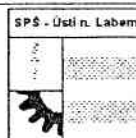


# REGULOVANÉ SOUSTAVY A REGULAČNÍ OBVODY

Laboratorní pomůcky firem HPS SystemTechnik a FESTO

Laboratoř automatizace



Střední průmyslová škola  
Resslova 5  
Ústí nad Labem

## 1. Charakteristiky otáček regulované soustavy.

### Úvod

Měření vás seznámí se statickými a dynamickými charakteristikami otáček regulované soustavy. Regulovaná soustava se skládá ze dvou stejných, mechanicky propojených stejnosměrných motorů, z nichž druhý pracuje jako dynamo. Průhledné okénko v této stavební skupině umožňuje pozorovat otáčivý pohyb a nebo zablokovat hřídel, aby se např. ovlivnil odběr proudu.

Hlavní cíl měření spočívá v poznání provozu motoru v konkrétních režimech, k nimž patří režim provozu motoru v jednokvadrantu nebo čtyřkvadrantu. Přičemž průběhy naměřených přechodových charakteristik odpovídají příslušnému řádu soustavy, se kterou budou použité motory konfrontovány.

### Kartáčový komutátorový stejnosměrný motor.

Použitý stejnosměrný motor má tyto parametry:

Jmenovité napětí:	12V
Proud naprázdno:	20 mA
Otáčky naprázdno:	7.800 ot/min
Indukované napětí	
· při otáčkách 1000/min:	1,55 V
Záběrový moment	14,9 mNm
Konstanta kroučícího momentu $K_m = 4,8$ mNm/A	
Svorkový odpor	11,9 $\Omega$
Jmenovitý proud	0,58 A

Na hřídeli motoru je upevněno vinutí kotvy (rotor), do kterého se proud přivádí uhlíkovými kartáči přes komutátor, který umožňuje, aby vodiči rotoru pod severní pólou procházel proud jedním směrem a vodiči rotoru pod jižním pólou opačným směrem. Rotorové vinutí leží v trvalém magnetickém poli permanentního magnetu statoru. Jakmile proud teče přes vinutí kotvy rotoru, vzniká magnetické pole rotoru. Vzájemným působením magnetických polí statoru a rotoru vznikne síla, která vyvine kroučící moment motoru. Protože je předpokládán permanentní magnet statoru, je kroučící moment motoru bezprostředně závislý na velikosti proudu kotvy.

### Indukované napětí ( $U_i$ )

Podle indukčního zákona pohybu se v pohybujícím vinutí kotvy indukuje napětí  $U_i$ . Přitom nehraje žádnou roli, jestli je hřídel poháněna mechanicky zvenčí nebo proudem kotvy  $I_a$ .  $U_i$  je závislé na počtu otáček motoru. Tzn. když kotva má 1000ot/min vzniká  $U_i=1,55V$ . Jestliže je tento motor provozován jako dynamo, můžeme měřit  $U_i$  na

svorkách dynamu v nezatíženém stavu. Jestliže je stroj provozován jako motor, pak působí  $U_i$  proti napětí kotvy. Rozdíl napětí mezi  $U_a$  a  $U_i$  je úbytek napětí na odporu  $R_a$ .

### Napětí kotvy

Napětí kotvy  $U_a$  je svorkové napětí motoru.

### Odpor kotvy

$R_a$  se skládá z odporu vinutí a z přechodového odporu kartáčů komutátoru. Při spuštěném motoru je  $R_a = 11,9 \ \Omega$ .

### Záběrový moment.

Když je motorová hřídel zablokována a na svorkách motoru je jmenovité napětí, pak kotvou protéká proud  $I = U_a / R_a = 1,01 \text{ A}$ , protože nemůže vznikat žádný  $U_i$ . Motor přitom vyvíjí moment  $M = K_m \cdot I_a = 14,9 \text{ mNm}$ , což je záběrový moment motoru.

### Proud naprázdno

Jestliže je hřídel nezatížena, pak bude velký proud protékat pouze v momentě zapnutí. Čím více pak stoupá počet otáček, tím větší je  $U_i$  a proud klesá až k proudu naprázdno. Ten je nutný, aby se pokryly mechanické ztráty soustrojí.

### Provoz motoru s konstantním napětím kotvy

Zůstává-li napětí kotvy motoru konstantní, pak je počet otáček silně závislý na zatížení motoru. Jakmile se zvětší zatížení motoru, sníží se jeho otáčky a tím se sníží i indukované napětí  $U_i$  a vinutím kotvy prochází větší proud. Tím se zase zvětší kroutící moment motoru, takže opět nastane rovnováha mezi zatěžovacím momentem a kroutícím momentem motoru. To vyhovuje energetické bilanci, neboť zvětší-li se proud, zvětší se i příkon a tím i výkon, a motor tedy můžeme více zatížit. Při odlehčení motoru je tomu naopak. Otáčky se zvýší, indukované napětí  $U_i$  se zvýší, rozdíl  $U_a - U_i$  se zmenší a motorem prochází menší proud. Odběr proudu ze sítě tedy závisí na zatížení a řídí se samočinně. Provoz s konstantním napětím kotvy přichází v úvahu v obvodu, ve kterém konstantní počet otáček nehraje žádnou roli.

### Provoz motoru s konstantním počtem otáček

Jestliže provozujeme motor v uzavřeném regulačním obvodu s regulací otáček, pak to znamená, že s počtem otáček udržujeme konstantní hodnotu  $U_i$ . Jestliže se zvětší zatížení motoru, pak větší proud kotvy je možný jen tehdy, (při konstantních otáčkách) jestliže stoupne napětí na kotvě. Proměnné zatížení motoru přitom znamená, že při nastavených konstantních otáčkách kolísá napětí kotvy.

### Provoz motoru s konstantním proudem

Provozuje-li se motor s konstantním proudem kotvy bez zatížení motoru, pak převažuje zrychlující moment. Otáčky a  $U_i$  budou stoupat a jsou ohraničeny pouze horní hranicí napětí kotvy. Při proměnném kroutícím momentu bude následně zrychlující moment a tím i počet otáček silně kolísat.

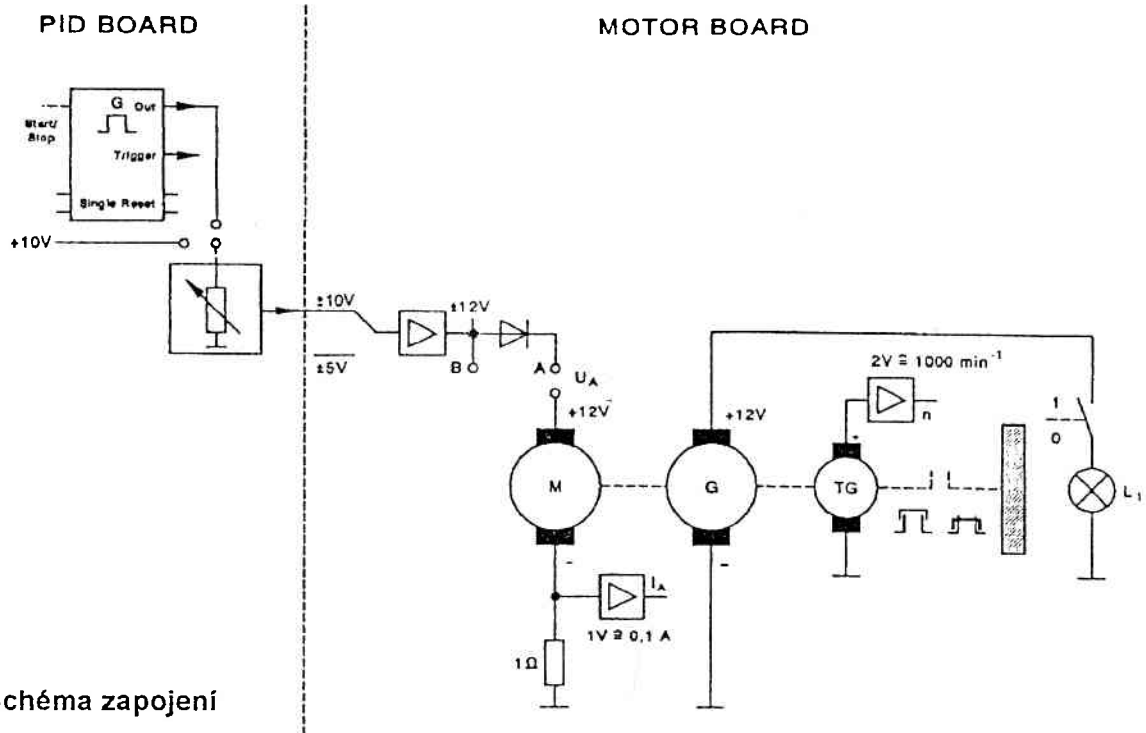
### Přístroje a pomůcky

- 1 MOTOR BOARD fy. hps SystemTechnik
- 1 PID BOARD fy. hps SystemTechnik
- PC s A/D převodníkem a s programem Control Panel 2
- 3 universální měřicí přístroje (voltmetry)

Pro první měřicí sérii je potenciometr napájen stejnosměrným napětím ze svorky +10 V a u druhé měřicí série je napájen výstupem generátoru jednotkových skoků (G) ze svorky ( Out).

Pro propojení výstupu výkonového stupně a motoru jsou možné použít dvě varianty (A a B). V případě A je napájen motor z diody za výkonovým stupněm, může tak pracovat v jednokvadrantovém provozu. V případě B je motor napájen přímo z výstupu výkonového stupně a dovoluje čtyřkvadrantový provoz.

**Dejte pozor u generátoru jednotkových skoků: zdiřky RESET a SINGLE jsou otevřené (nezapojené) !!.**



Obr. 1.2 Schéma zapojení

## MĚŘENÍ STATICKÝCH CHARAKTERISTIK otáček regulované soustavy

V odpovídajícím schématu zapojení na obr. 1.2 je motor přímo napájen výstupem výkonového stupně (zdiřka B). Změřte voltmetrem veličiny podle tabulky 1.1 a 1.2 nejprve s motorem na prázdko a pak při zapojeném zatížení  $L_1$

- napětí kotvy  $U_A$
- proud motoru  $I_A$  nepřímo na výstupu přizpůsobeného zesilovače s 1V na 0,1A a
- napětí otáčkoměru  $U_{TG}$  nepřímo na výstupu přispůsobeného zesilovače s 2 V na 1000 ot/min

Přeneste přepočítané počty otáček a hodnoty proudu přímo do tabulek 1.1 a 1.2.

Napětí kotvy $U_A$ [V]	Počet otáček $n$ [min <sup>-1</sup> ]	Proud motoru $I_A$ [mA]	Kroutící moment $M$ [mNm]
0			
0,25			
0,5			
1			
2			
4			
6			

Tabulka 1.1 Statické veličiny nezatíženého motoru

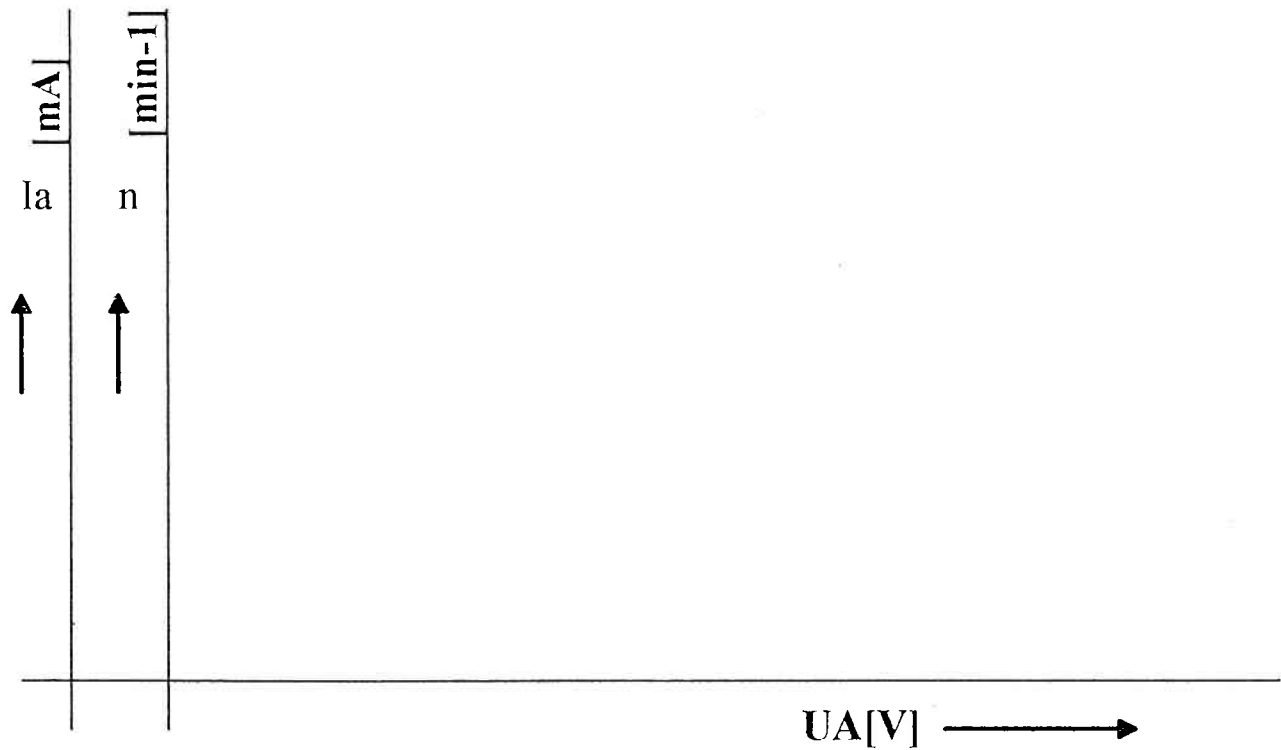
Napětí kotvy $U_A$ [V]	Počet otáček $n$ [min <sup>-1</sup> ]	Proud motoru $I_A$ [mA]	Kroutící moment $M$ [mNm]
0			
0,25			
0,5			
1			
2			
4			
6			

Tabulka 1.2 Statické veličiny zatíženého motoru

Vypočítejte z naměřených hodnot potřebný kroučící moment, přičemž můžete použít (uvedenou v datech motoru) konstantu kroučícího momentu  $K_m = 14,8 \text{ mNm/A}$ .

Přeneste počet otáček a proud v závislosti na napětí kotvy graficky do obr.1.3 pro obě měření.

Statické charakteristiky otáček a proudu zatíženého a nezatíženého motoru



Obr. 1.3 Otáčky a proud motoru se zátěží a bez v závislosti na napětí kotvy

## MĚŘENÍ DYNAMICKÝCH CHARAKTERISTIK otáček regulované soustavy

Potenciometr je napájen generátorem jednotkových skoků. Napětí na kotvě bude pro všechny následné měření 6V.

### měření č.1

Dynamo je nazatíženo. Motor je napájen z diody (ze svorky A ) a pracuje pouze v jednokvadrantovém provozu. Perioda generátoru jednotkových skoků je přibližně 2sec.

Zaznamenejte osciloskopem dynamické průběhy následujících veličin

- napětí kotvy  $U_A$
- proud motoru  $I_A$
- napětí otáčkoměru  $U_{TG}$

### měření č.2

Dynamo je zatíženo žárovkou, všechny ostatní údaje a měřené veličiny jsou stejné jako u měření č.1. Zvyšte periodu generátoru jednotkových skoků na jeho maximum.

### měření č.3

Dynamo není zatíženo žárovkou, soustrojí pohání setrvačnick (moment hybnosti). Pro toto měření je třeba prodloužit periodu generátoru jednotkových skoků přibližně na 7 sec. Pro měřené veličiny platí totéž jako pro měření č.1.

### měření č.4

Stejně jako při měření č.3 pracuje soustrojí jako dynamo se setrvačnickem; motor je ale napájen přímo výstupem výkonového stupně (ze svorky B ) a pracuje proto ve čtyřkvadrantovém provozu.

Perioda generátoru jednotkových skoků zde může být zase přibližně 2 sec. Pro měřené veličiny platí totéž jako při měření č.1.



Tabulka č.3 pro měření č.1 v sérii dynamických měření

Operační režim motoru	Konečné otáčky	Doba náběhu	Doba doběhu
Nezatížen jednokvadrantový			
Zatížen jednokvadrantový			
Se setrvačником jednokvadrantový			
Se setrvačником čtyřkvadrantový			

## Otázky pro vyhodnocení měření

- Otázka 1: Jak je počet otáček motoru závislý na napětí kotvy? Zdůvodněte to.
- Otázka 2: Prohlédněte si oblast proudu motoru mezi  $U_a = 0V$  a  $1V$ . Proč je zde proud relativně velký a pak s rostoucími otáčkami klesá ?
- Otázka 3: Proč stoupá proud kotvy s napětím kotvy při nezatíženém motoru jen velmi omezeně, oproti tomu při zatíženém motoru silně?
- Otázka 4: Jak je počet otáček motoru závislý na zatížení? Zdůvodněte to.
- Otázka 5: Jak velká je doba, kterou motor potřebuje, aby při jednom skoku dosáhl nejvyšších otáček resp. se z nejvyšších otáček dostal zpět na nulu. Vyhodnoťte časové zápisy a zanechte hodnoty do tabulky 1.3. Dbejte přitom na to, aby měřítka pro časové zápisy byla volena tak, že je plně k rozeznání poměr nejvyšších a doběhových otáček. Pro vyhodnocení následujících dob je částečně nutné, aby se měření opakovalo po malých časových úsecích.
- Otázka 6: Jak se projeví zatížení na chod motoru?
- Otázka 7: Jak se projeví vliv setrvačnicku na chování motoru? Zdůvodněte to.
- Otázka 8: Výkonový stupeň MOTOR BOARD umožňuje provoz motoru ve dvou režimech brzdění (ztrátou nebo rekuperací). Aby se zrealizoval jednokvadrantový provoz, je motor napájen z diody výstupu výkonového stupně. Jak se projeví oba způsoby provozu na chování motoru? Zdůvodněte to.
- Otázka 9: Popište průběh proudu motoru pro různé způsoby provozu. Na jaké hodnoty vystoupí proud motoru v momentě zapnutí resp. vypnutí. Zablokujte při jmenovitých hodnotách od  $+6V$  do  $+10V$  motorovou hřídel (tím, že ji pevně chytnete ). Na jaké hodnoty přitom vystoupí proud motoru?