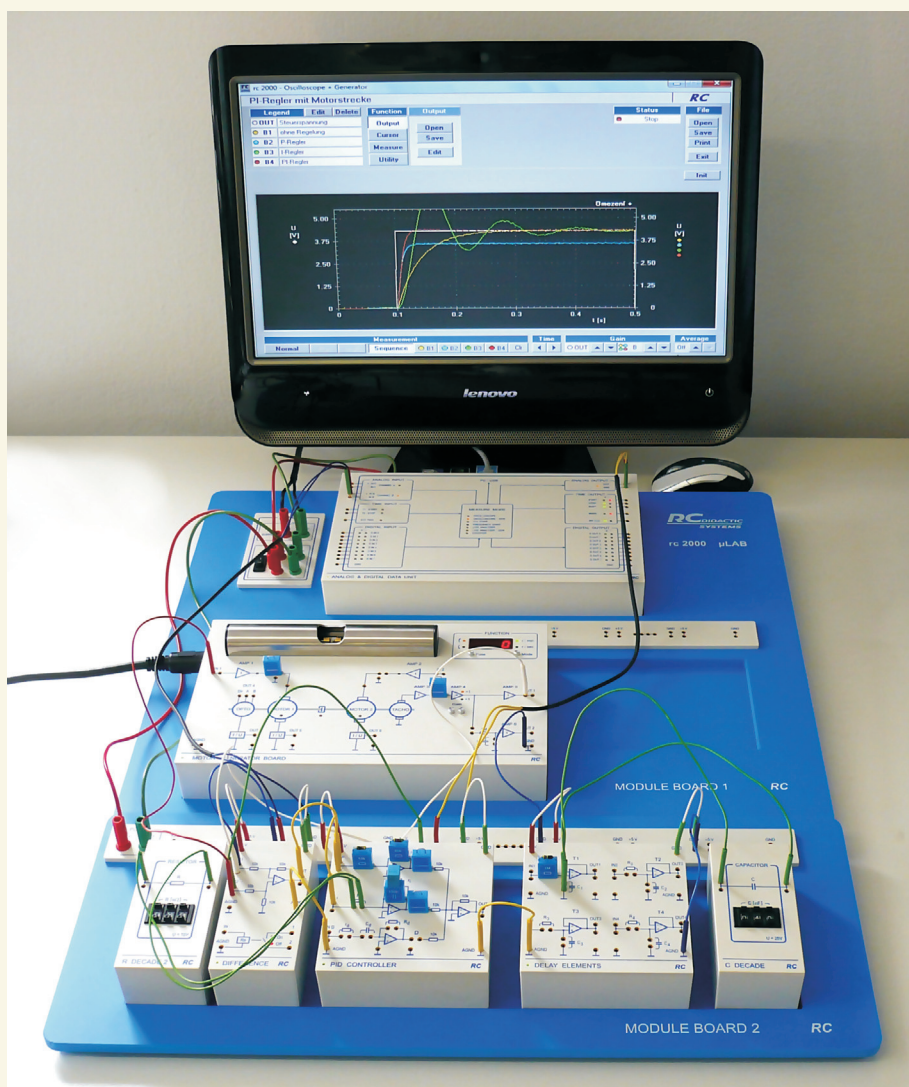


Výukový systém rc2000 - μ LAB

Regulační technika



Obsah**Regulace**

Časová analýza přenosových členů	2
Soustava T1 s P, I a PI regulátorem	17
Regulace otáček stejnosměrného motoru pomocí P, I a PI regulátoru	23

Příloha

Soustava Motor-Generátor	33
--------------------------	----

Časová analýza přenosových členů

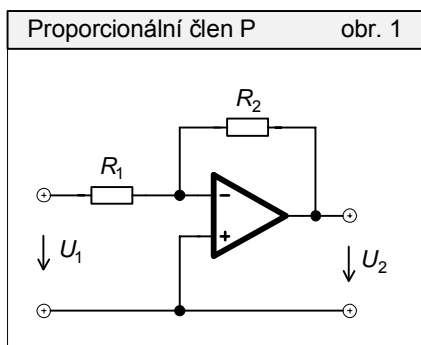
Úloha

Změřte přechodové charakteristiky P, I, D-T1, PI, PID-T1, T1 a T2 přenosových členů. Proved'te identifikaci soustavy Motor-Generátor.

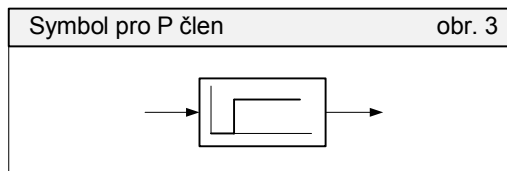
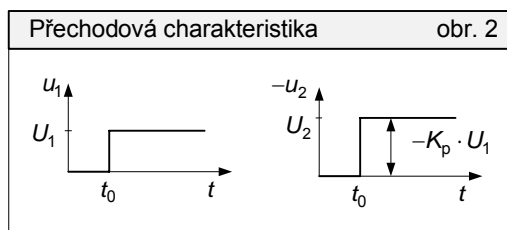
Teorie

Proporcionální člen P

Proporcionální člen P můžeme realizovat pomocí invertujícího zesilovače, který je zobrazen na obr.1. Výstupní napětí P členu je dáno vztahem (1) a přechodová charakteristika P členu je zobrazena na obr.2. Symbol pro P člen je na obr.3.

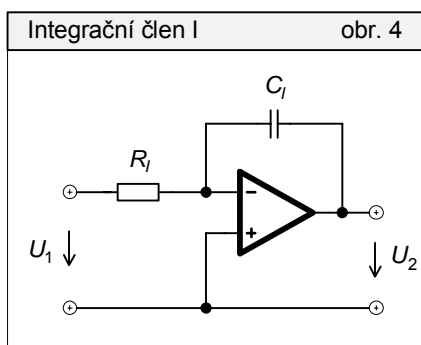


$$U_2 = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_1 = -K_P \cdot U_1 \quad (1)$$

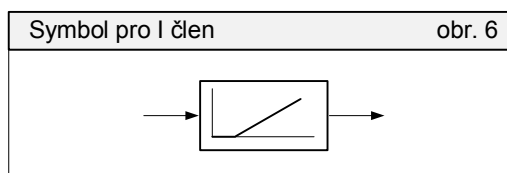
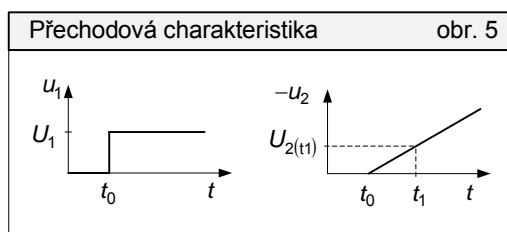


Integrační člen I

Integrační člen I můžeme realizovat pomocí integračního zesilovače, který je zobrazen na obr.4. Výstupní napětí I členu pro vstupní skokovou funkci napětí je dáno vztahem (2) a přechodová charakteristika je zobrazena na obr.5. Symbol pro I člen je na obr.6.

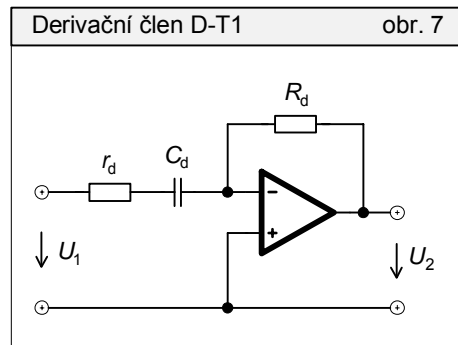


$$U_{2(t_1)} = -\frac{U_1}{R_1 C_1} \cdot (t_1 - t_0) \quad (2)$$

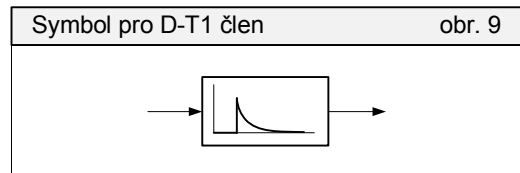
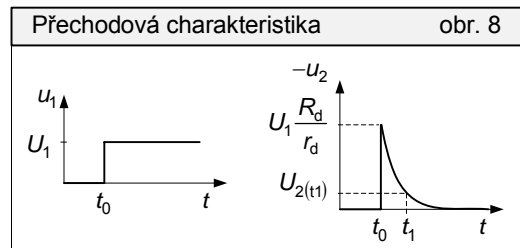


Derivační člen D-T1

Samostatný derivační člen se v praxi nepoužívá, protože je pro vysoké frekvence nestabilní. Proto se používá derivační člen D se zpožďovacím členem T1, který lze realizovat pomocí obvodu na obr.7. Výstupní napětí D-T1 členu pro vstupní skokovou funkci napětí je dáno vztahem (3) a přechodová charakteristika je obrazena na obr.8. Symbol pro D-T1 člen je na obr.9.

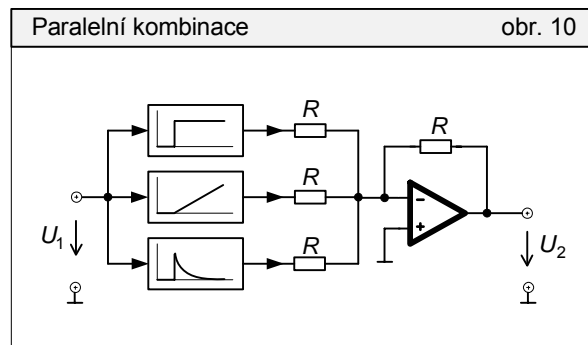


$$U_2 = -R_d C_d \cdot U_1 \frac{1}{r_d C_d} e^{-\frac{t}{r_d C_d}} \quad (3)$$



Paralelní kombinace přenosových členů

Paralelní kombinací členů získáme další typy členů. Sloučení provádíme pomocí invertujícího součtového zesilovače, kdy sčítáme dva nebo všechny tři výstupy členů P, I a D viz obr.10.



PI-člen

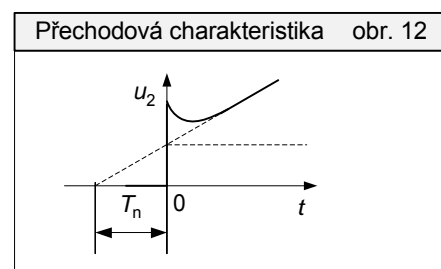
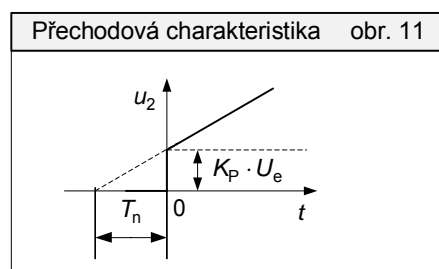
$$U_{2PI} = K_P \cdot U_1 + K_I \cdot U_1 \cdot t \quad (4)$$

$$U_{2PI} = K_P \cdot \left(U_1 + \frac{t}{T_n} \cdot U_1 \right) \quad (5)$$

PID-člen

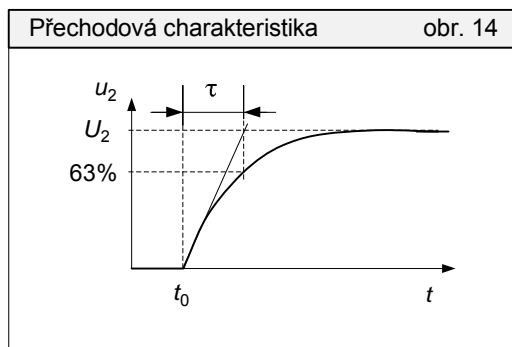
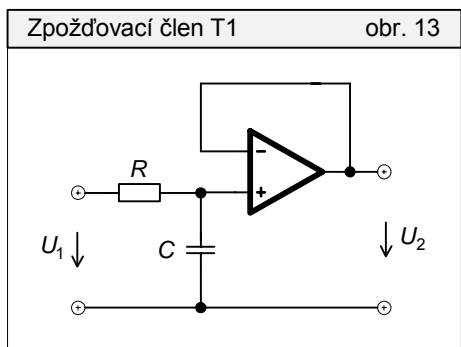
$$U_{2PID} = K_P \cdot U_1 + K_I \cdot U_1 \cdot t + K_D \frac{\Delta U_1}{\Delta t} \quad (6)$$

$$U_{2PID} = K_P \cdot \left(U_1 + \frac{1}{T_n} \cdot U_1 \cdot t + T_V \frac{\Delta U_1}{\Delta t} \right) \quad (7)$$



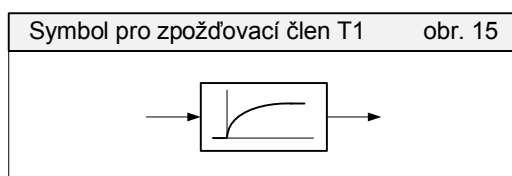
Zpoždovací (setrvačný) člen T1 prvního řádu

Zpoždovací člen lze realizovat pomocí RC článku s impedančním oddělovačem, který je zobrazen na obr.13. Přechodová charakteristika zpoždovacího členu je na obr.14 a je určena vztahem (8) a (9). Symbol pro T1 člen je na obr.15.



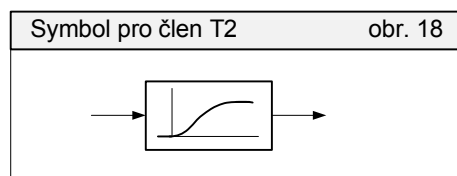
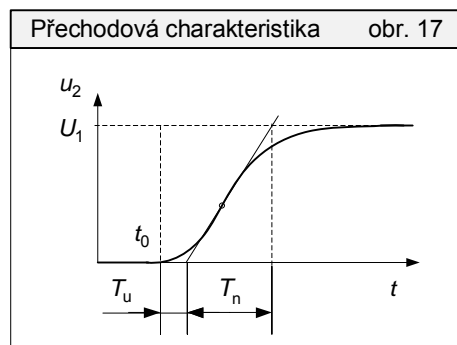
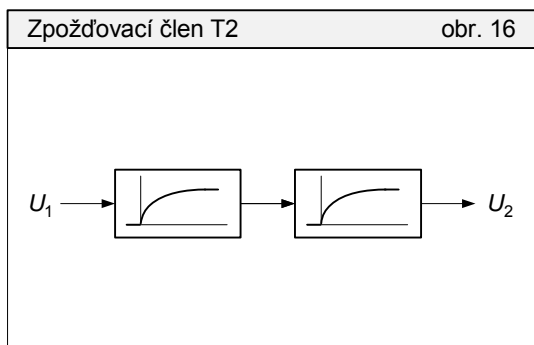
$$U_2 = U_1 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad (8)$$

$$\tau = R \cdot C \quad (9)$$



Zpoždovací (setrvačný) člen T2 druhého řádu

Seriovou kombinací dvou zpoždovacích členů 1. řádu získáme zpoždovací člen 2. řádu (obr.16). Přechodová charakteristika má tvar písmene S (obr.17). Na této křivce jsou definovány doba průtahu T_u a doba náběhu T_n . Poměr T_n/T_u definuje regulovatelnost soustavy 2. řádu. Symbol členu T2 je uveden na obr.18.



Poznámka

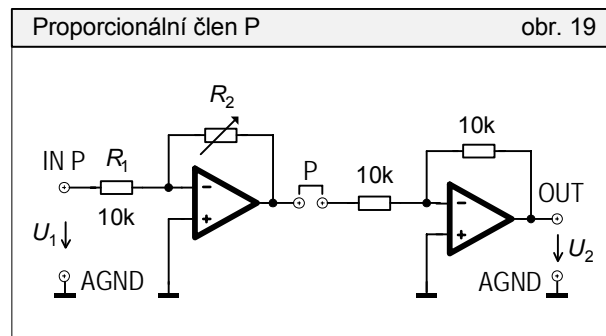
Vzhledem k tomu, že jednotlivé regulační moduly či soustava Motor-Generátor jsou galvanicky oddělené je nutné pro většinu měření propojit země AGND jednotlivých modulů mezi sebou.

Měření

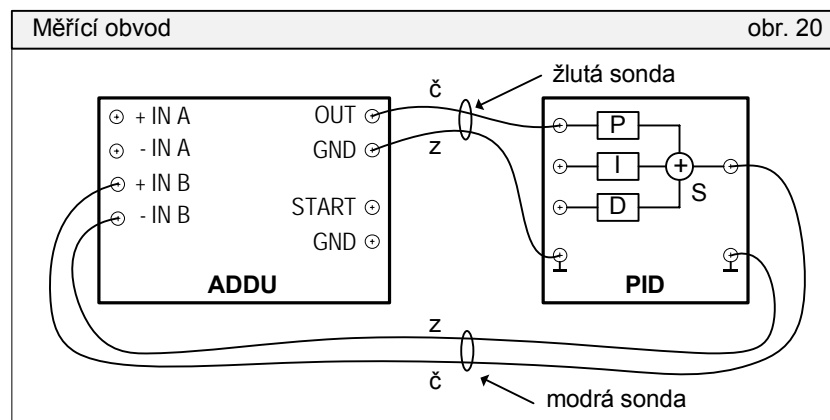
a) Proporcionální člen P

1. Schema zapojení

Zapojte na modulu PID CONTROLER proporcionální člen P podle obr.19.



Zapojte měřící obvod podle obr.20.



2. Postup měření

- Spusťte program rc2000 - **Oscilloscope+Gen.**
- Pro vstupní skokovou funkci (2,5V) v panelu **Output** otevřete soubor *skok1.aio* pomocí tlačítka **Open**.
- Proveďte měření v módu **Memory** pro různé hodnoty odporu R_2 .

B1 $R_2 = 20k$

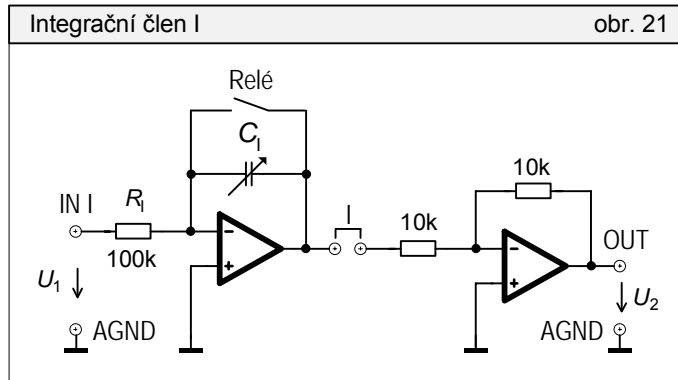
B2 $R_2 = 5k$

- Naměřené přechodové charakteristiky - viz graf 1.

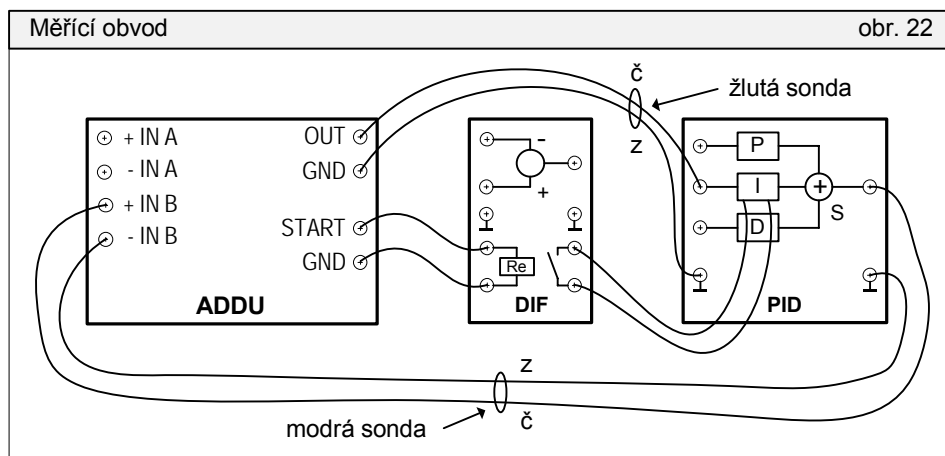
b) Integrační člen I

1. Schema zapojení

Zapojte na modulu PID CONTROLLER integrační člen I podle obr.21.



Zapojte měřicí obvod podle obr.22.



2. Postup měření

- Pro toto měření užitě stejné nastavení programu rc2000 a stejnou vstupní skokovou funkci (2,5 V) jako při měření proporcionálního členu.
- Smažte naměřená data z předchozích měření tlačítkem **Clr** v panelu **Memory**.
- Proveďte měření v módu **Memory** pro různé hodnoty C_I .

B1 $C_I = 100n$

B2 $C_I = 200n$

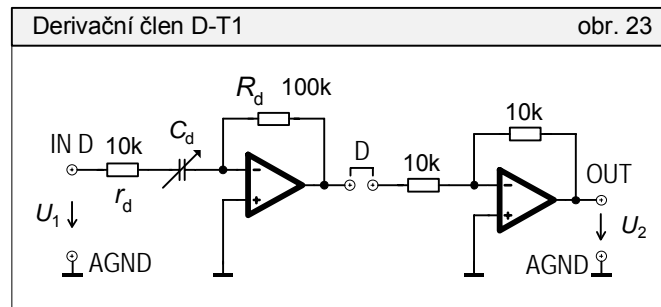
B3 $C_I = 500n$

- Naměřené přechodové charakteristiky - viz graf 2.

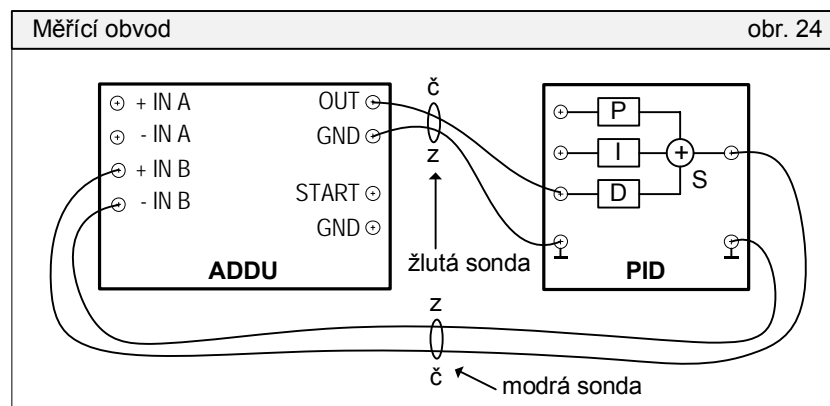
c) Derivační člen D-T1

1. Schema zapojení

Zapojte na modulu PID CONTROLLER derivační člen D-T1 podle obr.23.



Zapojte měřící obvod podle obr.24.



2. Postup měření

- Pro toto měření použijte stejné nastavení programu rc2000 a stejnou vstupní skokovou funkci (2,5 V) jako při měření proporcionálního členu.
- Smažte naměřená data z předchozích měření tlačítkem **Clr** v panelu **Memory**.
- Proveďte měření v módu **Memory** pro různé hodnoty kapacity C_d .

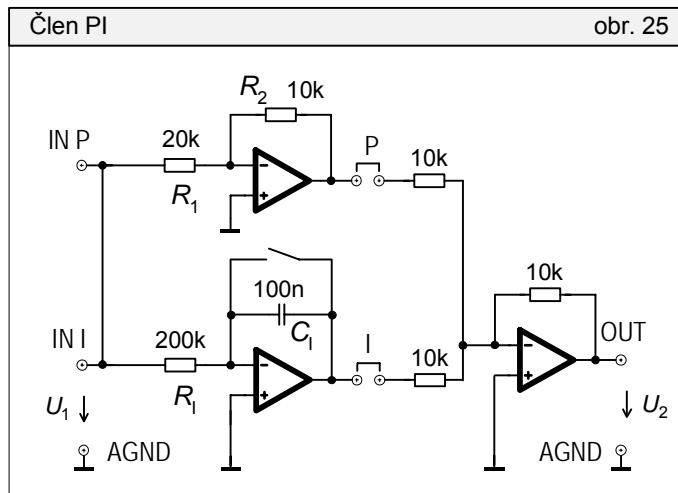
- B1 $C_d = 20n$
- B2 $C_d = 40n$
- B3 $C_d = 100n$

- Naměřené přechodové charakteristiky - viz graf 3.

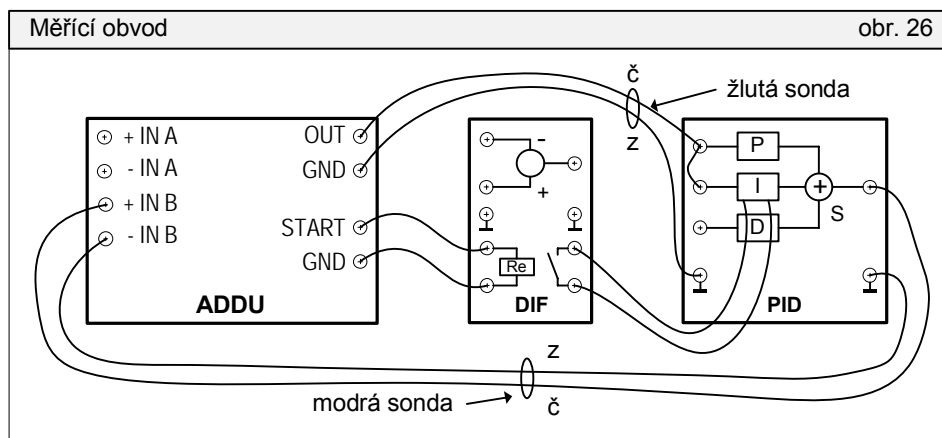
d) Člen PI

1. Schema zapojení

Zapojte na modulu PID CONTROLLER PI člen podle obr.25.



Zapojte měřící obvod podle obr.26.



2. Postup měření

- Pro toto měření užitě stejné nastavení programu rc2000 a stejnou vstupní skokovou funkci (2,5V) jako při měření proporcionalního členu.
- Smažte naměřená data z předchozích měření tlačítkem **Clr** v panelu **Memory**.
- Zobrazte současně v módu **Memory** přechodové charakteristiky pro různé kombinace členu P a I.

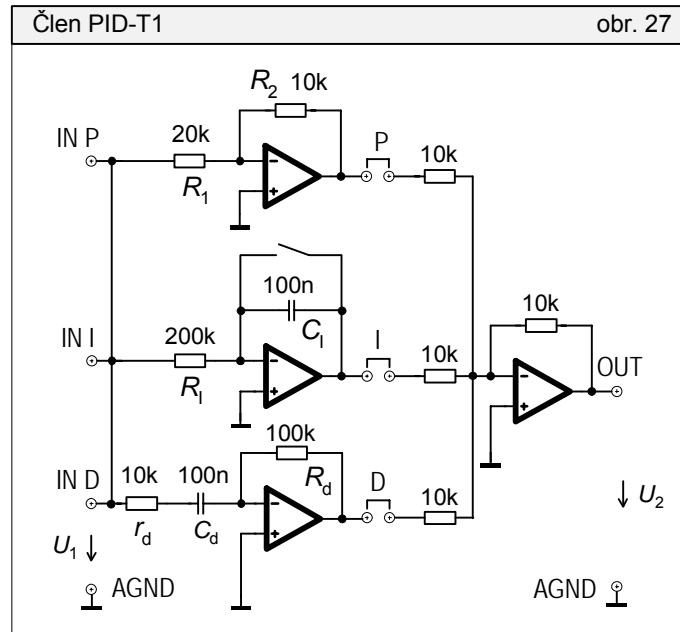
- B1 zapojen pouze člen P
- B2 zapojen pouze člen I
- B3 zapojeny současně oba členy

- Naměřené přechodové charakteristiky - viz graf 4.

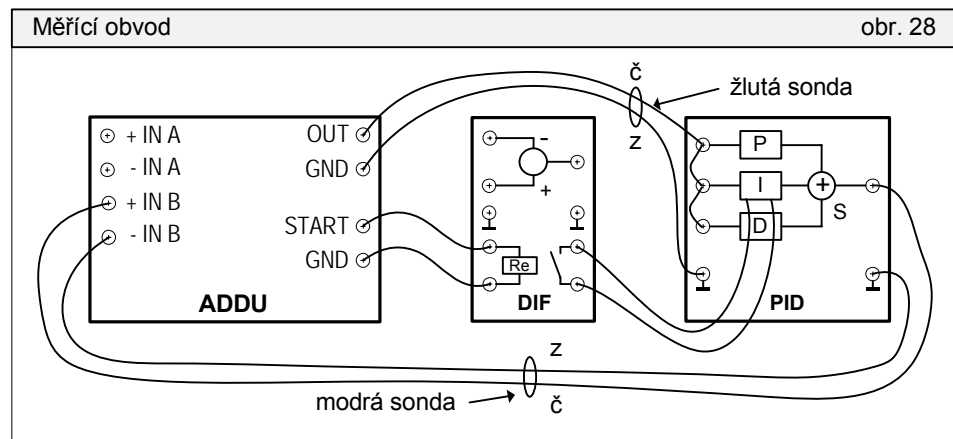
e) Člen PID-T1

1. Schema zapojení

Zapojte na modulu PID CONTROLLER PID - T1 člen podle obr.27.



Zapojte měřící obvod podle obr.28.



- Pro toto měření užíjte stejné nastavení programu rc2000 a stejnou vstupní skokovou funkci (2,5 V) jako při měření proporcionálního členu.
- Smažte naměřená data z předchozích měření tlačítkem **Clr** v panelu **Memory**.
- Zobrazte současně v módu **Memory** přechodové charakteristiky pro různé kombinace členu P, I a D-T1.

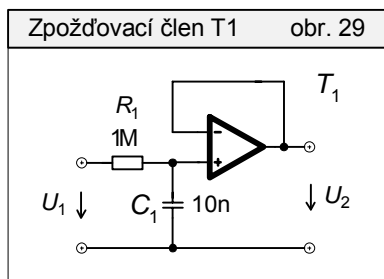
- B1 zapojen pouze člen P
- B2 zapojen pouze člen I
- B3 zapojen pouze člen D - T1
- B4 zapojeny všechny tři členy současně

- Naměřené přechodové charakteristiky - viz graf 5.

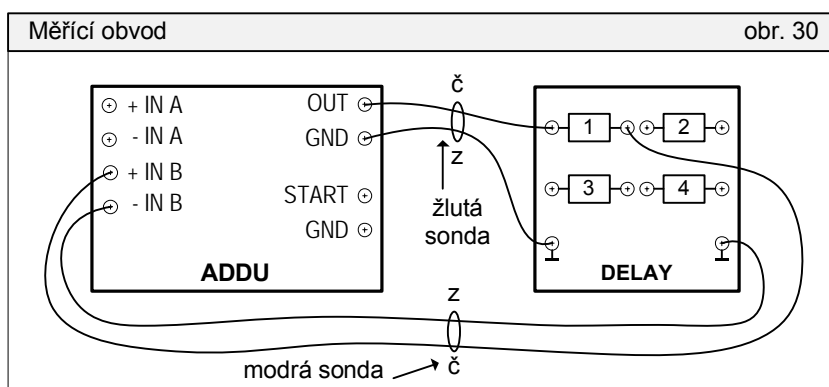
f) Zpožďovací člen T1

1. Schema zapojení

Zapojte na modulu DELAY ELEMENTS zpožďovací člen T1 podle obr.29.



Zapojte měřící obvod podle obr.30.



2. Postup měření

- Pro vstupní skokovou funkci (5,0V) v panelu **Output** otevřete soubor *skok2.aio* pomocí tlačítka **Open**.
- Zobrazte současně v módu **Memory** přechodové charakteristiky pro různá nastavení členu T1.

B1 $C_1 = 10n, R_1 = 1M$

B2 $C_1 = 33n, R_1 = 1M$

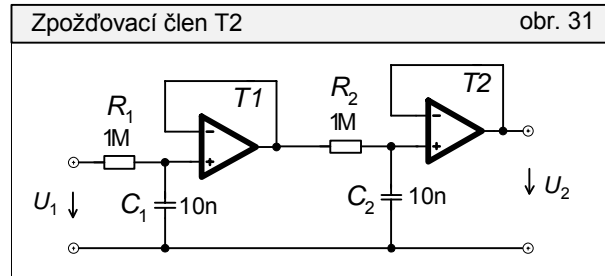
B3 $C_1 = 100n, R_1 = 1M$

- Naměřené přechodové charakteristiky - viz graf 6.

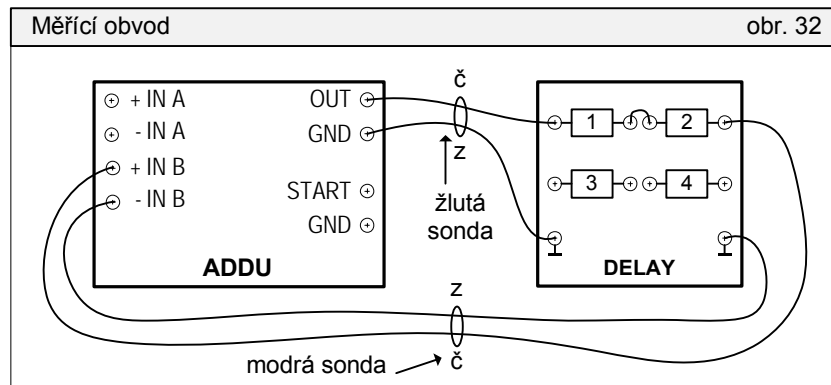
g) Zpožďovací člen T2

1. Schema zapojení

Zapojte na modulu DELAY ELEMENTS zpožďovací člen T2 podle obr.31.



Zapojte měřící obvod podle obr.32.



2. Postup měření

- Pro toto měření užíjte stejné nastavení programu rc2000 jako při měření zpožďovacího členu T1.
- Smažte naměřená data z předchozích měření tlačítkem **Clr** v panelu **Memory**.
- Zobrazte současně v módu **Memory** přechodové charakteristiky pro různá nastavení členu T2.

B1 $C_1 = C_2 = 10n, R_1 = R_2 = 1M$

B2 $C_1 = C_2 = 33n, R_1 = R_2 = 1M$

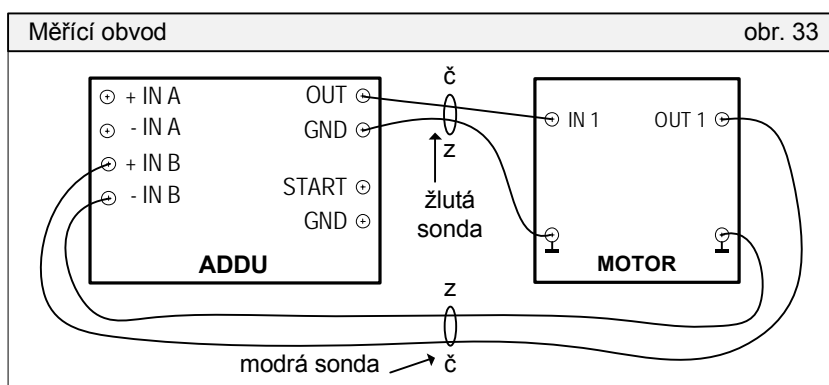
- Naměřené přechodové charakteristiky - viz graf 7.

h) Identifikace soustavy Motor - Generátor

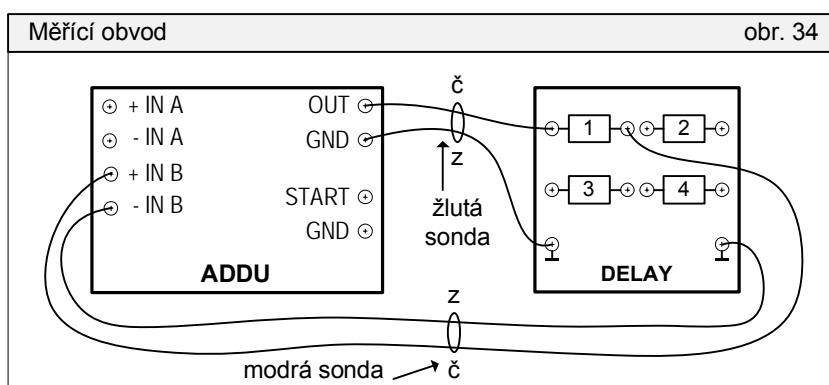
Identifikaci regulační soustavy provádíme srovnáváním soustavy se zpožďovacím členem. Cílem je najít co nejlepší shodu v přechodových charakteristikách. Potom lze předpokládat, že obě soustavy se budou chovat obdobně i v regulačním obvodu.

1. Schema zapojení

Měření přechodové charakteristiky motor-generátoru - obr.33.



Měření přechodové charakteristiky zpožďovacího členu T1 - obr.34.



2. Postup měření

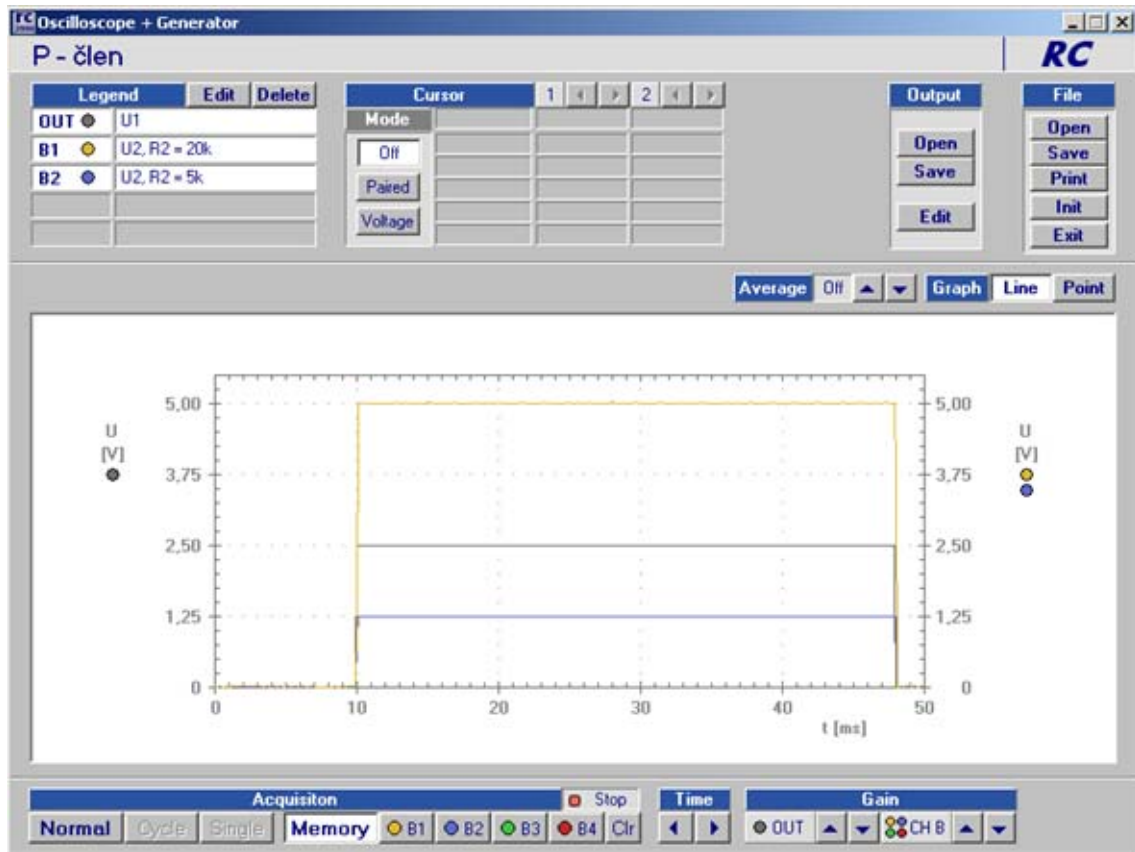
- Pro tato měření použijte stejné nastavení programu rc2000 jako při měření zpožďovacího členu T1.
- Smažte naměřená data z předchozích měření tlačítkem **Clr** v panelu **Memory**.
- Zobrazte současně v módu **Memory** přechodové charakteristiky soustavy Motor-Generátor a zpožďovacího členu T1 ($R_1 = 1M$, $C_1 = C$ DEC), .
- Několikrát proměřte podle obr.33 charakteristiku soustavy Motor-Generátor a měňte zesílení výstupu tachodynamu tak, aby došlo v ustáleném stavu k překrytí vstupní funkce výstupní funkcí.

B1 změřte ustálenou přechodovou charakteristiku soustavy Motor-Generátor

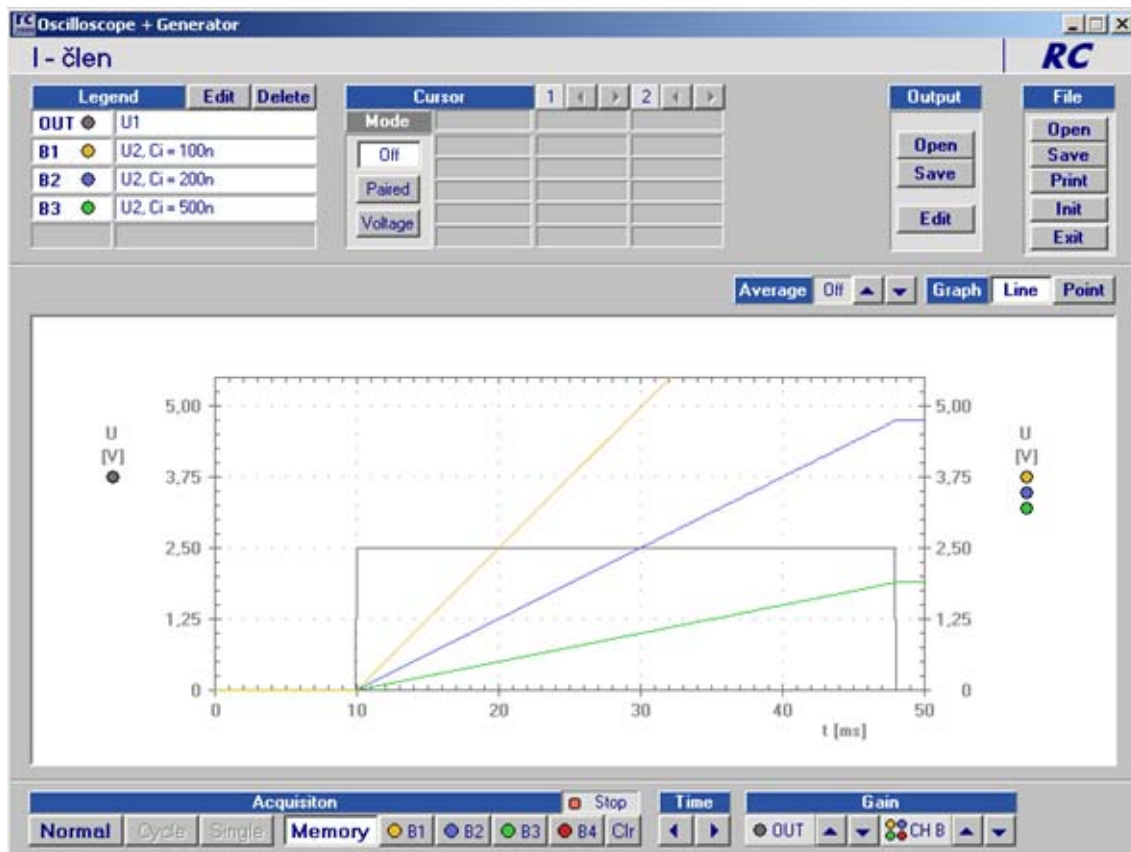
- Přepojte obvod podle obr.34 a změnou kapacity C_1 v okolí 40nF nalezněte optimální překrytí s charakteristikou soustavy Motor-Generátor.

B2 zobrazte přechodovou charakteristiku členu T1

- Naměřené přechodové charakteristiky - viz graf 8.
- Ukončete program **Oscilloscope+Gen** tlačítkem **Exit**.

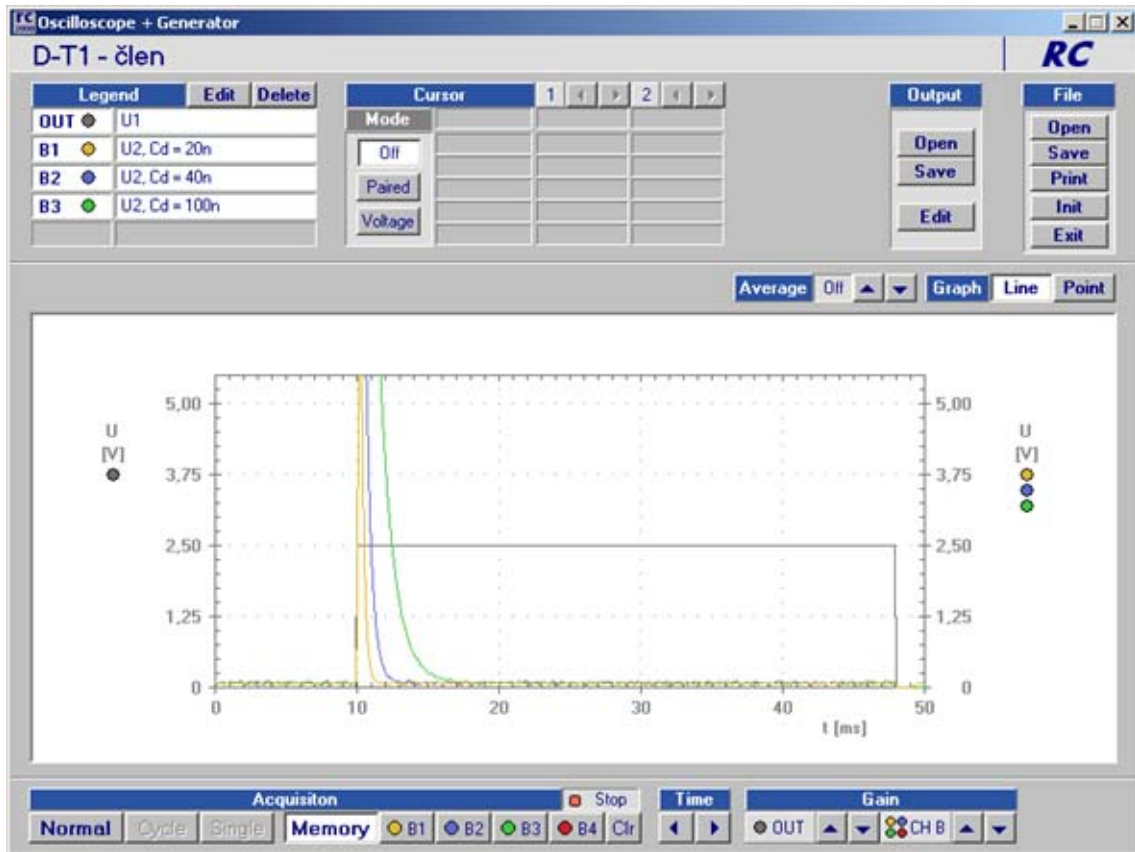


graf 1

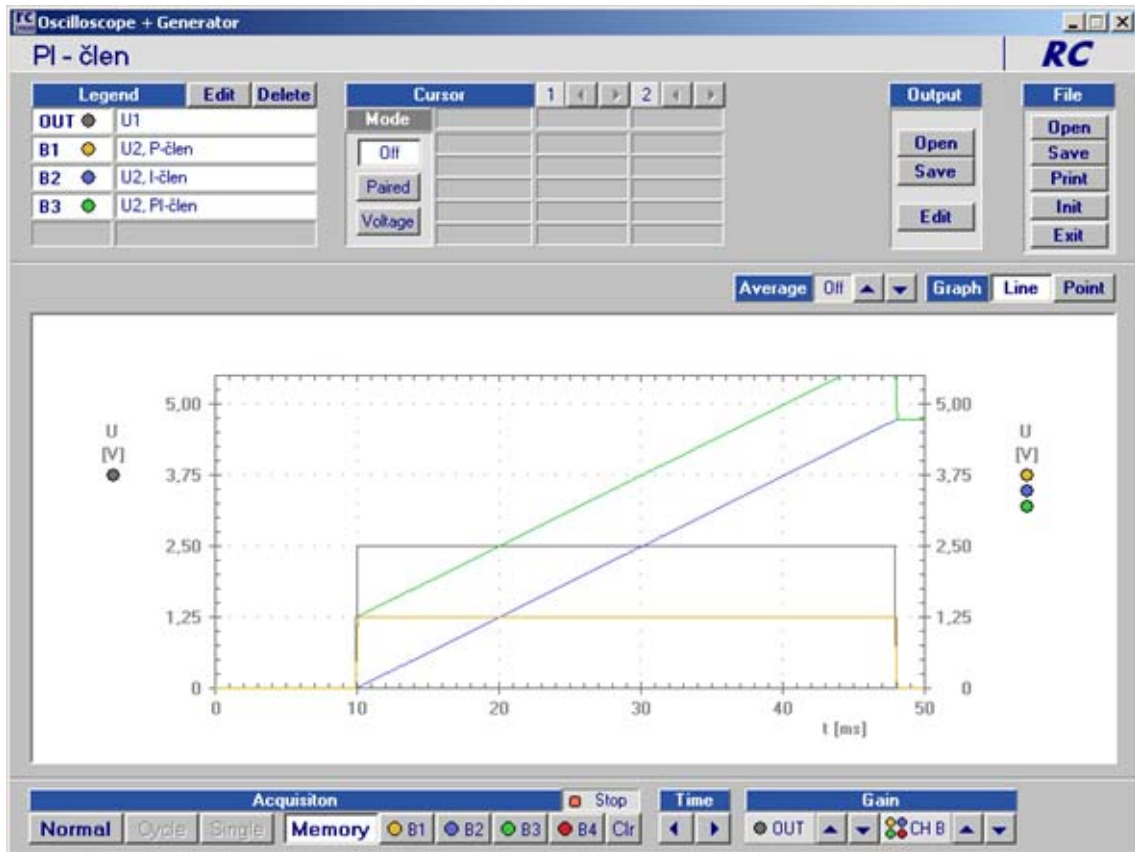


graf 2

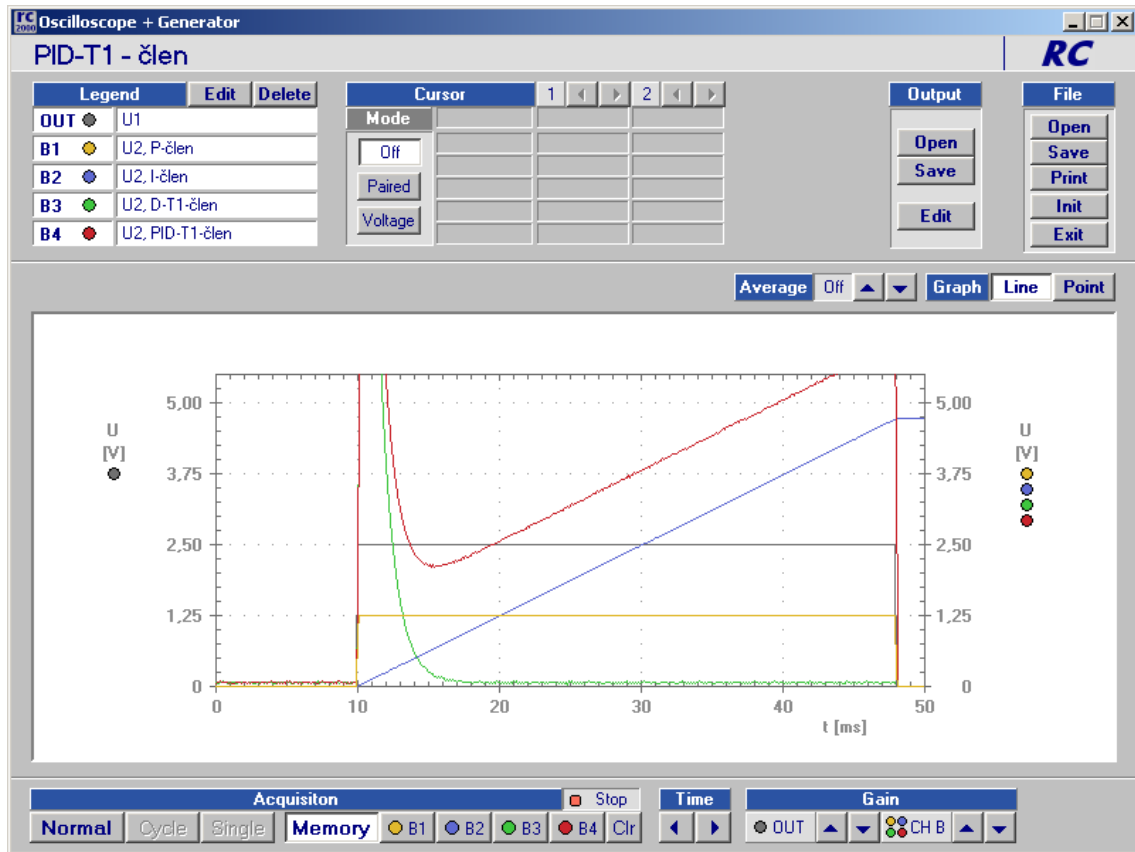
Časová analýza přenosových členů



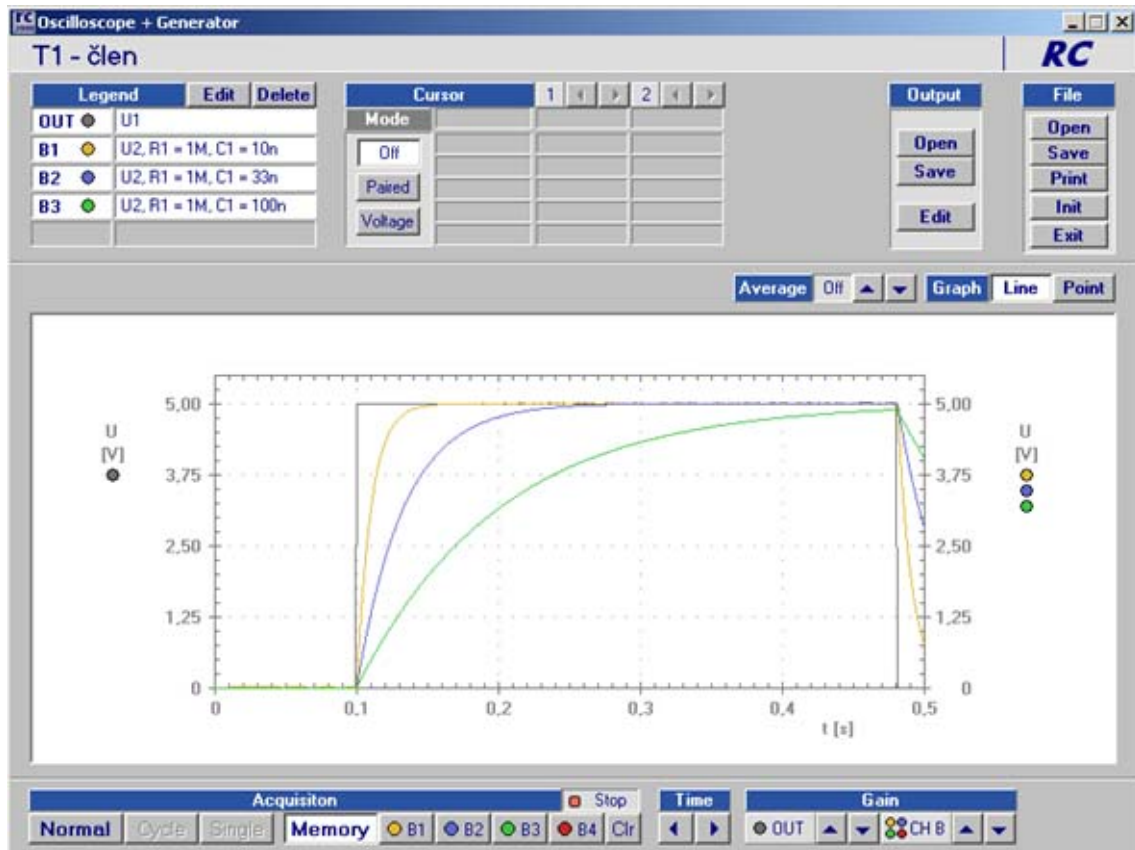
graf 3



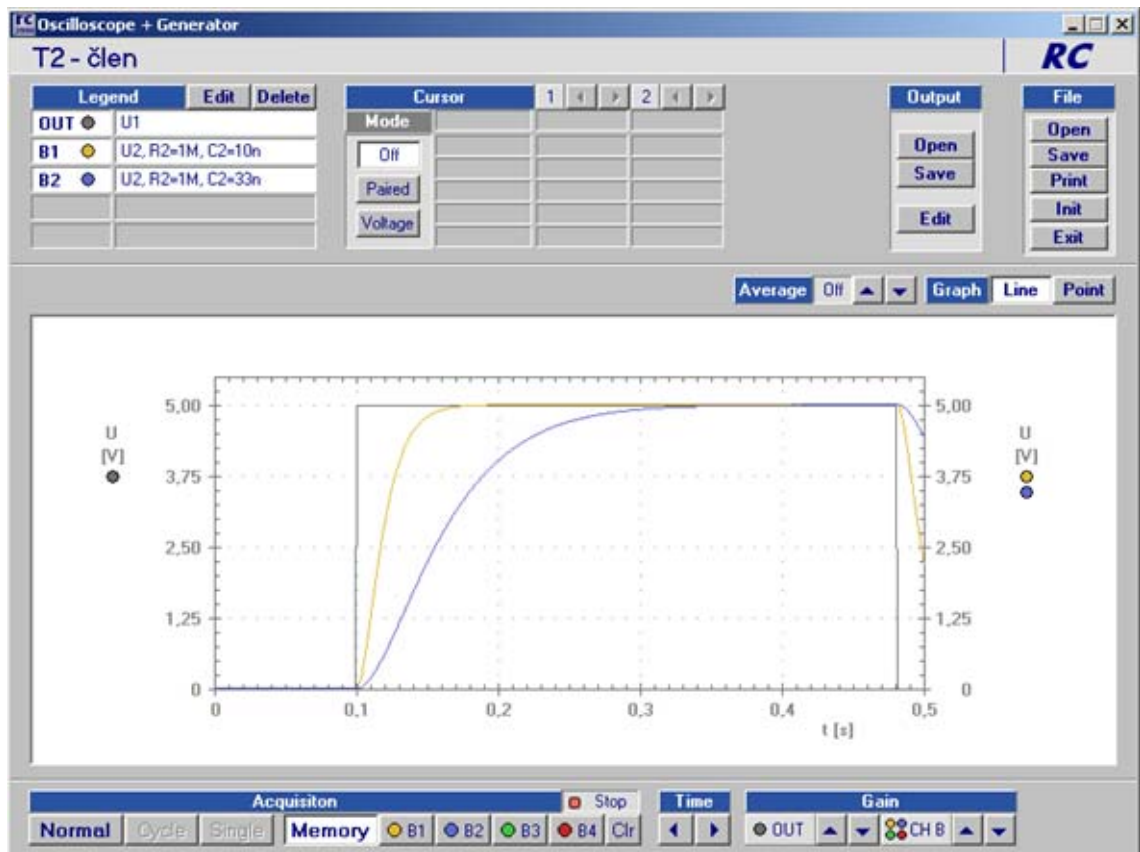
graf 4



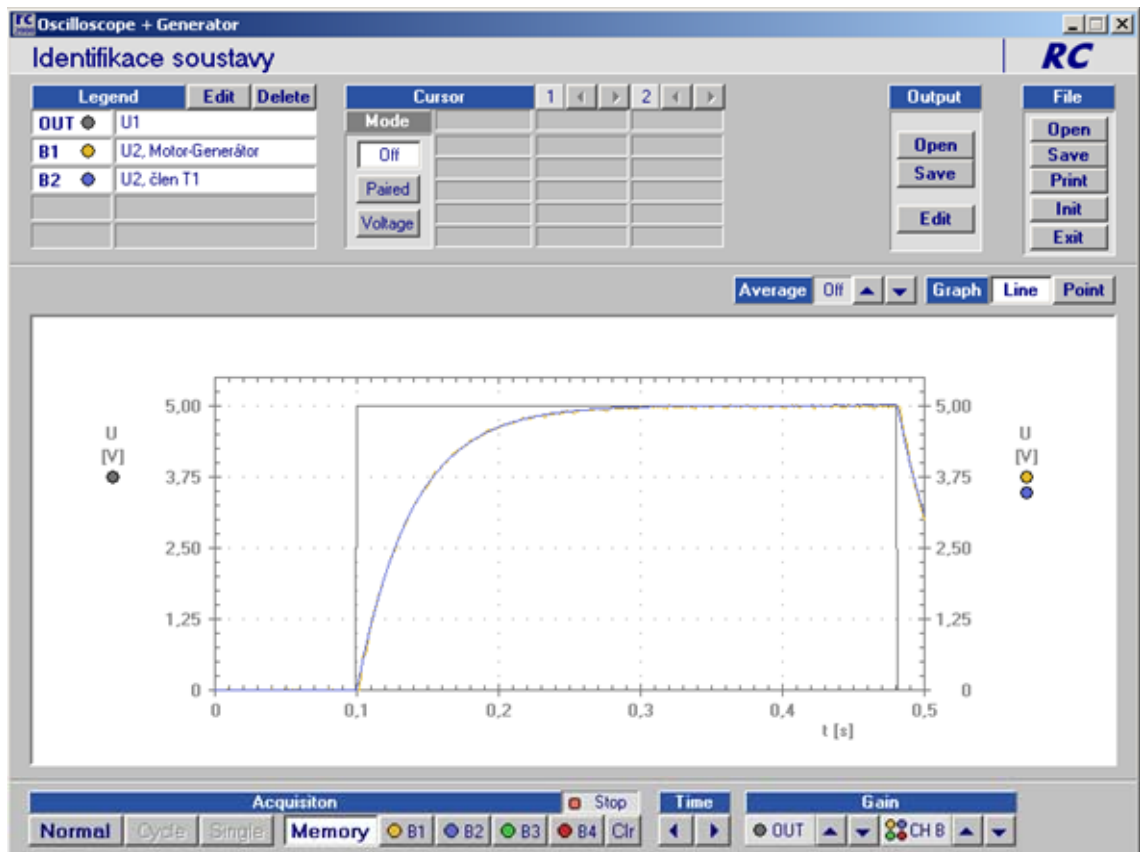
graf 5



graf 6



graf 7



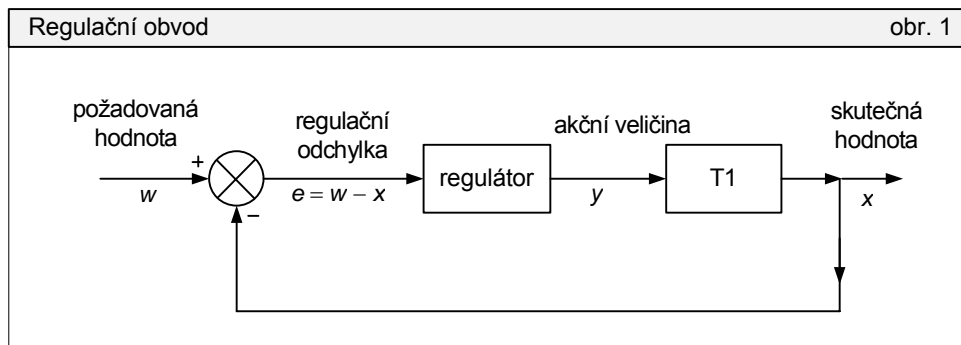
graf 8

Soustava T1 s P, I a PI regulátorem**Úloha**

Ověřte použití regulátorů P, I a PI při regulaci soustavy T1 (zpožďovací člen).

Teorie

Regulační obvod se soustavou T1 a regulátorem je zobrazen na obr. 1.



Užijeme-li k regulaci členu T1 regulátor P, existuje vždy problém trvalé regulační odchylky. Zvýšením zesílení regulátoru P se sice zmenšuje trvalá regulační odchylka, ale soustava se stává nestabilní.

Trvalou regulační odchylku lze odstranit užitím regulátoru I. Samotný regulátor I je však velmi pomalý.

Spojení obou typů regulátorů (regulátor PI) dává optimální řešení. D typ regulátoru nepřináší při regulaci členu T1 žádné zlepšení.

Měření

a) P regulátor

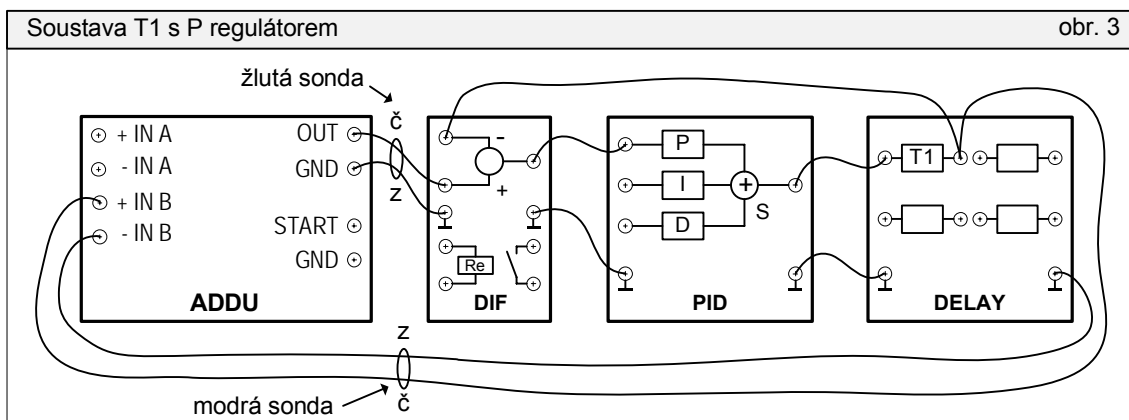
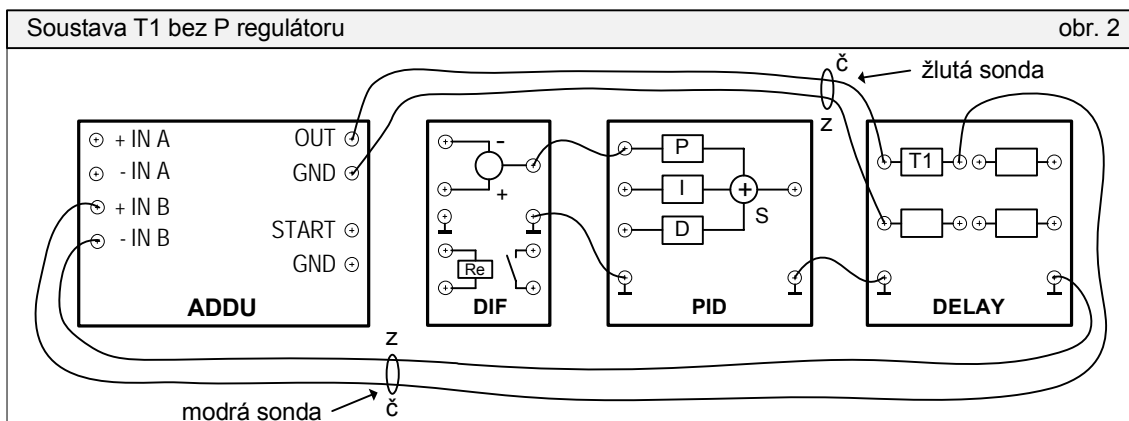
Zapojte na modulech DIF, PID, DELAY, R DEC a C DEC soustavu T1 a P regulátor. Pro soustavu T1 bez P regulátoru použijte měřící obvod podle obr.2, pro soustavu T1 s P regulátorem použijte měřící obvod podle obr.3.

Parametry: P regulátor $R_1 = 10k, R_2 = 20k$ (R DEC)

soustava T1 $R_1 = 1M, C_1 \sim 40n$ (C DEC)

Velikost kondenzátoru C_1 volte podle výsledku identifikace soustavy Motor-Generátor.

1. Schema zapojení



2. Postup měření

- Spusťte program rc2000 - **Oscilloscope+Gen**.
- Pro vstupní skokovou funkci (3,75V) v panelu **Output** otevřete soubor *skok3.aio* pomocí tlačítka **Open**.
- Zobrazte současně v módu **Memory** přechodové charakteristiky soustavy T1 bez P regulátoru a s P regulátorem (pro různá nastavení).

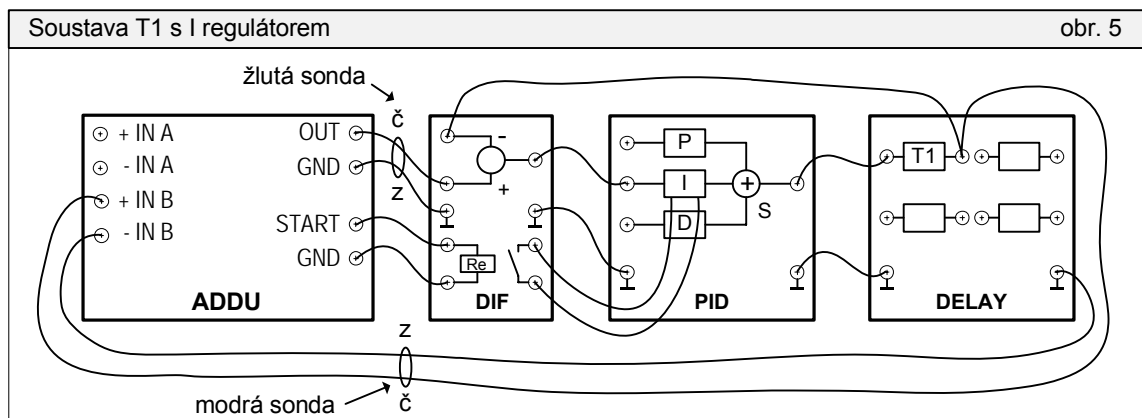
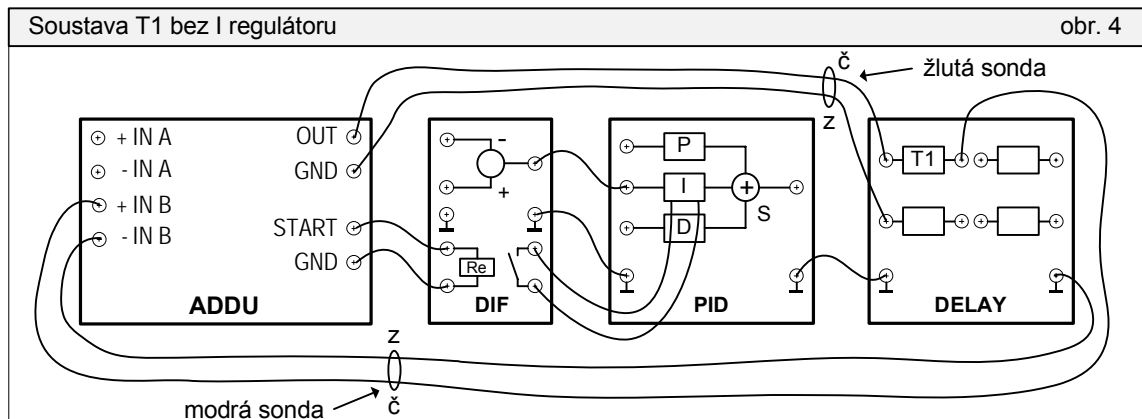
- | | |
|----|---|
| B1 | T1 bez P regulátoru (obr. 2) |
| B2 | T1 s P regulátorem (obr. 3), P regulátor: $R_1 = 10k, R_2 = 20k$ |
| B3 | T1 s P regulátorem (obr. 3), P regulátor: $R_1 = 10k, R_2 = 50k$ |
| B4 | T1 s P regulátorem (obr. 3), P regulátor: $R_1 = 10k, R_2 = 100k$ |

- Naměřené přechodové charakteristiky - viz graf 1.

b) I regulátor

Zapojte na modulech DIF, PID, DELAY, R DEC a C DEC soustavu T1 a I regulátor. Pro soustavu T1 bez I regulátoru použijte měřící obvod podle obr.4, pro soustavu s I regulátorem použijte měřící obvod podle obr.5.

Parametry: I regulátor $C_1 = 100n, R_1 = 20k$ (R DEC)
 soustava T1 $R_1 = 1M, C_1 \sim 40n$ - popsáno v bodě a) P regulátor

1. Schema zapojení**2. Postup měření**

- Pro toto měření použijeme stejné nastavení programu rc2000 jako při měření P regulátoru.
- Smažte naměřená data z předchozích měření tlačítkem **Clr**.
- Zobrazte současně v módu **Memory** přechodové charakteristiky soustavy T1 bez I regulátoru a s I regulátorem (pro různá nastavení).

- | | |
|----|--|
| B1 | T1 bez I regulátoru (obr. 4) |
| B2 | T1 s I regulátorem (obr. 5), I regulátor: $C_1 = 100n, R_1 = 20k$ |
| B3 | T1 s I regulátorem (obr. 5), I regulátor: $C_1 = 100n, R_1 = 90k$ |
| B4 | T1 s I regulátorem (obr. 5), I regulátor: $C_1 = 100n, R_1 = 190k$ |

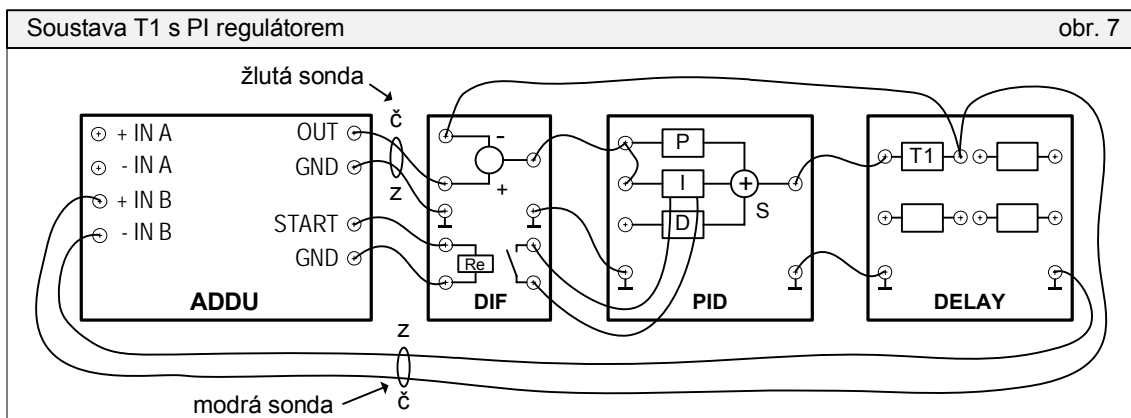
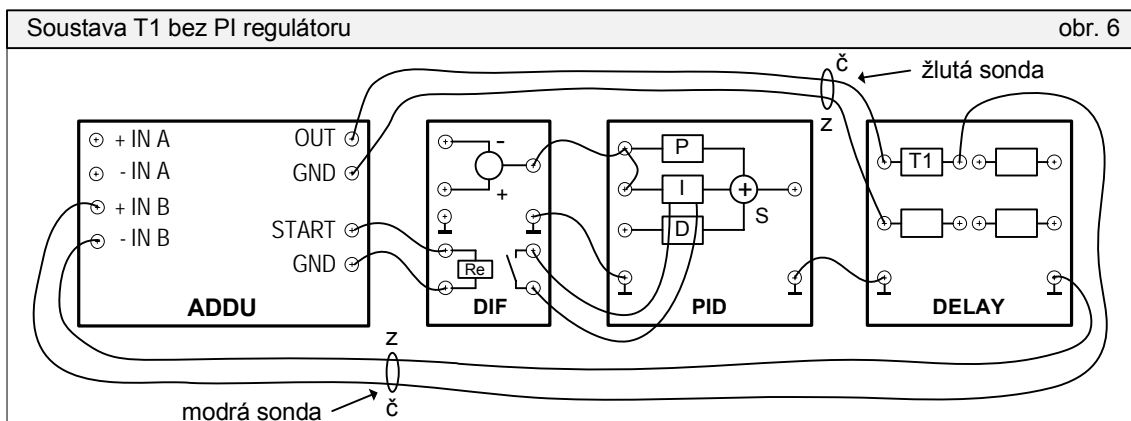
- Naměřené přechodové charakteristiky - viz graf 2.

c) PI regulátor

Zapojte na modulech DIF, PID, DELAY, R DEC a C DEC soustavu T1 a PI regulátor. Pro soustavu T1 bez PI regulátoru použijte měřící obvod podle obr.6, pro soustavu s PI regulátorem použijte měřící obvod podle obr.7.

Parametry: P regulátor $R_1 = 10k, R_2 = 50k$
 I regulátor $C_1 = 100n, R_1 = 90k$ (R DEC)
 soustava T1 $R_1 = 1M, C_1 \sim 40n$ - popsáno v bodě a) P regulátor

1. Schema zapojení



2. Postup měření

- Pro toto měření použijeme stejné nastavení programu rc2000 jako při měření P regulátoru.
- Smažte naměřená data z předchozích měření tlačítkem **Clr**.
- Zobrazte současně v módu **Memory** přechodové charakteristiky soustavy T1 bez PI regulátoru a s PI regulátorem (pro různá nastavení).

B1 T1 bez PI regulátoru (schema obr. 6)

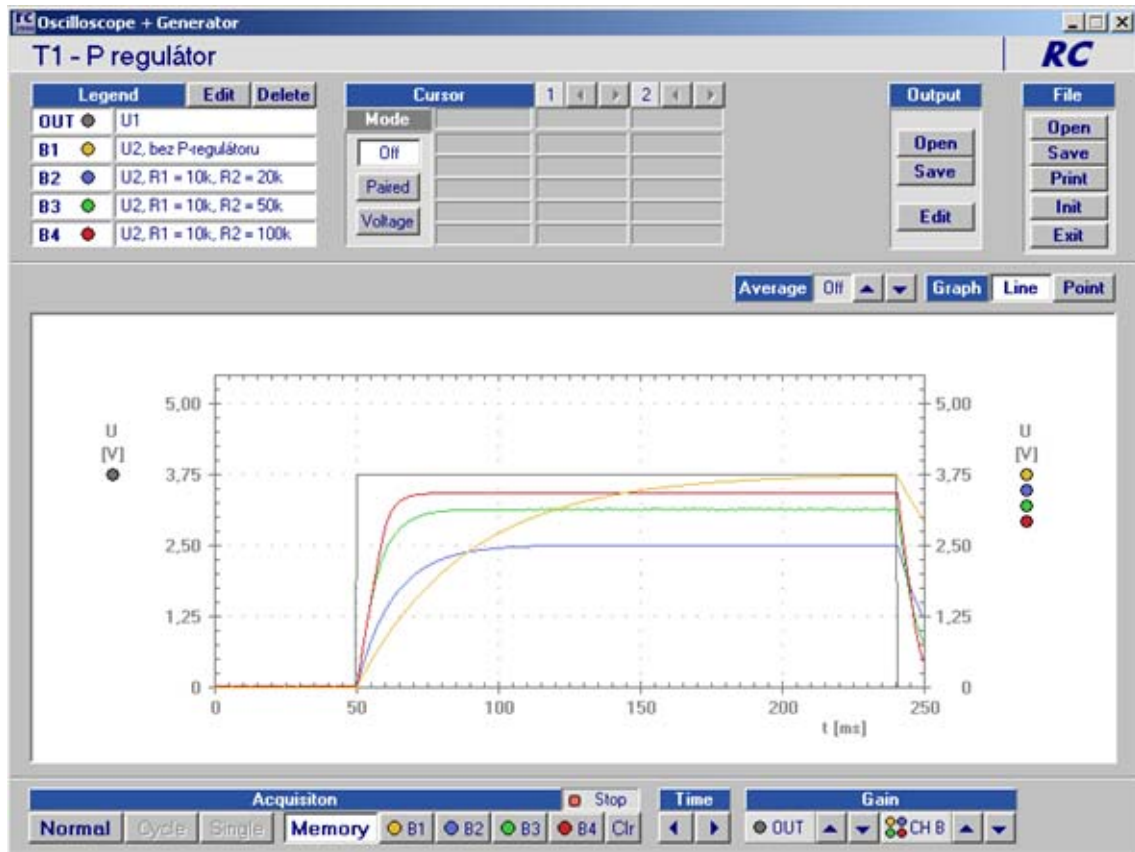
B2 T1 s PI regulátorem (schema obr. 7), aperiodická regulace

P regulátor: $R_1 = 10k, R_2 = 50k$, I regulátor: $C_1 = 100n, R_1 = 90k$

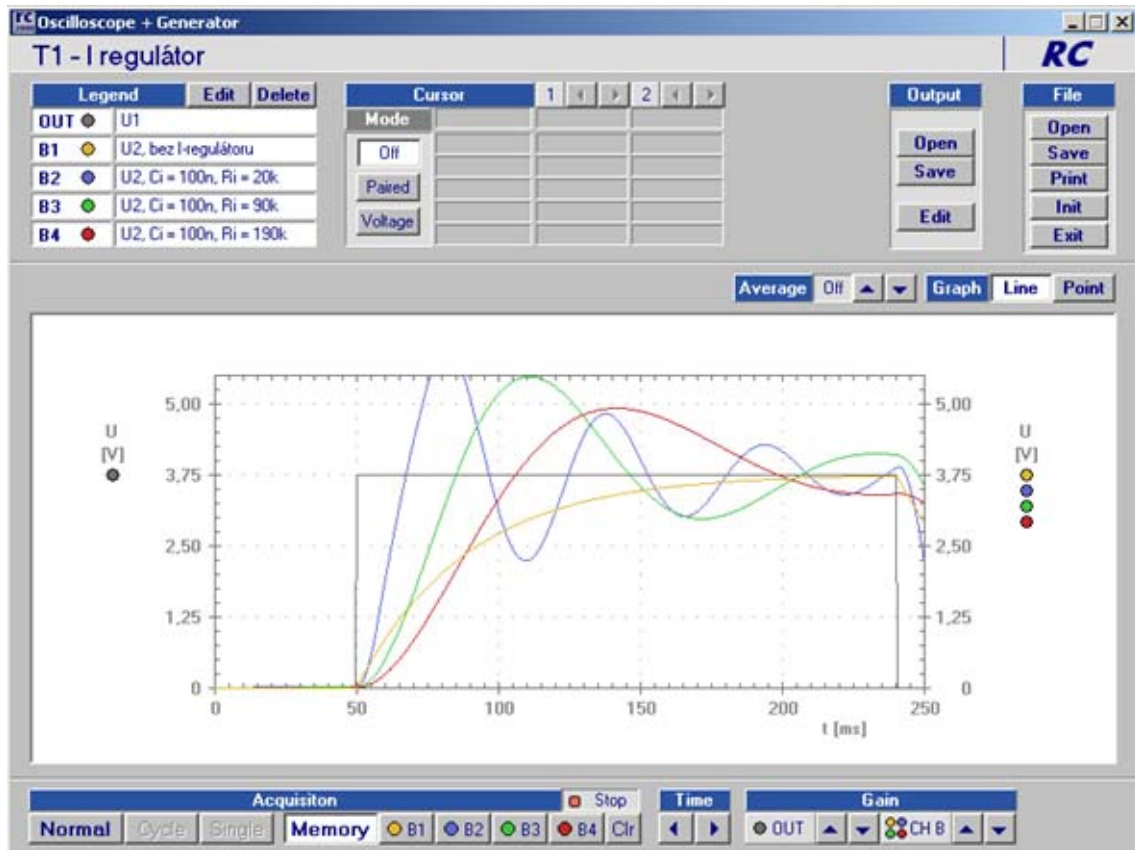
B3 T1 s PI regulátorem (obr. 7), regulace s překmitem

P regulátor: $R_1 = 10k, R_2 = 50k$, I regulátor: $C_1 = 100n, R_1 = 20k$

- Naměřené přechodové charakteristiky - viz graf 3.
- Ukončete program **Oscilloscope+Gen** tlačítkem **Exit**.



graf 1



graf 2



graf 3

Soustava Motor-Generátor s P, I a PI regulátorem

Úloha

Ověřte si základní poznatky při regulaci otáček malého stejnosměrného motorku na změnu žádané veličiny (počtu otáček) a na změnu velikosti rušení soustavy (zátěž).

Teorie

Soustava Motor-Generátor je charakterizována dominantní časovou konstantou τ jako soustava 1. řádu. Další parametry soustavy jsou popsány na straně 33.

Motor M1 je buzen zkratuvzdorným budičem AMP1 (vstup IN1, výstup budiče AMP1 je nutno spojit s napájením motoru M1).

Motor M2 je buzený obdobným budičem AMP2 (vstup IN2) a lze jej také využít jako generátor s možností volby zátěže.

Oba motory jsou vybaveny převodníky I/U (výstup OUT5 a OUT6), které umožňují měřit procházející proudy v jednotlivých motorech.

Informace o počtu otáček lze získat na následujících výstupech:

- a) digitální informace - výstup OUT4 (A, B a Dir) - optický inkrementální snímač.
- b) analogová informace - výstup OUT3 - digitální informace z inkrementálních snímačů je převedena převodníkem frekvence/napětí na analogovou hodnotu.
- c) analogová informace - výstup zesilovače AMP3 - výstupní napětí tachodynamy bez úprav
- d) analogová informace - výstup OUT1 - možnost normalizace napětí tachodynamy (AMP4)
- e) analogová informace - výstup OUT2 - možnost přídavné analogové filtrace (FILTER)

Soustavu Motor-Generátor lze užít na obě základní úlohy regulace otáček motoru:

- a) regulace otáček na změnu požadované velikosti otáček.
- b) regulace otáček při rušení v soustavě - změna zátěže generátoru.

Poznámka

Pro většinu dále prováděných měření s výhodou využijeme možnost normalizace napětí tachodynamy zesilovačem AMP4. Proto výstup z tachodynamy spojíme se vstupem zesilovače AMP4 a výstup zesilovače AMP4 budeme dále považovat za výstup ze soustavy Motor-Generátor. Šipkami Gain nastavíme patřičné zesílení tak, aby v ustáleném stavu došlo k překrytí požadovaného napětí napětím z výstupu zesilovače AMP4. AMP5 slouží jako oddělovací zesilovač.

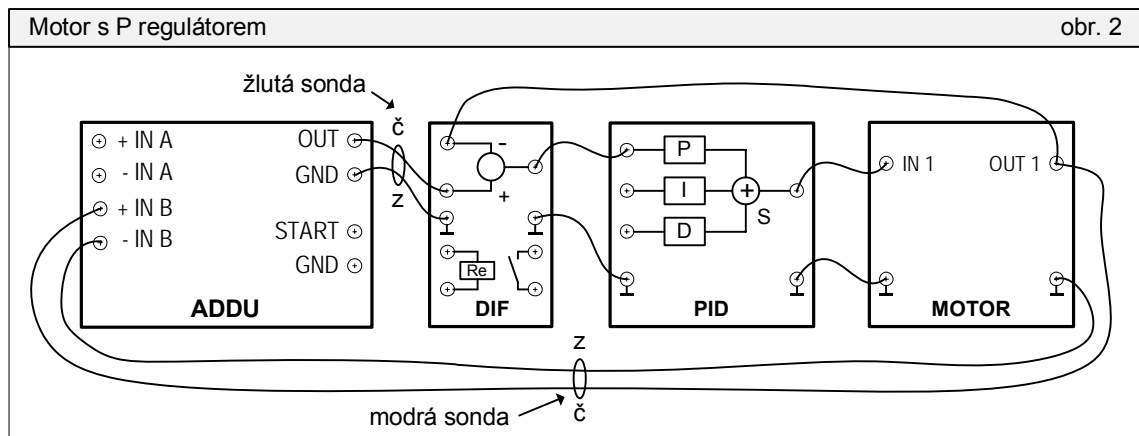
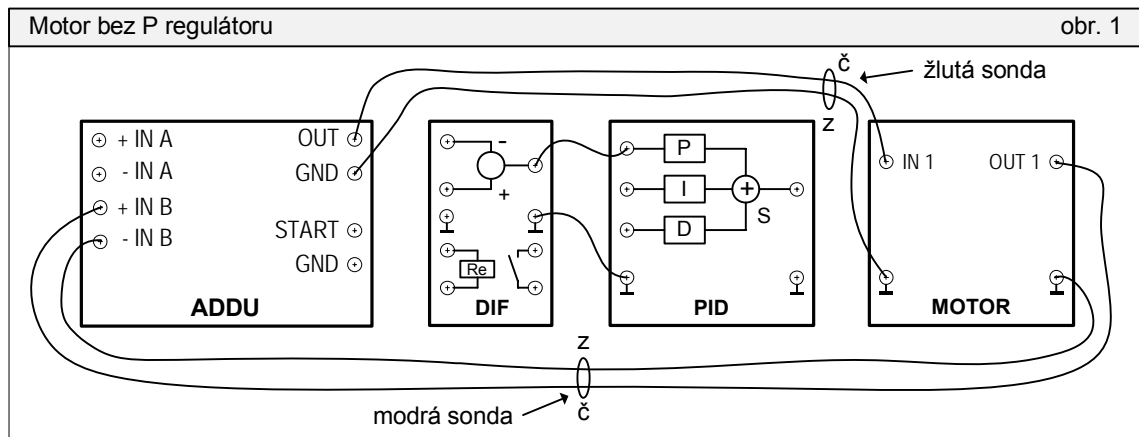
Měření

a) P regulátor

Zapojte na modulech DIF, PID, R DEC a MOTOR soustavu Motor-Generátor a P regulátor. Pro měření soustavy Motor-Generátor bez P regulátoru použijte měřící obvod podle obr.1, pro měření soustavy Motor-Generátor s P regulátorem použijte měřící obvod podle obr.2.

Parametry: P regulátor $R_1 = 10k$, $R_2 = 20k$ (R DEC)

1. Schema zapojení



2. Postup měření

- Spusťte program rc2000 - **Oscilloscope+Gen**.
- Pro vstupní skokovou funkci (3,75V) v panelu **Output** otevřete soubor *skok3.aio* pomocí tlačítka **Open**.
- Zobrazte současně v módu **Memory** přechodové charakteristiky soustavy Motor-Generátor bez P regulátoru a s P regulátorem (pro různá nastavení).

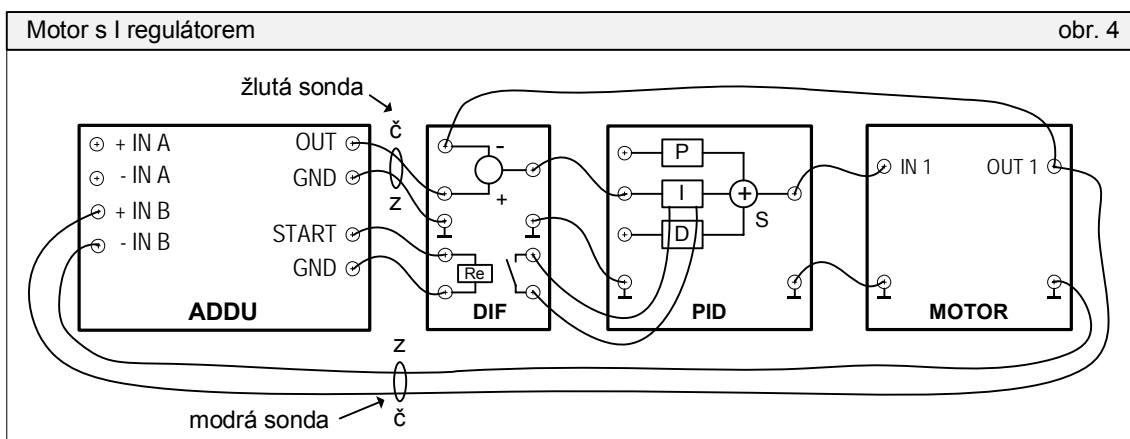
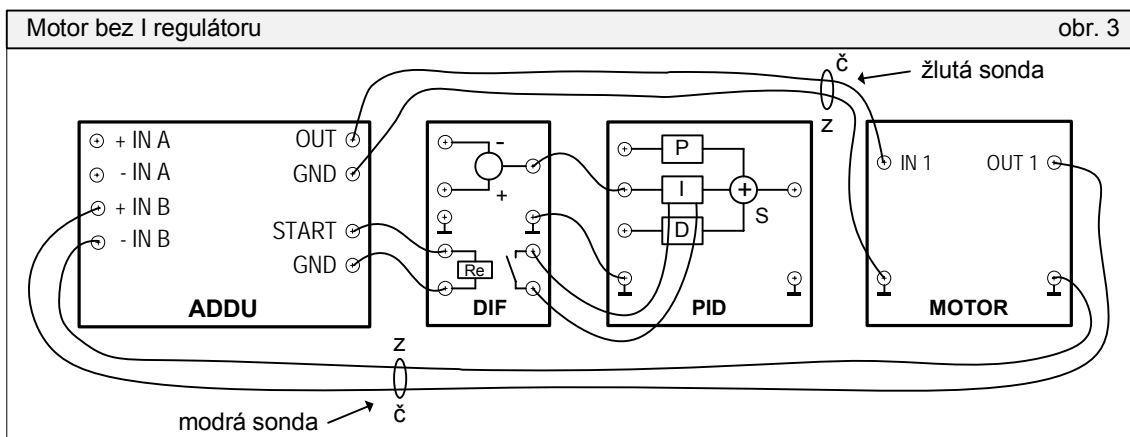
- | | | |
|----|---|---|
| B1 | Motor-Generátor bez P regulátoru (obr. 2) | |
| B2 | Motor-Generátor s P regulátorem (obr. 3), | P regulátor: $R_1 = 10k$, $R_2 = 20k$ |
| B3 | Motor-Generátor s P regulátorem (obr. 3), | P regulátor: $R_1 = 10k$, $R_2 = 50k$ |
| B4 | Motor-Generátor s P regulátorem (obr. 3), | P regulátor: $R_1 = 10k$, $R_2 = 100k$ |

- Naměřené přechodové charakteristiky - viz graf 1.

b) I regulátor

Zapojte na modulech DIF, PID, R DEC a MOTOR soustavu Motor-Generátor a I regulátor. Pro soustavu Motor-Generátor bez I regulátoru použijte měřící obvod podle obr.3, pro soustavu Motor-Generátor s I regulátorem použijte měřící obvod podle obr.4.

Parametry: I regulátor $C_1 = 100n$, $R_1 = 20k$ (R DEC)

1. Schema zapojení**2. Postup měření**

- Pro toto měření použijeme stejné nastavení programu rc2000 jako při měření P regulátoru.
- Smažte naměřená data z předchozích měření tlačítkem **Clr**.
- Zobrazte současně v módu **Memory** přechodové charakteristiky soustavy Motor-Generátor bez I regulátoru a s I regulátorem (pro různá nastavení).

B1	Motor-Generátor bez I regulátoru (obr. 4)	
B2	Motor-Generátor s I regulátorem (obr. 5),	I regulátor: $C_1 = 100n$, $R_1 = 20k$
B3	Motor-Generátor s I regulátorem (obr. 5),	I regulátor: $C_1 = 100n$, $R_1 = 90k$
B4	Motor-Generátor s I regulátorem (obr. 5),	I regulátor: $C_1 = 100n$, $R_1 = 190k$

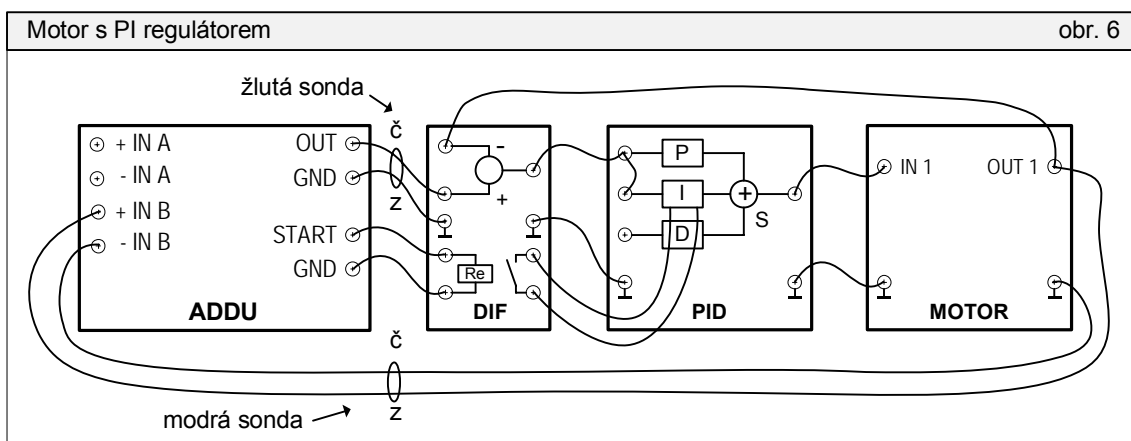
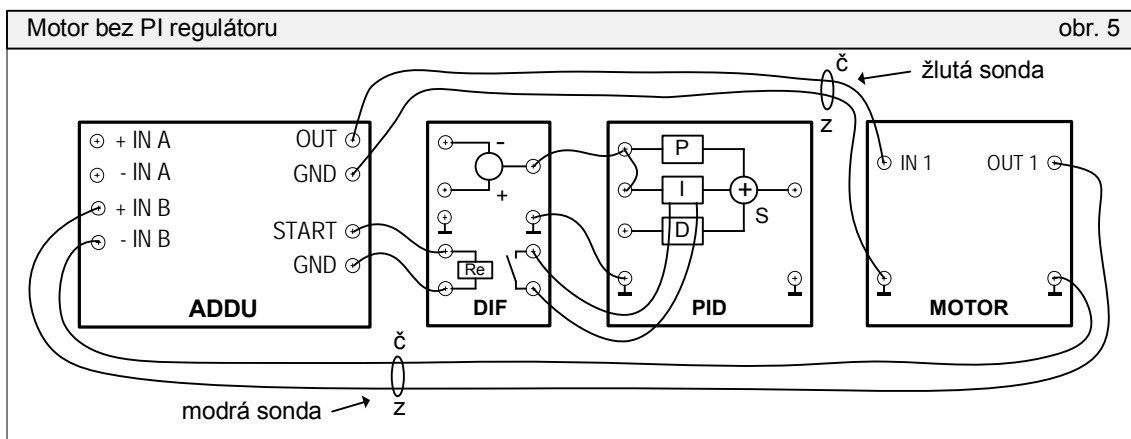
- Naměřené přechodové charakteristiky - viz graf 2.

c) PI regulátor

Zapojte na modulech DIF, PID, R DEC a MOTOR soustavu Motor-Generátor a PI regulátor. Pro soustavu Motor-Generátor bez PI regulátoru použijte měřící obvod podle obr.6, pro soustavu Motor-Generátor s PI regulátorem použijte měřící obvod podle obr.7.

Parametry: P regulátor $R_1 = 10k, R_2 = 50k$
 I regulátor $C_1 = 100n, R_1 = 90k$ (R DEC)

1. Schema zapojení



2. Postup měření

- Pro toto měření použijeme stejné nastavení programu rc2000 jako při měření P regulátoru.
- Smažte naměřená data z předchozích měření tlačítkem **Clr**.
- Zobrazte současně v módu **Memory** přechodové charakteristiky soustavy Motor-Generátor bez PI regulátoru a s PI regulátorem (pro různá nastavení).

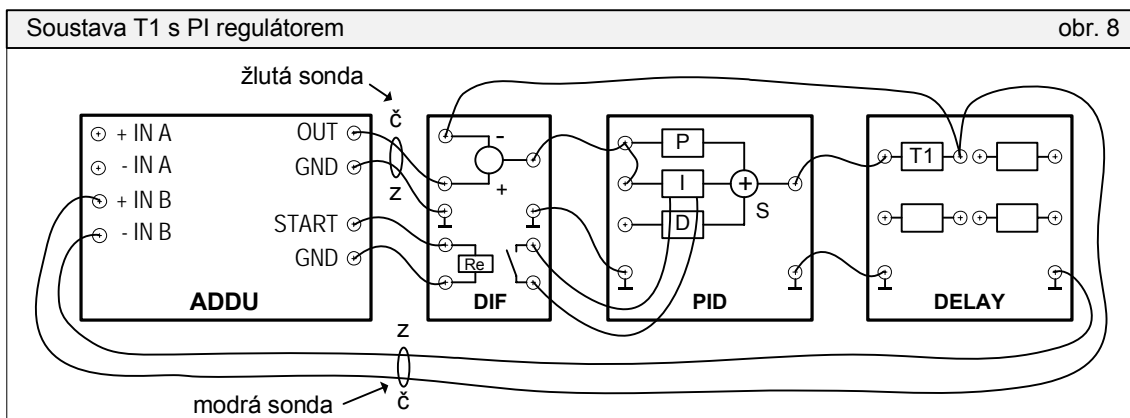
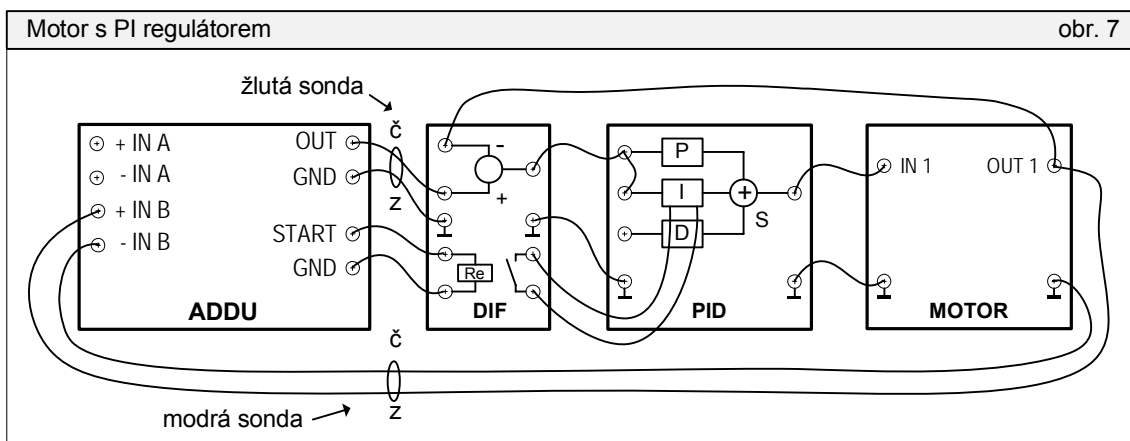
- B1 Motor-Generátor bez PI regulátoru (obr. 6)
- B2 Motor-Generátor s PI regulátorem (obr. 7), aperiodická regulace
 P regulátor: $R_1 = 10k, R_2 = 50k$, I regulátor: $C_1 = 100n, R_1 = 90k$
- B3 Motor-Generátor s PI regulátorem (obr. 7), regulace s překmitem
 P regulátor: $R_1 = 10k, R_2 = 50k$, I regulátor: $C_1 = 100n, R_1 = 20k$

- Naměřené přechodové charakteristiky - viz graf 3.

d) Porovnání regulace soustavy Motor-Generátor a modelové soustavy členu T1

Pokud dobře identifikujeme soustavu Motor-Generátor, musí být regulace modelové soustavy a regulace identifikované soustavy obdobná.

Zapojte na modulech DIF, PID, DELAY, R DEC, C DEC a MOTOR soustavu Motor-Generátor, modelovou soustavu T1 a PI regulátor. Pro soustavu Motor-Generátor s PI regulátorem použijte měřící obvod podle obr.7, pro modelovou soustavu s PI regulátorem použijte měřící obvod podle obr.8.

1. Schema zapojení**2. Postup měření**

- Pro toto měření použijeme stejné nastavení programu rc2000 jako při předchozím měření.
- Smažte naměřená data z předchozích měření tlačítkem **Clr**.
- Zobrazte současně v módu **Memory** přechodové charakteristiky pro soustavu Motor-Generátor a modelovou soustavu T1 s regulátorem PI.

B1 Motor-Generátor s PI regulátorem (obr. 7)

P regulátor: $R_1 = 10k$, $R_2 = 50k$, I regulátor: $C_1 = 100n$, $R_1 = 90k$

B2 modelová soustava T1 s PI regulátorem (obr. 8),

P regulátor: $R_1 = 10k$, $R_2 = 50k$, I regulátor: $C_1 = 100n$, $R_1 = 90k$

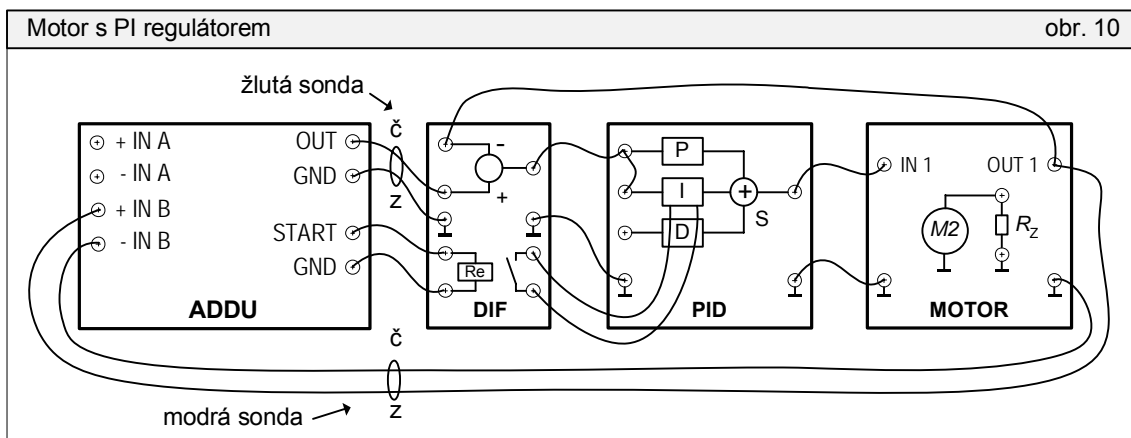
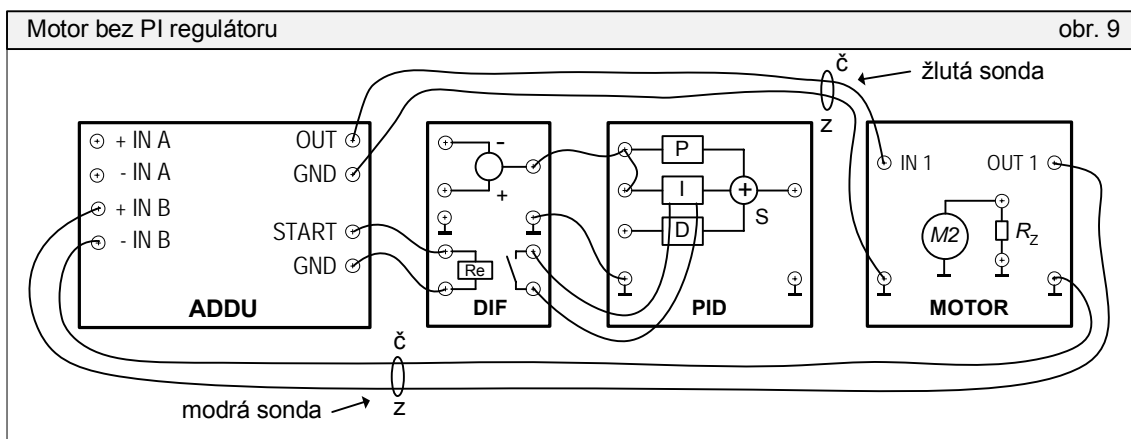
soustava T1: $R_1 = 1M$, $C_1 \sim 40n$ (C DEC) podle výsledku identifikace

- Naměřené přechodové charakteristiky - viz graf 4.

e) Zatížená soustava Motor-Generátor bez a s PI regulátorem - Měření 1

Otáčky motoru bez regulátoru (při konstantním budícím napětí) jsou závislé na zatížení motoru. Úkolem regulátoru je udržet otáčky motoru konstantní při změnách zatížení. Pro soustavu Motor-Generátor bez PI regulátoru použijte měřící obvod podle obr.9, pro soustavu Motor-Generátor s PI regulátorem použijte měřící obvod podle obr.10. Zátěž soustavy Motor-Generátor realizujte zatížením výstupu motoru M2 rezistorem $R=10$.

1. Schema zapojení



2. Postup měření

- Pro toto měření použijeme stejné nastavení programu rc2000 jako při předchozím měření.
- Smažte naměřená data z předchozích měření tlačítkem **Clr**.
- Zobrazte současně v módu **Memory** přechodové charakteristiky pro soustavu Motor-Generátor bez a s PI regulátorem s různými typy zátěží.

B1 Motor-Generátor bez PI regulátoru bez zátěže (obr. 9)

B2 Motor-Generátor bez PI regulátoru se zátěží $R_z=10$ (obr. 9)

B3 Motor-Generátor bez PI regulátorem bez zátěže (obr. 10)

P regulátor: $R_1 = 10k$, $R_2 = 50k$, I regulátor: $C_1 = 100n$, $R_1 = 90k$

B4 Motor-Generátor s PI regulátorem se zátěží $R_z=10$ (obr. 10)

P regulátor: $R_1 = 10k$, $R_2 = 50k$, I regulátor: $C_1 = 100n$, $R_1 = 90k$

- Naměřené přechodové charakteristiky - viz graf 5.

f) Zatížená soustava Motor-Generátor bez a s PI regulátorem - Měření 2

Pro soustavu Motor-Generátor bez PI regulátoru použijte měřicí obvod podle obr.9 (viz předchozí měření e)), pro soustavu Motor-Generátor s PI regulátorem použijte měřicí obvod podle obr.10 (viz předchozí měření e)).

Zátěž soustavy Motor-Generátor realizujte zatížením výstupu motoru M2 rezistorem $R=10$.

1. Schema zapojení

Stejně jako v předchozím bodě (obr.9, obr.10).

2. Postup měření

- Pro toto měření použijeme stejné nastavení programu rc2000 jako při předchozím měření.
- Smažte naměřená data z předchozích měření tlačítkem **Clr**.
- Nastavte v panelu **Time** 2 sec/dílek.
- Zobrazte současně v módu **Memory** přechodové charakteristiky pro soustavu Motor-Generátor bez a s PI regulátorem pro nahodilé zatěžování rezistorem $R=10$.
- Srovnajte odezvy soustavy Motor-Generátor bez PI regulátoru a s PI regulátorem.

B1 Motor-Generátor bez PI regulátoru - nahodilé zatěžování (obr. 9)

B2 Motor-Generátor s PI regulátorem - nahodilé zatěžování (obr. 9)

P regulátor: $R_1 = 10k$, $R_2 = 50k$, I regulátor: $C_1 = 100n$, $R_1 = 90k$

- Naměřené přechodové charakteristiky - viz graf 6.
- Ukončete program **Oscilloscope+Gen** tlačítkem **Exit**.



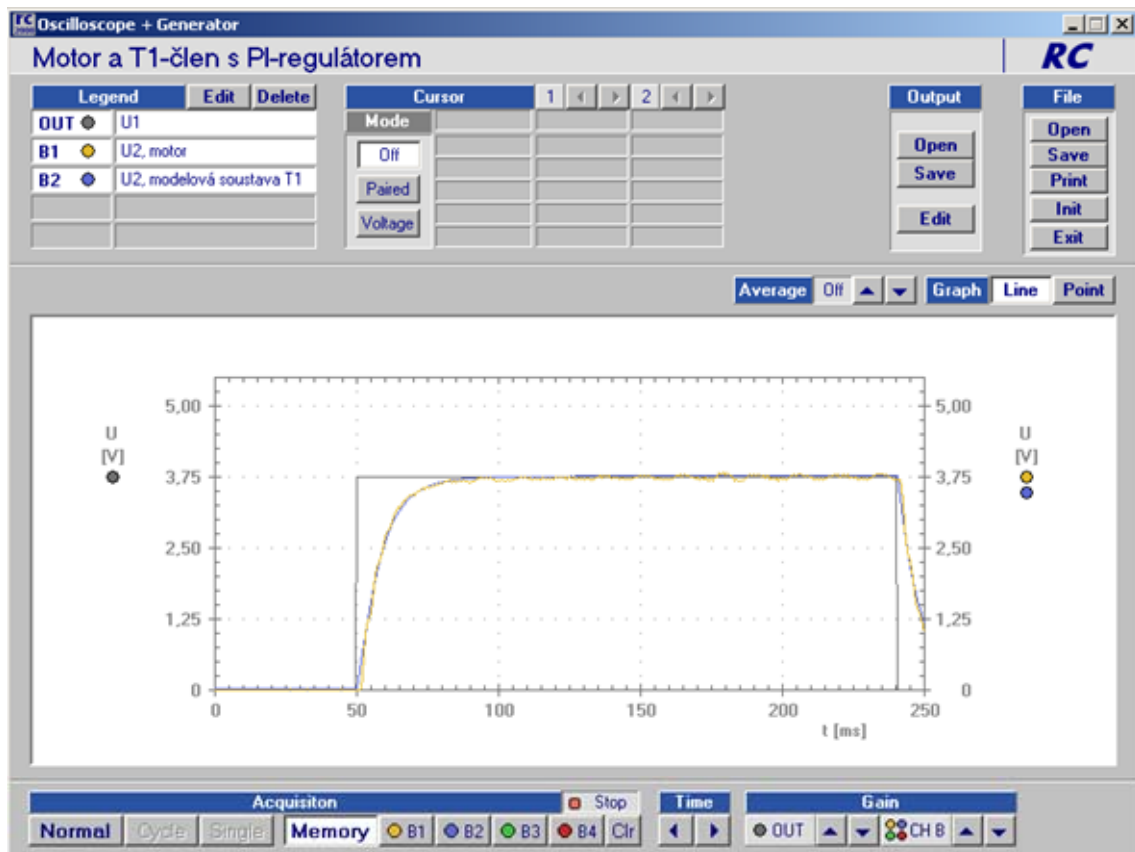
graf 1



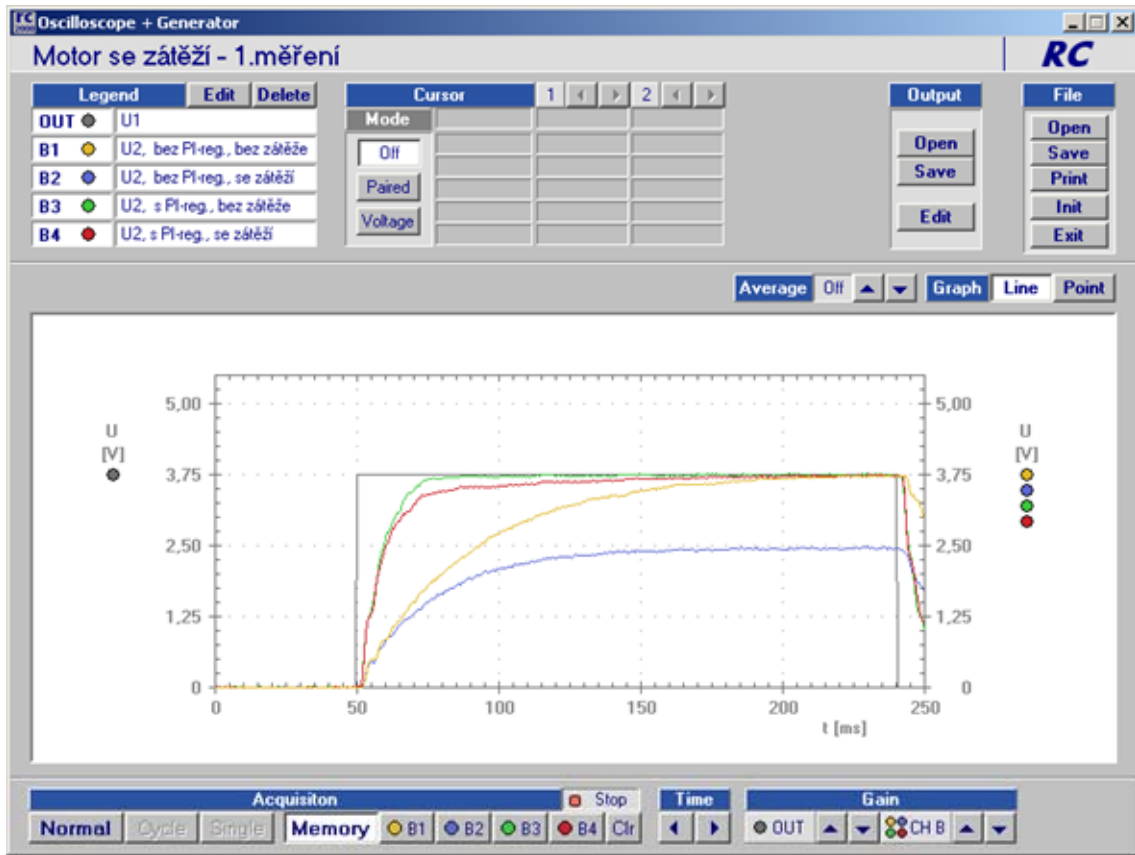
graf 2



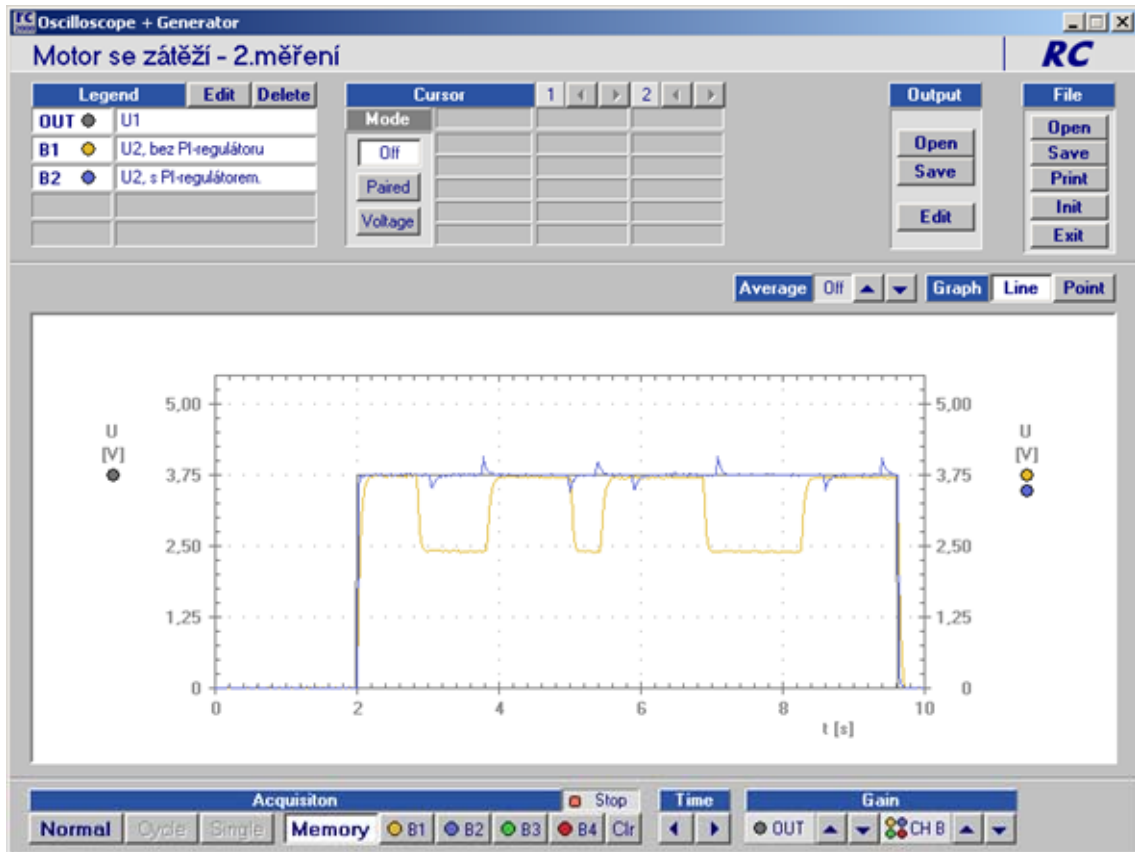
graf 3



graf 4



graf 5



graf 6

- Blok otáčky (FUNCTION) zobrazuje otáčky motorů ve dvou módech - ot/min nebo ot/sec, diody LED indikují směr otáčení
- Display v bloku FUNCTION zobrazuje také chybové stavy soustavy Motor-Generátor (přetížení motorů, vysoké otáčky, nevhodné napájení - viz. tabulka Diagnostika chyb). Po odstranění chyby v zapojeném obvodu se soustava Motor-Generátor uvede do původního stavu stiskem tlačítka FUSE
- Soustava Motor-Generátor je uspořádána tak, aby vedle širokého využití v regulační technice, umožnila použití v oblasti měření na malých stejnosměrných motorech
- Rozměr 250x150x40mm

Parametry

		Rozsah		Přesnost (1)
		min	max	[%]
Napájení	Napětí [V]	±14,0	±16,0	-
Motor	Napětí [V]	±12,0		-
	Otáčky [ot/min]	0	±7600	-
Optický snímač	A, B [impuls/ot]	100		-
	DIR	+ / -		-
Tachodynamo	Konstanta	1V / 1000ot/min		±2,0
	Offset [mV]	±1,0		-
Převodník f/U	Konstanta	1V / 1000ot/min		±2,0
	Offset [mV]	±1,0		-
Převodník I/U	Rozsah [A]	±1,0		-
	Konstanta	1A / 5V		±2,0
	Offset [mV]	±2,0		-
Výkonový budič	I_{out} [A]	±1,0		-
	Zesílení	1,0		±0,5
	Offset [mV]	±10,0		-

(1) Teplotní rozsah 15°C - 35°C. Doba zahřátí 15 minut.

Diagnostika chyb

E-01	MOTOR1	Zatížení > 3,5W
E-02	MOTOR1	$U_{M1} > 14V$
E-03	AMP1	Teplotní přetížení
E-04	SPOJKA	Otáčky > 4000ot/min
E-05	MOTOR2	Zatížení > 3,5W
E-06	MOTOR2	$U_{M2} > 14V$
E-07	AMP2	Teplotní přetížení
E-08	NAPÁJENÍ	Krátkodobý výpadek napájení
E-09	NAPÁJENÍ	Proudové přetížení zdroje napájení