



**FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI**

KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ ELEKTRONIKY

TEORIE ELEKTRICKÝCH STROJŮ 1

Laboratorní cvičení

ZS 2016/2017

Asynchronní stroj: kružnicový diagram, určení parametrů náhradního schématu z měření

Měřící tým: Alexandr Justin, Jan Kadlec, Jan Kaska, Vlastimil Ledvina, Jan Leffler

Cvičení: Po 10-11

Elaborát zpracoval: Jan Kaska

Datum měření: 10.10.2016

Datum vypracování: 10.12.2016

1 Zadání

Z předchozích měření naprázdno a nakrátko asynchronního motoru sestrojte kružnicový diagram měřeného stroje. Odečtěte a diskutujte P_{\max} a M_{\max} . Na základě kružnicového diagramu sestrojte momentovou charakteristiku měřeného asynchronního motoru.

Dále určete parametry náhradního schématu měřeného asynchronního stroje – rozptylové reaktance $X_{1\sigma}$ a $X_{2\sigma}'$, magnetizační reaktanci X_{μ} a „odpor železa“ R_{Fe} .

2 Teoretický úvod

Kružnicový diagram

Kružnicový diagram asynchronního stroje je zobrazením polohy koncového vektoru proudu do komplexní roviny při různé velikosti skluzu stroje. Existuje řada variant konstrukce kružnicového diagramu, přičemž jednoznačně nejpřesnější způsob je přímé provedení kruhové inverze impedanční přímky v komplexní rovině. Konstrukce je ale bez značné pomoci výpočetní techniky téměř nerealizovatelná, proto existují různé zjednodušující konstrukce. Na kružnici tento diagram vede pouze tehdy, jsou-li parametry stroje nezávislé na skluzu, to nemusí platit např. u kotev nakrátko s hlubokými drážkami.

Náhradní schéma

Náhradní schéma je formálně shodné s náhradním schématem transformátoru, který má v sekundárním vinutí proměnný odpor $\frac{R_2}{s}$. Proud I_0 , který teče přes příčnou větev a odpovídá proudu naprázdno, je vlivem vzduchové mezery značně vyšší než u transformátoru a může dosáhnout 20-80% jmenovitého proudu podle druhu motoru. Asynchronní stroj se ze strany vstupních svorek chová jako obvod s proměnným rotorovým odporem, který mění svoji velikost se skluzem, tedy v závislosti na zátěži. Pro lepší znázornění toku výkonů se upravuje rotorová část náhradního schématu tak, že se odpor rozdělí na 2 části

3 Měření

Nejprve byly z předchozích měření odečteny všechny potřebné hodnoty proudů, napětí a ztrát ke konstrukci kružnicového schématu a k výpočtu prvků náhradního schématu. Následně byla vypočtena měřítka proudu, výkonu a momentu. Dále byl zkonstruován kružnicový diagram. Z diagramu bylo odečteno několik hodnot výkonů, příkonů, proudů a momentů pro různé velikosti skluzu. Z těchto hodnot byla následně zkonstruována momentová charakteristika. Nakonec byly dopočítány hodnoty rozptylových a magnetizačních reaktancí a odpor železa.

3.1 Štítek měřeného stroje

Tab. 1: Štítek měřeného stroje

Asynchronní motor 3~					Typ H112L06 04	
PROV.	P44/G	TVAR	M101ZZ	ČÍS	123950	
3,5	/	3	/	2,4	kW	25,40,60/K-10 min
STATOR Y		380 V	11,5	10,5	10	A
ROTOR Y		120 V	21	18	14,5	A
885	910	930	Ot/min	cos φ	Mmax/Mn	
			IZOL.	3	F	75 kg
V				Rok v. 1980		ČSN 350300

3.3 Naměřené a vypočítané hodnoty

Tab. 2: Naměřené hodnoty naprázdno a nakrátko

Naprázdno			Nakrátko			Odpory vinutí			Jmenovité		
I ₀	9,6	A	I _k	10,5	A	R ₁	1,68	Ω	U _n	380	V
φ ₀	80,68	°	I _{kn}	33,25	A	R ₂	0,28	Ω	I _n	10,5	A
			U _k	120	V	R ₂ '	1,84	Ω	k	2,56	-
			φ _k	48,94	°						

Tab. 3: Měřítka

Měřítka proudu	m _i	0,1	A/mm
Měřítka výkonu	m _p	65,82	VA/mm
Měřítka momentu	m _m	0,63	Nm/mm

Výpočty potřebné pro sestavení diagramu:

$$R_2' = R_2 \cdot k^2 = 0,28 \cdot 2,56^2 \doteq 1,84 \, \Omega$$

$$I_{kn} = \frac{U_n}{U_k} \cdot I_k = \frac{380}{120} \cdot 10,5 = 33,25 \, A$$

$$m_p = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot m_i = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,1 \doteq 65,82 \, VA/mm$$

$$m_m = \frac{m_p}{\omega_s} = \frac{65,82}{\frac{\pi \cdot 1000}{30}} \doteq 0,63 \, Nm/mm$$

Tab. 4: Hodnoty odečtené z kružnicového diagramu

s	I	M	φ	P	Pp
[-]	[A]	[Nm]	[°]	[kW]	[kW]
0,00	9,47	0,00	80,68	0,00	1,02
0,15	14,53	53,74	43,90	5,32	6,89
0,30	20,91	76,29	39,70	6,25	10,59
0,45	25,49	81,21	41,40	5,25	12,58
0,50	26,23	81,40	42,10	4,76	13,00
0,60	28,63	79,32	43,80	3,73	13,60
0,70	30,18	76,61	45,31	2,69	13,97
0,85	31,95	71,41	47,30	1,26	14,26
1,00	33,25	66,15	48,94	0,00	14,38

Výpočet parametrů náhradního schématu:

$$Z_k = \frac{U_k}{I_k} = \frac{\frac{120}{\sqrt{3}}}{10,58} = 6,55 \, \Omega$$

$$Q_k = \sqrt{S_k^2 - \Delta P_k^2} = \sqrt{\left(\frac{120}{\sqrt{3}} \cdot 10,58\right)^2 - 486^2} \doteq 548,7 \, \text{VAr}$$

$$\sin(\varphi) = \frac{Q_k}{S_k} = \frac{548,7}{\frac{120}{\sqrt{3}} \cdot 10,58} \doteq 0,75$$

$$X_\sigma = Z_k \cdot \sin(\varphi) = 6,55 \cdot 0,75 \doteq 4,91 \, \Omega$$

$$X_{1\sigma} = \frac{R_1}{R_1 + R_2'} \cdot X_\sigma = \frac{1,68}{1,68 + 1,84} \cdot 4,91 \doteq 2,34 \, \Omega$$

$$X_{2\sigma}' = \frac{R_2'}{R_1 + R_2'} \cdot X_\sigma = \frac{1,84}{1,68 + 1,84} \cdot 4,91 \doteq 2,57 \, \Omega$$

$$R_k = \sqrt{Z_k^2 - X_\sigma^2} = \sqrt{6,55^2 - 4,91^2} \doteq 4,34 \, \Omega$$

$$k_\sim = \frac{R_k}{R_1 + R_2'} = \frac{4,34}{1,68 + 1,84} \doteq 1,23$$

$$\Delta u = \sqrt{(R_1 \cdot I_0)^2 + (X_{1\sigma} \cdot I_0)^2} = \sqrt{(1,68 \cdot 9,6)^2 + (2,34 \cdot 9,6)^2} \doteq 27,65 \, \text{V}$$

$$U_i = U_f - \Delta u = \frac{380}{\sqrt{3}} - 27,65 \doteq 191,74 \, \text{V}$$

$$R_{Fe} = \frac{3 \cdot U_i^2}{\Delta P_{Fe} + \Delta P_m} = \frac{3 \cdot 191,74^2}{506,35 + 33,1} \doteq 204,45 \, \Omega$$

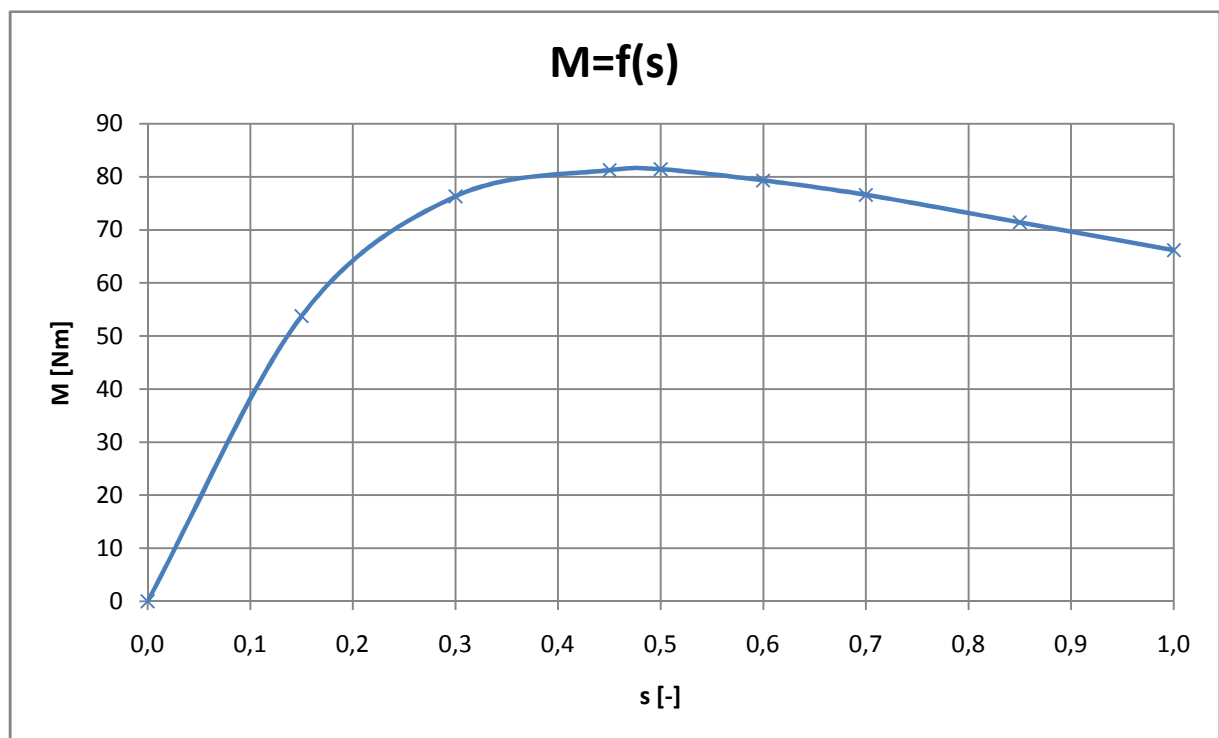
$$Q_0 = \sqrt{S_0^2 - \Delta P_0^2} = \sqrt{\left(\frac{380}{\sqrt{3}} \cdot 8,4\right)^2 - 298^2} = 1818,6 \, \text{VAr}$$

$$Q_\sigma = X_{1\sigma} \cdot I_0^2 = 2,43 \cdot 8,4^2 = 171,5 \, \text{VAr}$$

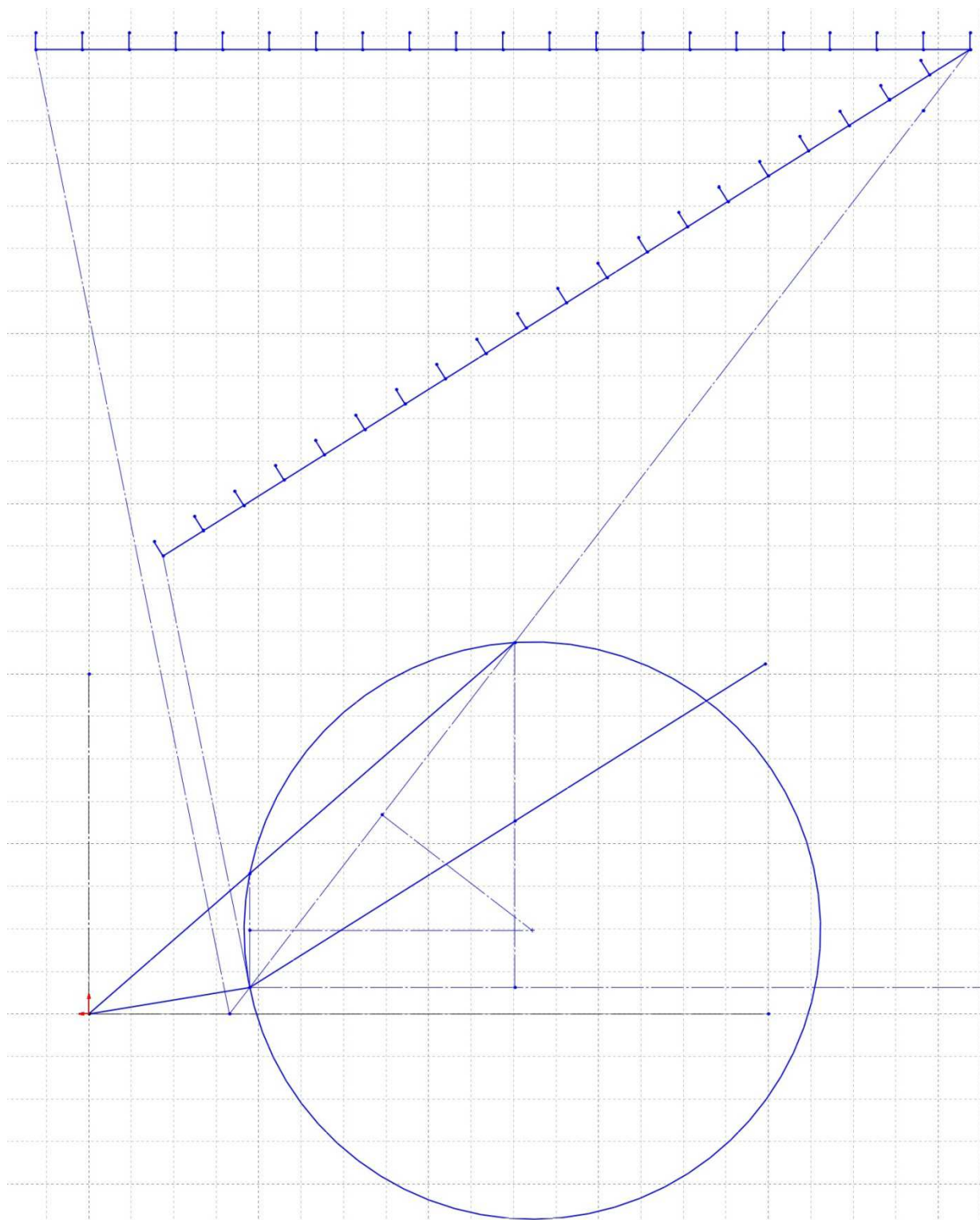
$$Q_\mu = Q_0 - Q_\sigma = 1818,6 - 171,5 = 1647,1 \, \text{VAr}$$

$$X_\mu = \frac{U_i^2}{Q_\mu} = \frac{191,74^2}{1647,1} = 22,3 \, \Omega$$

3.5 Grafy



Graf 1: Momentová charakteristika stroje



Graf 2: Kružnicový diagram asynchronního stroje

4 Závěr

Nejprve bylo zvoleno měřítko pro proudy, v našem případě $m_i = 0,1 \text{ A/mm}$ a následně dopočtena měřítko pro výkon a moment. Kružnicový diagram byl zkonstruován dle přiloženého návodu a přímka skluzu rozdělena na příslušný počet dílků tak, aby momentová charakteristika vyšla co nejpřesněji. Z konstrukce kružnicového diagramu byly odečteny hodnoty $P_{\max} = 6,25 \text{ kW}$ a $M_{\max} = 81,4 \text{ Nm}$. Největšího momentu dosahuje motor při skluzu 0,5, což je poměrně vysoká hodnota. Je však třeba vzít v úvahu pouhou přibližnost kruhového diagramu reálnému motoru.

Rozptylové reaktance vyšly velmi podobně $X_{1\sigma} = 2,34 \text{ } \Omega$ a $X_{2\sigma}' = 2,57 \text{ } \Omega$, magnetizační reaktance potom řádově větší, $X_\mu = 22,3 \text{ } \Omega$. Nakonec byl spočten odpor železa $R_{Fe} = 204,45 \text{ } \Omega$.