

Simulační model a identifikace voice coil servopohonu

Tomáš Hladovec

Prezentace diplomové práce

Obsah

- 1 Úvod
 - Seznámení s voice coil motorem
 - Magnetické pole a magnety ve voice coil motorech
- 2 Oživení voice coil servopohonu
 - Popis jednotlivých částí voice coil servopohonu
- 3 Identifikace parametrů voice coil servopohonu
 - Parametry voice coil servopohonu
- 4 Simulační modely voice coil servopohonu
 - Simulační modely motoru
 - Modely pohonu řízené na úrovni proudu
 - Modely servopohonu
- 5 Závěr
- 6 Otázky

Seznámení s voice coil motorem

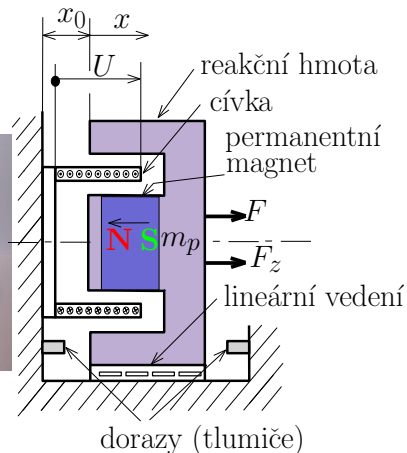
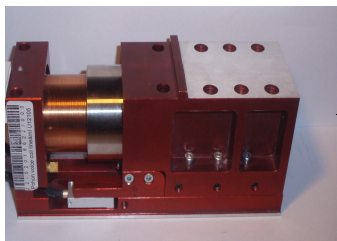
- voice coil motor -

Seznámení s voice coil motorem

- voice coil motor - lineární stejnosměrný motor s permanentními magnety

Seznámení s voice coil motorem

- voice coil motor - lineární stejnosměrný motor s permanentními magnety



Vzorce popisující chování voice coil motoru

- Rovnice popisující elektromagnetickou sílu: $F = NBII = C_e(x) I$

Vzorce popisující chování voice coil motoru

- Rovnice popisující elektromagnetickou sílu: $F = NBII = C_e(x) I$
- Rovnice popisující proud v motoru: $RI + L \frac{dI}{dt} = U - C_e(x) \frac{dx}{dt}$

Vzorce popisující chování voice coil motoru

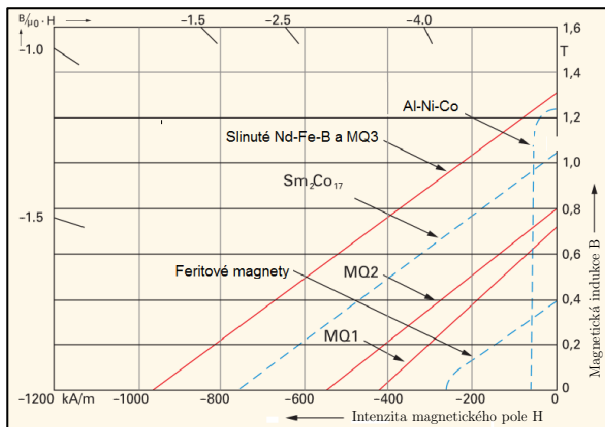
- Rovnice popisující elektromagnetickou sílu: $F = NBII = C_e(x) I$
- Rovnice popisující proud v motoru: $RI + L \frac{dI}{dt} = U - C_e(x) \frac{dx}{dt}$
- Pohybová rovnice motoru: $m_p \frac{d^2x}{dt^2} + F_p = F - F_z$

Obsah

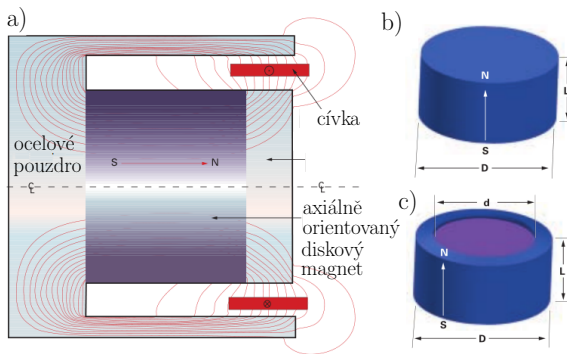
- 1 Úvod
 - Seznámení s voice coil motorem
 - **Magnetické pole a magnety ve voice coil motorech**
- 2 Oživení voice coil servopohonu
 - Popis jednotlivých částí voice coil servopohonu
- 3 Identifikace parametrů voice coil servopohonu
 - Parametry voice coil servopohonu
- 4 Simulační modely voice coil servopohonu
 - Simulační modely motoru
 - Modely pohonu řízené na úrovni proudu
 - Modely servopohonu
- 5 Závěr
- 6 Otázky

Magnetické pole a magnety ve voice coil motorech

- Demagnetizační křivky pro permanentní magnety



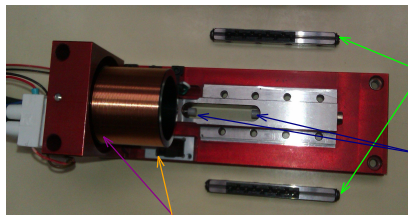
Magnetické pole a magnety ve voice coil motorech



Obsah

- 1 Úvod
 - Seznámení s voice coil motorem
 - Magnetické pole a magnety ve voice coil motorech
- 2 Oživení voice coil servopohonu
 - Popis jednotlivých částí voice coil servopohonu
- 3 Identifikace parametrů voice coil servopohonu
 - Parametry voice coil servopohonu
- 4 Simulační modely voice coil servopohonu
 - Simulační modely motoru
 - Modely pohonu řízené na úrovni proudu
 - Modely servopohonu
- 5 Závěr
- 6 Otázky

Popis jednotlivých částí voice coil servopohonu

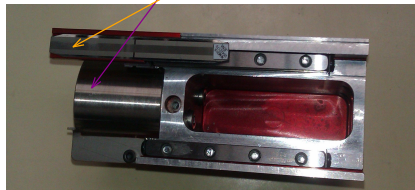


lineární vedení od firmy
Schneberger typ R2-60

dorazy (tlumiče)

cívka s magnetickým jádrem od firmy Akribis Systems
konkrátně typ VCA AVM-40-20

inkrementální enkodér LIK41-P32-WZ



Popis jednotlivých částí voice coil servopohonu



Digitální servoměnič
Cello 50/60 od firmy Ellmo

Obsah

- 1 Úvod
 - Seznámení s voice coil motorem
 - Magnetické pole a magnety ve voice coil motorech
- 2 Oživení voice coil servopohonu
 - Popis jednotlivých částí voice coil servopohonu
- 3 **Identifikace parametrů voice coil servopohonu**
 - **Parametry voice coil servopohonu**
- 4 Simulační modely voice coil servopohonu
 - Simulační modely motoru
 - Modely pohonu řízené na úrovni proudu
 - Modely servopohonu
- 5 Závěr
- 6 Otázky

Identifikace parametrů voice coil servopohonu

- Hmotnost reakční hmoty: $m_p = 440 \pm 1$ g.

Identifikace parametrů voice coil servopohonu

- Hmotnost reakční hmoty: $m_p = 440 \pm 1$ g.
- Poloha dorazů: $x_{dor1} \cong -8.5$ mm, $x_{dor2} \cong 9$ mm.

Identifikace parametrů voice coil servopohonu

- Hmotnost reakční hmoty: $m_p = 440 \pm 1$ g.
- Poloha dorazů: $x_{dor1} \cong -8.5$ mm, $x_{dor2} \cong 9$ mm.
- Parametry cívky (indukčnost L a odpor R):

Identifikace parametrů voice coil servopohonu

- Hmotnost reakční hmoty: $m_p = 440 \pm 1$ g.
- Poloha dorazů: $x_{dor1} \cong -8.5$ mm, $x_{dor2} \cong 9$ mm.
- Parametry cívky (indukčnost L a odpor R):
 - hodnoty udávané výrobcem $L_{vyr} = 6.22$ mH a $R_{vyr} = 11 \Omega$

Identifikace parametrů voice coil servopohonu

- Hmotnost reakční hmoty: $m_p = 440 \pm 1$ g.
- Poloha dorazů: $x_{dor1} \cong -8.5$ mm, $x_{dor2} \cong 9$ mm.
- Parametry cívky (indukčnost L a odpor R):
 - hodnoty udávané výrobcem $L_{vyr} = 6.22$ mH a $R_{vyr} = 11 \Omega$
 - pomocí LCR metru

Identifikace parametrů voice coil servopohonu

- Hmotnost reakční hmoty: $m_p = 440 \pm 1$ g.
- Poloha dorazů: $x_{dor1} \cong -8.5$ mm, $x_{dor2} \cong 9$ mm.
- Parametry cívky (indukčnost L a odpor R):
 - hodnoty udávané výrobcem $L_{vyr} = 6.22$ mH a $R_{vyr} = 11 \Omega$
 - pomocí LCR metru
 - experiment 1 - skoková změna napětí na cívce, zaznamenáván proud a poloha

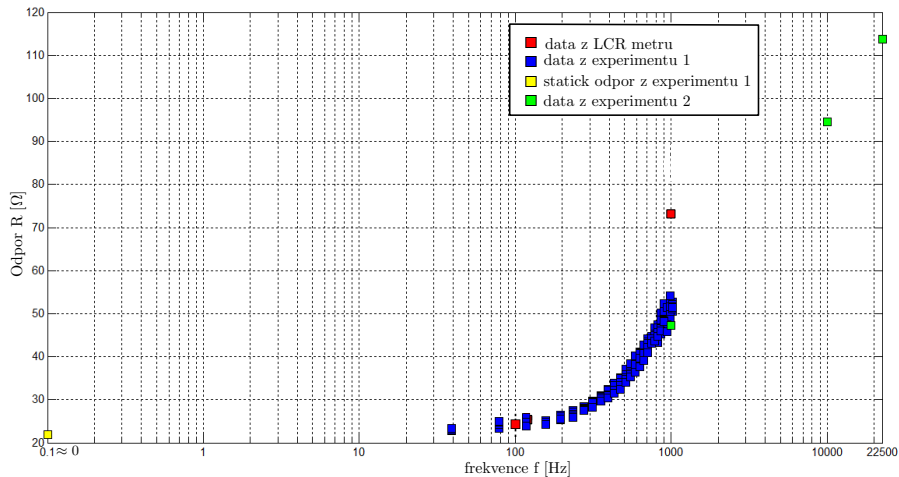
Identifikace parametrů voice coil servopohonu

- Hmotnost reakční hmoty: $m_p = 440 \pm 1$ g.
- Poloha dorazů: $x_{dor1} \cong -8.5$ mm, $x_{dor2} \cong 9$ mm.
- Parametry cívky (indukčnost L a odpor R):
 - hodnoty udávané výrobcem $L_{vyr} = 6.22$ mH a $R_{vyr} = 11 \Omega$
 - pomocí LCR metru
 - experiment 1 - skoková změna napětí na cívce, zaznamenáván proud a poloha
 - pomocí Ohmovy metody

Identifikace parametrů voice coil servopohonu

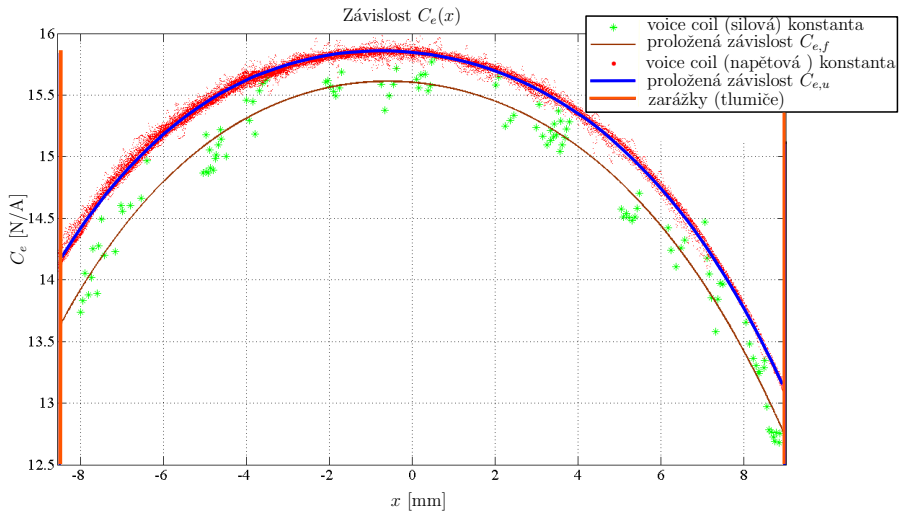
- Hmotnost reakční hmoty: $m_p = 440 \pm 1$ g.
- Poloha dorazů: $x_{dor1} \cong -8.5$ mm, $x_{dor2} \cong 9$ mm.
- Parametry cívky (indukčnost L a odpor R):
 - hodnoty udávané výrobcem $L_{vyr} = 6.22$ mH a $R_{vyr} = 11 \Omega$
 - pomocí LCR metru
 - experiment 1 - skoková změna napětí na cívce, zaznamenáván proud a poloha
 - pomocí Ohmovy metody
 - experiment 2 - buzení cívky střídavým napětím o známé frekvenci, zaznamenáván proud

Odpor cívky R



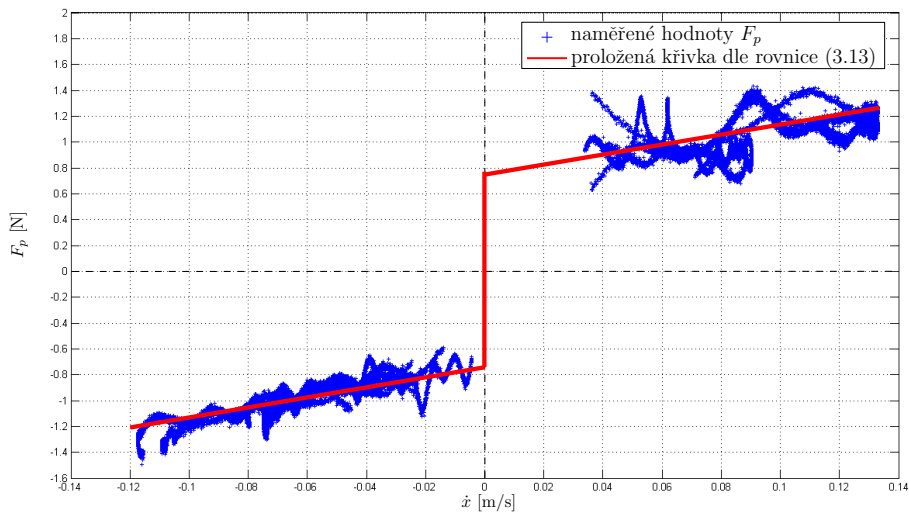
Identifikace parametrů voice coil servopohonu

- Hmotnost reakční hmoty: $m_p = 440 \pm 1$ g.
- Poloha dorazů: $x_{dor1} \cong -8.5$ mm, $x_{dor2} \cong 9$ mm.
- Parametry cívky: indukčnost L a odpor R .
- Voice coil konstanta C_e :
 - z rovnice popisující elektromagnetickou sílu: $F = NBII = C_e(x) I$
 - z rovnice pro indukované napětí v pohybující se cívce: $U_i = C_e(x) \dot{x}$

Voice coil konstanta C_e 

Identifikace parametrů voice coil servopohonu

- Hmotnost reakční hmoty: $m_p = 440 \pm 1$ g.
- Poloha dorazů: $x_{dor1} \cong -8.5$ mm, $x_{dor2} \cong 9$ mm.
- Parametry cívky: indukčnost L a odpor R .
- Voice coil konstanta $C_e(x)$.
- Třecí síla F_p v lineárním vedení

Třecí síla F_p v lineárním vedení

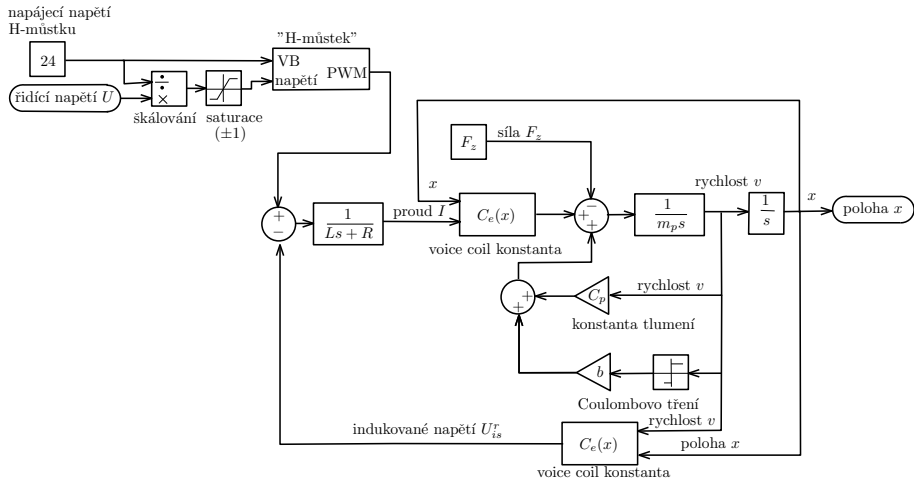
Identifikace parametrů voice coil servopohonu

- Hmotnost reakční hmoty: $m_p = 440 \pm 1$ g.
- Poloha dorazů: $x_{dor1} \cong -8.5$ mm, $x_{dor2} \cong 9$ mm.
- Parametry cívky: indukčnost L a odpor R .
- Voice coil konstanta $C_e(x)$.
- Třecí síla v lineárním vedení $F_p = C_p \dot{x} + b \text{sign}(\dot{x})$
 - $C_p = 3.9$ Ns m⁻¹
 - $b = 0.7$ N

Obsah

- 1 Úvod
 - Seznámení s voice coil motorem
 - Magnetické pole a magnety ve voice coil motorech
- 2 Oživení voice coil servopohonu
 - Popis jednotlivých částí voice coil servopohonu
- 3 Identifikace parametrů voice coil servopohonu
 - Parametry voice coil servopohonu
- 4 **Simulační modely voice coil servopohonu**
 - **Simulační modely motoru**
 - Modely pohonu řízené na úrovni proudu
 - Modely servopohonu
- 5 Závěr
- 6 Otázky

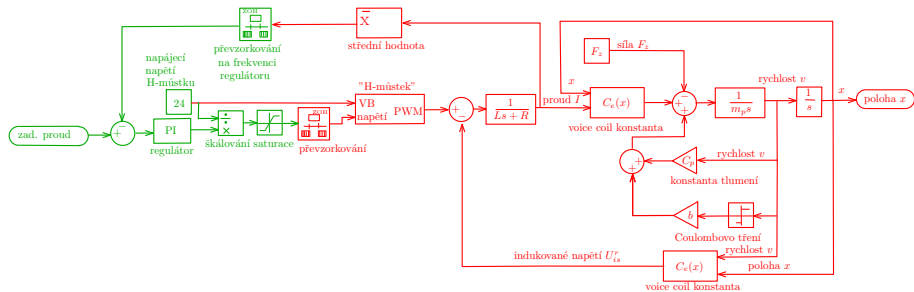
Simulační model s PWM a $C_e(x)$ (model 4)



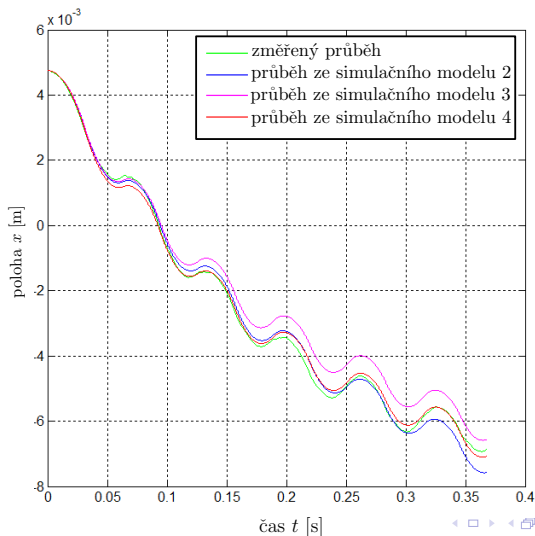
Obsah

- 1 Úvod
 - Seznámení s voice coil motorem
 - Magnetické pole a magnety ve voice coil motorech
- 2 Oživení voice coil servopohonu
 - Popis jednotlivých částí voice coil servopohonu
- 3 Identifikace parametrů voice coil servopohonu
 - Parametry voice coil servopohonu
- 4 **Simulační modely voice coil servopohonu**
 - Simulační modely motoru
 - **Modely pohonu řízené na úrovni proudu**
 - Modely servopohonu
- 5 Závěr
- 6 Otázky

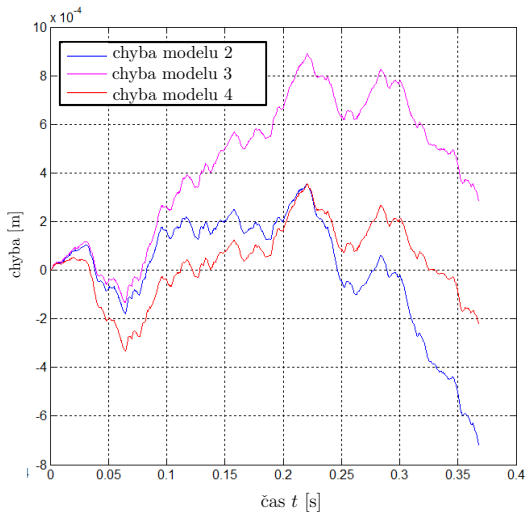
Simulační model s PWM a $C_e(x)$ (model 4)



Ověření přesnosti modelů pohonu při řízení na úrovni proudu



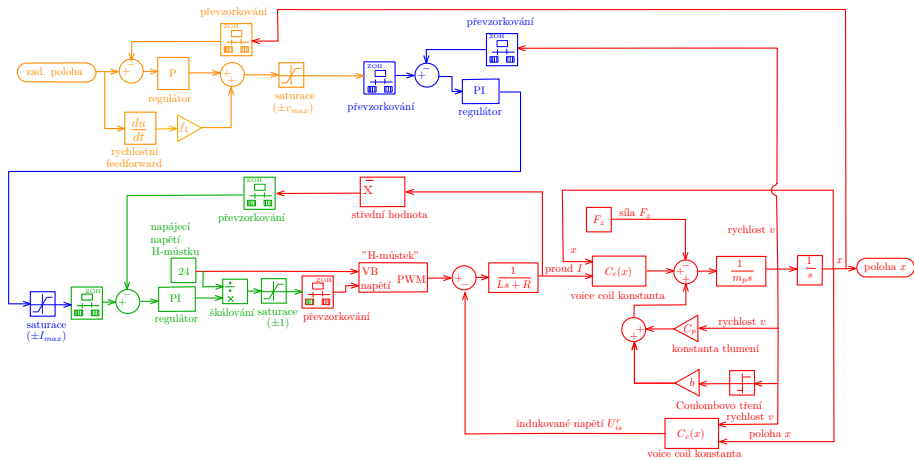
Ověření přesnosti modelů pohonu při řízení na úrovni proudu



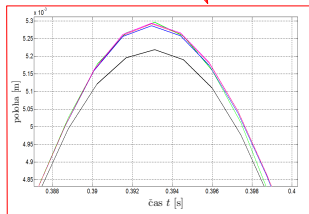
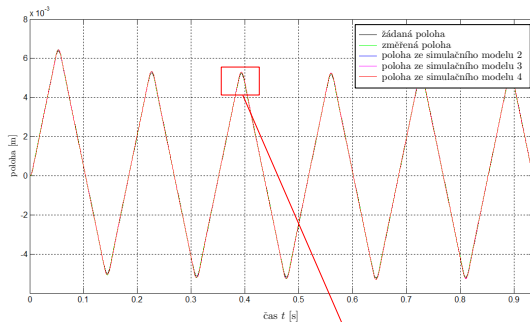
Obsah

- 1 Úvod
 - Seznámení s voice coil motorem
 - Magnetické pole a magnety ve voice coil motorech
- 2 Oživení voice coil servopohonu
 - Popis jednotlivých částí voice coil servopohonu
- 3 Identifikace parametrů voice coil servopohonu
 - Parametry voice coil servopohonu
- 4 **Simulační modely voice coil servopohonu**
 - Simulační modely motoru
 - Modely pohonu řízené na úrovni proudu
 - **Modely servopohonu**
- 5 Závěr
- 6 Otázky

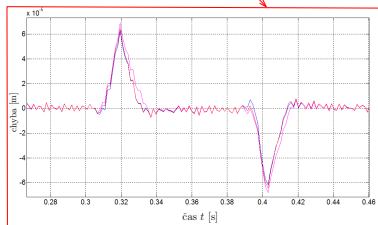
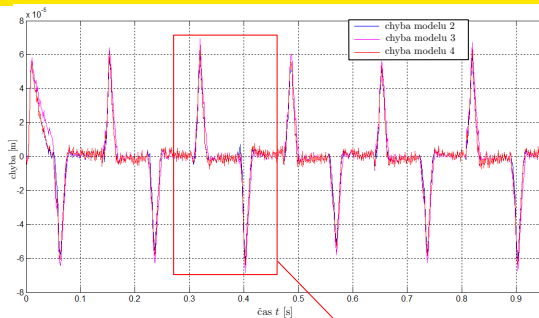
Simulační model s PWM a $C_e(x)$ (model 4)



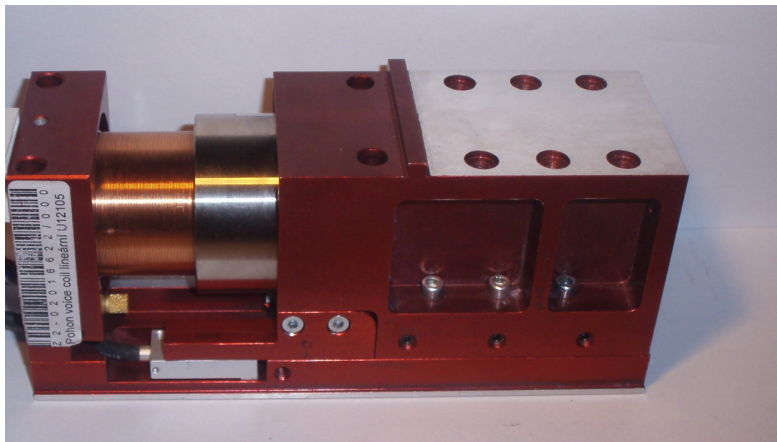
Ověření přesnosti modelů servopohonu



Ověření přesnosti modelů servopohonu



Děkuji za pozornost

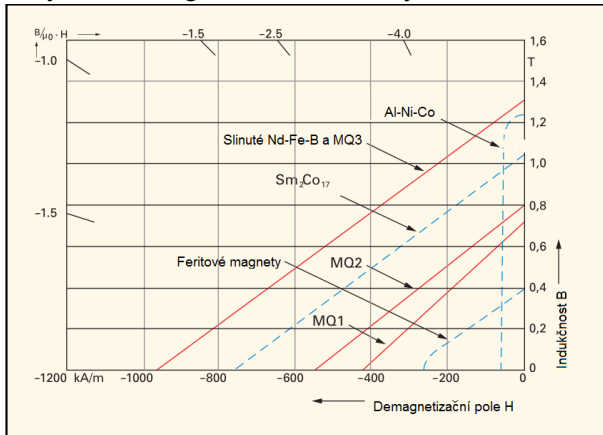


Otázka 1

V práci se na straně 11 objevuje část hysterezní smyčky s nesprávným popisem os, schematicky popište některé významné body hysterezní smyčky pro vybrané magnetické materiály.

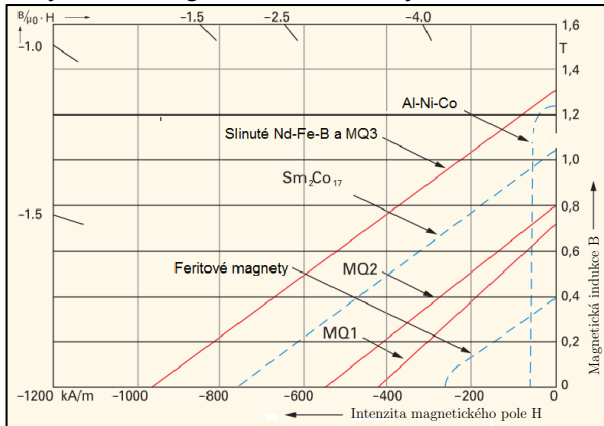
Otázka 1

V práci se na straně 11 objevuje část hysterezní smyčky s nesprávným popisem os, schematicky popište některé významné body hysterezní smyčky pro vybrané magnetické materiály.

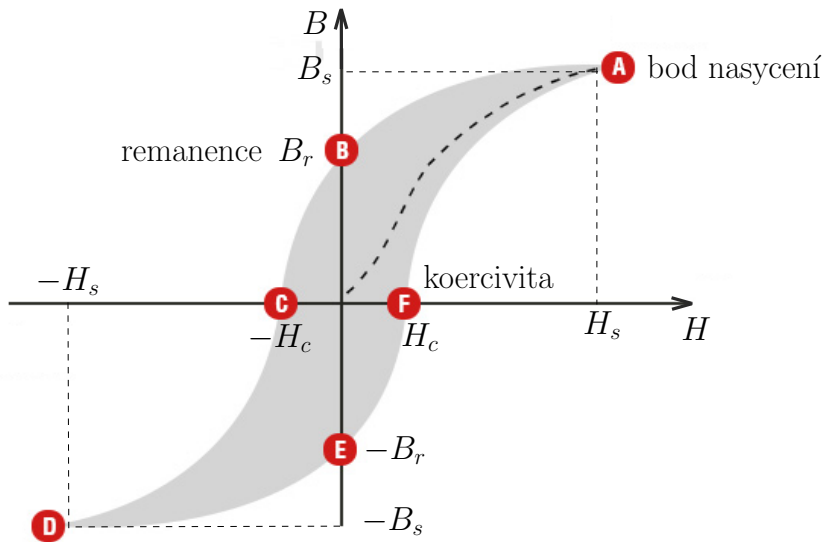


Otázka 1

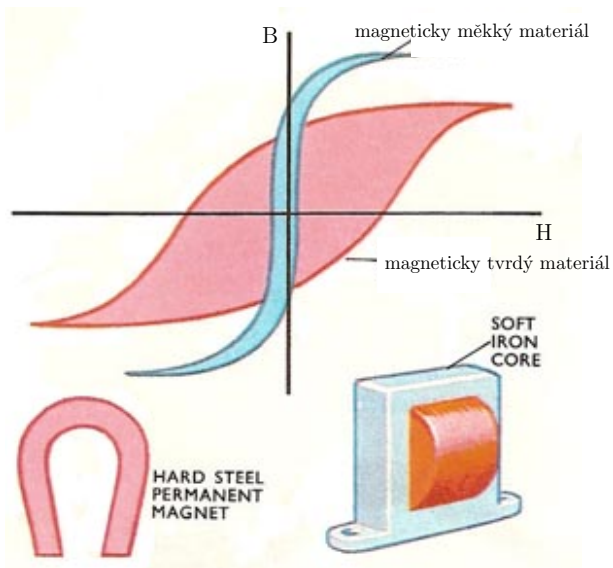
V práci se na straně 11 objevuje část hysterezní smyčky s nesprávným popisem os, schematicky popište některé významné body hysterezní smyčky pro vybrané magnetické materiály.



Otázka 1



Otázka 1



Otázka 3

V textu zřejmě došlo k záměně pojmu elektrická impedance za odpor. Vysvětlete prosím rozdíl a promítněte komentováním výsledek tohoto faktu do některých dílčích výsledků práce.

Otázka 3

V textu zřejmě došlo k záměně pojmu elektrická impedance za odpor. Vysvětlete prosím rozdíl a promítněte komentováním výsledek tohoto faktu do některých dílčích výsledků práce.

- Elektrický odpor je fyzikální veličina charakterizující schopnost elektrických vodičů vést elektrický proud.

Otázka 3

V textu zřejmě došlo k záměně pojmu elektrická impedance za odpor. Vysvětlete prosím rozdíl a promítněte komentováním výsledek tohoto faktu do některých dílčích výsledků práce.

- Elektrický odpor je fyzikální veličina charakterizující schopnost elektrických vodičů vést elektrický proud.
 - značka R

Otázka 3

V textu zřejmě došlo k záměně pojmu elektrická impedance za odpor. Vysvětlete prosím rozdíl a promítněte komentováním výsledek tohoto faktu do některých dílčích výsledků práce.

- Elektrický odpor je fyzikální veličina charakterizující schopnost elektrických vodičů vést elektrický proud.
 - značka R
- Impedance je veličina popisující zdánlivý odpor součástky a fázový posuv napětí proti proudu při průchodu harmonického střídavého proudu daného kmitočtu.

Otázka 3

V textu zřejmě došlo k záměně pojmu elektrická impedance za odpor. Vysvětlete prosím rozdíl a promítněte komentováním výsledky tohoto faktu do některých dílčích výsledků práce.

- Elektrický odpor je fyzikální veličina charakterizující schopnost elektrických vodičů vést elektrický proud.
 - značka R
- Impedance je veličina popisující zdánlivý odpor součástky a fázový posuv napětí proti proudu při průchodu harmonického střídavého proudu daného kmitočtu.
 - impedance je komplexní veličina

Otázka 3

V textu zřejmě došlo k záměně pojmu elektrická impedance za odpor. Vysvětlete prosím rozdíl a promítněte komentováním výsledek tohoto faktu do některých dílčích výsledků práce.

- Elektrický odpor je fyzikální veličina charakterizující schopnost elektrických vodičů vést elektrický proud.
 - značka R
- Impedance je veličina popisující zdánlivý odpor součástky a fázový posuv napětí proti proudu při průchodu harmonického střídavého proudu daného kmitočtu.
 - impedance je komplexní veličina
 - značka Z

Otázka 3

V textu zřejmě došlo k záměně pojmu elektrická impedance za odpor. Vysvětlete prosím rozdíl a promítněte komentováním výsledek tohoto faktu do některých dílčích výsledků práce.

- Elektrický odpor je fyzikální veličina charakterizující schopnost elektrických vodičů vést elektrický proud.
 - značka R
- Impedance je veličina popisující zdánlivý odpor součástky a fázový posuv napětí proti proudu při průchodu harmonického střídavého proudu daného kmitočtu.
 - impedance je komplexní veličina
 - značka Z
 - pro neideální cívku platí $Z = R + jX_L = R + j2\pi fL$

Otázka 3

- Důsledky:

Otázka 3

- Důsledky:
 - změna tabulky 3.1. na straně 35

Otázka 3

- Důsledky:
 - změna tabulky 3.1. na straně 35

f [Hz]	L [mH]	Z [Ω]	R [Ω]
100	12.1	23.4	22.1
120	12.3	25.1	23.3
1000	6.4	83.0	72.6
10000	1.7	200.4	169.6

Tabulka 3.1. Hodnoty cívky pro různé frekvence změřené LCR metrem

Otázka 3

- Důsledky:
 - změna tabulky 3.1. na straně 35

f [Hz]	L [mH]	Z [Ω]	R [Ω]
100	12.1	23.4	22.1
120	12.3	25.1	23.3
1000	6.4	83.0	72.6
10000	1.7	200.4	169.6

Tabulka 3.1. Hodnoty cívky pro různé frekvence změřené LCR metrem

- změna obrázku 3.6., 3.7. na straně 40

Otázka 3

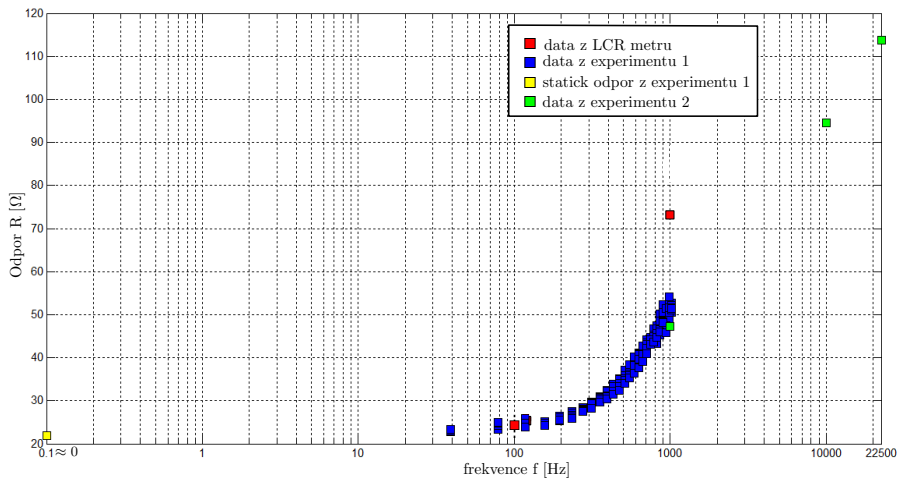
- Důsledky:
 - změna tabulky 3.1. na straně 35

f [Hz]	L [mH]	Z [Ω]	R [Ω]
100	12.1	23.4	22.1
120	12.3	25.1	23.3
1000	6.4	83.0	72.6
10000	1.7	200.4	169.6

Tabulka 3.1. Hodnoty cívky pro různé frekvence změřené LCR metrem

- změna obrázku 3.6., 3.7. na straně 40
- změna obrázku 3.12. na straně 44

Otázka 3



Otázka 3

- Důsledky:
 - změna tabulky 3.1. na straně 35

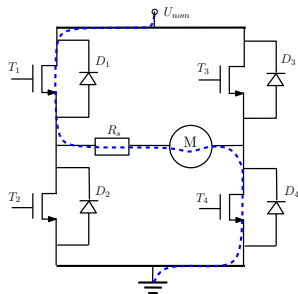
f [Hz]	L [mH]	Z [Ω]	R [Ω]
100	12.1	23.4	22.1
120	12.3	25.1	23.3
1000	6.4	83.0	72.6
10000	1.7	200.4	169.6

Tabulka 3.1. Hodnoty cívky pro různé frekvence změřené LCR metrem

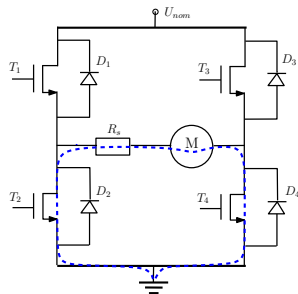
- změna obrázku 3.6., 3.7. na straně 40
- změna obrázku 3.12. na straně 44
- změna odstavce na straně 44: Na obrázcích 3.11 a 3.12 jsou vyneseny hodnoty indukčnosti a odporu v závislosti na frekvenci. Data z jednotlivých měření se přibližně schodují, až na odpory cívky měřené LCR metrem při vyšších frekvencích. **To je pravděpodobně způsobené tím, že LCR metr není schopen odfiltrovat vliv indukčnosti cívky při těchto měření.**

Otázka 2

Na straně 22 a 23 jsou popsány některé pracovní stavy H můstku. Stav pro „nízkou úroveň“ který popisujete, není zcela obvyklý. V textu je správně citován zdroj, ze kterého jste čerpal, přesto prosím vysvětlete uvažovanou strategii funkce H můstku.

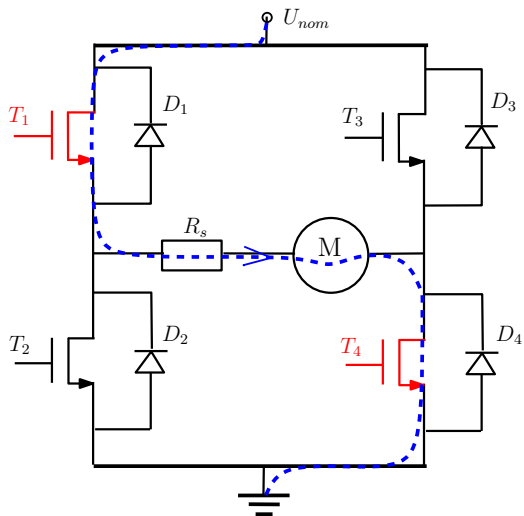


a) Vysoká úroveň



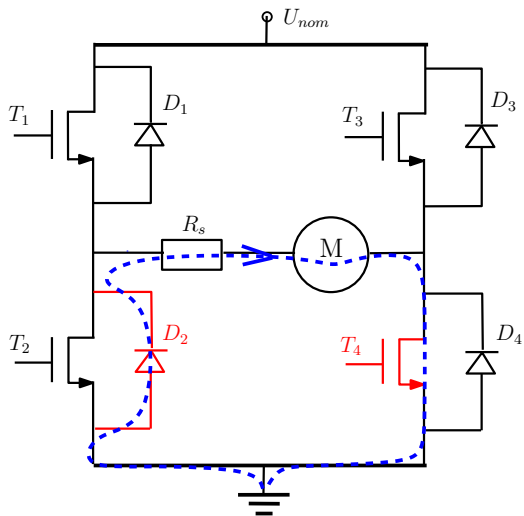
b) Nízká úroveň

Otázka 2



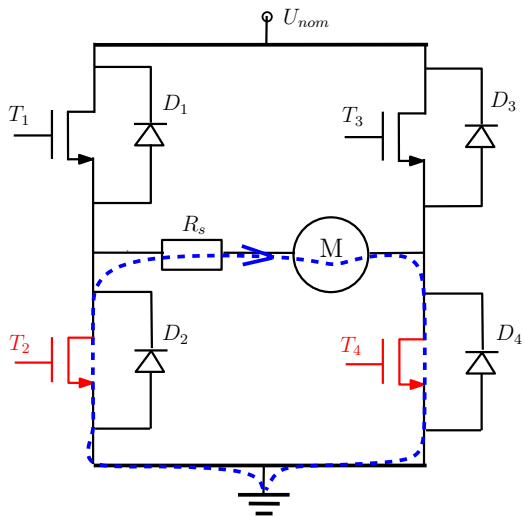
Vysoká úroveň PWM

Otázka 2



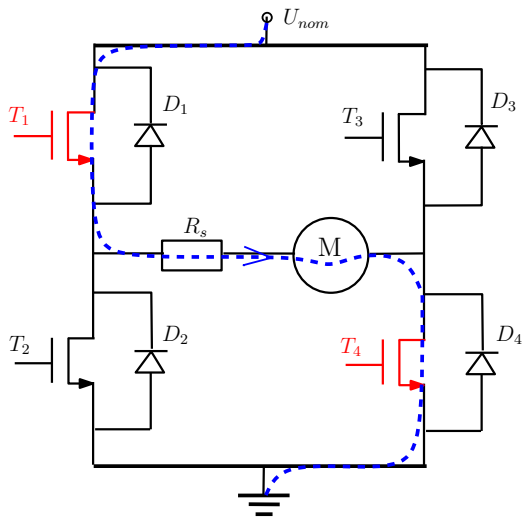
Nízká úroveň PWM-Slow decay

Otázka 2



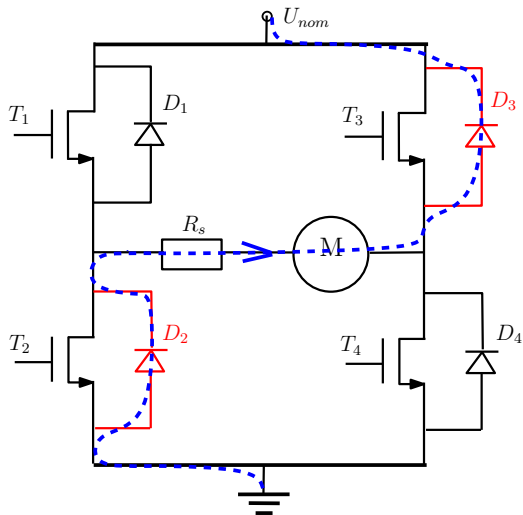
Nízká úroveň PWM-Slow decay

Otázka 2



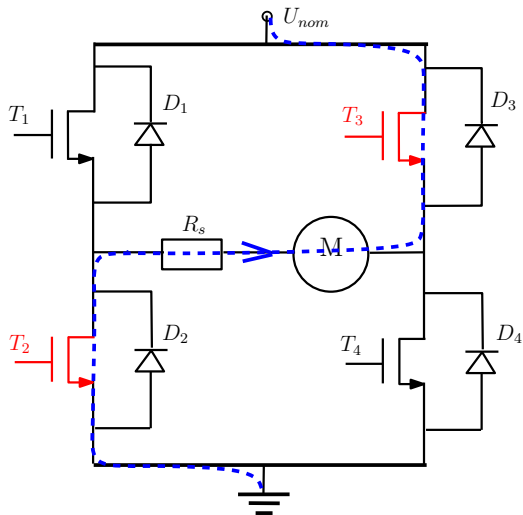
Vysoká úroveň PWM

Otázka 2



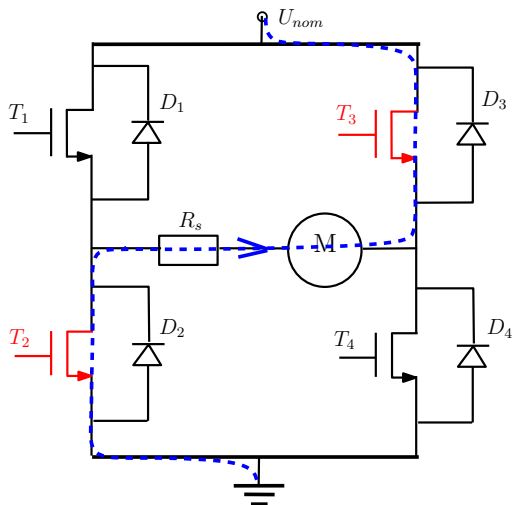
Nízká úroveň PWM-Fast decay
(asynchronous decay)

Otázka 2



Nízká úroveň PWM-Fast decay
(synchronous decay)

Otázka 2



Nízká úroveň PWM-Locked antiphase