

Stejnosměrný motor

Cíle cvičení:

Naučit se

- zapojení motoru s cizím buzením
- postup při spouštění
- reverzace chodu
- vliv napětí na rychlost otáčení
- vliv buzení na rychlost otáčení
- vliv spouštěcího odporu na rychlost a proud
- vnitřní – pasivní moment
- záběrný moment
 - účinnost
 -

Seznámit se

- jednofázový autotransformátor
- měření krouticího momentu
- měření otáček
- úhlová rychlost
- dynamometr
- můstkový usměrňovač
- vliv teploty na odpor vinutí

Poznámka: Když se hovoří u točivých strojů o RYCHLOSTI myslí se vždy rychlost otáčení, často se zkratkou hovoří o otáčkách, přesně tedy o otáčkách za minutu, ale to je jednotka rychlosti, (podobně jako volty místo napětí).

ZADÁNÍ

- 1 Sestavit schéma pro měření MOTORU S CIZÍM BUZENÍM
- 2 Sledovat vliv změny napětí kotvy na rychlost
- 3 Sledovat vliv spouštěcího odporu kotvy na rychlost
- 4 Sledovat vliv změny budicího proudu na rychlost
- 5 Měřit mechanické charakteristiky $n(M)$ pro režimy:
 - $U = 180V, R_s = 0 \Omega$
 - $U = 180V, R_s = 105 \Omega$
 - $U = 180V, R_s = 185 \Omega$
 - $U = 120V, R_s = 0 \Omega$
 - $U = 120V, R_s = 105 \Omega$
 - $U = 120V, R_s = 185 \Omega$
- 6 Vynést do grafu $n(M)$ a $I_a(M)$ pro všechny režimy
- 7 Změřit záběrné momenty
- 8 Pro jeden z režimů graficky znázornit všechny změřené a vypočítané veličiny v závislosti na momentu

ÚVOD

MOTOR je rotační ZDROJ MECHANICKÉ ENERGIE, kterou VYRÁBÍ Z ENERGIE ELEKTRICKÉ. Elektrickou energii si odebírá přes svorky kotvy. Stejnosměrný motor vyžaduje stejnosměrné napájení. Kromě obvodu kotvy je třeba napájet i obvod budicí, který nepřispívá k tvorbě mechanické energie, ale má za úkol vytvářet magnetické pole, aby mohla vzniknout síla na proudovodič v magnetickém poli.

Místo budicího vinutí mohou být na statoru permanentní magnety, pak se velikost magnetického toku nedá regulovat.

HŘÍDELÍ MOTORU JE DODÁVÁNA MECHANICKÁ ENERGIE DO HNANÉHO ZAŘÍZENÍ, v našem cvičení budeme pohánět DYNAMOMETR, kterým budeme motor podle potřeby zatěžovat a současně měřit mechanickou zátěž.

Účinnost je poměr výstupního výkonu (mechanického) ke vstupnímu výkonu - příkonu (elektrickému),

Funkce dynamometru

K měření kroutícího momentu speciálně konstruovaný stroj, který má stator volně otočný v ložiskách proti stojanu, stejně jako rotor.

Podle ZÁKONA O AKCI A REAKCI působí na stator stroje stejně velký moment jako na rotor, ale opačného směru – stejně jako u posuvných sil

Velikost reakčního momentu zjišťujeme vážením síly **F** na rameni známé délky **R** a moment je dán součinem:

$$M = F \cdot R$$

Jako dynamometr se především používá stroj stejnosměrný, u kterého se snadno reguluje rychlost. K zatěžování je potřeba měřenému stroji vnucovat nižší rychlost než tento vyvíjí v běhu naprázdno a tím mu zvyšovat zátěž, tedy vlastně zatěžovací moment (v režimu BRZDA).

Kromě zatěžování se dynamometr může používat i k pohonu generátorů, nebo jiných zátěží, (jako MOTOR) přičemž lze měřit dodávaný (= hnací) moment.

V našem cvičení se bude využívat jen zatěžování, takže dynamometr stačí provozovat jako dynamo, které se probíralo v předešlém cvičení.

Zvyšovat zátěž motoru pak znamená zvyšovat jeho mechanický výkon na hřídeli.

Mechanický výkon na hřídeli je vstupní výkon do dynama, který se mění na elektrický výkon získávaný z kotvy.

Když tedy chceme zvýšit zatěžovací moment, musíme zvýšit elektrické zatížení dynama a k tomu vedou dvě cesty:

1. zvýšit proud kotvy snížením R_z (Schéma 1.b)
2. zvýšit napětí kotvy přibuzením (snížením R_d ve Schématu 1.b)

K získání hodnoty MECHANICKÉHO VÝKONU potřebujeme kromě MOMENTU také ÚHLOVOU RYCHLOST

Úhlovou rychlost dostaneme z otáček **n**, které se tradičně měří v jednotkách [1/min] a to nejsou jednotky SI !!!

Přepočet se dělá podle vztahu

$$\omega = 2\pi (n / 60) = n / 9,55 \cong n / 10$$

Rychlost budeme měřit zabudovaným TACHOGENERÁTOREM, který je součástí dynamometru na voltmetru cejchovaném v otáčkách za minutu.

Schéma 1.a:

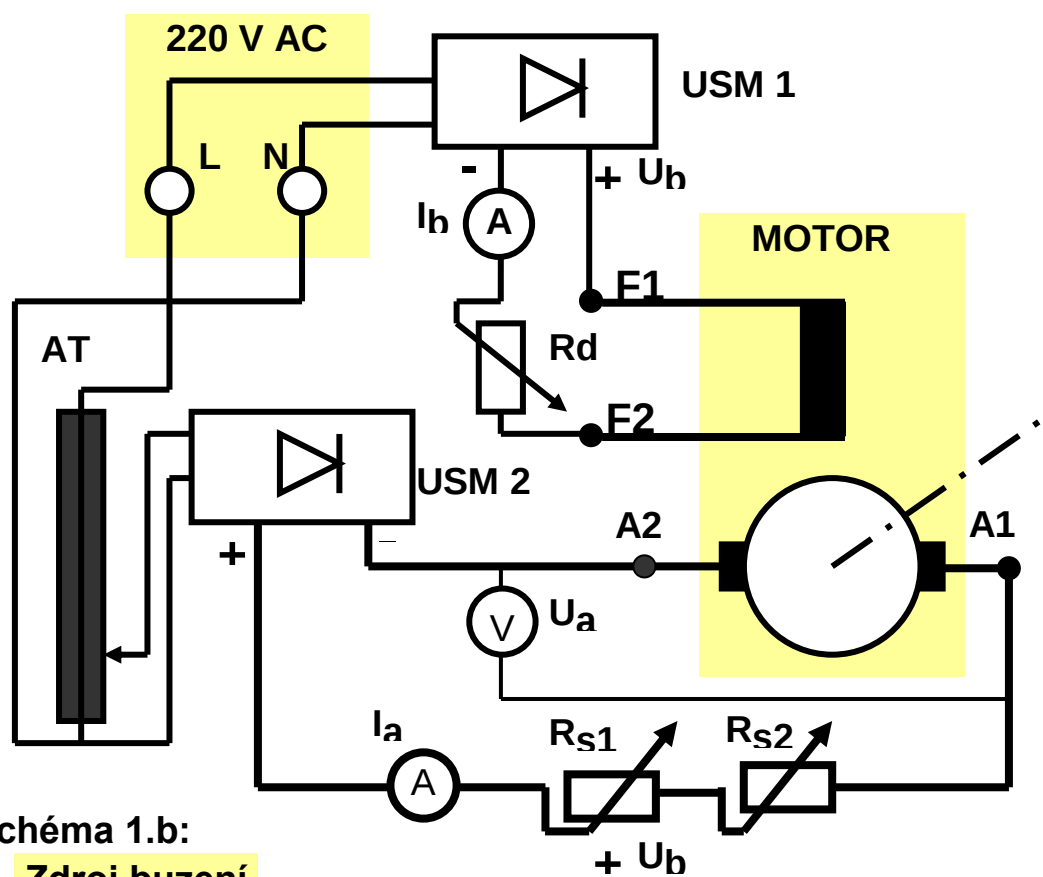
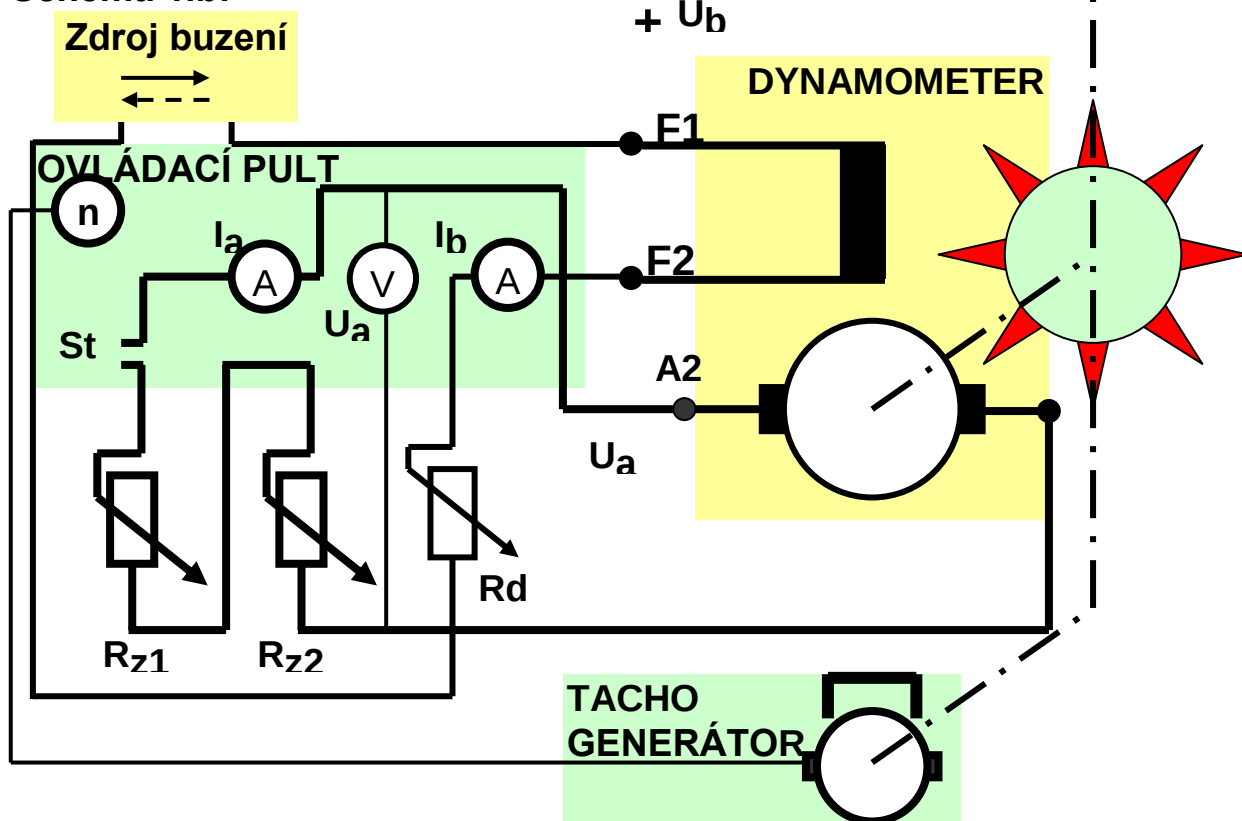


Schéma 1.b:



Seznam použitých přístrojů:

MOTOR:

USM1

Vb

Ab

Rd

AT

USM1

Rs1

Rs2

Aa

Va

Dynamometr:

Poznámka:

Měřicí přístroje i regulační odpory ze Schématu 1.b jsou součástí dynamometru a v soupisu se neuvádějí...

Ad 1 - 4:

První 4 body zadání se dělají bez aktivního dynamometru, jen ve Schématu 1a
Při ověřování vlivu odbuzení na rychlost napřed hodně snížit napětí pro napájení kotvy $U_a < 40V$.

Postup spouštění DC motoru s cizím buzením:

1. připnout okruh buzení a nastavit maximální budicí proud
2. zařadit spouštěcí odpory v obvodu kotvy Rs (na maximální hodnotu odporu)
3. připojit obvod kotvy na napájecí napětí
4. postupně vyřazovat spouštěcí odpory Rs
5. pro další zvyšování rychlosti snižovat budicí proud (POZOR na překročení maximálních otáček!!!)

V případě že je k dispozici regulovaný zdroj napětí pro kotvu jako v našem případě (zde konkrétně AUTOTRAFO + usměrňovač) spouštění lze provádět se sníženým napětím, které se postupně zvyšuje a sleduje se ampérmetr kotvy, aby nedošlo k proudovému (a momentovému) přetížení.

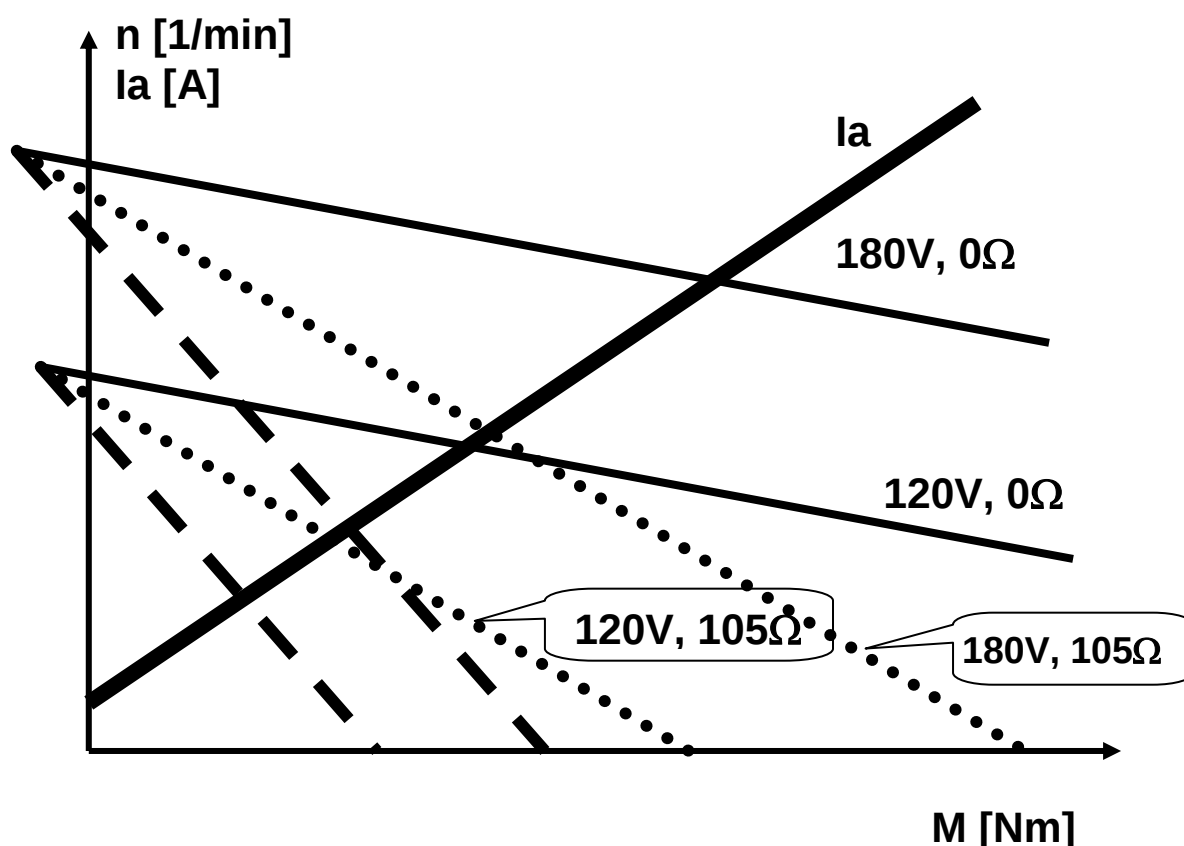
Předtím zase plné buzení. Obvod buzení se nejistí, protože při přerušení buzení dojde k nebezpečnému zvýšení otáček. Zkusit při malém napájecím napětí!

Ad 5, 6:

Pokyny pro měření jedné charakteristiky:

1. Napřed bez napájení dynamometru nastavit žádané napětí a budicí proud, obě veličiny udržovat v průběhu celého měření konstantní. Zaznamenat otáčky, moment a proud kotvy I_a do tabulky
2. Připojit napájení dynamometru s volbou správného směru (aby ručička ampérmetru šla do stupnice) nastavit u dynamometru nejmenší buzení a největší zatěžovací odpor, doladit napětí napájení kotvy MOTORU (pozor měří se napětí zdroje = kotva + spouštěcí odpory) a opět zaznamenat do tabulky, (buzení MOTORU hlídat – mění se jen vlivem zahřívání budicího vinutí)
3. Postupně opakovat pro vyšší hodnoty zátěže, které dosáhneme zvyšováním proudu I_a dynamometru (napřed snižováním R_z a nakonec při nulovém R_z zvyšováním buzení dynamometru)
4. Měření ukončit když se dosáhne nominální hodnoty I_a MOTORU (ze štítku)

Graf 1:



Druhou charakteristiku lze měřit od maximálního momentu až k nulovému, když se zvýší spouštěcí odpor, charakteristika je „měkčí“ a na dynamometru se začíná z maximálního momentu opačným postupem, napřed zařazovat R_d , až potom zvyšovat R_z .

Tabulka pro měření s $R_s = 0 \Omega$ pro napětí $U =$ V

	$I_{b1} = \text{konst} = \quad \text{mA}$						$U_b = \dots\dots \text{V}$
M	I_a			n	P_1	P_2	eta
Nm	A			1/min	W	W	%

Tabulka pro měření s $R_s = 105 \Omega$ pro napětí $U =$ V

	$I_{b1} = \text{konst} = \quad \text{mA}$						$U_b = \dots\dots \text{V}$
M	I_a			n	P_1	P_2	eta
Nm	A			1/min	W	W	%

Tabulka pro měření s $R_s = 185 \Omega$ pro napětí $U =$ V

	$I_{b1} = \text{konst} = \quad \text{mA}$						$U_b = \dots\dots \text{V}$
M	I_a			n	P_1	P_2	eta
Nm	A			1/min	W	W	%

Tabulka pro měření s $R_s = 0 \Omega$ pro napětí $U =$ V

	$I_{b1} = \text{konst} =$ mA					$U_b = \dots V$	
M	I_a			n	P_1	P_2	eta
Nm	A			1/min	W	W	%

Tabulka pro měření s $R_s = 105 \Omega$ pro napětí $U =$ V

	$I_{b1} = \text{konst} =$ mA					$U_b = \dots V$	
M	I_a			n	P_1	P_2	eta
Nm	A			1/min	W	W	%

Tabulka pro měření s $R_s = 185 \Omega$ pro napětí $U =$ V

	$I_{b1} = \text{konst} =$ mA					$U_b = \dots V$	
M	I_a			n	P_1	P_2	eta
Nm	A			1/min	W	W	%

Výpočty do tabulky:

$$P_1 = I_a \cdot U_a + I_b \cdot U_b \quad (2)$$

$$P_2 = M \cdot n / 9,55 \quad (3)$$

$$\eta = P_2 / P_1 \cdot 100 \% \quad (4)$$

Z teorie připomeňme závislost rychlosti na proudu:

$$\omega = U / K\Phi - ((R_a + R_s) / K\Phi) I_a \quad (5)$$

a se substitucí z rovnice (1) dostaneme závislost:

$$\omega = U / K\Phi - ((R_a + R_s) / K^2 \Phi^2) M \quad (6)$$

Ad 7.

Měření záběrného momentu

Pasivní dynamometr v generátorovém režimu nemůže dobrzdit do nulových otáček, protože při nulové rychlosti je nulové indukované napětí a tedy kotvou neteče žádný proud (lze brzdít i do nulové rychlosti, ale v režimu s napájením z vnějšího zdroje).

Změřit záběrný moment lze snadno při zablokování dynamometru, kdy se mechanicky pevně spojí stator s rotorem a přímo se „váží“ záběrný moment připojeného motoru.

Aby se měřený motor nepoškodil nadměrným proudem, nelze takto zatěžovat motor bez spouštěcího odporu, který jak lze pozorovat v grafu má příliš velký záběrný moment a tomu odpovídající proud. Připomeňme vztah mezi momentem a proudem:

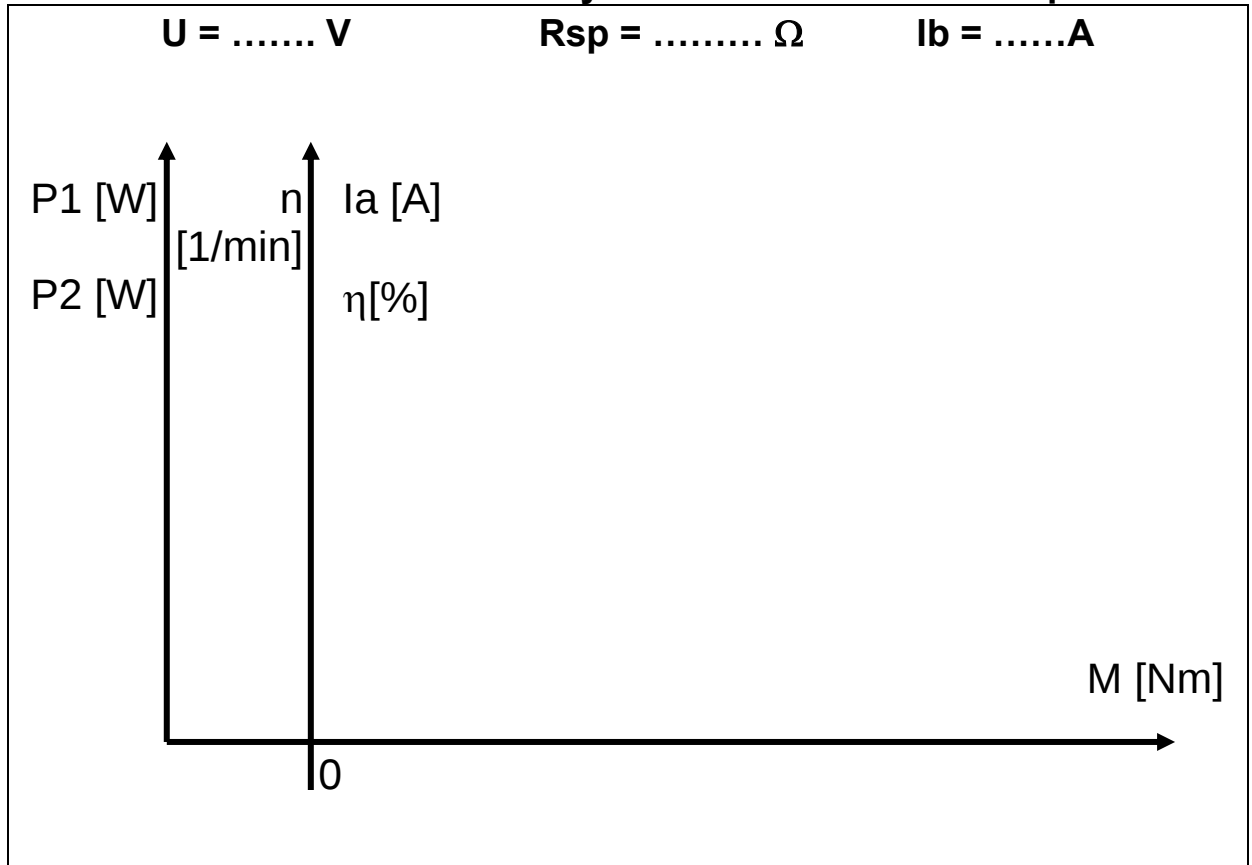
$$M = k \Phi I_a \quad (1)$$

Tato závislost vychází ze všech šesti měření jako jediná přímka, za předpokladu že jsme dodrželi ve všech měřeních stejné buzení (stejnou hodnotu budicího proudu).

Ad 8.:

Graf 2:

Zatěžovací charakteristiky motoru s cizím buzením pro:



Domácí úkol:

- Vyčíslete hodnotu $K\Phi$ pro použitý tok – otáčky naprázdno určíte extrapolací podle Grafu 1 (pro nulový proud nebo nulový vnitřní moment)
- Vyčíslete hodnotu R_a ze sklonu mechanické charakteristiky pro nulový spouštěcí odpor
- Zkontrolujte rovnoběžnost charakteristik pro stejné hodnoty spouštěcího odporu, které mají mít podle (5) stejnou směrnici
- Ověřte, jestli sklon charakteristik se spouštěčem odpovídá hodnotě odporu deklarované na štítku spouštěče
- Odečítejte z grafu hodnotu třecího momentu uvnitř motoru, který zjistíte z průsečíku charakteristik pro stejné napětí. Zkontrolujte, jestli je průsečík při nulovém proudu kotvy (extrapolací)
- Vypočítejte odpor budicího vinutí

Kontrolní otázky:

- Jaké buzení nastavíte při spouštění
- Co se stane když se rozpojí za chodu motoru budicí obvod
- Jak se spouští motor ze sítě s konstantním napětím
- Jak se spouští motor ze střídavé sítě
- Jak funguje dynamometr v režimu brzdy
- Jakou rovnicí popíšeme závislost $n(I_a)$
- Jaký je vztah mezi M a I_a
- Jaké jsou možnosti regulace otáček (v rovnici)
- Jaký je vztah mezi n [1/min] a ω [1/s]