

Laboratorní úloha

Řízení motoru Mendocino

Návod k úloze

Obsah:

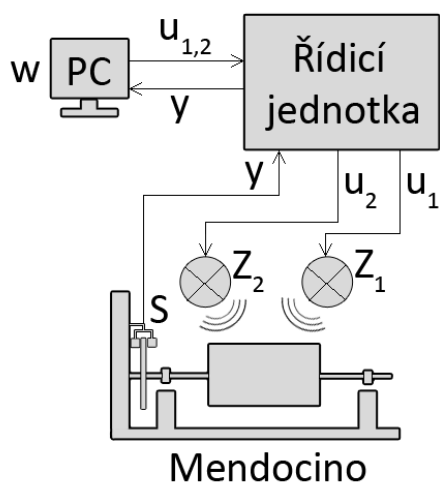
1. Obecný popis úlohy	2
2. Seřízení PID regulátoru	3
2.1 Uzavřený regulační obvod	3
2.2 Úkol úlohy	3
2.3 Metoda relé	4
2.4 Spouštění úlohy a doporučený postup měření	5
2.5 Vypracování a otázky	5
Literatura	6

1. Obecný popis úlohy

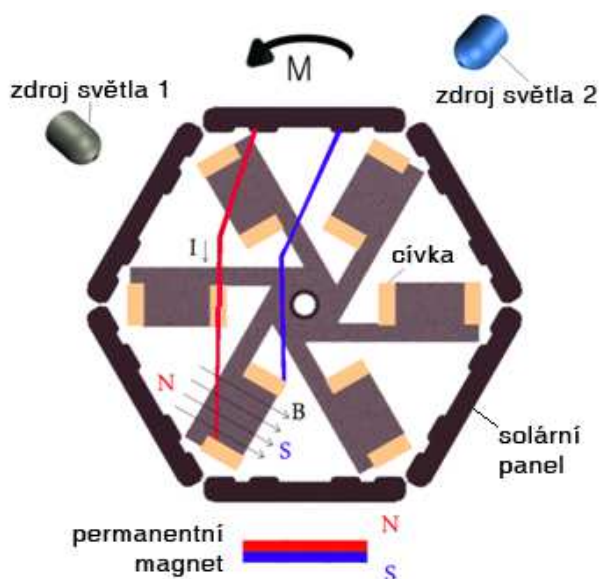
Motor Mendocino je tvořen solárními články, které jsou umístěné kolem jeho rotoru (Obrázek 2). Každý solární článek je spojen s protilehlou cívkou. Při zapnutí světla vzniká na osvětleném panelu napětí a příslušným obvodem začne téct proud. Protože tento proud prochází i cívkou, vznikne v jejím okolí magnetické pole. To začne reagovat na magnetické pole permanentního magnetu, který je umístěn pod motorem a tvoří tak stator motoru. Vznikne odpuzivá či přitažlivá síla (dle umístění zdroje světla), která způsobí rotaci motoru na jednu či druhou stranu.

Cílem této laboratorní úlohy je řízení motoru Mendocino pomocí halogenových žárovek Z_1 a Z_2 (Obrázek 1). Intenzita jejich svitu se reguluje pomocí změny napětí na žárovce. To je realizováno pomocí pulsně šířkové modulace (PWM), kterou zajišťuje Řídicí jednotka. Čím větší je intenzita svitu žárovky, tím rychleji se motor otáčí. Pro jednodušší realizovatelnost se motor roztáčí jen jednou žárovkou a druhá slouží pouze pro jeho brzdění, tzn. svítí naplno nebo vůbec.

Uživatel zadává požadovanou rychlost motoru (w) do počítače, který dle řídicího algoritmu mění akční zásah ($u_{1,2}$) a posílá ho do Řídicí jednotky. Ta změni napětí na dané žárovce dle pokynu od počítače. Rychlost motoru je měřena pomocí optického čidla S , které funguje na principu světelné závory a které využívá Řídicí jednotka. Ta pak odešle vypočtenou rychlost (y) do počítače, a y se tak stává zpětnou vazbou v řídicím algoritmu (Obrázek 3).



Obrázek 2 Schéma úlohy Mendocino

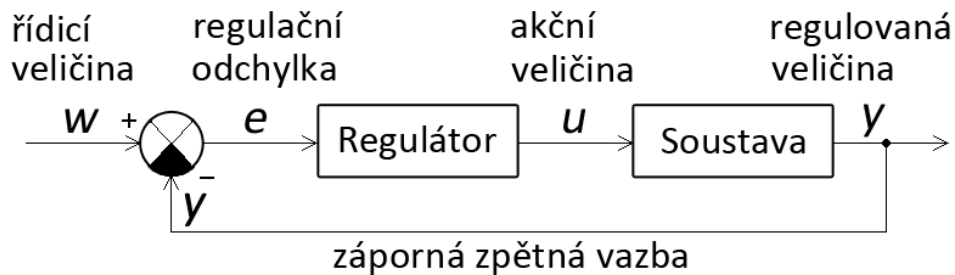


Obrázek 1 Princip motoru

2. Seřízení PID regulátoru

2.1 Uzavřený regulační obvod

Na obr. 3 je obecné schéma uzavřeného regulačního obvodu (URO), který tvoří regulátor (v užším smyslu) a soustava. V našem případě regulátor tvoří počítač a Řídicí jednotka. Vhodným akčním zásahem u mění Řídicí jednotka napětí na žárovkách, které jsou součástí soustavy, a do které patří i motor Mendocino. Skutečná rychlost je snímána senzorem a vrací se zpět do regulátoru pomocí zpětné vazby. Čtenář si může zkusit překreslit dané schéma s pomocí regulátoru (v širším smyslu) tak, aby více odpovídalo naší úloze (viz. [1] str. 39).

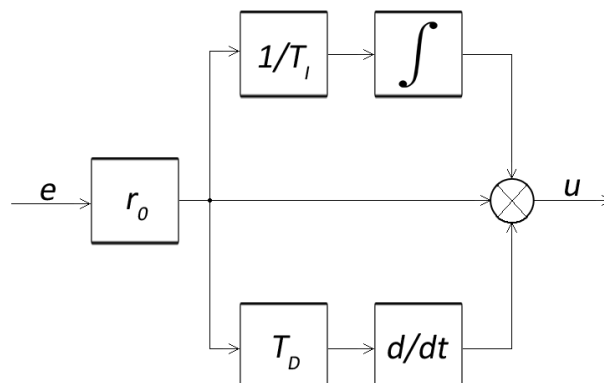


Obrázek 3 Uzavřený regulační obvod

2.2 Úkol úlohy

Cílem této úlohy je seřízení regulátoru typu PID tak, aby dokázal vhodným akčním zásahem regulovat otáčky motoru Mendocino. Základní zapojení PID regulátoru v paralelní formě lze vidět na obr. 4. Výsledný akční zásah u je pak dán jako:

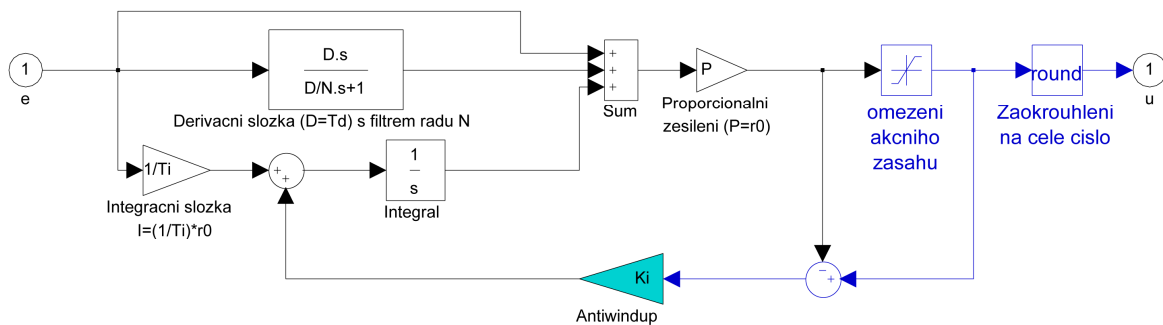
$$u(t) = r_0(e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_D \frac{de(t)}{dt})$$



Obrázek 4 Paralelní forma PID regulátoru

Regulátor reaguje na velikost regulační odchylky e a podle ní přizpůsobuje velikost akčního zásahu u . Nastavitelné hodnoty regulátoru jsou r_0 (zesílení), T_I (integrační časová konstanta) a T_D (derivační časová konstanta). Vaším úkolem bude nalézt vhodné hodnoty těchto konstant. K tomu použijete metodu uvedenou v další kapitole.

U reálných úloh, jako je tato, je většinou regulátor doplněn o další pomocné obvody. V našem případě je to omezení akčního zásahu, tzv. Anti-windup. Skutečné zapojení regulátoru použitého u této úlohy je na obr. 5. Protože integrační složka regulátoru není v základním zapojení nijak omezena, mohl by vzniknout ve skutečnosti nerealizovatelný akční zásah. To znamená, že např. u potrubí můžeme kuželku ventilu zdvihnout jen do určité výšky a v našem případě můžeme přivést na žárovku jen určité napětí (v tomto případě max. 12V). Proto je nutné vzniklý přebytek integrační složky pomocí zpětné vazby od bloku „omezení akčního zásahu“ odečíst (obr. 5).

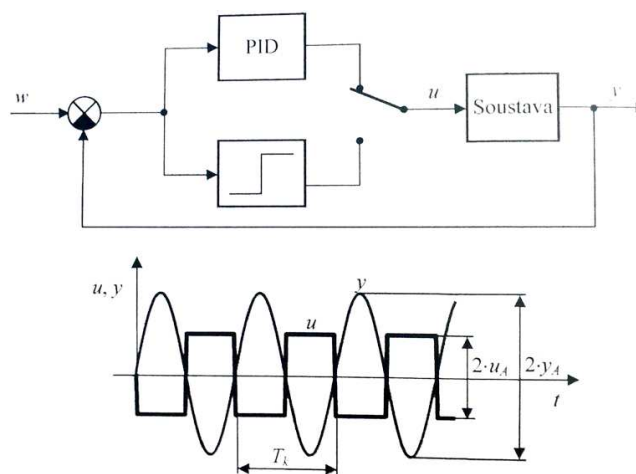


Obrázek 5 Skutečné zapojení regulátoru

2.3 Metoda relé

Tato metoda je založena na experimentálním zjištění kritického zesílení r_{ok} a kritické periody T_k pomocí symetrického (bez hystereze) dvoupolohového relé s amplitudou u_A [1]. Bližší popis metody lze nalézt v literatuře [1, str. 139]. Pro nás je důležitý obr. 6 a vzorec:

$$r_{ok} = \frac{4 \cdot u_A}{\pi \cdot y_A} \quad (1)$$



Obrázek 6 Metoda relé [1]

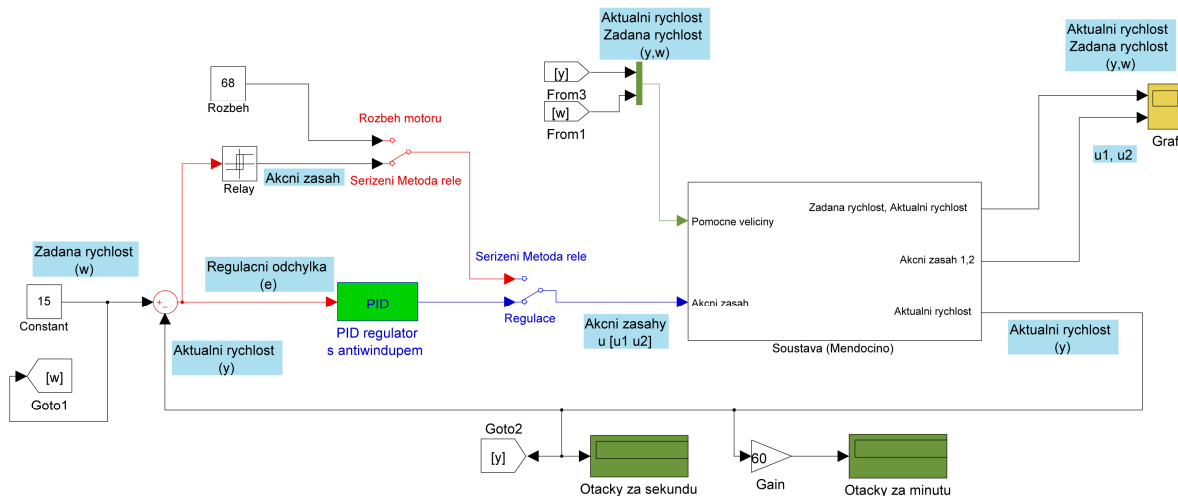
Při zjištění obou parametrů r_{ok} a T_k se pak stejně jako u metody Ziegler-Nichols využije tabulka pro získání parametrů PID regulátoru (tab. 1).

Regulátor	r_0	$T_I=r_0/r_I$	$T_D=r_D/r_0$
P	$0,5 r_0$	-	-
PI	$0,45 r_0$	$0,85 T_k$	-
PID	$0,6 r_0$	$0,5 T_k$	$0,125 T_k$
I	-	$2 T_k$	-

Tabulka 1 Určení stavitelných parametrů dle metody Zieglera a Nicholse

2.4 Spouštění úlohy a doporučený postup měření

1. Zapněte napájení Řídicí jednotky pomocí páčkového spínače na zadní straně – měl by se spustit display a ventilátor. Zkontrolujte, zda je motor správně usazen v magnetických ložiskách a zdali jsou světla správně nasměrována v úhlu přibližně 45° na obou stranách motoru. Ujistěte se, že tachometr má správně nasměrovaný vysílač a přijímač ultrafialového světla vůči sobě a zdali se oba nacházejí zhruba ve $3/4$ poloměru rotační světelné závory.
2. Spusťte soubor s názvem Mendocino (Simulink model), který je umístěný na ploše. Zobrazí se Vám následující schéma (obr. 7).



Obrázek 7 Metoda relé v Matlab Simulink

3. Ačkoliv je motor navržen pro řízení 2 žárovkami, pro zachování jednoduchosti úlohy je využita jen jedna. Aby bylo možné motor rozběhnout, je nutné ho roztáčet s maximálním výkonem žárovky, která pak bude řízena PID regulátorem. Žádanou rychlost ponechte na 15 (první blok zleva nazvaný jako „Constant“). Přepněte spodní přepínač (modrý) do horní polohy „Serizeni Metoda rele“ a horní přepínač (červený) do horní polohy „Rozbeh motoru“. S ostatními bloky nic nedělejte, relé už je nastaveno s optimálními parametry, abyste se při měření pohybovali v lineární oblasti řízení. Otevřete si blok s názvem „Graf“, abyste ho měli připraveni k měření.

4. Spustíte úlohy pomocí tlačítka „Start simulation“. V průběhu simulace se vyvarujte otevírání dalších oken nebo bloků! Sledujte průběh rychlosti na grafu, pomocí displeje „Otacky za sekundu“ nebo na displeji Řídicí jednotky. Při dosažení rychlosti 15 otáček za sekundu přepněte horní přepínač (červený) do dolní polohy „Serizeni Metoda rele“. Motor teď začne měnit rychlost na základě akčního zásahu stejně jako tomu je u obr. 6. Pro snadnější a přesnější odečet ponechte řízení běžet alespoň 10 period (tzn., že uvidíte 10x zapnutou a 10x vypnutou žárovku). Poté úlohu vypněte tlačítkem „Stop simulation“. Zajistěte, aby se motor zcela zastavil a nevyskočil v důsledku kritických kmitů z magnetických ložisek. Lze ho rukou jemně zastavit - motor je lehký a nehrozí žádné zranění. Dejte si jen pozor na rozehřátá halogenová světla.
5. Uložte si graf měření (bude součástí vypracování). Přímo z grafu měření (kde můžete jednotlivé části přibližovat) si odečtete parametry potřebné pro výpočet r_{ok} (1) a kritickou periodu T_k (viz. obr. 6) tak, že odečtete délku 10 period a vydělíte tento čas 10. Poté dopočítejte hodnoty pro PID regulátor dosazením vypočtených hodnot do tab. 1.
6. Otevřete blok (dvojklik) „PID regulator s antiwindupem“ a nastavte vámi vypočtené parametry. Řiďte se legendou uvedenou v horní části. Parametry potvrďte tlačítkem „Ok“ a přepněte dolní přepínač (modrý) do dolní polohy „Regulace“. Spustíte úlohu a sledujte průběh regulace. Po dosažení žádané hodnoty nechte rychlost ustálit a poté opakujte vypnutí stejně jako v bodě 4. Naměřenou charakteristiku si uložte opět jako obrázek (součást vypracování).
7. Zkuste nyní parametry regulátoru nastavit jako:

$$P = 5 \quad I = 0.5 \quad D = 0.2 \quad AW = 2.5 \quad N = 7$$

a poté postupujte stejně jako v bodě 6. I tento graf bude součástí vypracování, proto si ho také uložte. Zastavujte motor stejně jako v bodě 4 a 6.

2.5 Vypracování a otázky

1. Zpracujte grafy z měření a zanechte do něj všechny důležité hodnoty, jako jsou T_k , u_A a y_A . Do tabulky запиšte vypočtené hodnoty pro PID regulátor.
2. Ohodnoťte vaši kvalitu regulace (slovně) a srovnajte ji s regulací dle zadaných parametrů v bodě 7. Zkuste se zamyslet nad tím, jaký vliv mají jednotlivé bloky regulátoru na průběh a kvalitu regulace.

Literatura

- [1] Hofreiter, M.: *Základy automatického řízení*. 1. vyd. Praha: ČVUT, Fakulta strojní, 2012. 165 s. ISBN 978-80-01-05007-1
- [2] Zítek, P.: *Automatické řízení pro bakaláře*. 1. vyd. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2009. 150 s. ISBN:978-80-01-04377-6.
- [3] Hofreiter, M.: *Příklady z automatického řízení*. 3. vyd. Praha: ČVUT, Fakulta strojní, 2009. 117 s. ISBN 978-80-01-04441-4