,04	54	48	42	144	228	222	240	690	0,205	4,62	4,43	4,85	13,90	130,100	97,932	28,603	32,168
168	168	167	167,6	1,6	1,6	1,7	1,7	42	36	36	114	156	156	168	480	0,230	3,13	3,19	3,33	9,65	104,347	72,179	28,603	32,168
139	139	139	139	1,3	1,3	1,4	1,4	36	30	30	96	108	108	114	330	0,284	2,11	2,15	2,28	6,54	89,454	57,286	28,603	32,168
116	116	116	116	1,1	1,1	1,2	1,16	24	24	24	72	72	72	78	222	0,308	1,44	1,47	1,58	4,494	67,506	35,338	28,603	32,168
96	96	96	96,0	0,9	0,9	1,0	0,98	18	18	18	54	48	48	54	150	0,331	1,02	1,04	1,14	3,208	50,792	18,624	28,603	32,168
72	72	72	72,0	0,7	0,7	0,7	0,74	12	12	12	36	24	24	30	78	0,390	0,58	0,59	0,67	1,829	34,171	2,003	28,603	32,168
47	48	47	47,3	0,5	0,6	0,6	0,58	12	12	12	36	12	12	12	36	0,757	0,32	0,41	0,40	1,124	34,876	2,708	28,603	32,168

Tab. 3.2 : Asynchronní motor zapojený do hvězdy s ventilátorem a krytem

3.3 Srovnání motorů zapojených do hvězdy

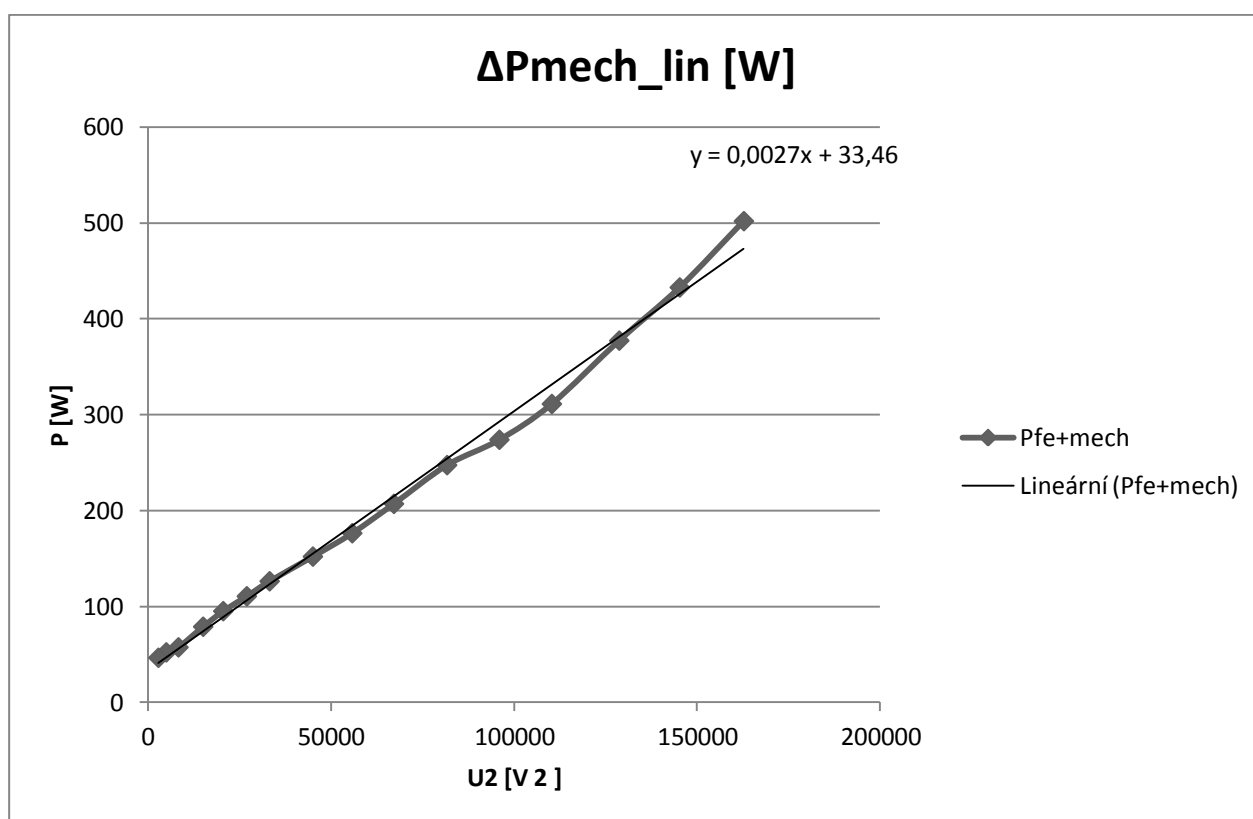
č. měření	U L1-L2 [V]	U L2-L3 [V]	U L3-L1 [V]	Ustř [V]	I1 [A]	I2 [A]	I3 [A]	Istř [A]	P1 [W]	P2 [W]	P3 [W]	ΔP [W]	Q1 [VAr]	Q2 [VAr]	Q3 [VAr]	ΔQ [VAr]	λ	ΔPj1 [W]	ΔPj2 [W]	ΔPj3 [W]	ΔPj [W]	ΔPfe+mech [W]	ΔPmech_lin [W]	ΔPmech^2 [W]	ΔPfe [W]
1	99,0	98,8	99,3	99,0	94,6	93,9	93,7	94,6	94,6	94,6	87,1	92,4	94,2	93,2	93,4	93,6	97,9	90,6	90,3	91,4	90,7	92,8	84,0	64,0	92,7
2	102,9	102,9	103,2	103,0	103,0	101,1	100,7	102,2	96,9	96,8	92,0	95,5	103,6	100,0	101,5	101,7	89,9	106,9	104,1	107,4	106,1	93,1	84,0	64,0	93,0
3	103,6	103,6	103,9	103,7	104,7	103,9	104,2	105,5	107,4	107,7	95,5	104,0	110,7	108,9	108,5	109,4	94,8	113,2	112,7	113,3	113,0	102,3	84,0	64,0	103,0
4	105,1	105,1	105,1	105,1	105,4	104,5	106,3	106,9	113,6	109,5	100,0	108,2	113,3	111,9	113,0	112,7	96,2	115,2	114,3	118,2	115,8	106,8	84,0	64,0	108,4
5	105,1	105,2	105,5	105,3	103,8	105,6	104,8	106,0	105,0	111,1	113,3	109,4	111,2	112,4	111,8	111,8	97,5	110,1	115,8	116,5	114,1	108,7	84,0	64,0	110,7
6	105,6	105,9	106,3	105,9	104,9	106,9	106,1	107,4	105,6	100,0	116,7	106,4	113,6	114,0	113,3	113,6	93,2	115,4	117,8	118,3	117,1	104,9	84,0	64,0	106,5
7	106,2	106,2	106,2	106,2	104,2	106,4	107,6	107,0	107,1	100,0	109,1	105,1	112,7	113,0	115,5	113,7	92,3	112,8	115,2	120,6	116,2	103,7	84,0	64,0	105,5
8	105,1	105,5	105,5	105,3	104,7	103,2	104,7	105,5	108,3	100,0	111,1	106,1	110,3	110,7	113,8	111,6	95,2	109,5	111,8	117,7	112,9	105,2	84,0	64,0	107,8
9	104,7	105,2	105,7	105,2	103,6	101,9	108,1	106,4	100,0	100,0	114,3	103,6	111,4	114,3	115,9	113,8	92,3	111,2	113,3	120,3	114,8	102,4	84,0	64,0	104,7
10	108,2	108,8	109,4	108,8	104,2	102,2	112,9	108,5	112,5	88,9	116,7	104,3	115,2	115,6	125,0	118,6	88,0	113,0	115,4	131,1	119,5	103,0	84,0	64,0	106,1
11	101,8	102,4	102,5	102,2	95,2	95,2	101,2	101,2	100,0	85,7	100,0	95,0	100,0	100,0	107,7	102,6	91,6	100,0	101,9	110,3	103,9	94,3	84,0	64,0	94,2
12	96,5	97,2	97,9	97,2	90,3	90,3	97,2	97,2	100,0	83,3	100,0	94,1	94,7	94,7	100,0	96,5	99,3	91,7	93,5	102,7	95,9	94,0	84,0	64,0	93,7
13	94,3	95,1	95,1	94,8	87,3	91,7	95,2	93,5	80,0	80,0	100,0	85,7	85,7	92,3	92,9	90,2	96,3	81,8	91,9	92,9	88,8	85,5	84,0	64,0	78,7
14	104,3	106,7	106,7	105,9	100,0	107,1	111,1	111,4	75,0	100,0	100,0	90,0	114,3	114,3	128,6	119,0	76,3	113,3	133,3	131,0	125,8	88,4	84,0	64,0	79,6
15	81,8	81,8	82,8	82,1	77,8	77,8	77,8	82,2	50,0	66,7	66,7	60,0	57,1	57,1	71,4	61,9	88,8	64,4	65,6	77,0	68,8	59,6	84,0	64,0	8,6
16	67,1	68,6	67,1	67,6	69,4	83,3	76,9	78,4	66,7	66,7	66,7	66,7	50,0	50,0	40,0	46,2	125,7	55,2	70,7	61,5	62,4	66,8	84,0	64,0	14,9
Σ [%]	99,5	99,9	99,9	99,8	97,1	98,4	99,5	99,1	95,2	93,2	99,3	95,4	99,9	99,8	96,7	98,9	94,7	99,7	95,8	91,9	95,9	94,5	84,0	64,0	88,0

Tab. 3.3 Procentuální srovnání obou motorů

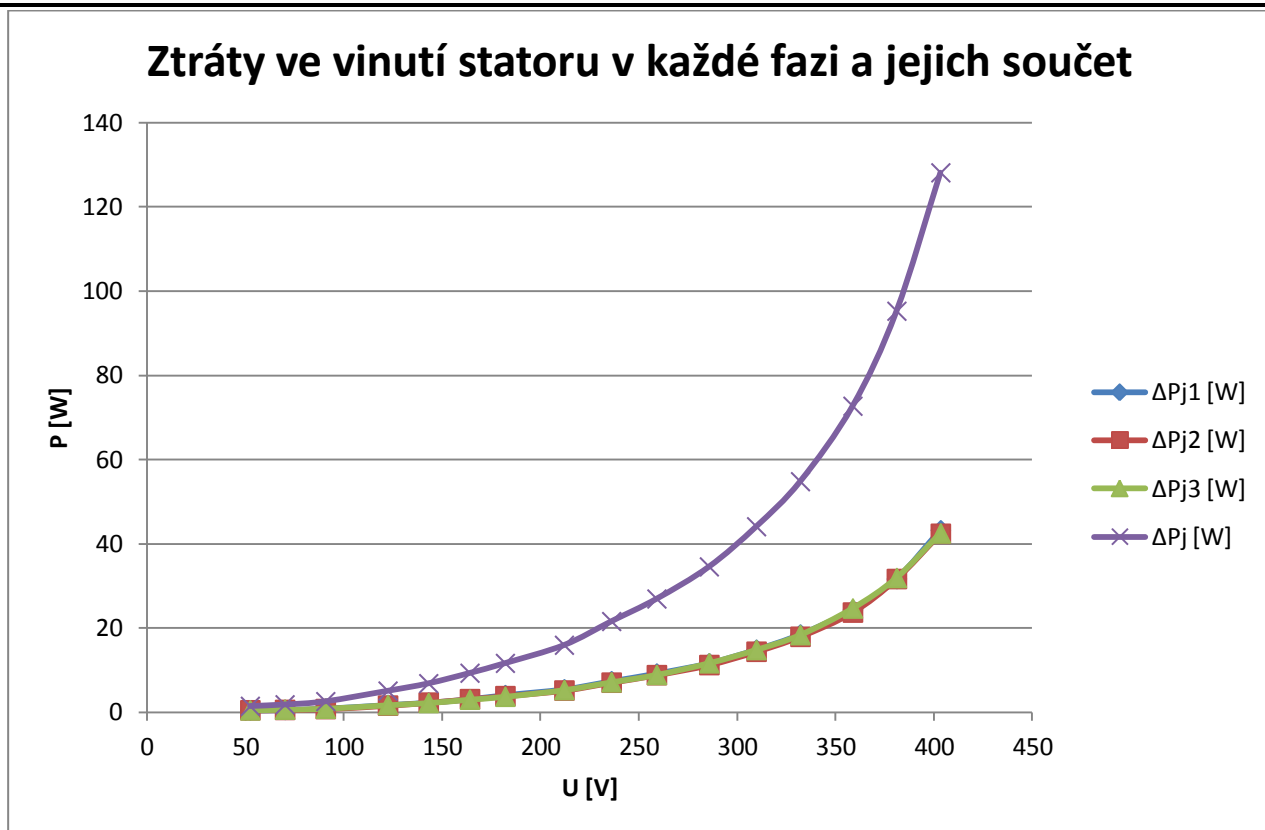
3.3.1 Postup vyhodnocení

Stroj jsem měřil v chodu naprázdno pomocí digitálního analyzátoru sítě DMK 32, který zaznamenával napětí, proudy naprázdno, ztráty v jednotlivých fázích. Pro vyhodnocení bylo nutno zjistit ztráty v magnetickém obvodu, účinník, účinnost, ztráty ve statoru a ztráty mechanické. Z tabulek 3.1 a 3.2 jsem si vyhodnotil procentuální shodnost obou motorů a tyto hodnoty jsem zaznamenal do tab. 3.3. Toto porovnání jsem provedl pro motory se zapojením do hvězdy s ventilátorem a krytem pomocí trojčlenky.

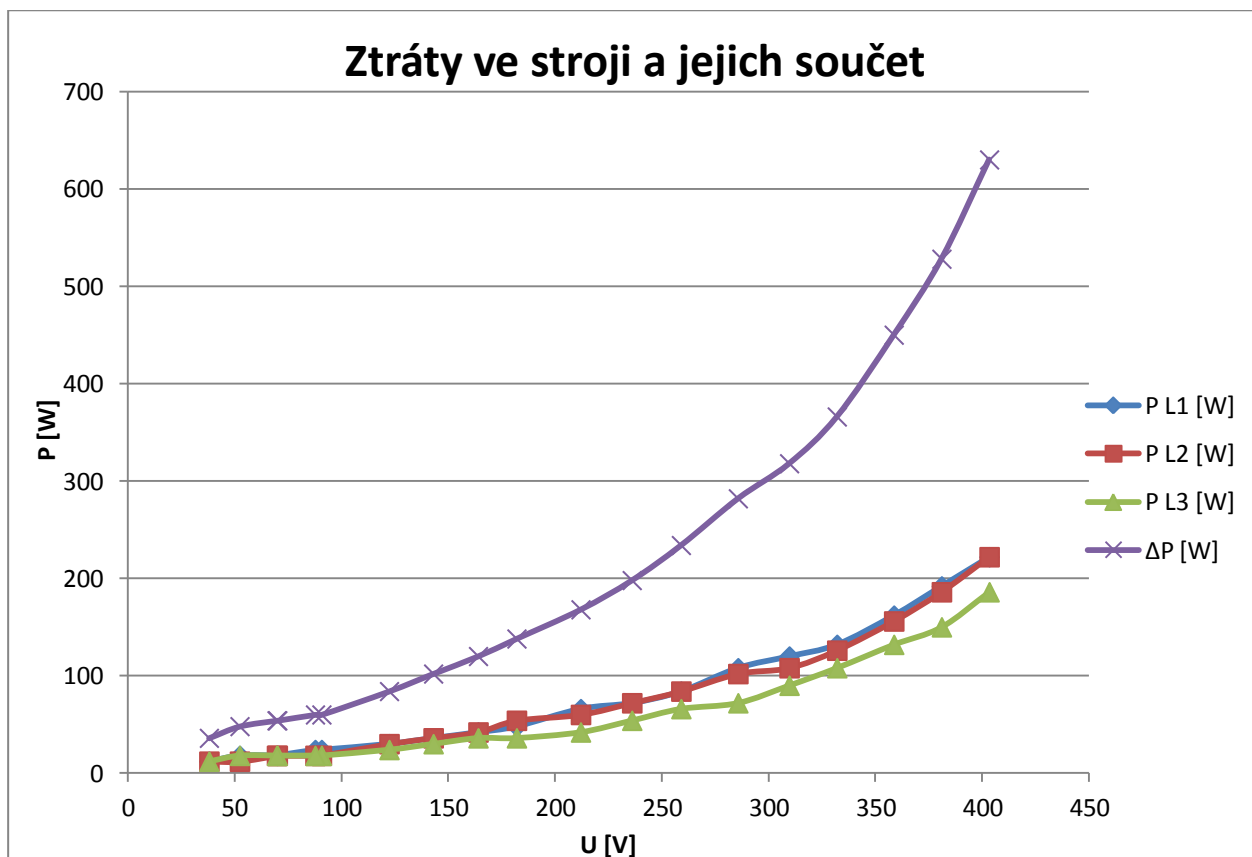
3.3.2 Grafy



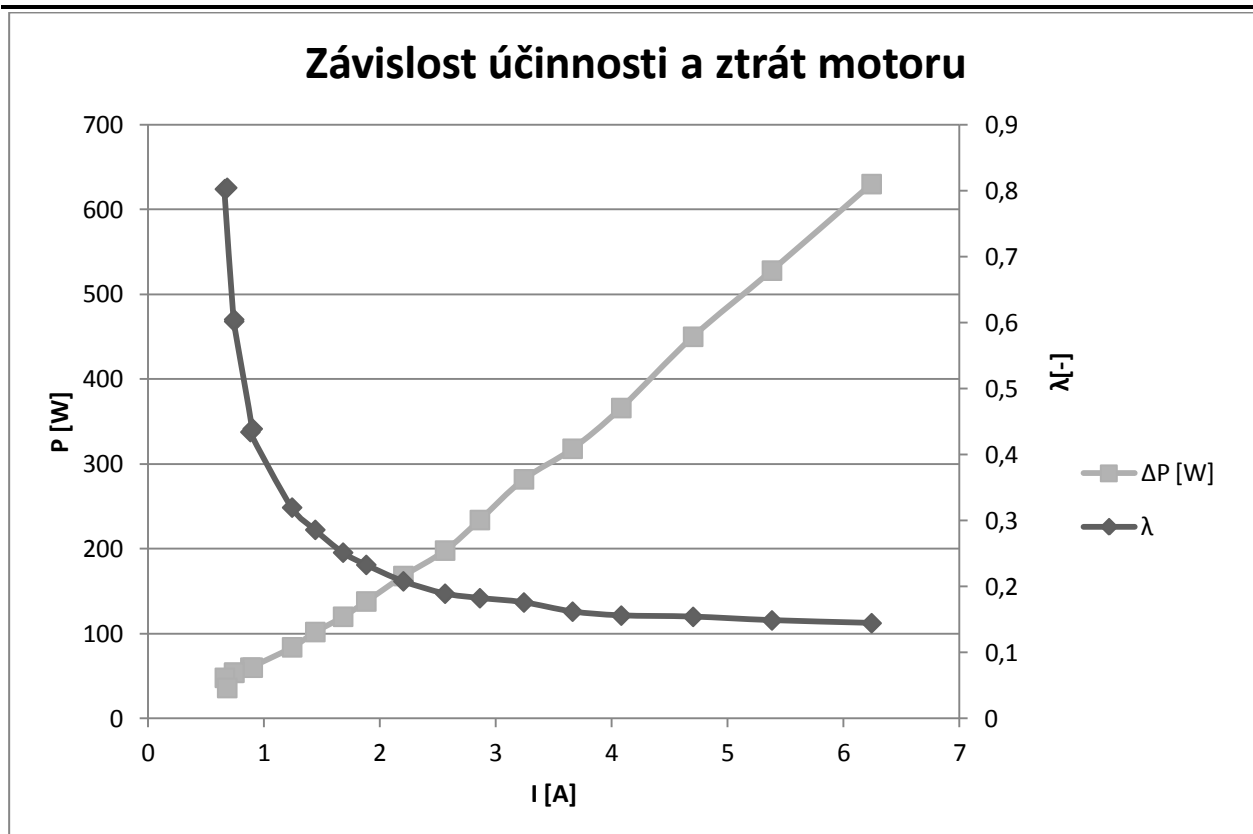
Obr. 3.3.2.1 Určení ztrát mechanických



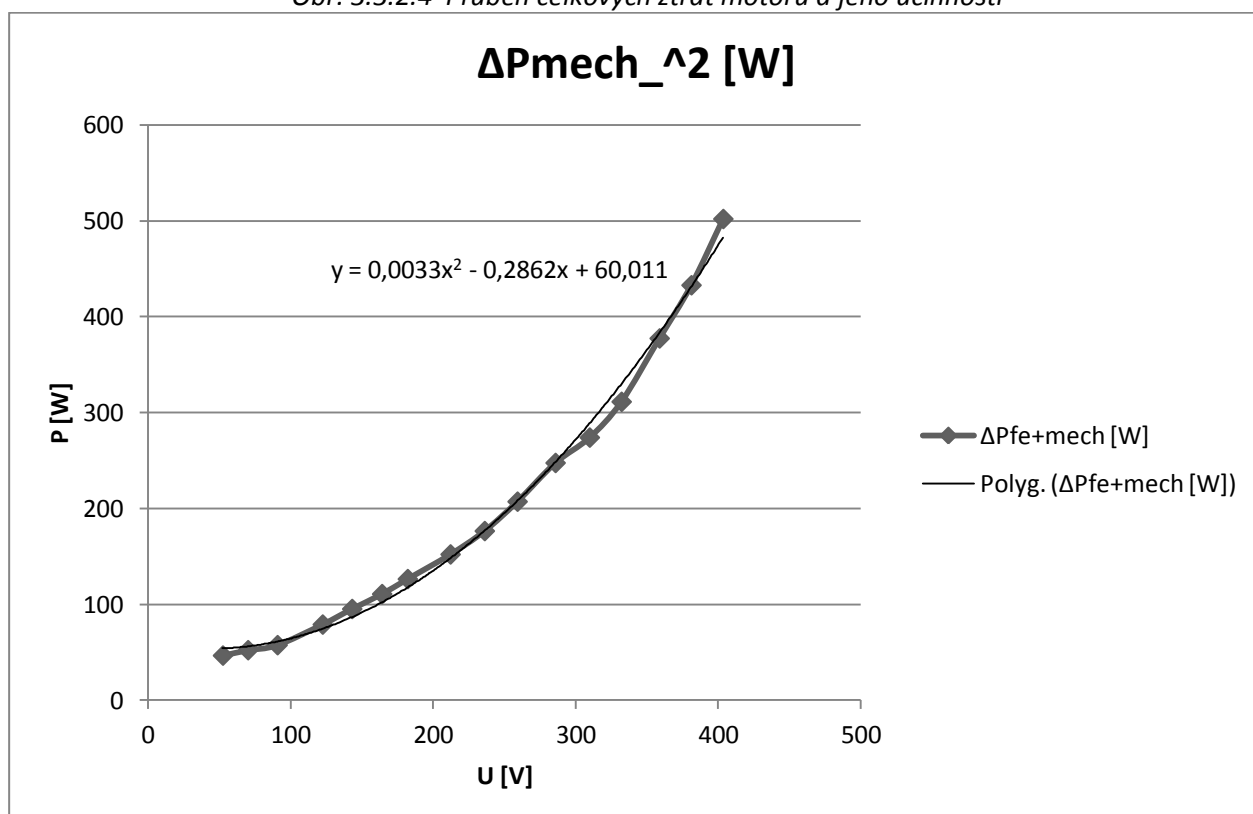
Obr. 3.3.2.5 Průběh ztrát ve vinutí statoru v každé fázi a jejich součet



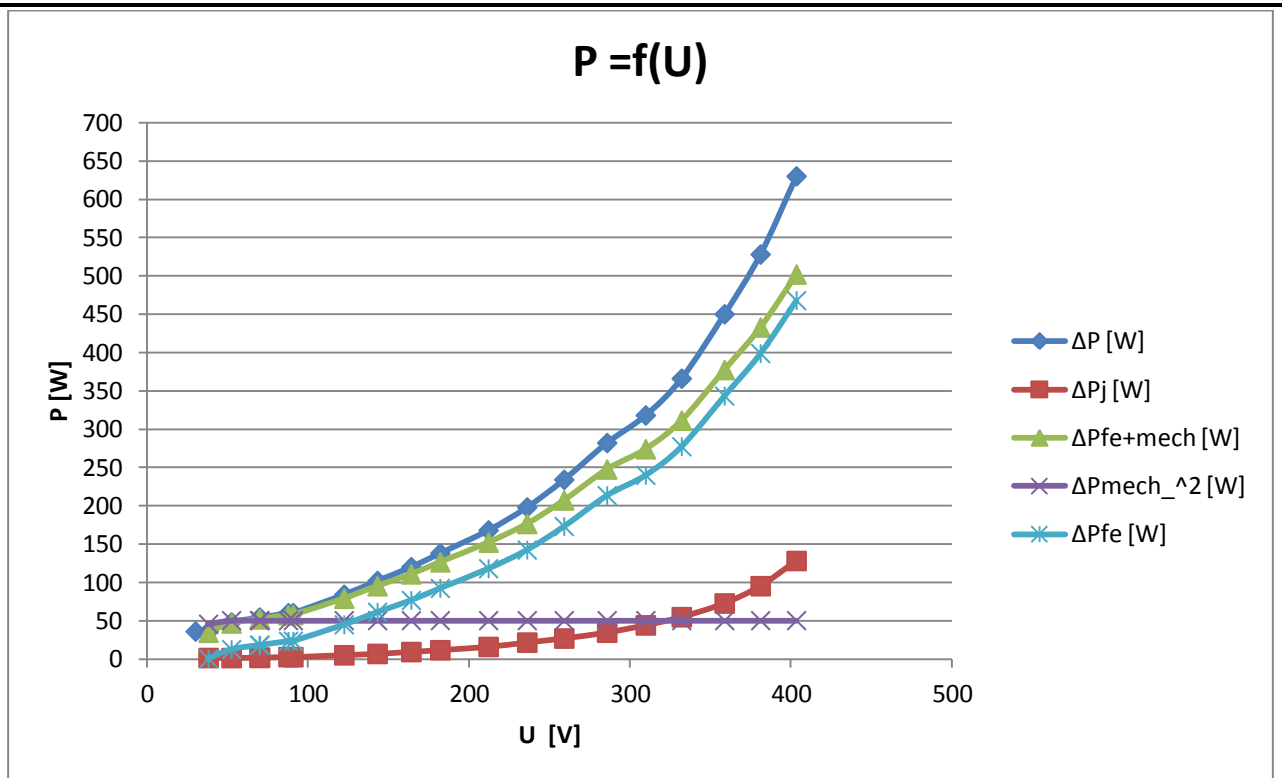
Obr. 3.3.2.3 Průběh celkových ztrát v různých fázích a jejich součet



Obr. 3.3.2.4 Průběh celkových ztrát motoru a jeho účinnosti



Obr. 3.3.2.2 Určení ztrát mechanických



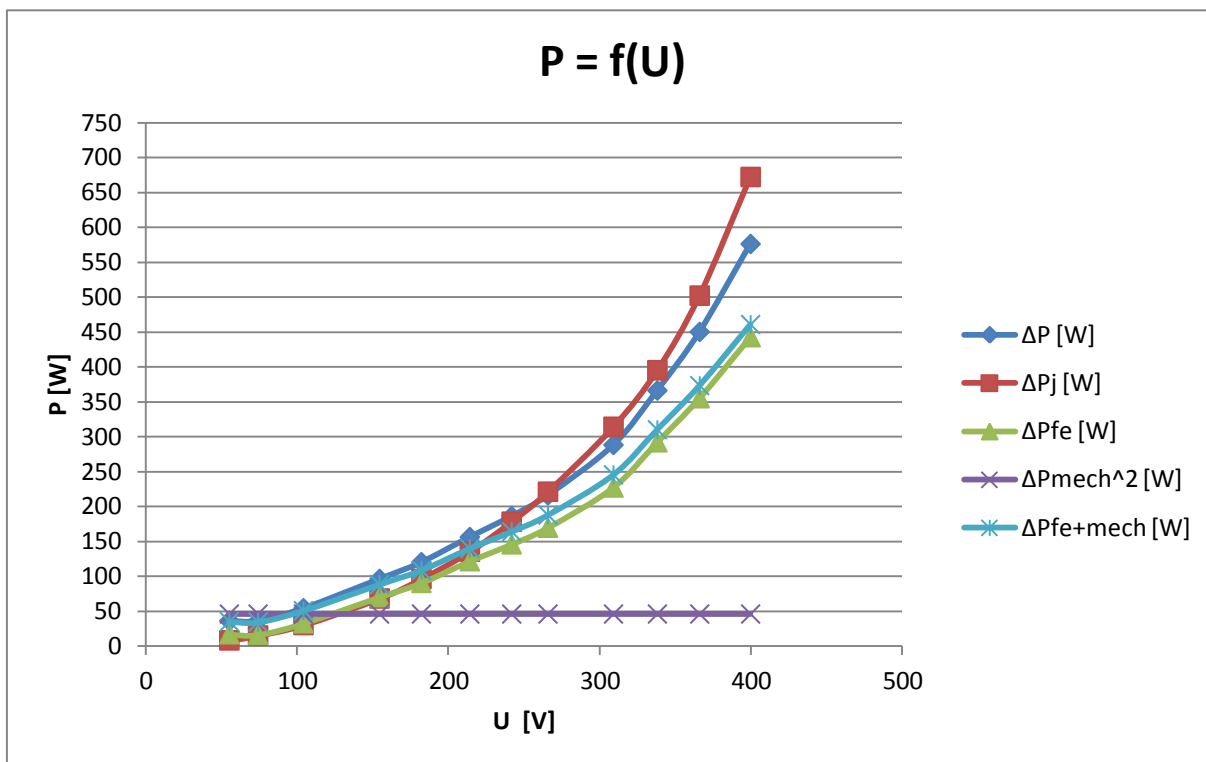
Obr. 3.3.2.6 Průběh jednotlivých složek ztrát

3.4 Měření 2: motor č.2 zapojený do hvězdy bez ventilátoru i krytu.

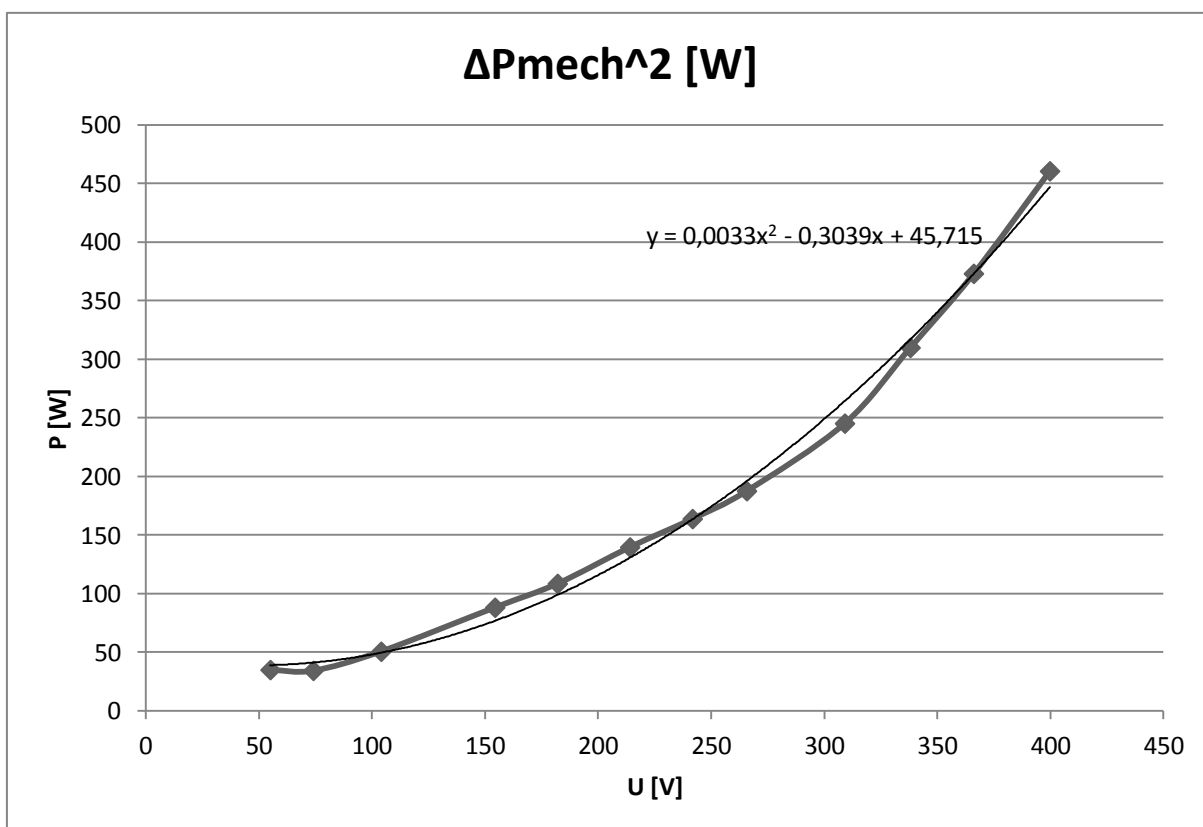
U L1- L2 [V]	U L2- L3 [V]	U L3- L1 [V]	Ustř ² [V ²]	Ustř [V]	I L1 [A]	I L2 [A]	I L3 [A]	I stř [A]	P L1 [W]	P L2 [W]	P L3 [W]	ΔP [W]	Q L1 [Var]	Q L2 [Var]	Q L3 [Var]	λ	ΔQ [Var]	ΔPj1 [W]	ΔPj2 [W]	ΔPj3 [W]	ΔPj [W]	ΔPfe+ mech [W]	ΔPmech ² [W]	ΔPmech _lin [W]	ΔPfe [W]
401	400	398	159733,44	399,7	5,88	5,82	5,94	5,88	204	210	162	576	1344	1326	1362	0,142	672	38,3	38,2	38,8	115,47	460,522	45,715	18,024	442,49
367	366	365	133956,00	366,0	4,8	4,74	4,86	4,80	162	162	126	450	1002	990	1020	0,148	502	25,5	25,3	25,9	76,954	373,046	45,715	18,024	355,02
339	338	337	114244,00	338,0	4,14	4,02	4,14	4,10	132	132	102	366	798	768	804	0,152	395	19,0	18,2	18,8	56,145	309,855	45,715	18,024	291,83
310	309	308	95481,00	309,0	3,6	3,48	3,66	3,58	108	102	78	288	630	606	648	0,150	314	14,3	13,6	14,7	42,807	245,193	45,715	18,024	227,16
267	266	264	70578,78	265,7	2,94	2,88	2,94	2,92	78	78	60	216	444	432	450	0,161	221	9,59	9,37	9,51	28,478	187,522	45,715	18,024	169,49
242	242	241	58402,78	241,7	2,58	2,58	2,58	2,58	66	66	54	186	354	354	360	0,172	178	7,39	7,52	7,32	22,232	163,768	45,715	18,024	145,74
215	214	213	45796,00	214,0	2,22	2,22	2,22	2,22	54	60	42	156	270	270	270	0,190	135	5,47	5,57	5,42	16,461	139,539	45,715	18,024	121,51
183	182	181	33124,00	182,0	1,86	1,86	1,86	1,86	42	42	36	120	192	192	192	0,205	96	3,84	3,91	3,81	11,555	108,445	45,715	18,024	90,21
155	154	154	23818,78	154,3	1,56	1,5	1,56	1,54	36	36	24	96	138	132	138	0,233	68	2,70	2,54	2,68	7,921	88,079	45,715	18,024	70,055
104	104	104	10816,00	104,0	1,02	1,02	1,02	1,02	18	18	18	54	60	60	60	0,294	30	1,15	1,18	1,14	3,475	50,525	45,715	18,024	32,501
74	74	74	5476,00	74,0	0,72	0,72	0,78	0,74	12	12	12	36	30	30	30	0,380	15	0,58	0,59	0,67	1,829	34,171	45,715	18,024	16,147
55	55	55	3025,00	55,0	0,54	0,6	0,6	0,58	12	12	12	36	12	18	18	0,652	8	0,32	0,41	0,40	1,124	34,876	45,715	18,024	16,852

Tab. 3.4.1 Asynchronní motor zapojený do hvězdy bez ventilátoru i krytu.

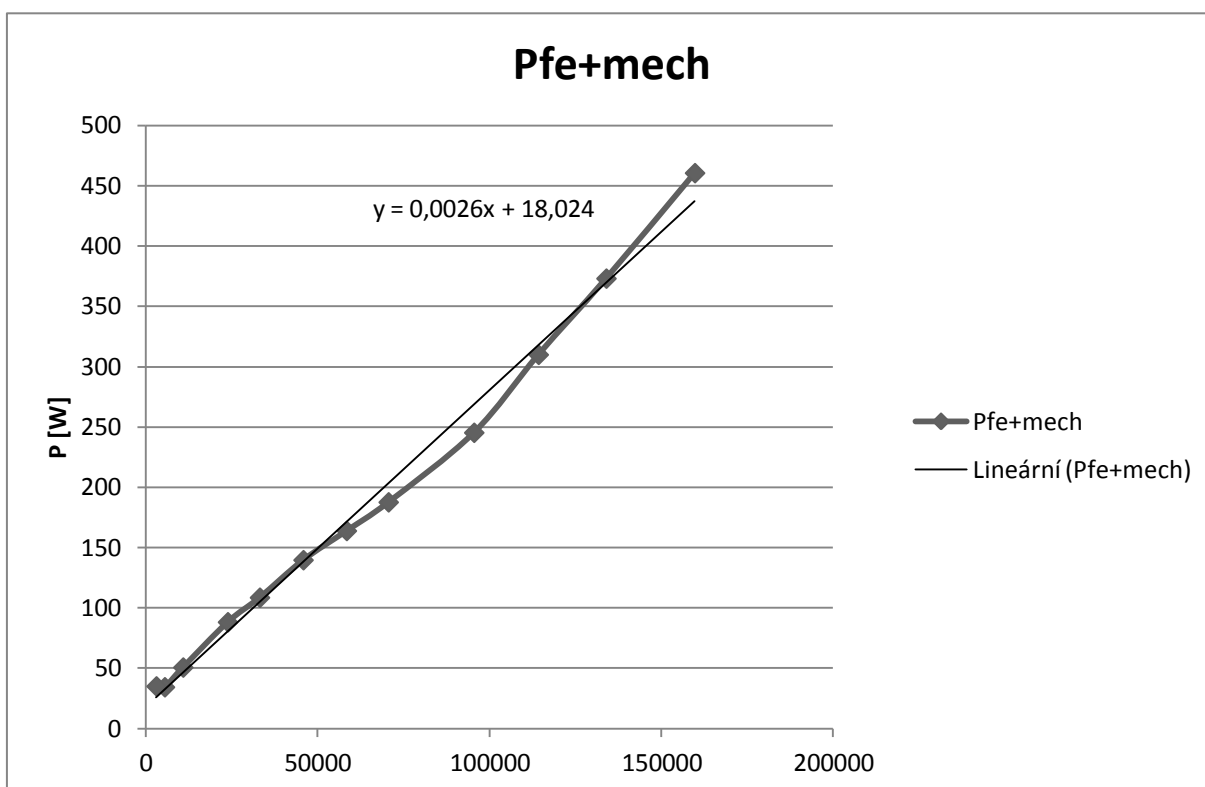
3.4.1 Grafy



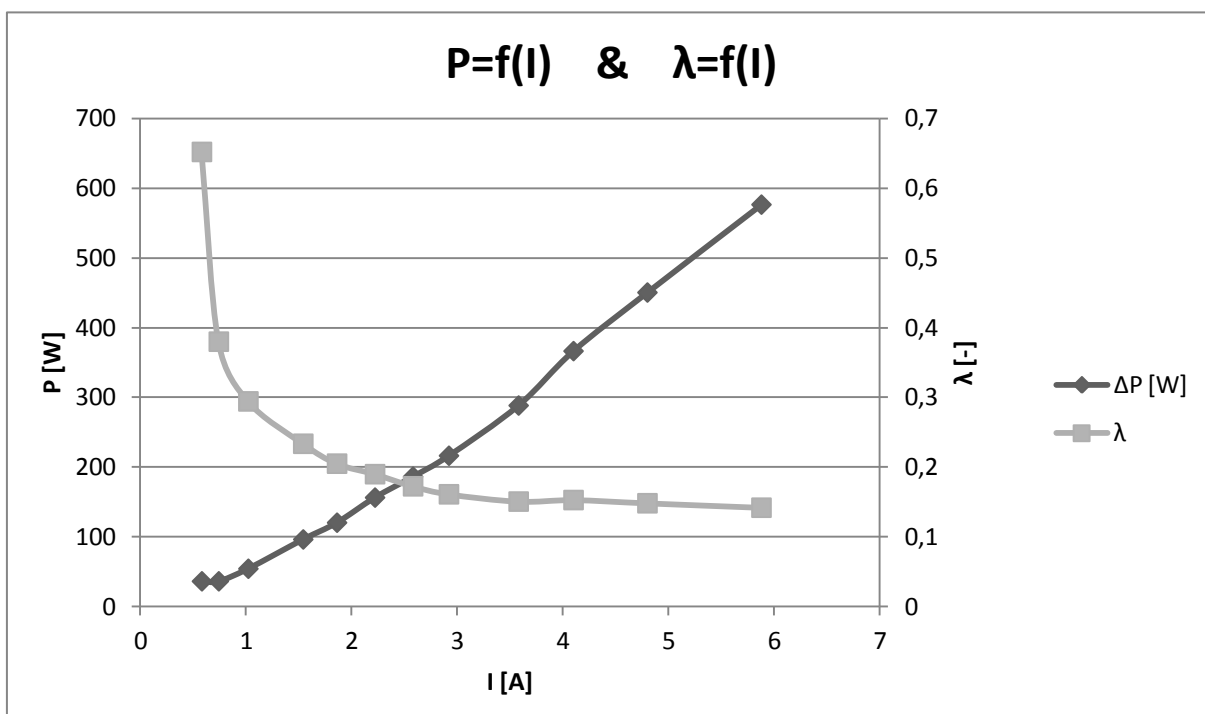
Obr. 3.4.1.1 Průběh jednotlivých složek ztrát



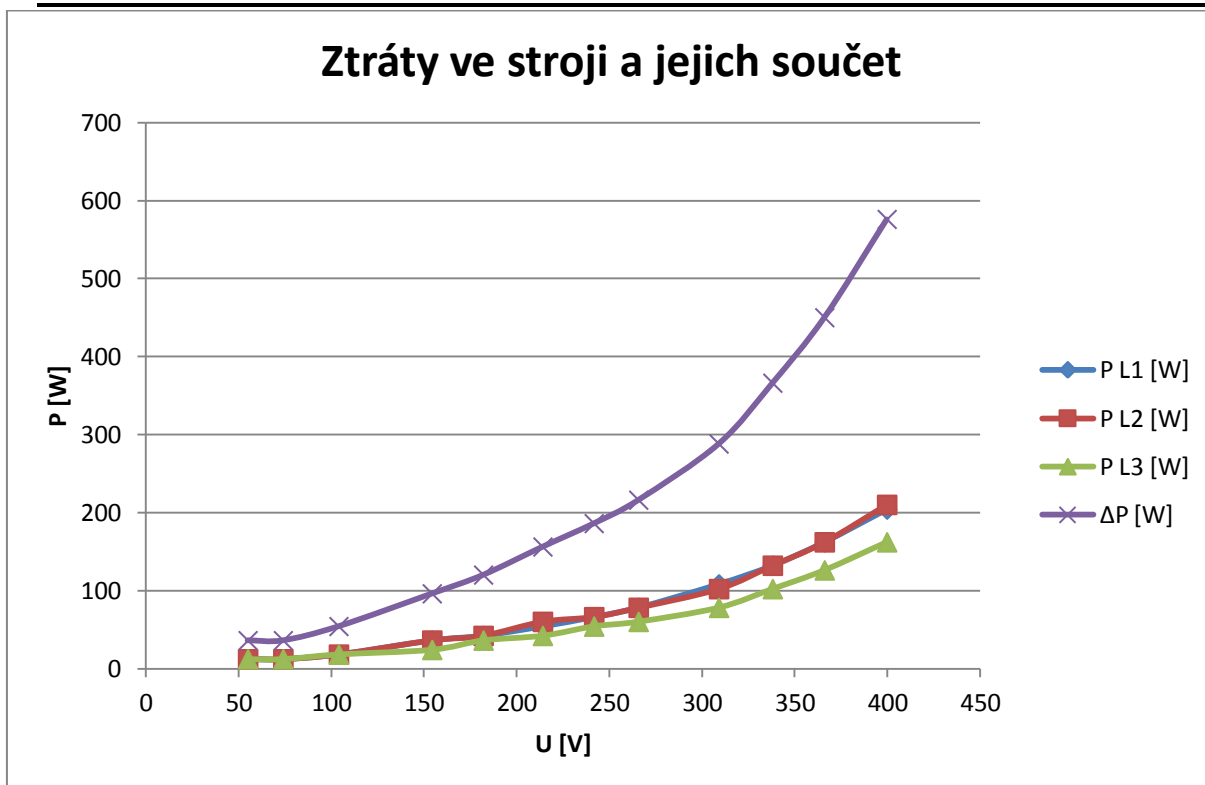
Obr. 3.4.1.2 Určení ztrát mechanických



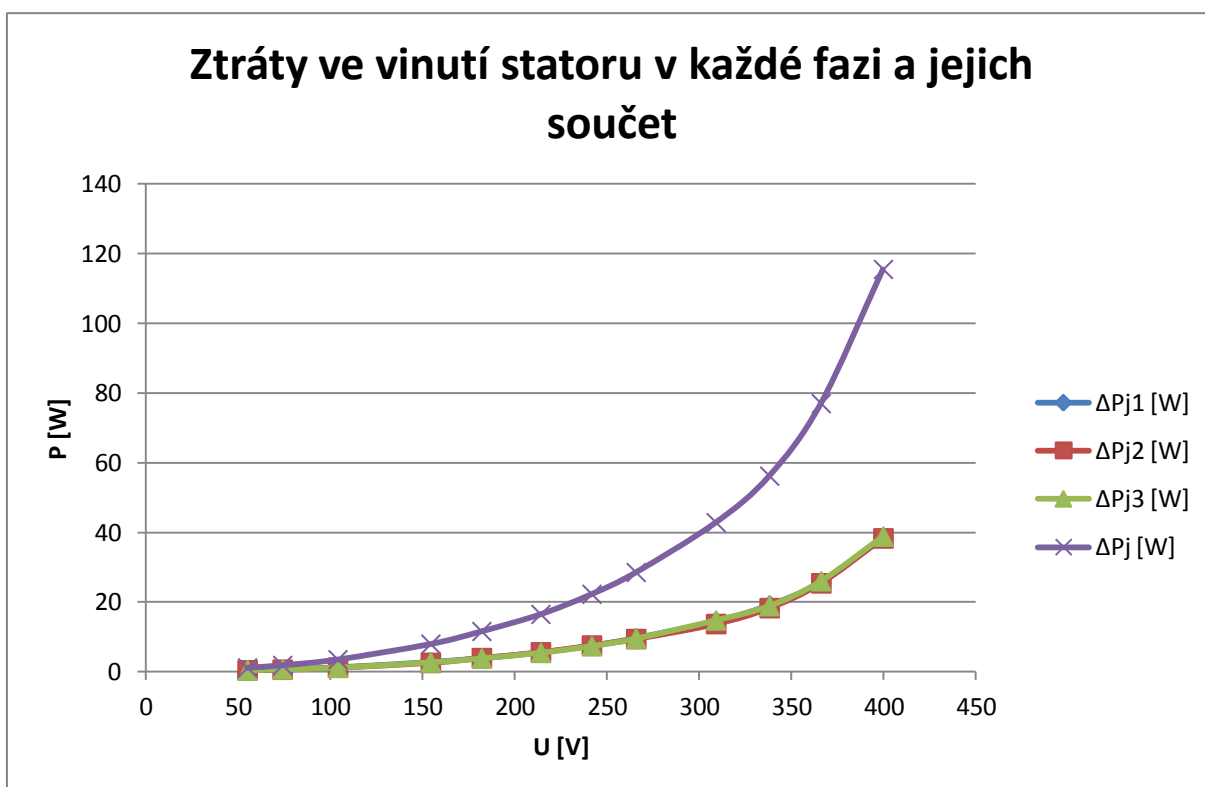
Obr. 3.4.1.3 Určení ztrát mechanických



Obr. 3.4.1.4 Průběh celkových ztrát motoru a jeho účinnosti



Obr. 3.4.1.5 Průběh celkových ztrát v různých fázích a jejich součet



Obr. 3.4.1.6 Průběh ztrát ve vinutí statoru v každé fazi a jejich součet

3.5 Měření 4: motor č.2 zapojený do trojúhelníka s ventilátorem i krytem.

U L1- L2[V]	U L2- L3[V]	U L3- L1[V]	Ustř ² [V ²]	Ustř [V]	I1 [A]	I2 [A]	I3 [A]	Istř [A]	P1 [W]	P2 [W]	P3 [W]	ΔP [W]	Q1 [VAr]	Q2 [VAr]	Q3 [VAr]	ΔQ [VAr]	λ	ΔPj1 [W]	ΔPj2 [W]	ΔPj3 [W]	ΔPj [W]	ΔPfe+ mech [W]	ΔPmech lin [W]	ΔPmech ² [W]	ΔPfe [W]
226	226	224	50775,1	225,33	9,96	9,84	10,0	9,94	192	192	156	540	1278	1266	1302	3846	0,14	36,70	36,47	36,81	110,0	430,00	27,61	43,004	402,39
206	206	205	42298,8	205,67	8,04	7,92	8,16	8,04	156	144	120	420	948	930	966	2844	0,15	23,92	23,63	24,41	71,97	348,03	27,61	43,004	320,42
182	182	181	33002,8	181,67	6,42	6,3	6,6	6,44	120	102	84	306	666	660	690	2016	0,15	15,25	14,95	15,97	46,17	259,83	27,61	43,004	232,21
160	160	159	25493,4	159,67	5,34	5,28	5,46	5,36	90	78	66	234	486	480	504	1470	0,16	10,55	10,50	10,93	31,99	202,01	27,61	43,004	174,40
140	140	139	19506,8	139,67	4,5	4,44	4,68	4,54	72	60	54	186	354	354	378	1086	0,17	7,49	7,43	8,03	22,95	163,05	27,61	43,004	135,44
124	125	124	15458,8	124,33	3,9	3,84	4,08	3,94	60	54	48	162	276	270	294	840	0,19	5,63	5,55	6,10	17,28	144,72	27,61	43,004	117,10
101	101	101	10201,0	101,00	3,06	3,06	3,24	3,12	48	36	36	120	174	174	186	534	0,22	3,46	3,53	3,85	10,84	109,16	27,61	43,004	81,55
83	83	82	6833,8	82,67	2,46	2,46	2,64	2,52	36	30	30	96	114	114	126	354	0,27	2,24	2,28	2,56	7,07	88,93	27,61	43,004	61,32
62	63	62	3885,4	62,33	1,86	1,86	1,98	1,9	24	18	24	66	66	66	72	204	0,32	1,28	1,30	1,44	4,02	61,98	27,61	43,004	34,37
45	45	45	2025,0	45,00	1,32	1,44	1,44	1,4	18	12	18	48	30	36	36	102	0,44	0,64	0,78	0,76	2,18	45,82	27,61	43,004	18,20
29	30	29	860,4	29,33	1,02	1,08	1,08	1,06	12	12	12	36	12	12	12	36	0,67	0,38	0,44	0,43	1,25	34,75	27,61	43,004	7,14
29	30	29	860,4	29,33	1,02	1,08	1,08	1,06	12	12	12	36	12	12	12	36	0,67	0,38	0,44	0,43	1,25	34,75	27,61	43,004	7,14

Tab. 3.5.1 Asynchronní motor zapojený do trojúhelníka s ventilátorem i krytem.

3.6 Měření 6: motor č.1 zapojený do trojúhelníka s ventilátorem i krytem.

U L1- L2 [V]	U L2- L3 [V]	U L3- L1 [V]	Ustř ² [V ²]	Ustř [V]	I1 [A]	I2 [A]	I3 [A]	Istř [A]	P1 [W]	P2 [W]	P3 [W]	ΔP [W]	Q1 [VAr]	Q2 [VAr]	Q3 [VAr]	ΔQ [VAr]	λ	ΔPj1 [W]	ΔPj2 [W]	ΔPj3 [W]	ΔPj [W]	ΔPfe+ mech [W]	ΔPmech _lin [W]	ΔPmech _ ² [W]	ΔPfe [W]
222	222	221	49136,1	221,6	9,72	9,66	9,96	9,78	204	180	156	540	1230	1224	1272	3726	0,144	34,96	34,53	35,38	104,89	435,11	34,94	58,58	400,17
197	197	196	38677,8	196,6	7,44	7,38	7,68	7,50	144	126	120	390	834	828	870	2532	0,153	20,48	20,15	21,04	61,69	328,31	34,94	58,58	293,37
181	180	180	32520,1	180,3	6,42	6,36	6,66	6,48	120	108	96	324	660	654	690	2004	0,160	15,25	14,97	15,82	46,05	277,95	34,94	58,58	243,01
162	162	161	26136,1	161,6	5,46	5,46	5,70	5,54	96	84	78	258	504	504	534	1542	0,166	11,03	11,03	11,59	33,66	224,34	34,94	58,58	189,40
144	144	144	20736,0	144	4,74	4,68	4,86	4,76	84	72	66	222	390	384	402	1176	0,187	8,31	8,10	8,42	24,85	197,15	34,94	58,58	162,21
125	125	125	15625,0	125	3,96	3,96	4,14	4,02	66	54	54	174	282	282	300	864	0,200	5,80	5,80	6,11	17,72	156,28	34,94	58,58	121,34
109	109	109	11881,0	109	3,42	3,42	3,54	3,46	54	42	42	138	210	210	222	642	0,211	4,33	4,33	4,47	13,13	124,87	34,94	58,58	89,93
89	90	88	7921,0	89	2,58	2,64	2,76	2,66	36	30	30	96	114	114	120	348	0,234	2,46	2,58	2,72	7,76	88,24	34,94	58,58	53,30
74	74	74	5476,0	74	2,22	2,28	2,34	2,28	30	30	30	90	90	96	96	282	0,308	1,82	1,92	1,95	5,70	84,30	34,94	58,58	49,36
56	56	56	3136,0	56	1,68	1,68	1,80	1,72	24	24	24	72	48	48	54	150	0,432	1,04	1,04	1,16	3,24	68,76	34,94	58,58	33,82
31	32	31	981,8	31,3	1,08	1,20	1,20	1,16	12	18	18	48	12	18	18	48	0,762	0,43	0,53	0,51	1,48	46,52	34,94	58,58	11,58

Tab. 3.6.1 Asynchronní motor zapojený do trojúhelníka s ventilátorem i krytem.

3.7 Srovnání obou motorů zapojených do trojúhelníka

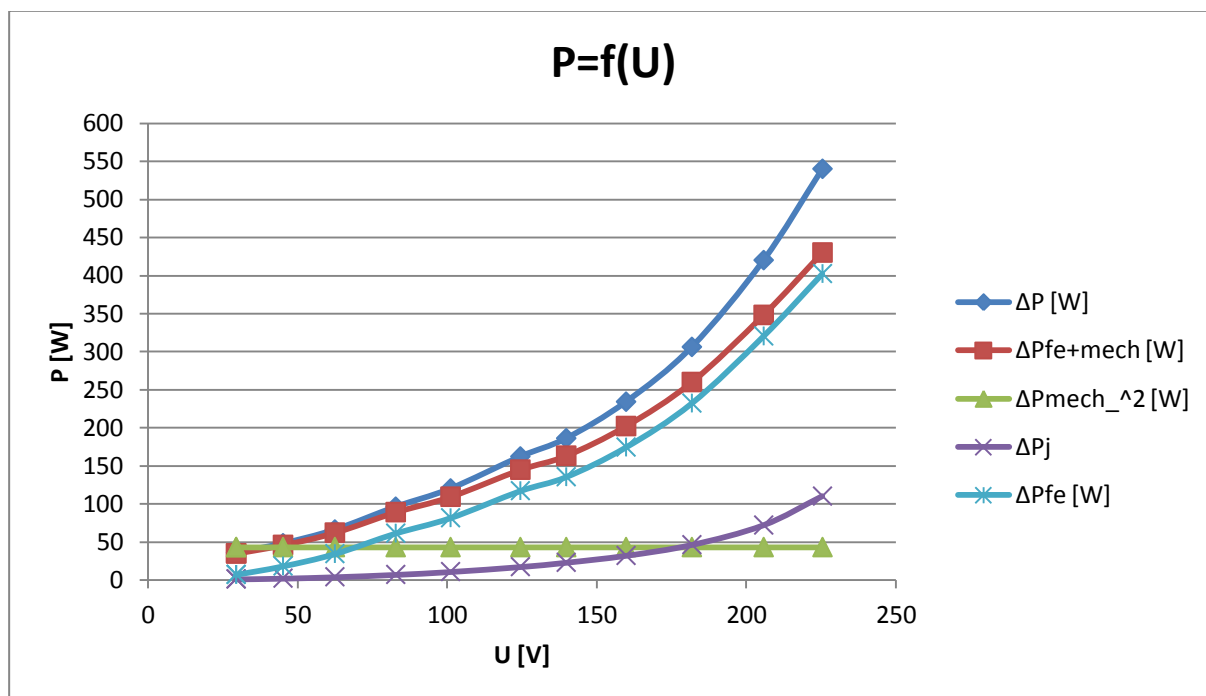
č. měření	UL1-L2 [V]	UL2-L3 [V]	UL3-L1 [V]	Ustř [V]	I1 [A]	I2 [A]	I3 [A]	Istř [A]	P1 [W]	P2 [W]	P3 [W]	ΔP [W]	Q1 [VAr]	Q2 [VAr]	Q3 [VAr]	ΔQ [VAr]	λ	ΔPj1 [W]	ΔPj2 [W]	ΔPj3 [W]	ΔPj [W]	ΔPfe+mech [W]	ΔPmech_lin [W]	ΔPmech^2 [W]	ΔPfe [W]
1,0	101,8	101,8	101,4	101,7	102,5	101,9	100,4	101,6	94,1	106,7	100,0	100,0	103,9	103,4	102,4	103,2	97,2	105,0	105,6	104,0	104,9	98,8	79,0	73,4	100,6
2,0	104,6	104,6	104,6	104,6	108,1	107,3	106,3	107,2	108,3	114,3	100,0	107,7	113,7	112,3	111,0	112,3	98,0	116,8	117,3	116,0	116,7	106,0	79,0	73,4	109,2
3,0	100,6	101,1	100,6	100,8	100,0	99,1	99,1	99,4	100,0	94,4	87,5	94,4	100,9	100,9	100,0	100,6	93,8	100,0	99,9	100,9	100,3	93,5	79,0	73,4	95,6
4,0	98,8	98,8	98,8	98,8	97,8	96,7	95,8	96,8	93,8	92,9	84,6	90,7	96,4	95,2	94,4	95,3	96,4	95,6	95,2	94,3	95,0	90,0	79,0	73,4	92,1
5,0	97,2	97,2	96,5	97,0	94,9	94,9	96,3	95,4	85,7	83,3	81,8	83,8	90,8	92,2	94,0	92,3	90,9	90,1	91,7	95,4	92,4	82,7	79,0	73,4	83,5
6,0	99,2	100,0	99,2	99,5	98,5	97,0	98,6	98,0	90,9	100,0	88,9	93,1	97,9	95,7	98,0	97,2	95,0	97,1	95,7	99,8	97,5	92,6	79,0	73,4	96,5
7,0	92,7	92,7	92,7	92,7	89,5	89,5	91,5	90,2	88,9	85,7	85,7	87,0	82,9	82,9	83,8	83,2	104,3	79,9	81,5	86,1	82,6	87,4	79,0	73,4	90,7
8,0	93,3	92,2	93,2	92,9	95,3	93,2	95,7	94,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	105,0	101,7	115,4	91,1	88,4	94,1	91,1	100,8	79,0	73,4	115,0
9,0	83,8	85,1	83,8	84,2	83,8	81,6	84,6	83,3	80,0	60,0	80,0	73,3	73,3	68,8	75,0	72,3	103,9	70,3	67,7	73,8	70,5	73,5	79,0	73,4	69,6
10,0	80,4	80,4	80,4	80,4	78,6	85,7	80,0	81,4	75,0	50,0	75,0	66,7	62,5	75,0	66,7	68,0	101,9	61,5	75,0	65,5	67,3	66,6	79,0	73,4	53,8
11,0	93,5	93,8	93,5	93,7	94,4	90,0	90,0	91,4	100,0	66,7	66,7	75,0	100,0	66,7	66,7	75,0	87,9	88,4	83,0	84,3	84,5	74,7	79,0	73,4	61,7
Σ [%]	95,1	95,2	95,0	95,1	94,9	94,2	94,4	94,5	92,4	86,7	86,4	88,3	92,9	90,3	90,6	91,0	98,6	90,5	91,0	92,2	91,1	87,9	79,0	73,4	88,0

3.7.1 Srovnání obou motorů zapojených do trojúhelníka

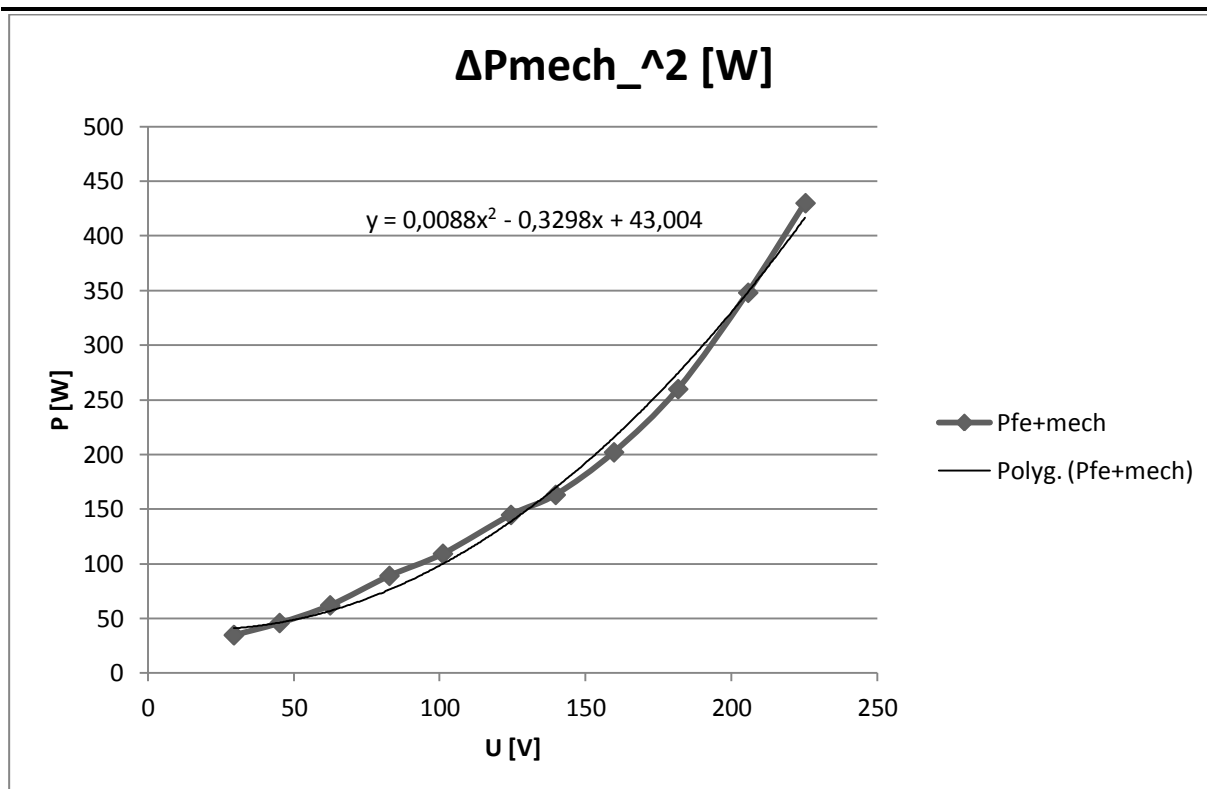
3.7.1 Postup měření

Stroj jsem měřil v chodu naprázdno pomocí digitálního analyzátoru sítě DMK 32, který zaznamenával napětí, proudy naprázdno, ztráty v jednotlivých fázích. Pro vyhodnocení bylo nutno zjistit ztráty v magnetickém obvodu, účinník, účinnost, ztráty ve statoru a ztráty mechanické. Z tabulek 3.6.1 a 3.5.1 jsem si vyhodnotil procentuální shodnost obou motorů a tyto hodnoty jsem zaznamenal do tab. 3.7.1. Toto porovnání jsem provedl pro motory se zapojením do trojúhelníka s ventilátorem i krytem pomocí trojčlenky.

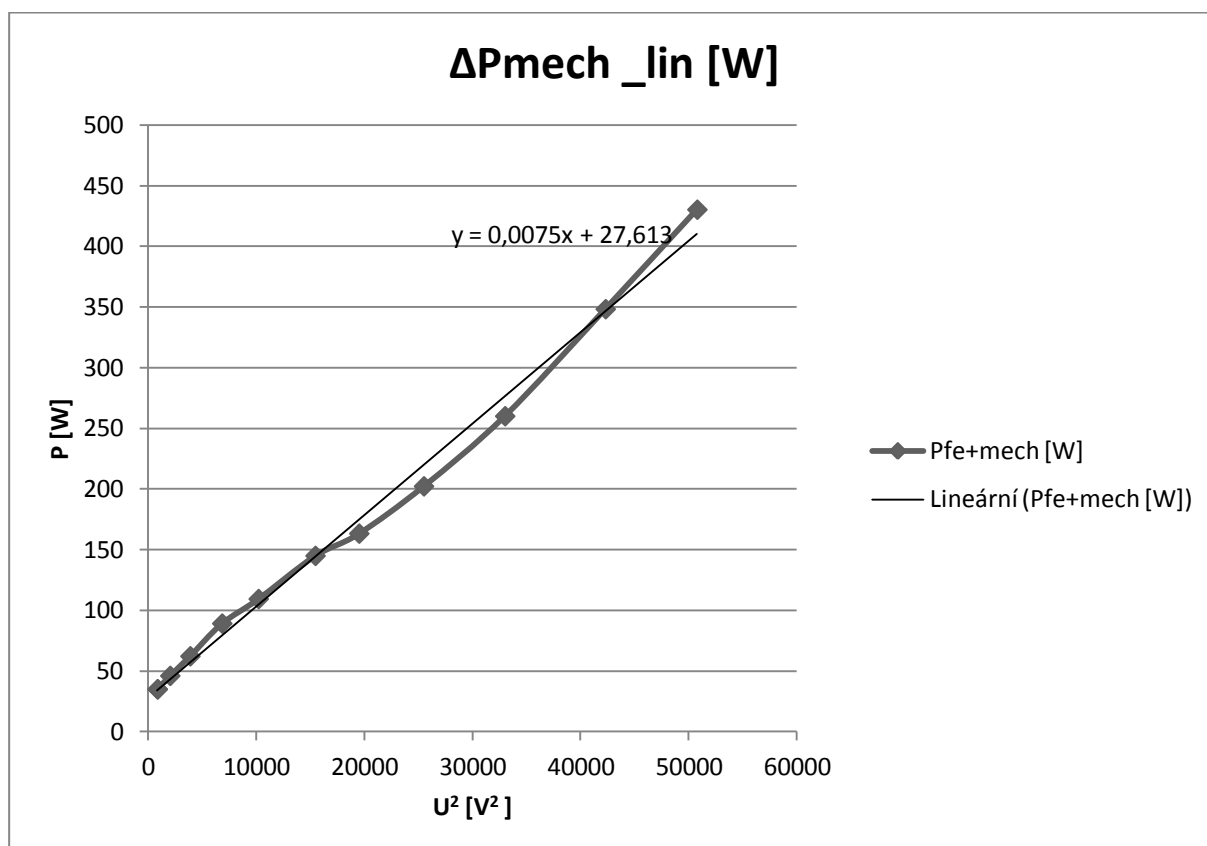
3.7.2 Grafy



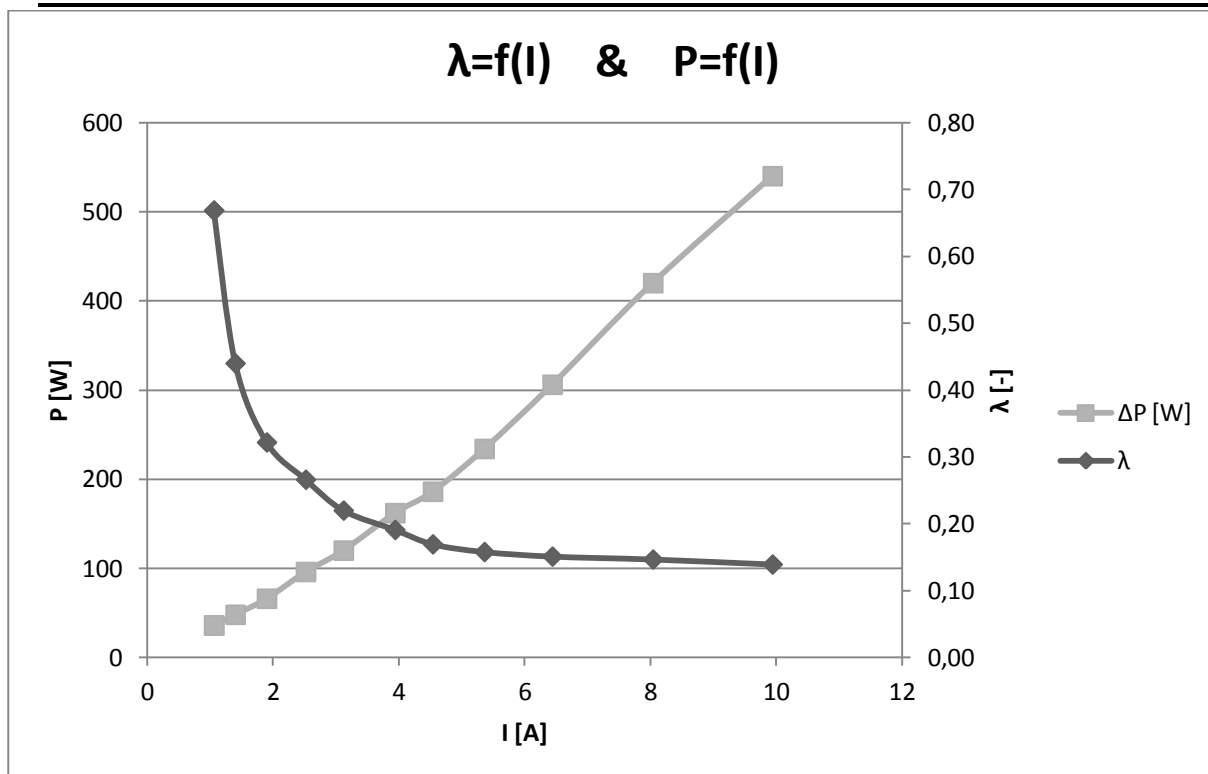
Obr. 3.7.2.1 Průběh jednotlivých složek ztrát



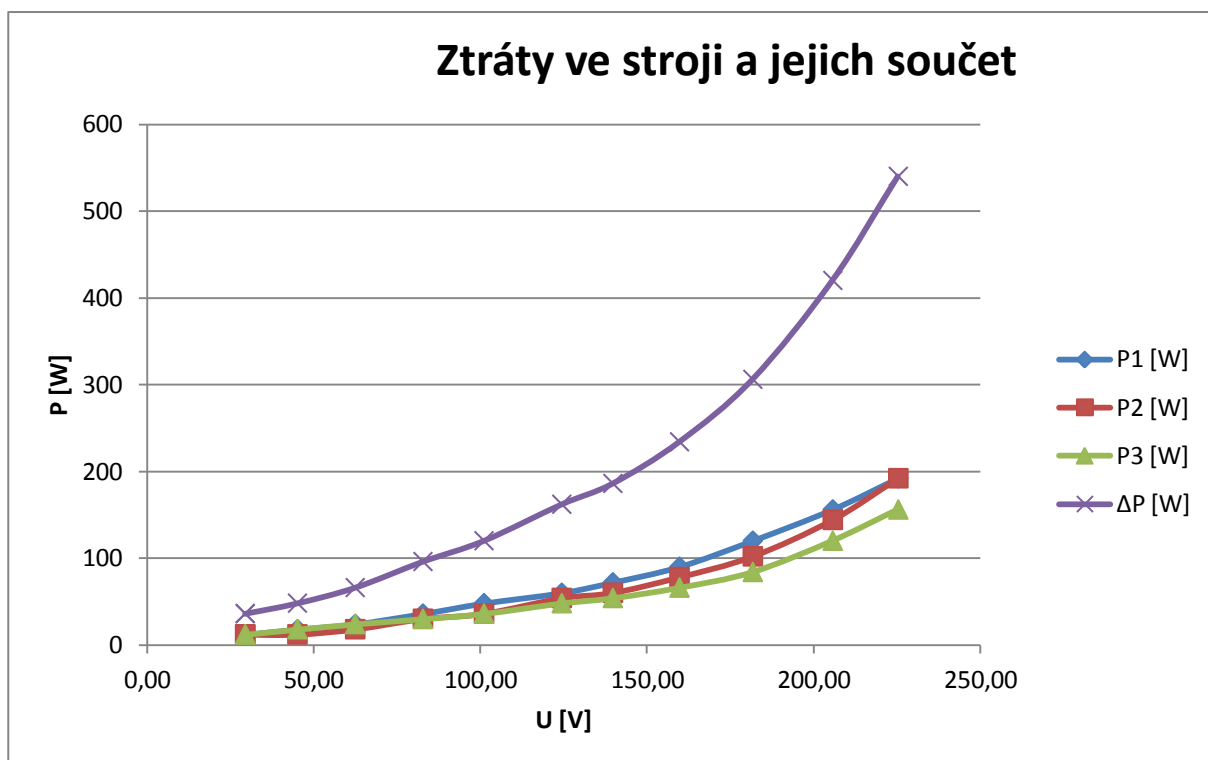
Obr. 3.7.2.2 Určení ztrát mechanických



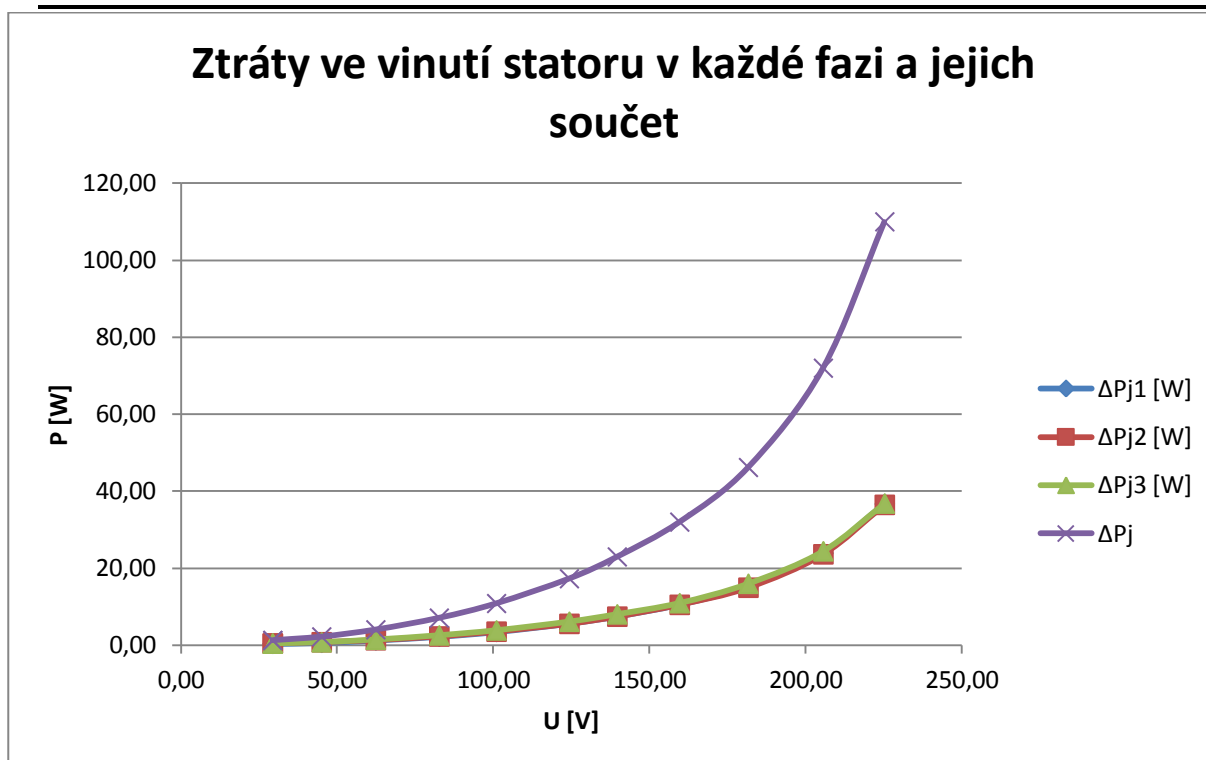
Obr. 3.7.2.3 Určení ztrát mechanických



Obr. 3.7.2.4 Průběh celkových ztrát motoru a jeho účinnosti



Obr. 3.7.2.5 Průběh celkových ztrát motoru a jeho součet



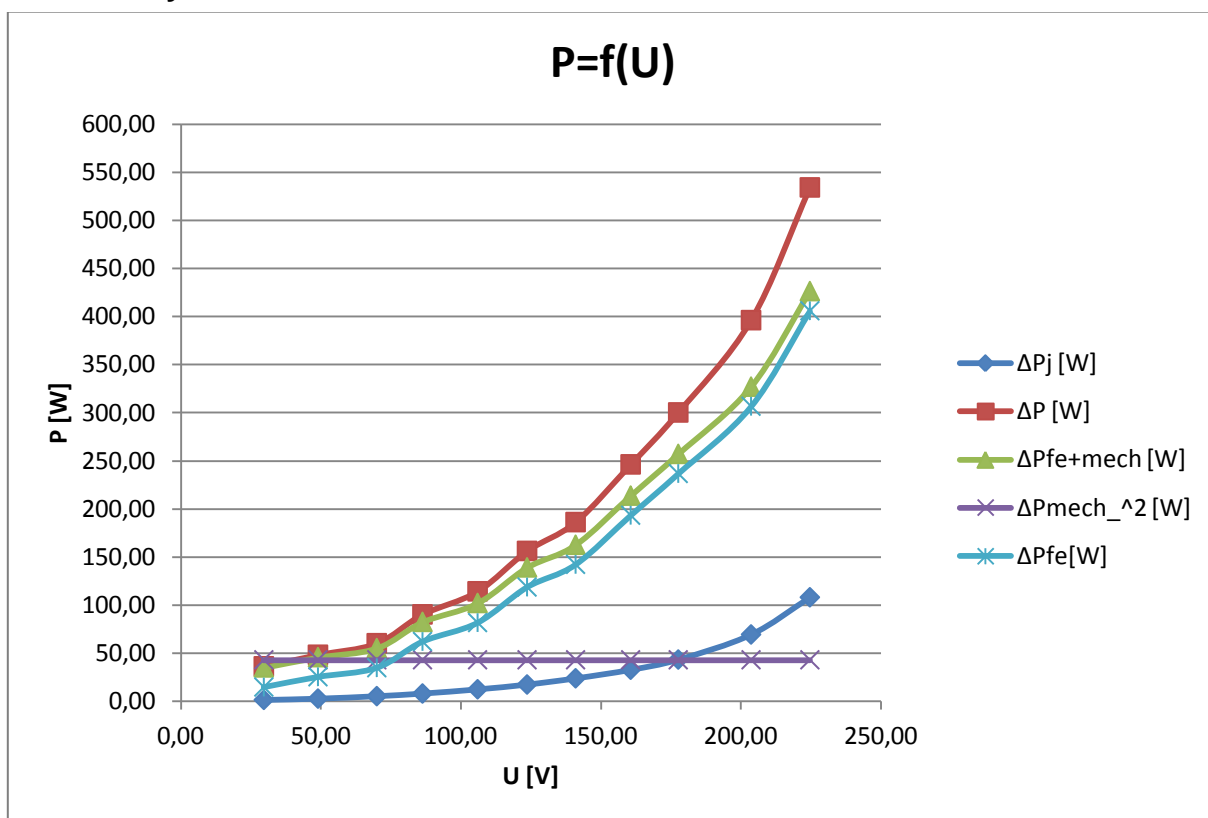
Obr. 3.7.2.6 Průběh ztrát ve vinutí statoru v každé fázi a jejich součet

3.8 Měření 5: motor č.2 zapojený do trojúhelníku bez ventilátoru i krytu.

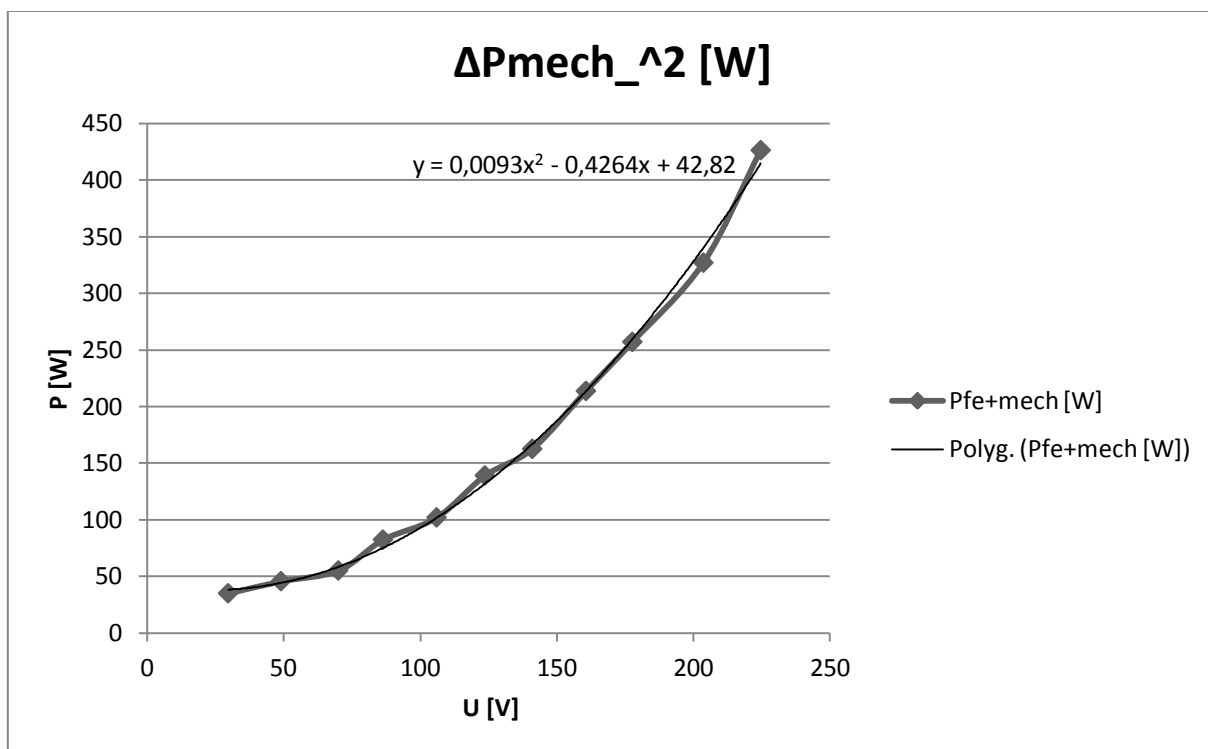
U L1- L2 [V]	U L2- L3 [V]	U L3- L1 [V]	Ustř ² [V ²]	Ustř [V]	I L1 [A]	I L2 [A]	I L3 [A]	Istř [A]	P1 [W]	P2 [W]	P3 [W]	ΔP [W]	ΔPj1 [W]	ΔPj2 [W]	ΔPj3 [W]	ΔPj [W]	Q1 [Var]	Q2 [Var]	Q3 [Var]	ΔQ [VAr]	λ	ΔPfe+ mech [W]	ΔPmech _lin [W]	ΔPmech _^2 [W]	ΔPfe [W]
225	225	224	50475,1	224,67	9,84	9,72	9,96	9,84	192	186	156	534	35,83	35,59	36,37	107,80	1266	1248	1290	3804	0,14	426,20	20,42	42,82	405,78
204	204	203	41480,1	203,67	7,86	7,74	8,04	7,88	150	132	114	396	22,86	22,57	23,70	69,13	918	900	948	2766	0,14	326,87	20,42	42,82	306,44
178	178	177	31565,4	177,67	6,18	6,12	6,36	6,22	114	96	90	300	14,13	14,11	14,83	43,07	624	618	648	1890	0,16	256,93	20,42	42,82	236,50
161	161	160	25813,7	160,67	5,34	5,28	5,58	5,40	96	78	72	246	10,55	10,50	11,42	32,46	492	486	516	1494	0,16	213,54	20,42	42,82	193,11
141	141	141	19881	141,00	4,56	4,50	4,74	4,60	72	60	54	186	7,69	7,63	8,24	23,56	366	360	384	1110	0,17	162,44	20,42	42,82	142,02
124	124	123	15293,4	123,67	3,84	3,84	4,08	3,92	60	48	48	156	5,46	5,55	6,10	17,11	270	270	294	834	0,19	138,89	20,42	42,82	118,47
106	106	106	11236	106,00	3,24	3,24	3,42	3,30	42	36	36	114	3,88	3,95	4,29	12,12	192	192	210	594	0,19	101,88	20,42	42,82	81,45
86	87	86	7453,4	86,33	2,58	2,58	2,76	2,64	30	30	30	90	2,46	2,51	2,79	7,76	126	126	132	384	0,23	82,24	20,42	42,82	61,82
70	70	70	4900	70,00	2,04	2,10	2,22	2,12	24	18	18	60	1,54	1,66	1,81	5,00	78	84	90	252	0,23	55,00	20,42	42,82	34,57
49	49	49	2401	49,00	1,38	1,50	1,56	1,48	18	12	18	48	0,70	0,85	0,89	2,44	36	42	42	120	0,38	45,56	20,42	42,82	25,14
30	30	29	880,1	29,67	0,96	1,02	1,02	1,00	12	12	12	36	0,34	0,39	0,38	1,11	12	12	12	36	0,70	34,89	20,42	42,82	14,46
30	30	29	880,1	29,67	0,96	1,02	0,96	0,98	6	12	12	30	0,34	0,39	0,34	1,07	12	12	12	36	0,60	28,93	20,42	42,82	8,51

Tab. 3.8.1 Asynchronní motor zapojený do trojúhelníka bez ventilátoru i krytem.

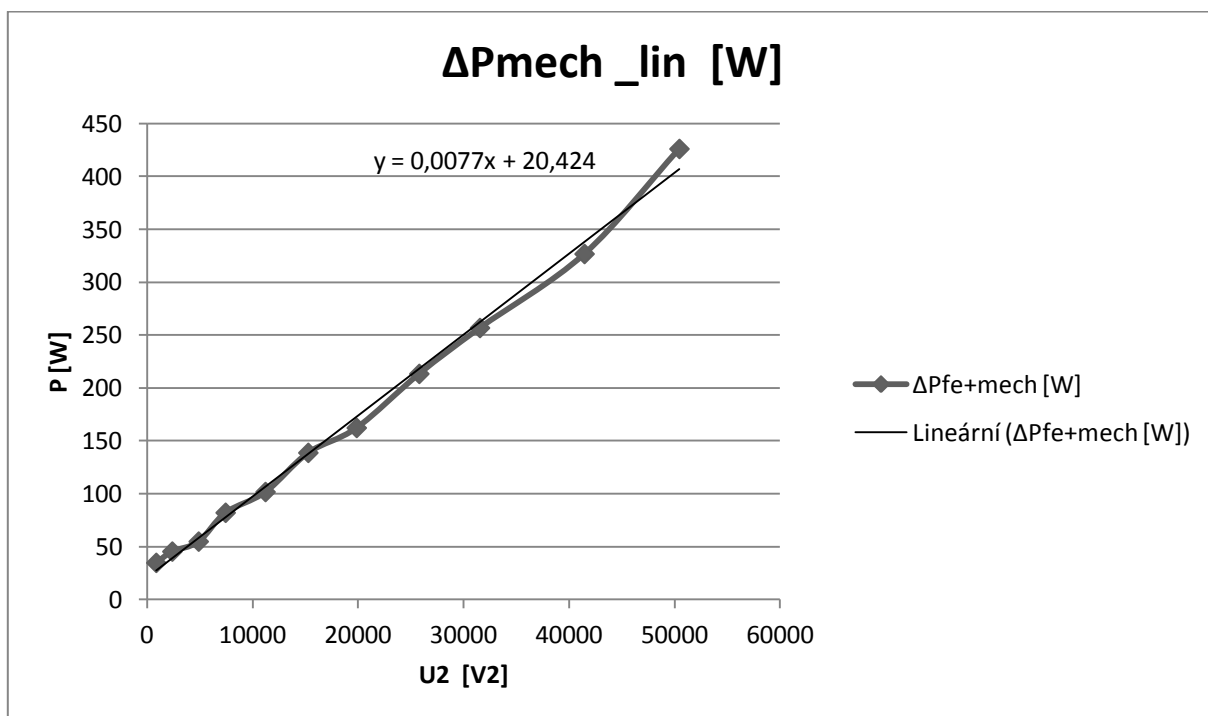
3.8.1 Grafy



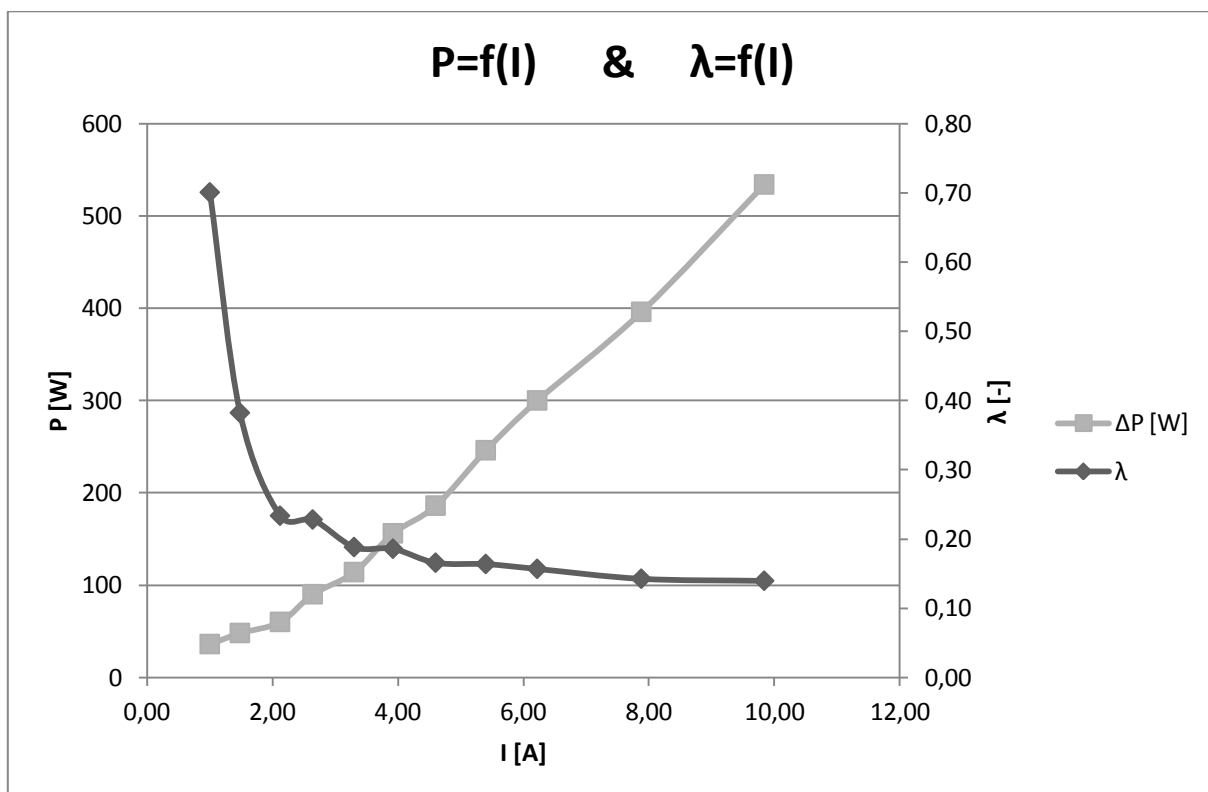
Obr. 3.8.1.1 Průběh jednotlivých složek ztrát



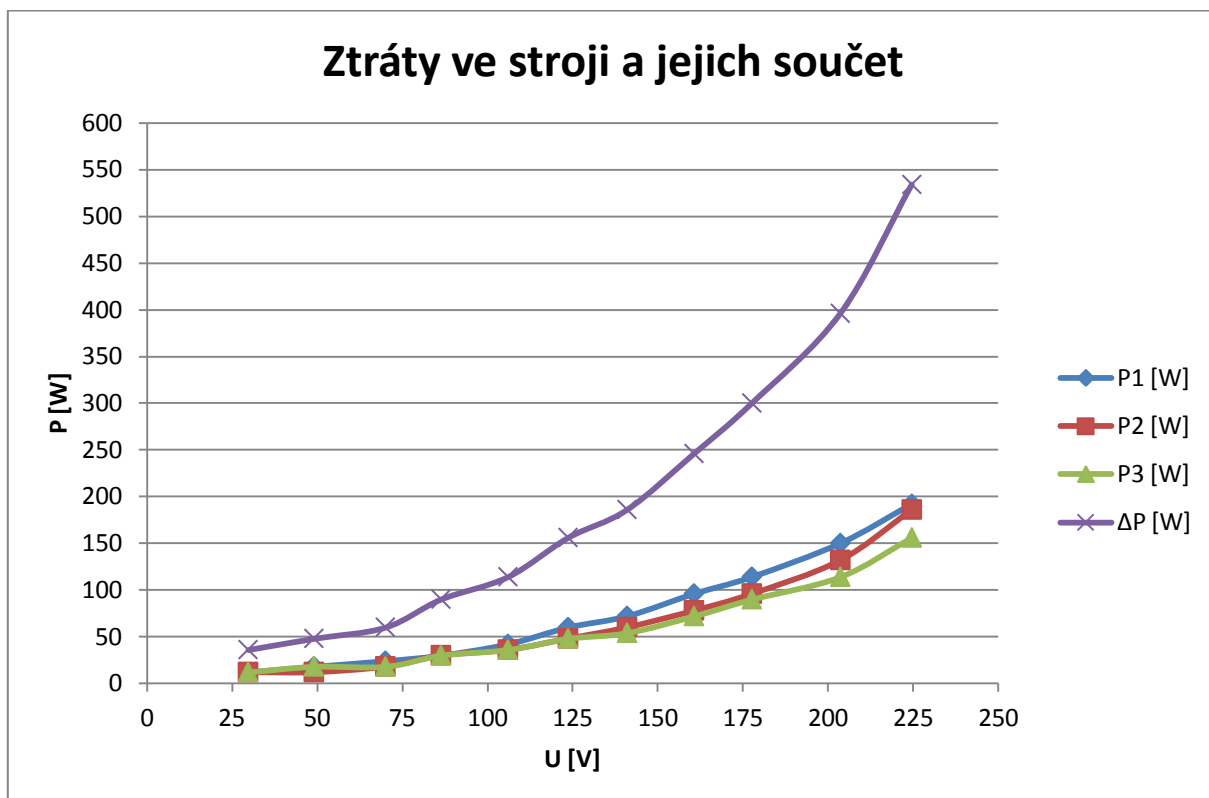
Obr. 3.8.1.2 Určení ztrát mechanických



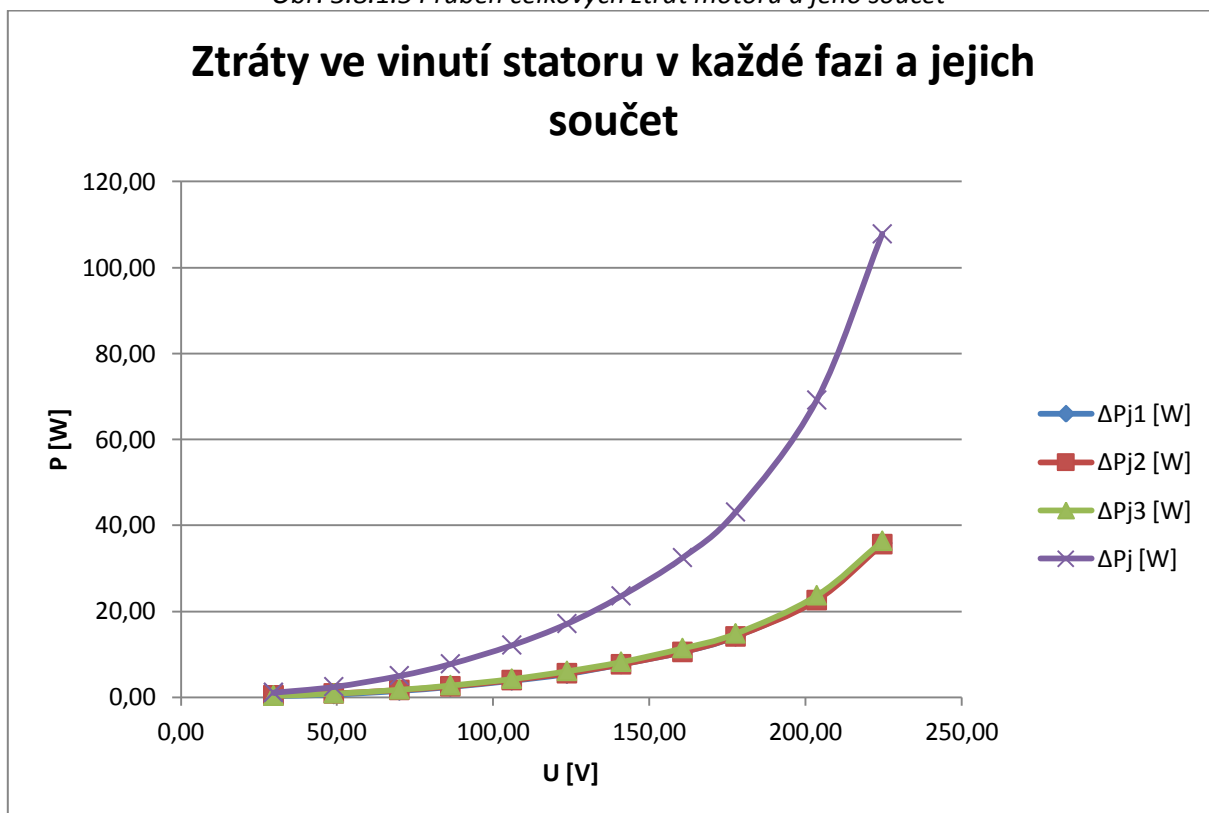
Obr. 3.8.1.3 Určení ztrát mechanických



Obr. 3.8.1.4 Průběh celkových ztrát motoru a jeho účinnosti



Obr. 3.8.1.5 Průběh celkových ztrát motoru a jeho součet



Obr. 3.7.2.6 Průběh ztrát ve vinutí statoru v každé fázi a jejich součet

3.9 Měření 7: Zkouška Eh – star (asynchronní stroje)

Tato zkouška musí být měřena na asynchronním motoru při nesouměrném napájení. Motor musí být mechanicky nespojen s jiným.

Motory, které jsou dimenzované pro zapojení do trojúhelníka, musí být zapojeny během této zkoušky do hvězdy s podmínkou, že nulový bod nesmí být připojen k nulovému bodu sítě nebo k zemi. To je podmínka zabránění nulovým složkám proudu.

Jedna z fází motoru musí být připojena přes odpor Reh k elektrické síti. Odpor Reh je dimenzován následujícím vzorcem. :

$$R'_{eh} = U_N * 0,2 / I_N * \sqrt{3} \quad \text{Pro motory dimenzované se zapojením do hvězdy.}$$

$$R''_{eh} = U_N * 0,2 * \sqrt{3} / I_N \quad \text{Pro motory dimenzované se zapojením do trojúhelníka.}$$

Před kompletní zkouškou a po ní je nutno změřit odpory mezi svorkami V a W (R_{vw}).

Abychom předešli nadměrnému nerovnoměrnému oteplení tří fází, musí se zkouška provádět za studena a co možná nejrychleji. U menších motorů nemusíme připínat odpor Reh, ale může tam být připojen již při spouštění. Naproti tomu větší motory musí být spouštěny pouze bez rezistoru Reh pomocí připnutí spínače při sníženém napětí od 25% do 40% U_N . Po rozběhu se Reh připojí sepnutím spínače.

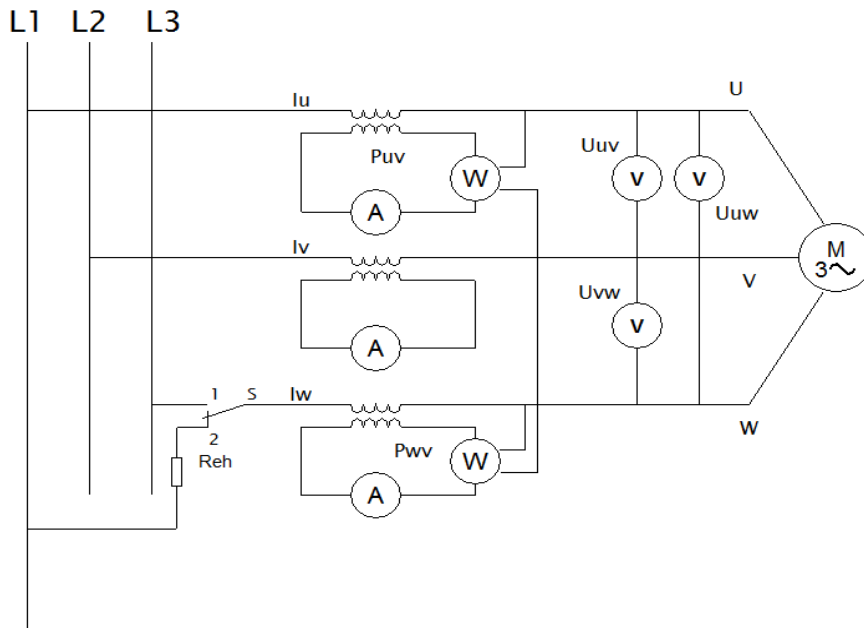
Měření provádíme pro šest zkušebních bodů. Ty musí být zvoleny tak, aby byly přibližně rovnoměrně rozděleny (150 - 75%) jmenovitého fázového proudu naměřeného ve fázi V (I_V). Měříme od 150 % I_V pro nejvyšší hodnoty proudu a pokračujeme v sestupném pořadí k nejnižšímu proudu.

Odpor mezi fázemi R_{vw} pro 100 % zkušebního proudu a nižší proudy musí mít hodnotu určenou po nejnižší odečtené hodnotě (na konci zkoušky). Odpor používaný pro proudy vyšší než 100% musí být určen jako lineární funkce proudu za použití hodnot odečtených před úplnou zkouškou a po ní. Zkušební odpor je určen s použitím extrapolace podle 5.7.1.

Dle normy se pro každý zkušební bod zaznamenává: $I_u, I_v, I_w, U_{uv}, U_{vw}, U_{wu}, P_{uv}, P_{vw}, n$.

Aby bylo měření přesné, pak nesmí být skluz větší než dvojnásobek jmenovitého skluzu pro všechny proudy, jinak vyjádřeno: $n > n_{syn} - 2 * (n_{syn} - n_N)$. Není li tomu tak, musí se zkouška opakovat se zvýšenou hodnotou odpor Reh. Pokud motor stále běží nestabilně při proudech nižších než 100% jmenovitého fázového proudu, mají být tyto zkušební body vypuštěny. [8]

3.9.1 Schéma zapojení



Obr. 3.9. Zkušební obvod Eh- star [8]

3.9.2 Výpočet hodnot pro metodu Eh-star

Z výsledků zkoušky bylo určeno následující komplexní napětí a proudy:

$$\mathbf{U}_{uv} = U_{uv} \quad (3.9.3.1)$$

$$U'_{wu} = \frac{U_{vw}^2 - U_{wu}^2 - U_{uv}^2}{2 \cdot U_{uv}} \quad (3.9.3.2)$$

$$U''_{wu} = \sqrt{U_{wu}^2 - U'_{wu}^2} \quad (3.9.3.3)$$

$$U'_{vw} = -U_{uv} - U'_{wu} \quad (3.9.3.4)$$

$$U''_{vw} = -U'_{wu} \quad (3.9.3.5)$$

$$I'_{v} = \frac{-(P_{uv} - P_{vw}) + U_{wu} I_w}{U_{uv}} \quad (3.9.3.6)$$

Pozn.: Ve výše uvedené rovnici se předpokládá, že proud I_w je ve fázi s napětím U_{wu} . V případě, kdy impedance rezistoru obsahuje značnou jalovou složku, se použije následující vzorec

$$I'_{v} = \frac{-(P_{uv} - P_{vw}) + Reh I_w^2}{U_{uv}} \quad (3.9.3.7)$$

Kde Reh jsme naměřili hodnotu $5,3 \Omega$

$$I''_{v} = \sqrt{I_v^2 - I'_{v}^2} \quad (3.9.3.8)$$

$$k_1 = \frac{1}{2 \cdot I_v^2} (I_w^2 - I_u^2 - I_v^2) \quad (3.9.3.9)$$

$$I'_U = k_1 I'_v + \sqrt{\left(k_1^2 - \frac{I_u^2}{I_v^2}\right) (I_v^2 - I_v^2)} \quad (3.9.3.10)$$

$$I''_U = \frac{k_1 I_v^2 - I'_u I'_v}{I''_v} \quad (3.9.3.11)$$

$$I'_W = -I'_U - I'_V \quad (3.9.3.12)$$

$$I''_W = -I''_U - I''_V \quad (3.9.3.13)$$

Vnitřní sdružená napětí se určí z komplexních sdružených napětí a proudů:

$$U_{iUV} = U_{UV} + \frac{R_{vw}}{2} (I_V - I_U) \quad (3.9.3.14)$$

$$U_{iVW} = U_{VW} + \frac{R_{vw}}{2} (I_W - I_V) \quad (3.9.3.15)$$

$$U_{iWU} = U_{WU} + \frac{R_{vw}}{2} (I_U - I_W) \quad (3.9.3.16)$$

Rozdělení sena sousledné a zpětné sdružené složky ($a = e^{\frac{j\pi}{3}}$)

$$U_{iLL(1)} = \frac{1}{3} (U_{iUV} + a U_{iVW} + a^2 U_{iWU}) \quad (3.9.3.17)$$

$$U_{iLL(2)} = \frac{1}{3} (U_{iUV} + a^2 U_{iVW} + a U_{iWU}) \quad (3.9.3.18)$$

Dále bylo určeno sousledné a zpětné složky vnitřního fázového napětí U_i :

$$U_{i(1)} = \frac{1}{3} e^{-j\frac{\pi}{6}} U_{iLL(1)} \quad (3.9.3.19)$$

$$U_{i(2)} = \frac{1}{3} e^{j\frac{\pi}{6}} U_{iLL(2)} \quad (3.9.3.20)$$

Dále byla určena nesouměrná vnitřní fázová napětí:

$$U_{iU} = U_{i(1)} + U_{i(2)} \quad (3.9.3.21)$$

$$U_{iV} = a^2 U_{i(1)} + a U_{i(2)} \quad (3.9.3.22)$$

$$U_{iW} = a U_{i(1)} + a^2 U_{i(2)} \quad (3.9.3.23)$$

Odpor ztrát v železe:

$$R_{fe} = \frac{U_t^2}{P_{fe}} \quad (3.9.3.24)$$

Kde U_t odpovídá :

Pro zapojení do hvězdy :

$$U_t = U_N \quad (3.9.3.25)$$

Pro zapojení do trojúhelníka :

$$U_t = U_N \sqrt{3} \quad (3.9.3.26)$$

P_{fe} odpovídá vztahu

$$P_{fe} = P_k - P_{fw}, \quad (3.9.3.27)$$

Kde P_k jsou konstantní ztráty, které získáme odečtení ztrát ve vinutí naprázdno (při teplotě běhu zkoušky naprázdno) od příkonu naprázdno se získají konstantní ztráty, které jsou součtem ztrát třením, ventilačních a ztrát v železe.

Konstantní ztráty se určí ze vztahu:

$$P_k = P_o - P_s = P_{fw} + P_{fe} \quad (3.9.3.28)$$

$$P_s = 1,5 I_o^2 R \quad (3.9.3.29)$$

$$I_{feU} = \frac{U_{iu}}{R_{fe}} \quad (3.9.3.30)$$

$$I_{feV} = \frac{U_{iv}}{R_{fe}} \quad (3.9.3.31)$$

$$I_{feW} = \frac{U_{iw}}{R_{fe}} \quad (3.9.3.32)$$

Určí se vnitřní fázové proudy:

$$I_{iU} = I_U - I_{feU} \quad (3.9.3.33)$$

$$I_{iV} = I_V - I_{feV} \quad (3.9.3.34)$$

$$I_{iW} = I_W - I_{feW} \quad (3.9.3.35)$$

Určí se sousledné a zpětné složky vnitřních fázových proudů:

$$I_{i(1)} = \frac{1}{3} (I_{iU} + a I_{iV} + a^2 I_{iW}) \quad (3.9.3.36)$$

$$I_{i(2)} = \frac{1}{3} (I_{iU} + a^2 I_{iV} + a I_{iW}) \quad (3.9.3.37)$$

Aby se dosáhlo přesných výsledků, absolutní hodnoty sousledných složek proudu $I_{i(1)}$ musí být menší než 30% absolutní hodnoty zpětných složek proudu $I_{i(2)}$. Není-li tato podmínka splněna, zkouška se musí opakovat s odlišnou hodnotou R_{eh} . [8]

3.9.3 Naměřené hodnoty

Měření odporu za studena	
R _{uv}	2,16 Ω
R _{vw}	2,18 Ω
R _{wu}	2,19 Ω

Procentní nárůst odporu	
R _{uv}	3,96 %
R _{vw}	3,22 %
R _{wu}	2,50 %

Měření odporu po zkoušce	
R _{uv}	2,25 Ω
R _{vw}	2,25 Ω
R _{wu}	2,24 Ω

3.9.4 Tabulky

U _{uv} [V]	U _{vw} [V]	U' _{vw} [V]	U'' _{vw} [V]	U _{wu} [V]	U' _{wu} [V]	U'' _{wu} [V]	U ² [V ²]	I _u [A]	I' _u [A]	I'' _u [A]	I _v [A]	I' _v [A]	I'' _v [A]	I _v ' [A] pro Reh	I _w [A]	I' _w [A]	I'' _w [A]	k ₁	I _{str} [A]
484,00	486,00	-277,74	-398,82	449,00	-206,26	398,82	223729,0	10,88	9,86	-4,59	14,32	-6,73	12,64	0,47	8,64	-3,14	-8,05	-0,61	11,28
466,00	468,00	-264,97	-385,76	435,00	-201,03	385,76	208240,1	9,52	8,79	-3,66	12,40	-6,04	10,83	0,46	7,68	-2,75	-7,17	-0,60	9,87
449,00	452,00	-254,64	-373,45	421,00	-194,36	373,45	194187,1	8,32	7,79	-2,91	10,88	-5,49	9,39	0,40	6,88	-2,31	-6,48	-0,59	8,69
436,00	439,00	-246,24	-363,44	410,00	-189,76	363,44	183469,4	7,52	7,09	-2,51	9,92	-5,10	8,51	0,36	6,32	-1,99	-6,00	-0,58	7,92
413,00	416,00	-230,92	-346,02	391,00	-182,08	346,02	165377,7	6,40	6,10	-1,94	8,40	-4,45	7,12	0,32	5,44	-1,65	-5,18	-0,58	6,75
385,00	388,00	-214,04	-323,62	366,00	-170,96	323,62	144146,7	5,28	5,05	-1,53	6,96	-3,71	5,89	0,34	4,56	-1,34	-4,36	-0,57	5,60
348,00	351,00	-192,65	-293,41	332,00	-155,35	293,41	118106,7	4,16	4,01	-1,10	5,60	-3,01	4,72	0,36	3,76	-1,00	-3,62	-0,55	4,51

Tab. 3.9.5.1 Měření asynchronního motoru pomocí zkoušky Eh-star

I _u		I _v		I _w		P _{uv} [W]	P _{vw} [W]	P _{wu} [W]	U _{iu}		U _{iv}		U _{iw}	
3,65	12,07	-5,66	15,61	-3,21	-9,49	-40	118	108	473,87	3,53	398,36	257,08	153,74	481,05
3,19	10,56	-4,9	13,51	-2,85	-8,43	-30	96	90	457,19	2,95	383,27	249,78	148,29	430,27
2,79	9,23	-4,3	11,86	-2,55	-7,56	-25	79	78	441,28	2,63	369,91	243,02	142,97	414,82
2,52	8,34	-3,92	10,81	-2,35	-6,94	-22	68	70	428,99	2,47	359,14	237,14	138,87	402,92
2,15	7,1	-3,32	9,15	-2,02	-5,97	-17	53	58	407,05	2,05	340,11	226,4	131,92	382,75
1,77	5,86	-2,75	7,59	-1,69	-5,01	-10	40	46	380,08	1,73	317,05	212,68	123,01	356,9
1,4	4,62	-2,21	6,1	-1,4	-4,13	-5	30	35	344,07	1,49	286,67	193,56	111,2	322,63
Re	Im	Re	Im	Re	Im				Re	Im	Re	Im	Re	Im

Tab. 3.9.5.2 Měření asynchronního motoru pomocí zkoušky Eh-star

U _{ill(1)} [V]	U _{ill(2)} [V]	U _{i(1)} [V]	U _{i(2)} [V]	U _{iu} [V]	U _{iv} [V]	U _{iw} [V]	R _{fe} [Ω]
65,94-63,47i	65,94+65,83i	32,97-19,00i	32,97-5,48i	65,94-24,48i	-32,97-21,20i	-32,97+9,50i	97,03
63,80+30,279i	63,80+53,08i	31,90-15,32i	31,90-4,42i	63,80-19,74i	-31,90-17,10i	-31,90+7,66i	110,79
61,61+29,757i	61,61+50,46i	30,80-14,56i	30,80-4,20i	61,61-18,77i	-30,80-16,25i	-30,80+7,28i	120,12
59,99+29,189i	59,99+48,67i	29,99-14,05i	29,99-4,05i	59,99-18,10i	-29,99-15,68i	-29,99+7,02i	129,42
57,01+27,96i	57,012+45,81i	28,50-13,22i	28,50-3,81i	57,01-17,04i	-28,50-14,76i	-28,50+6,61i	149,63
53,34+26,46i	53,349+42,20i	26,67-12,18i	26,67-3,51i	53,34-15,70i	-26,67-13,59i	-26,67+6,09i	189,28
48,38+24,27i	48,38+37,75i	24,19-10,89i	24,19-3,14i	48,38-14,04i	-24,19-12,16i	-24, +5,44i	244,33

Tab. 3.9.5.3 Měření asynchronního motoru pomocí zkoušky Eh-star

I_{feu} [A]	I_{fev} [A]	I_{few} [A]	I_{iu} [A]	I_{iv} [A]	I_{iw} [A]	$I_{i(1)}$ [A]	$I_{i(2)}$ [A]
0,016-0,0i	0,01+0,00i	0,02-0,00i	3,34+4,70i	-5,22-2,20i	-2,97-3,69i	2,48+1,99i	2,48+1,13i
0,016-0,00i	0,01+0,00i	0,02-0,00i	2,92+4,11i	-4,52-1,90i	-2,64-3,28i	2,16+1,76i	2,17+0,97i
0,015-0,00i	0,01+0,00i	0,02-0,00i	2,55+3,59i	-3,96-1,67i	-2,37-2,94i	1,91+1,56i	1,91+0,83i
0,014-0,00i	0,01+0,00i	0,01-0,00i	2,31+3,25i	-3,61-1,526i	-2,17-2,70i	1,73+1,42i	1,73+0,74i
0,012-0,00i	0,01+0,00i	0,01-0,00i	1,96+2,76i	-3,06-1,29i	-1,87-2,32i	1,48+1,22i	1,48+0,62i
0,01-0,00i	0,01+0,00i	0,01-0,00i	1,62+2,28i	-2,53-1,07i	-1,57-1,95i	1,22+1,014i	1,22+0,50i
0,008-0,00i	0,004+0,00i	0,010-0,00i	1,27+1,79i	-2,04-0,86i	-1,29-1,60i	0,98+0,81i	0,98+0,38i

Tab. 3.9.5.4 Měření asynchronního motoru pomocí zkoušky Eh-star

s [VA]	P_{uv} [W]	P_{vw} [W]	P_{wu} [W]	ΔP_o [W]	Q1 [Var]	Q2 [Var]	Q3 [Var]	ΔQ [Var]	cos φ_1
5335,44	320,00	944,00	864,00	2128,00	2888,00	3992,00	2136,00	9016,00	0,40
4502,49	240,00	768,00	720,00	1728,00	2440,00	3328,00	1848,00	7616,00	0,38
3830,86	200,00	632,00	624,00	1456,00	2064,00	2816,00	1600,00	6480,00	0,38
3392,40	176,00	544,00	560,00	1280,00	1816,00	2496,00	1432,00	5744,00	0,38
2743,64	136,00	424,00	464,00	1024,00	1464,00	2000,00	1168,00	4632,00	0,37
2126,13	80,00	320,00	368,00	768,00	1128,00	1544,00	912,00	3584,00	0,36
1548,79	40,00	240,00	280,00	560,00	808,00	1120,00	680,00	2608,00	0,36

Tab. 3.9.5.5 Měření asynchronního motoru pomocí zkoušky Eh-star

s [-]	P [-]	ns [ot/min]	ΔP_{LL} [W]	ΔP_{tot} [W]	ΔP_k [W]	ΔP_{fe} [W]	ΔP_{s1} [W]	ΔP_{s2} [W]	ΔP_{s3} [W]	ΔP_j [W]	ΔP_r [W]	ΔP_{mech} [W]
0,002	3	960	18,43	2146,47	881,99	863,99	413,13	415,48	417,41	1246,01	0,04	18,00
0,002	3	960	14,96	1743,00	774,66	756,66	316,09	317,89	319,36	953,34	0,04	18,00
0,002	3	960	12,61	1468,65	715,92	697,92	245,38	246,78	247,92	740,08	0,04	18,00
0,002	3	960	11,09	1291,12	665,74	647,74	203,67	204,82	205,77	614,26	0,04	18,00
0,002	3	960	8,87	1032,91	578,26	560,26	147,79	148,63	149,32	445,74	0,04	18,00
0,002	3	960	6,65	774,69	460,90	442,90	101,82	102,40	102,88	307,10	0,04	18,00
0,002	3	960	4,85	564,89	361,11	343,11	65,94	66,32	66,63	198,89	0,04	18,00

Tab. 3.9.5.6 Měření asynchronního motoru pomocí zkoušky Eh-star

4 Závěr

Z výsledků srovnání jsem schopen říci, že oba motory jsou si velmi podobní. Z tohoto důvodu jsem zaznamenal jednotlivé grafy pouze k jednomu motoru. V měření Joulových ztrát jsem naměřil v každé fázi přibližně stejné hodnoty ztrát. To je dáno tím, že motor byl napájen ze symetrické třífázové sítě.

Z naměřených hodnot je zřejmé, že oba motory jsou plně funkční a schopny k začlenění do provozu. Pro zjišťování ztrát mechanických ΔP_{mech} a ztrát v železe ΔP_{fe} jsem provedl grafické znázornění ztrát v kvadratické stupnici napětí. Použitím kvadratické stupnice je závislost mechanických ztrát a ztrát v železe funkcí kvadrátu napětí a tato závislost se zobrazí jako přímka. Její extrapolací do nulového napětí stanovíme průsečík s osou ztrát a tato hodnota odpovídá ztrátám mechanickým. Touto metodou vychází z ventilační ztráty a takto zjištěné výsledky jsem si ověřil metodou, kde jsem si určil koeficienty polynomu druhého stupně, na základě známých souřadnic bodů funkce $\Delta P_{mech} + \Delta P_{fe} = f(U)$. Z tabulek je patrné, že ztráty v obou strojích jsou si velice podobné. Dále lze odečíst z grafů i z tabulek, že ztráty ve vinutí statoru jsou si přibližně rovny v každé fázi. To nám naznačuje, že statorové vinutí je bez jakékoli poruchy.

Pomocí zkoušky Eh-star jsem si zjistil, že hodnota odporu R_{eh} mezi zdravou fází a fází s připojeným odporem během měření vzrostla o 3,22%. Dále pak jsme zjistili, že sousledná složka napětí vyšla 91,52V s fázovým posunem $-43,9^\circ$ a zpětná složka napětí vyšla 93,17V s fázovým posunem 45° . Sousledná složka proudu mi vyšla 3,18A s fázovým posunem $38,74^\circ$ a zpětná složka proudu vyšla 2,73A s fázovým posunem $24,5^\circ$. Tyto hodnoty jsou velice malé a nespĺňují předpoklady z norem, že sousledné složky proudu $I_{(1)}$ jsou pod 30% zpětných složek proudu $I_{(2)}$. Proto by se mělo měření opakovat s hodnotou většího odporu R_{eh} .

Použitá literatura

- [1] <http://p.kobrlle.sweb.cz/stroje/as-skriptum.pdf>
- [2] http://cs.wikipedia.org/wiki/Asynchronn%C3%AD_motor
- [3] <http://www.elektro.utb.cz/prednasky/prednaska12.pdf>
- [4] <http://hellweb.loose.cz/index.php?page=school&subpage=elm&id=23>
- [5] http://webs.zcu.cz/fel/kev/zei/krasl/Podklady_ke_studiu/El_stroje/Rozsirene_el_stroje/Asynchron/
- [6] *Bartoš, V. Skala, B. :Měření na elektrických strojích, Skripta ZČU Plzeň 2006*
- [7] přednášky či skripta z doporučených předmětů
- [8] Norma ČSN EN 60034-2-1
- [9] http://www.elektrorevue.cz/clanky/05020/index.html#1_BSR