



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

DUM 04 téma: Spojitá regulace měření – výklad

ze sady: **03 Regulátor**

ze šablony: **01 Automatizační technika I**

Určeno pro **4. ročník**

vzdělávací obor: **26-41-M/01 Elektrotechnika ŠVP automatizační technika**
Vzdělávací oblast: **odborné vzdělávání**

Metodický list/anotace: viz. **VY_32_INOVACE_01304ml.pdf**



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

SPOJITÁ REGULACE měření - výklad

Výklad bude realizován pomocí řešení vzorové úlohy

Zadání vzorové úlohy:

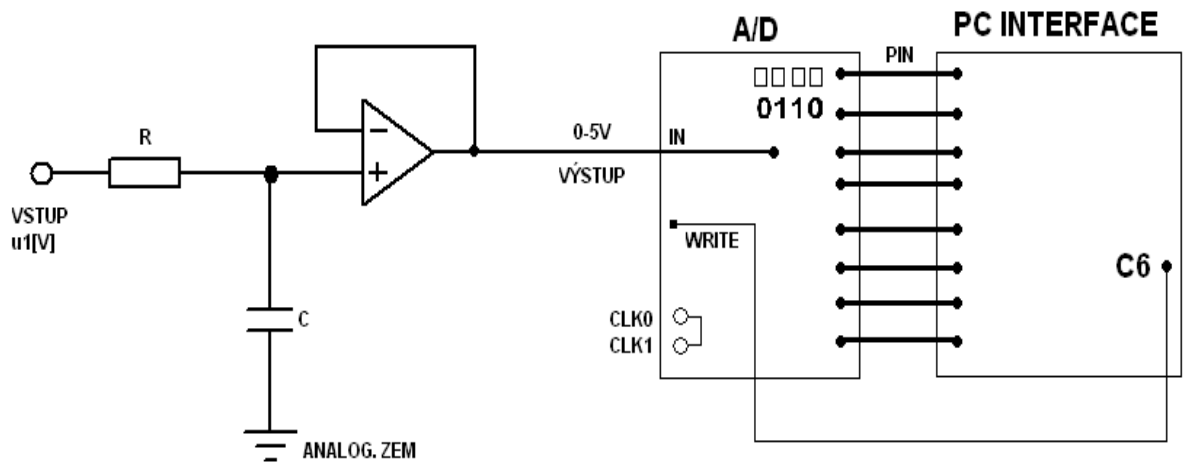
Proměřte a vyhodnoťte přechodovou charakteristiku P, I, D, PI, PD a PID regulátoru

Úkoly:

1. Realizujte zapojení úlohy na stavebnici RC dominoputer
2. Nastavte parametry regulátorů pomocí R1, RI, CI, RD a CD do pokud možno optimální polohy
3. Pro optimální polohu vytiskněte přechodové charakteristiky regulátorů
4. Z přechodových charakteristik odměřte skutečné parametry regulátorů K_r , T_I , a T_D
5. Vypočítejte ideální parametry regulátoru $K_r = R_2/R_1$, $p_p = 1/K_r \cdot 100$, $T_I = R_I \cdot C_I$ a $T_D = R_D \cdot C_D$
6. Porovnejte odměřené parametry s ideálními a vysvětlete rozdíl
7. Odpovězte na otázku jaký vliv má změna R1, RI, CI, RD a CD na vlastnosti regulátoru

Zadané hodnoty:

1) Schéma zapojení INTERFACE



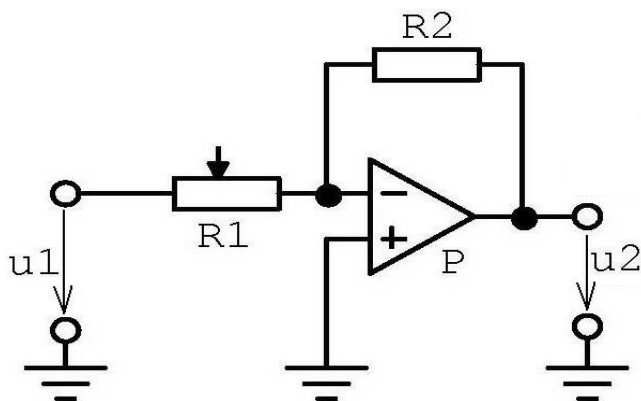
2) $\Delta u_1 = 4V$

Vypracování:

1) Realizujte zapojení úlohy na stavebnici RC dominoputer

následuje praktická ukázka zapojení úlohy na stavebnici RC dominoputer

Schéma zapojení P regulátoru



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Schéma zapojení I regulátoru (R_{st} = stabilizační odpor)

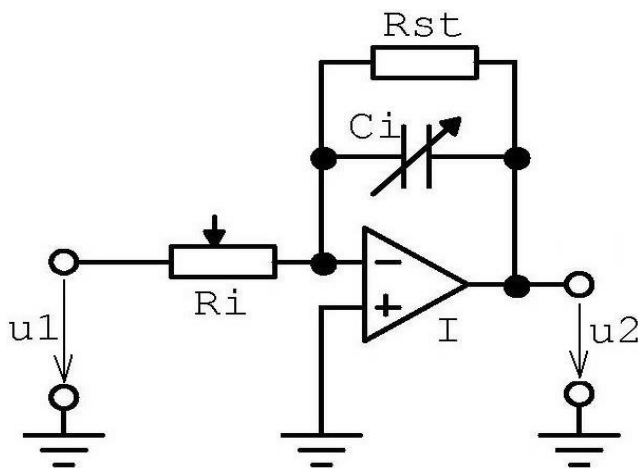
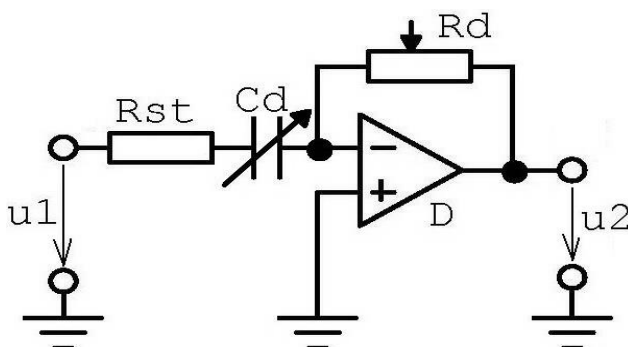


Schéma zapojení D složky regulátoru (R_{st} = stabilizační odpor)



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Schéma zapojení PI regulátoru (R_{st} = stabilizační odpor)

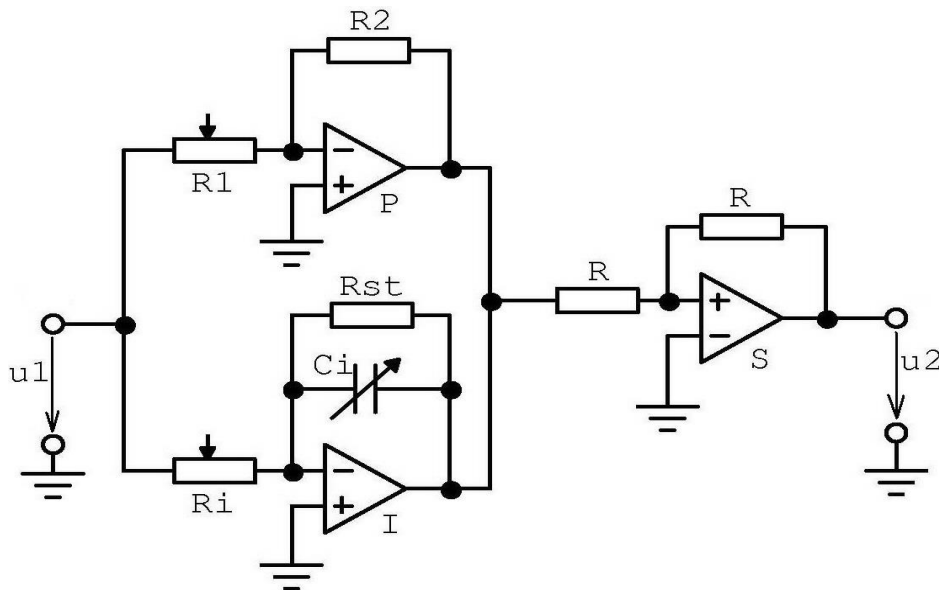


Schéma zapojení PD regulátoru (R_{st} = stabilizační odpor)

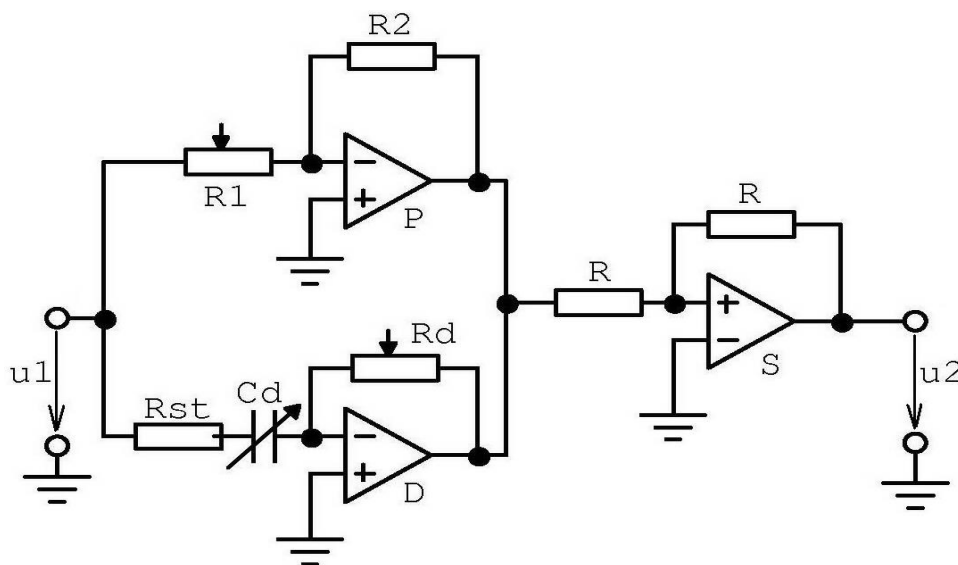
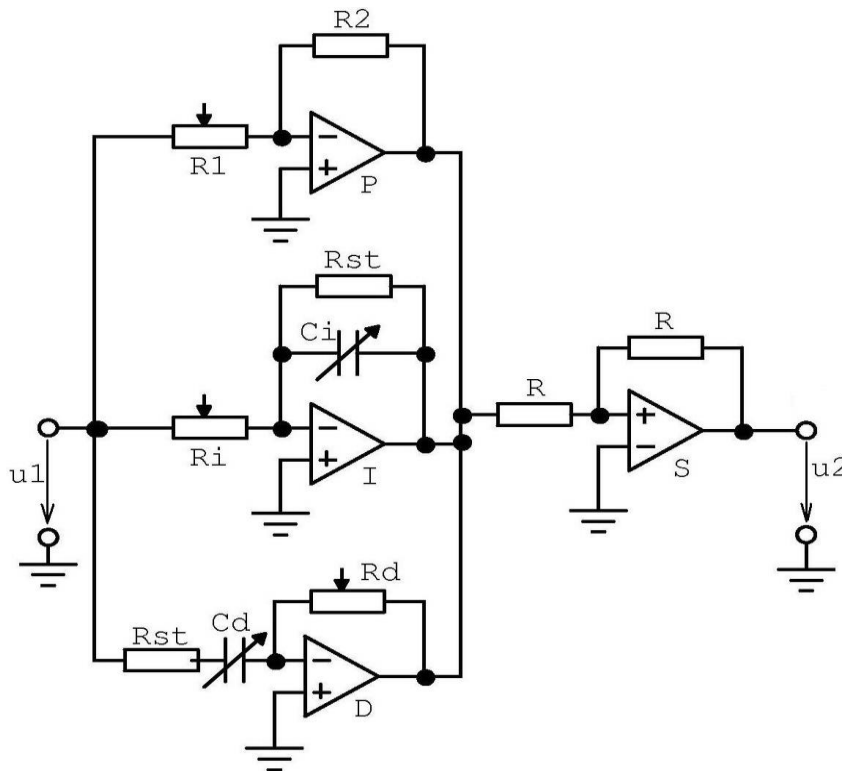


Schéma zapojení PID regulátoru (R_{st} = stabilizační odpory)



2. Nastavte parametry regulátorů pomocí R_1 , R_I , C_I , R_D a C_D do pokud možno optimální polohy

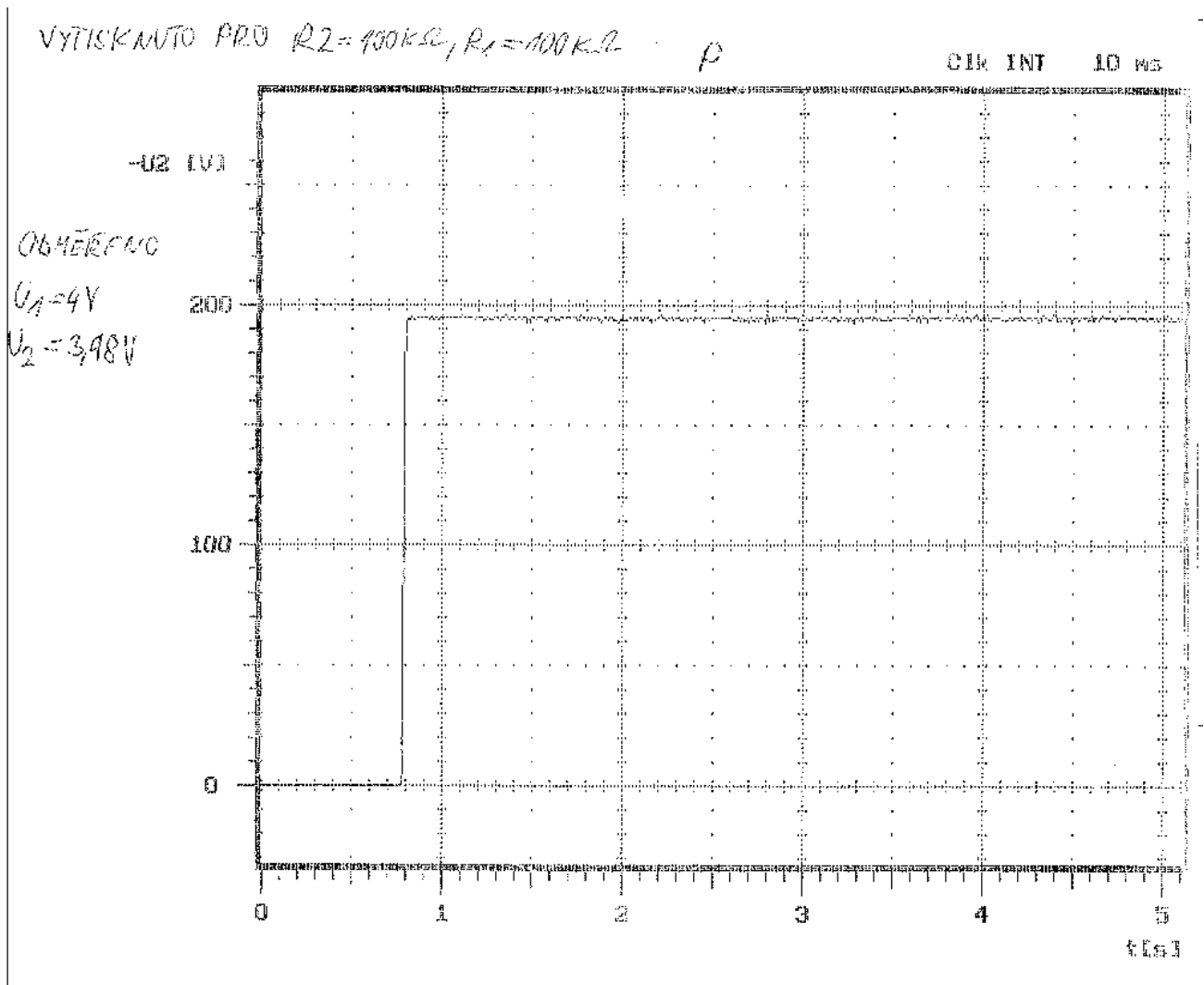
Následuje praktická ukázka nastavení parametrů regulátorů

3. Pro optimální polohu vytiskněte přechodové charakteristiky regulátorů

Přechodové charakteristiky vytištěné ze sw

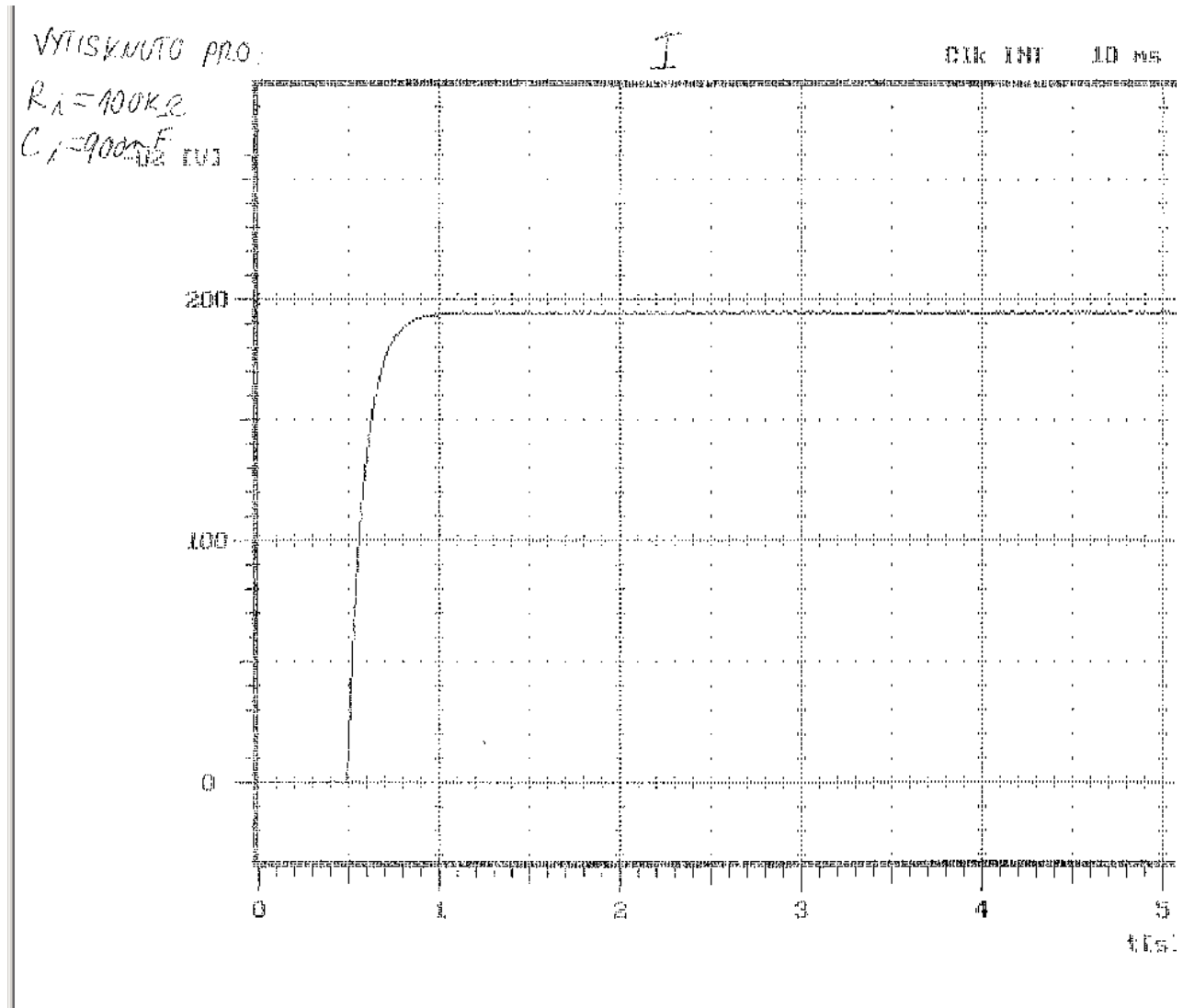
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

P regulátor: vytisknuto pro: $R_1 = 100\text{k}\Omega$, $R_2 = 100\text{k}\Omega$, odměřeno: $u_2=3,98\text{V}$, $u_1 = 4\text{V}$



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Složka I regulátoru: vytisknuto pro: $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$, $C_1 = 900 \text{ nF}$, $r_i = 100 \text{ k}\Omega$, $r_i = \text{stabilizační odpor}$





evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



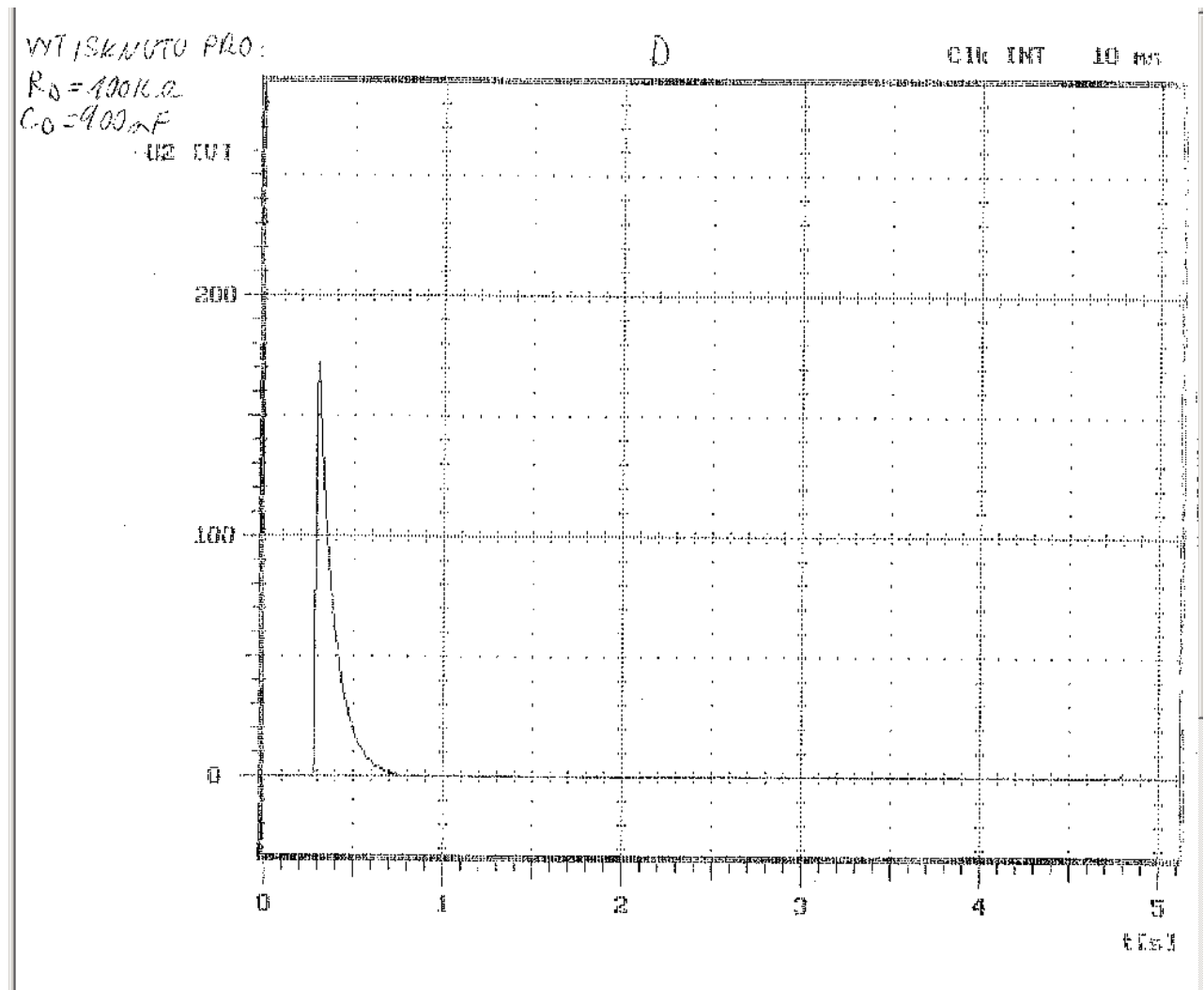
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

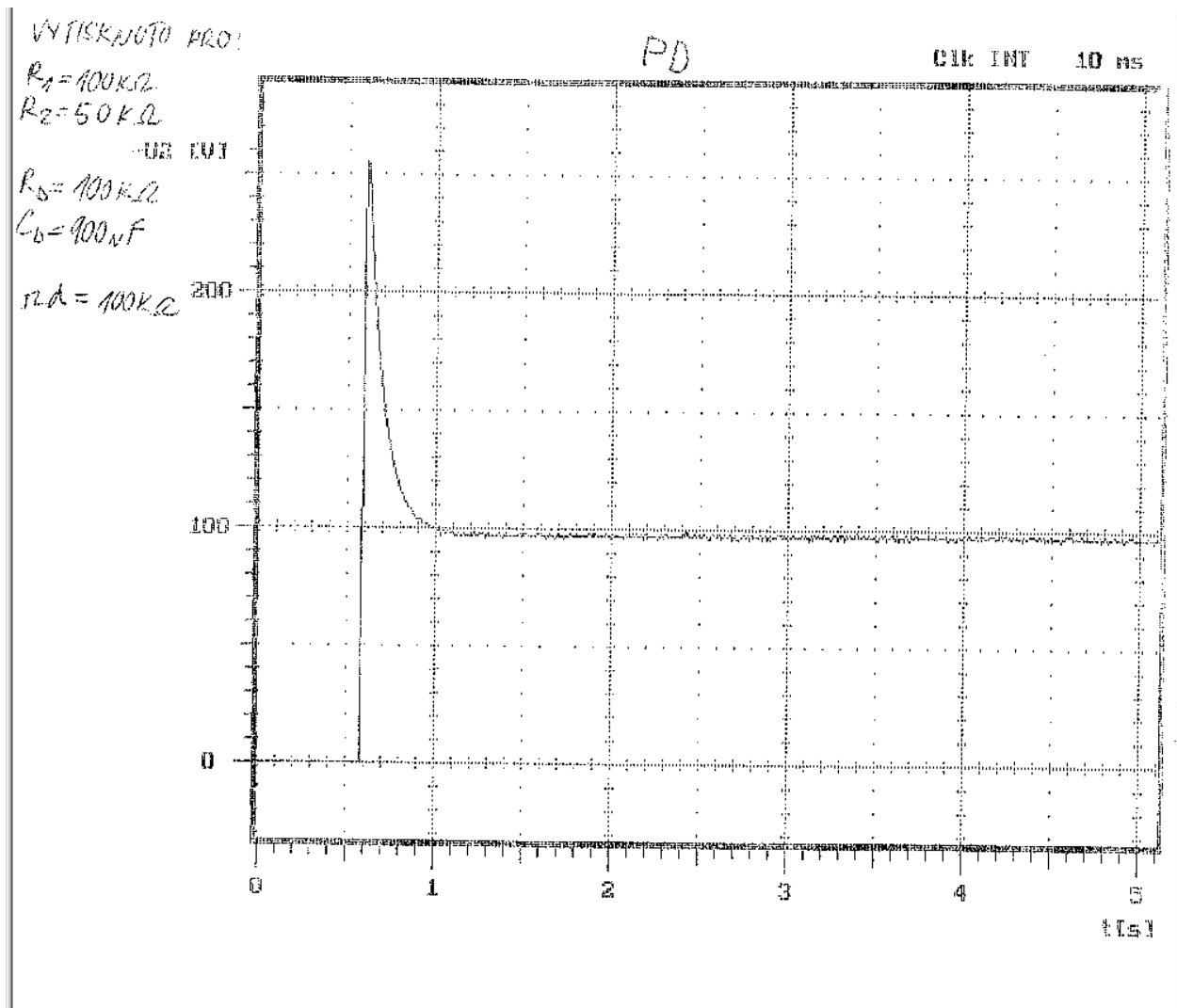
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Složka D regulátoru: vytisknuto pro: $R_D = 100 \text{ k}\Omega$, $C_D = 900 \text{ nF}$, $r_d = 100 \text{ k}\Omega$, $r_d = \text{stabilizační odpor}$



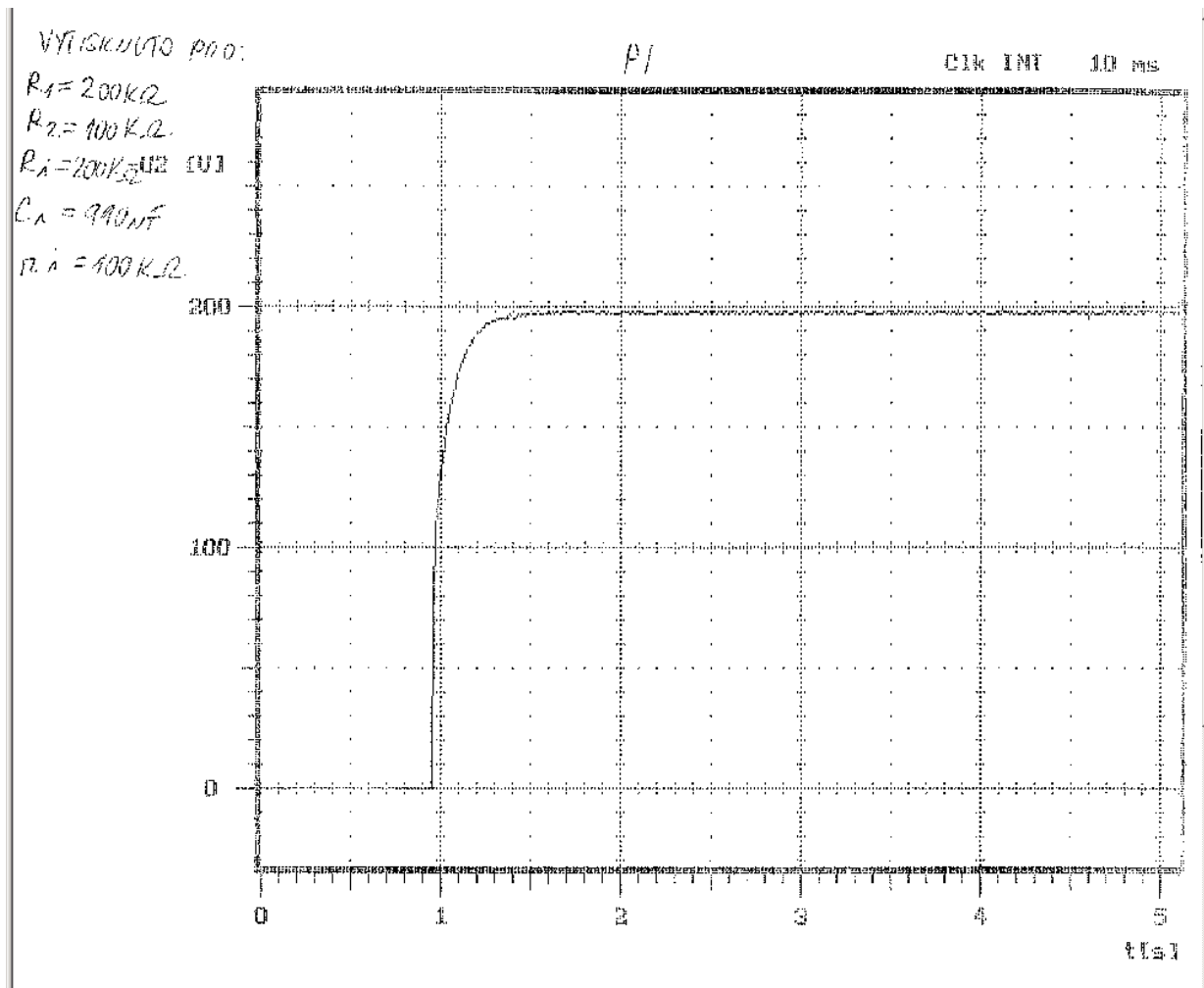
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PD regulátor: vytisknuto pro: $R_1 = 100\text{k}\Omega$, $R_2 = 50\text{k}\Omega$, $R_D = 100\text{k}\Omega$,
 $C_D = 900\text{nF}$, $r_d = 100\text{k}\Omega$, $r_d = \text{stabilizační odpor}$



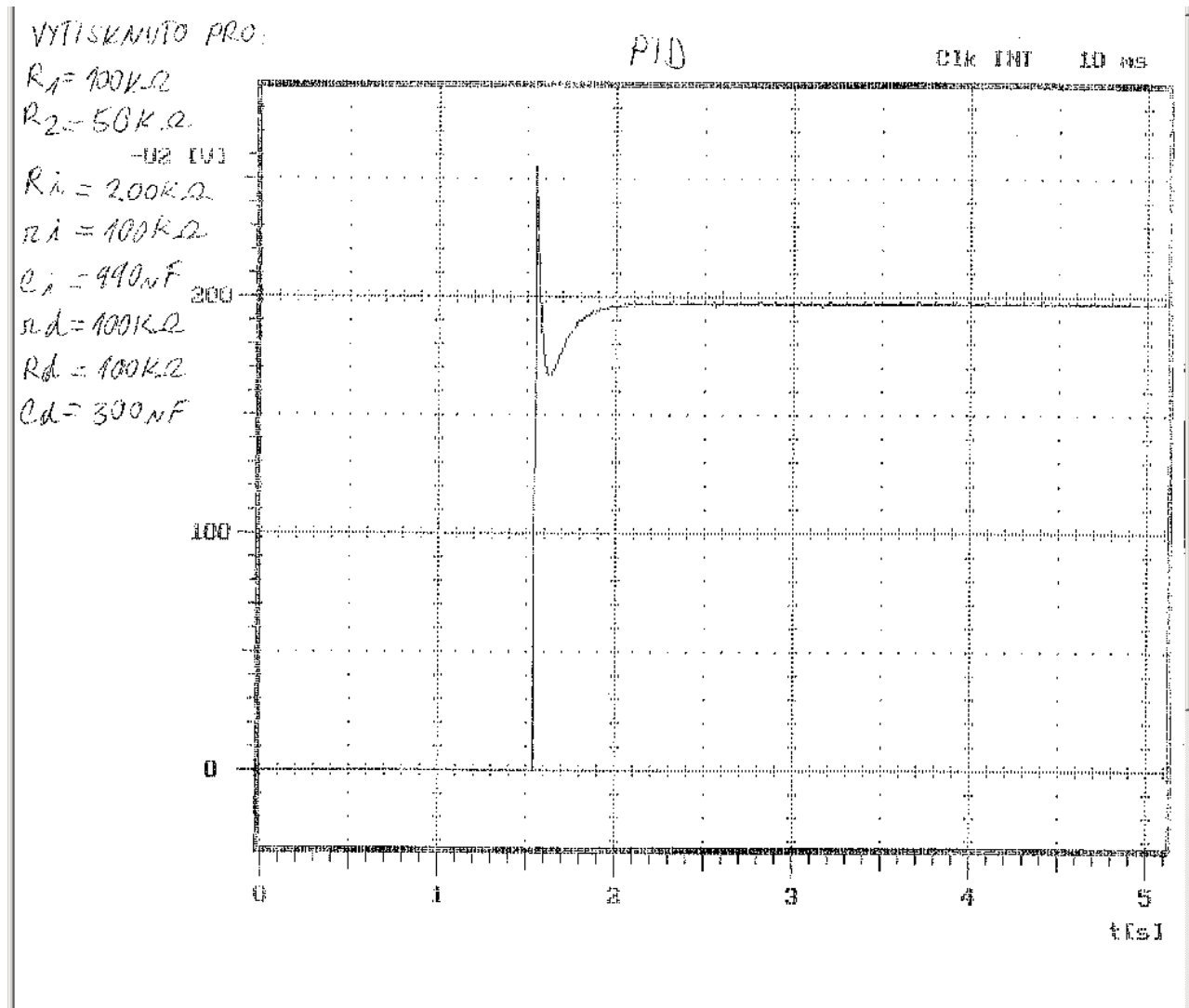
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PI regulátor: vytisknuto pro: $R_1 = 200\text{k}\Omega$, $R_2 = 100\text{k}\Omega$, $R_I = 200\text{k}\Omega$, $C_I = 990\text{nF}$, $r_i = 100\text{k}\Omega$, $r_i = \text{stabilizační odpor}$



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

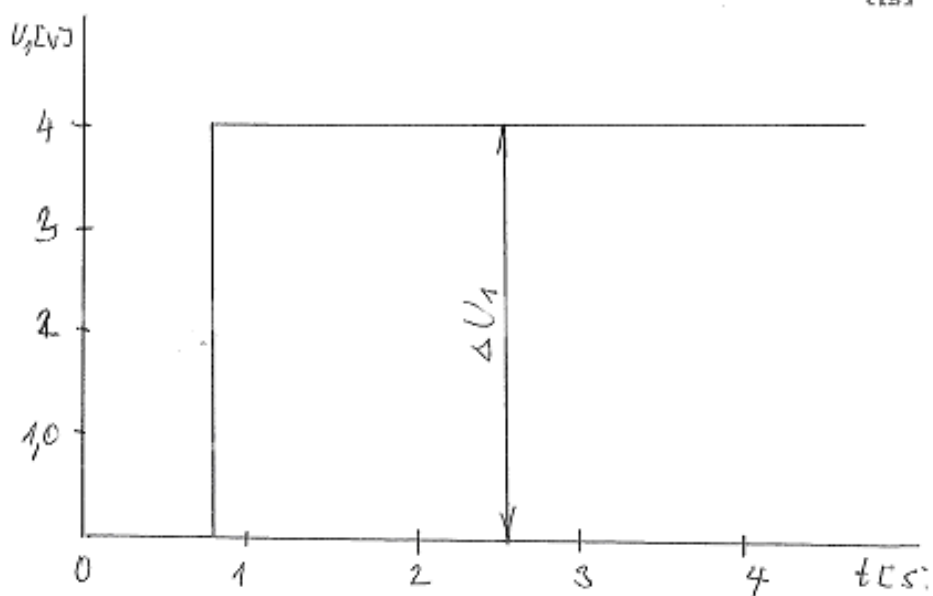
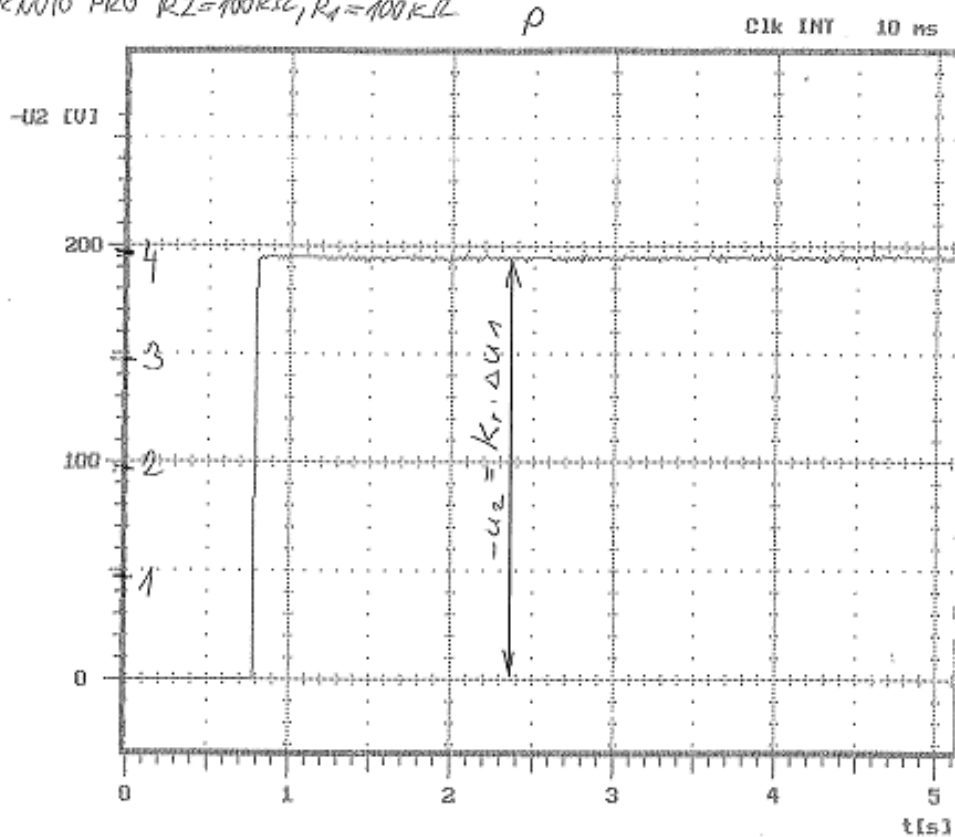
PID regulátor: vytisknuto pro: $R_1 = 100\text{k}\Omega$, $R_2 = 50\text{k}\Omega$, $R_I = 200\text{k}\Omega$, $C_I = 990\text{nF}$, $R_D = 100\text{k}\Omega$, $C_D = 300\text{nF}$, $r_i = 100\text{k}\Omega$, $r_d = 100\text{k}\Omega$,
 $r_i, r_d =$ stabilizační odpory



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

4. Z přechodových charakteristik odměřte skutečné parametry regulátorů Kr a) pro P regulátor

VYTISKMTO PRO $R_2=100k\Omega, R_1=100k\Omega$





evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Odměřené hodnoty:

$$- U_2 = 4 \text{ V}$$

$$U_1 = 4 \text{ V}$$

$$K_r = U_2/U_1 = 4\text{V}/4\text{V} = 1$$

$$pp = 1/K_r * 100 = 1/1 * 100 = 100\%$$

měřítka svislé osy:

$$- U_2 = 4 \text{ V} \dots\dots\dots 80\text{mm}$$

1 V odpovídá 20 mm

5. Vypočítejte ideální parametry regulátoru $K_r = R_2/R_1$ a) pro P regulátor

$$K_r = R_2/R_1 = 100\text{k}\Omega/100\text{k}\Omega = 1$$

6. Porovnejte odměřené parametry s ideálními a vysvětlete rozdíl a) pro P regulátor

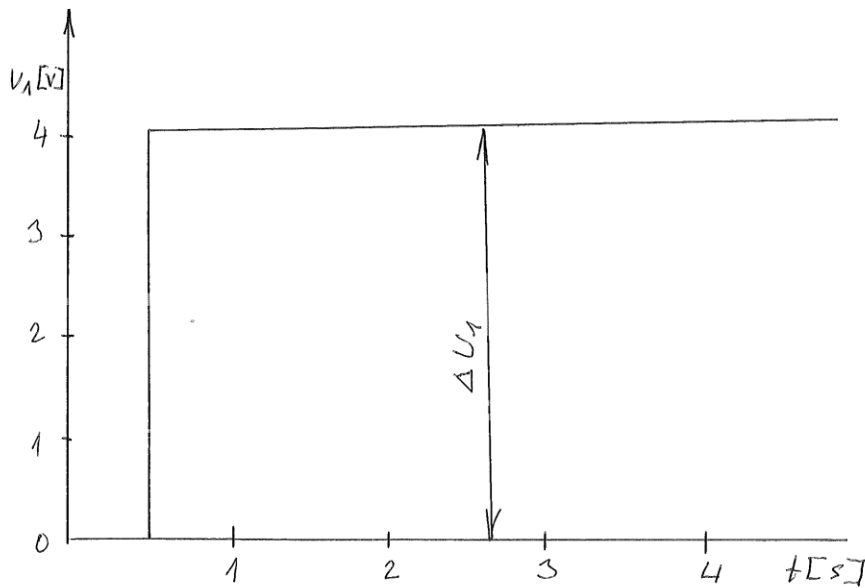
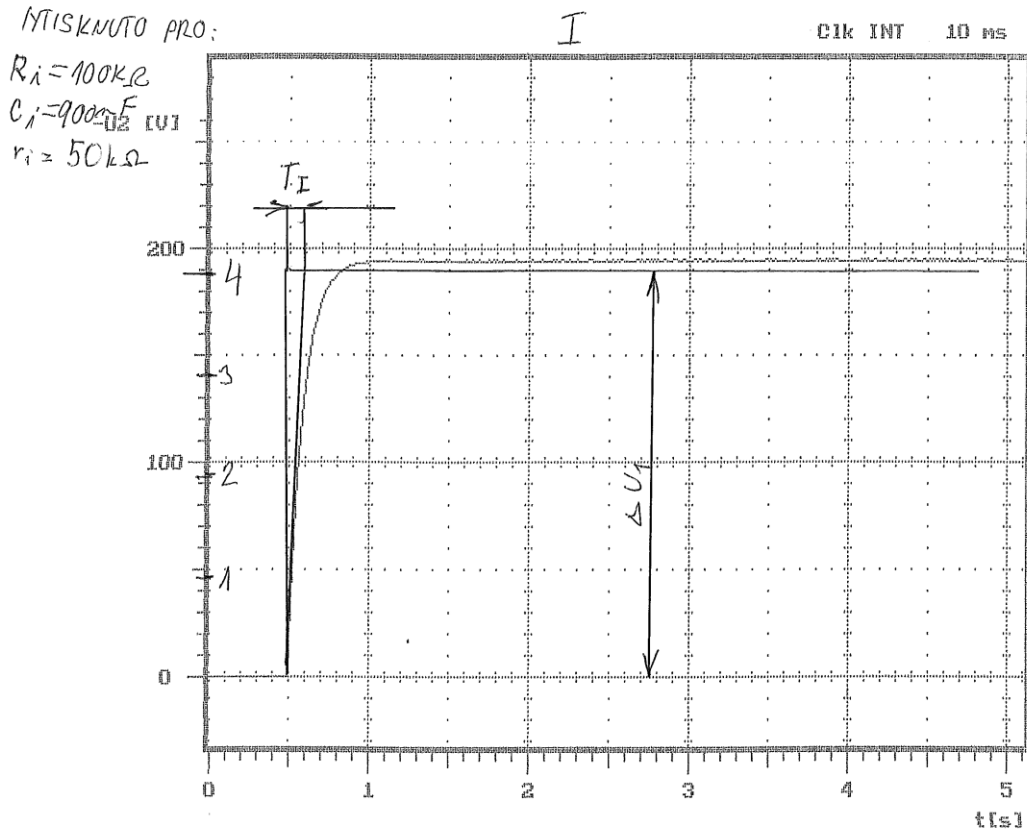
Parametry zůstávají stejné

7. Odpovězte na otázku jaký vliv má změna R_1 a) pro P regulátor

Čím větší R_1 , tím menší zesílení

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

4. Z přechodových charakteristik odměřte skutečné parametry regulátorů TI b) pro I regulátor





evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Odměřené hodnoty:

měřítka vodorovné osy:

32 mm 1 s

Z přechodové charakteristiky odečteno $T_i = 5$ mm

$$T_i = 5 \text{ mm} * 1 \text{ s} / 32 \text{ mm} = 0,16 \text{ s}$$

5. Vypočítejte ideální parametry regulátoru $T_i = R_i * C_i$ b) pro I regulátor

$$T_i = R_i * C_i = 100000 \Omega * 0,0000009 \text{ F} = 0,09 \text{ s}$$

6. Porovnejte odměřené parametry s ideálními a vysvětlete rozdíl b) pro I regulátor

Parametry jsou různé, ideální rovnice nepočítají se stabilizačním odporem $r_i = 100 \text{ k}\Omega$

7. Odpovězte na otázku jaký vliv má změna R_i a C_i b) pro I regulátor

Čím větší R_i a C_i , tím větší T_i

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

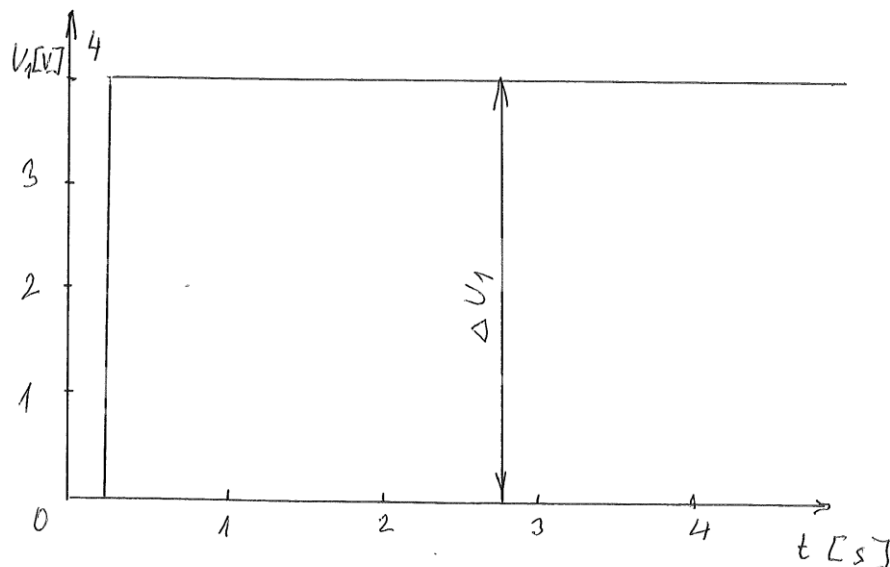
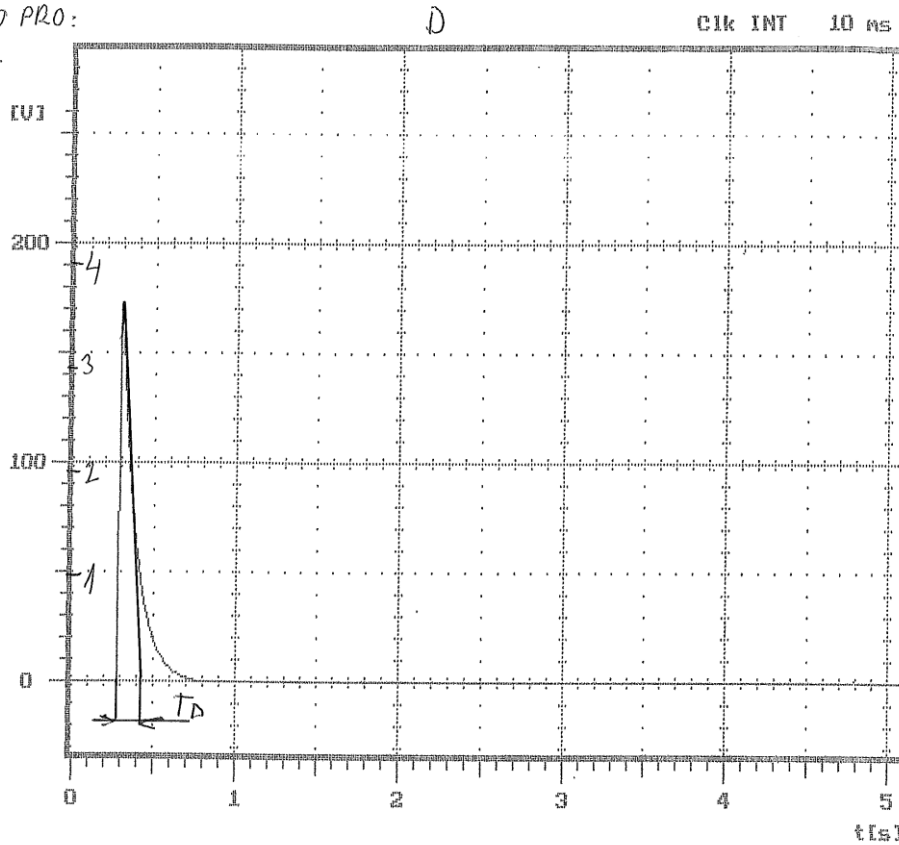
4. Z přechodových charakteristik odměřte skutečné parametry regulátorů Td c) pro D složku regulátoru

VYTIŠKOVANO PRO:

$$R_D = 100 \text{ k}\Omega$$

$$C_D = 900 \text{ nF}$$

$$r_d = 100 \text{ }\Omega$$





evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Odměřené hodnoty:

měřítka vodorovné osy:

32 mm 1 s

Z přechodové charakteristiky odečteno $T_d = 5 \text{ mm}$

$T_d = 5 \text{ mm} * 1 \text{ s} / 32 \text{ mm} = 0,16 \text{ s}$

5. Vypočítejte ideální parametry regulátoru $T_d = R_d * C_d$ c) pro D složku regulátoru

$T_d = R_d * C_d = 100000 \Omega * 0,0000009 \text{ F} = 0,09 \text{ s}$

6. Porovnejte odměřené parametry s ideálními a vysvětlete rozdíl c) pro D složku regulátoru

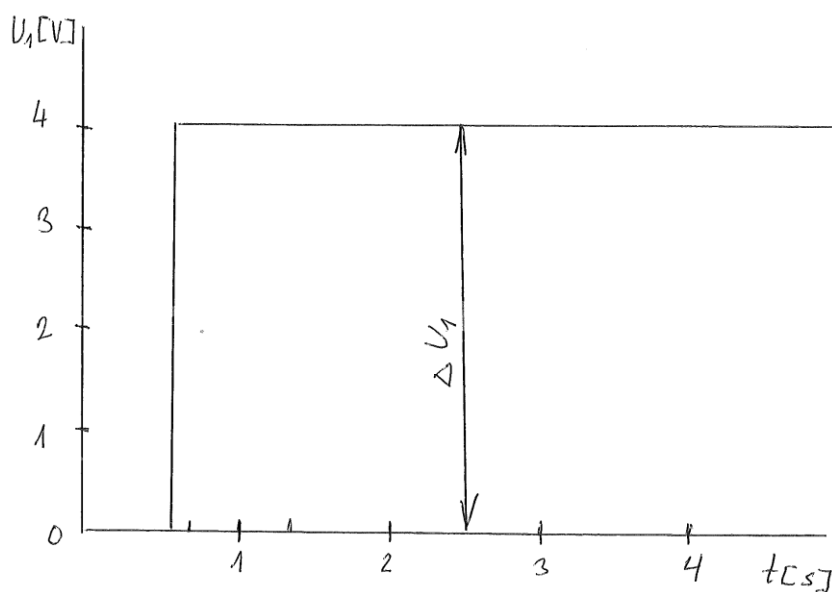
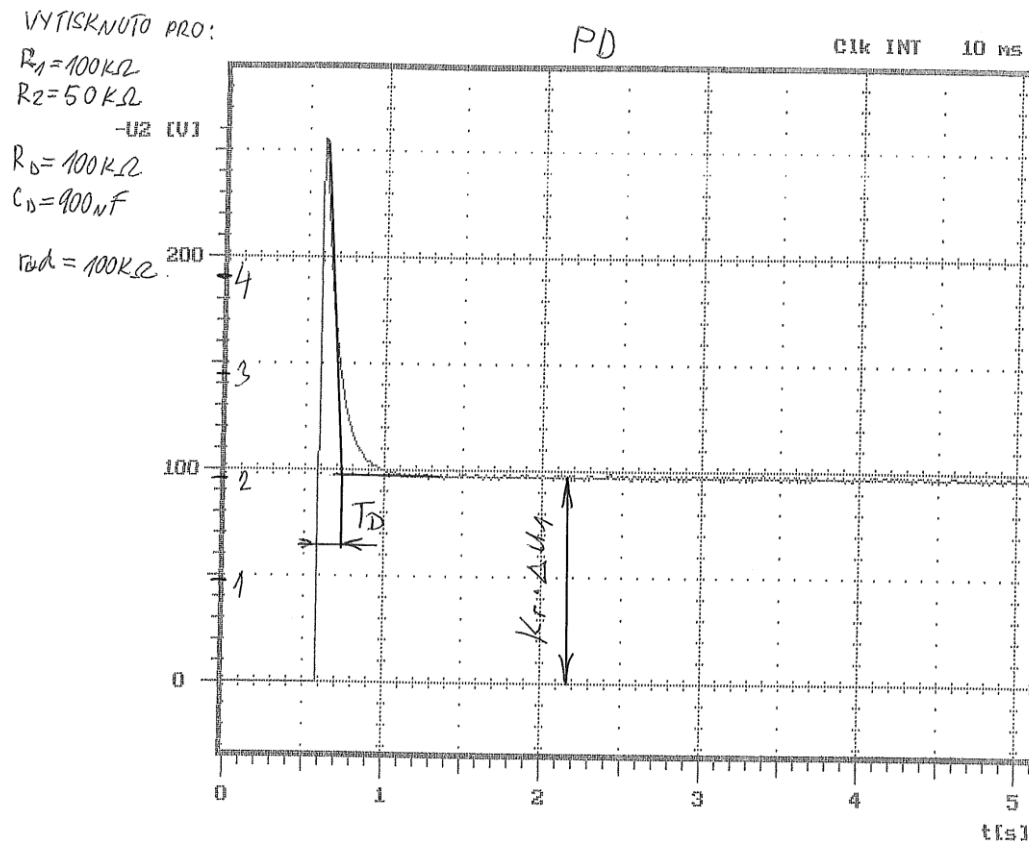
Parametry jsou různé, ideální rovnice nepočítají se stabilizačním odporem $r_d = 100 \text{ k}\Omega$

7. Odpovězte na otázku jaký vliv má změna R_d a C_d c) pro D složku regulátoru

Čím větší R_d a C_d , tím větší T_d

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

4. Z přechodových charakteristik odměřte skutečné parametry regulátorů K_r a T_d d) pro PD regulátor



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Odměřené hodnoty:

měřítko vodorovné osy:

32 mm 1 s

Z přechodové charakteristiky odečteno $T_d = 6 \text{ mm}$

$T_d = 6 \text{ mm} * 1 \text{ s} / 32 \text{ mm} = 0,188 \text{ s}$

Z přechodové charakteristiky odečteno:

$K_r * \Delta U_1 = 41 \text{ mm}$, $\Delta U_1 = 84 \text{ mm}$

$K_r = K_r * \Delta U_1 / \Delta U_1 = 41 \text{ mm} / 84 \text{ mm} = 0,48$

5. Vypočítejte ideální parametry regulátoru $T_d = R_d * C_d$, $K_r = R_2/R_1$
 $pp = 1/K_r * 100$ d) pro PD regulátor

$T_d = R_d * C_d = 100000 \Omega * 0,0000009 \text{ F} = 0,09 \text{ s}$

$K_r = R_2/R_1 = 50 \text{ k}\Omega / 100 \text{ k}\Omega = 0,5$: $pp = 1/K_r * 100 = 1/0,5 * 100 = 200\%$

6. Porovnejte odměřené parametry s ideálními a vysvětlete rozdíl d) pro PD regulátor

Parametry jsou různé, ideální rovnice nepočítají se stabilizačním odporem $r_d = 100 \text{ k}\Omega$ + vliv chyby měření

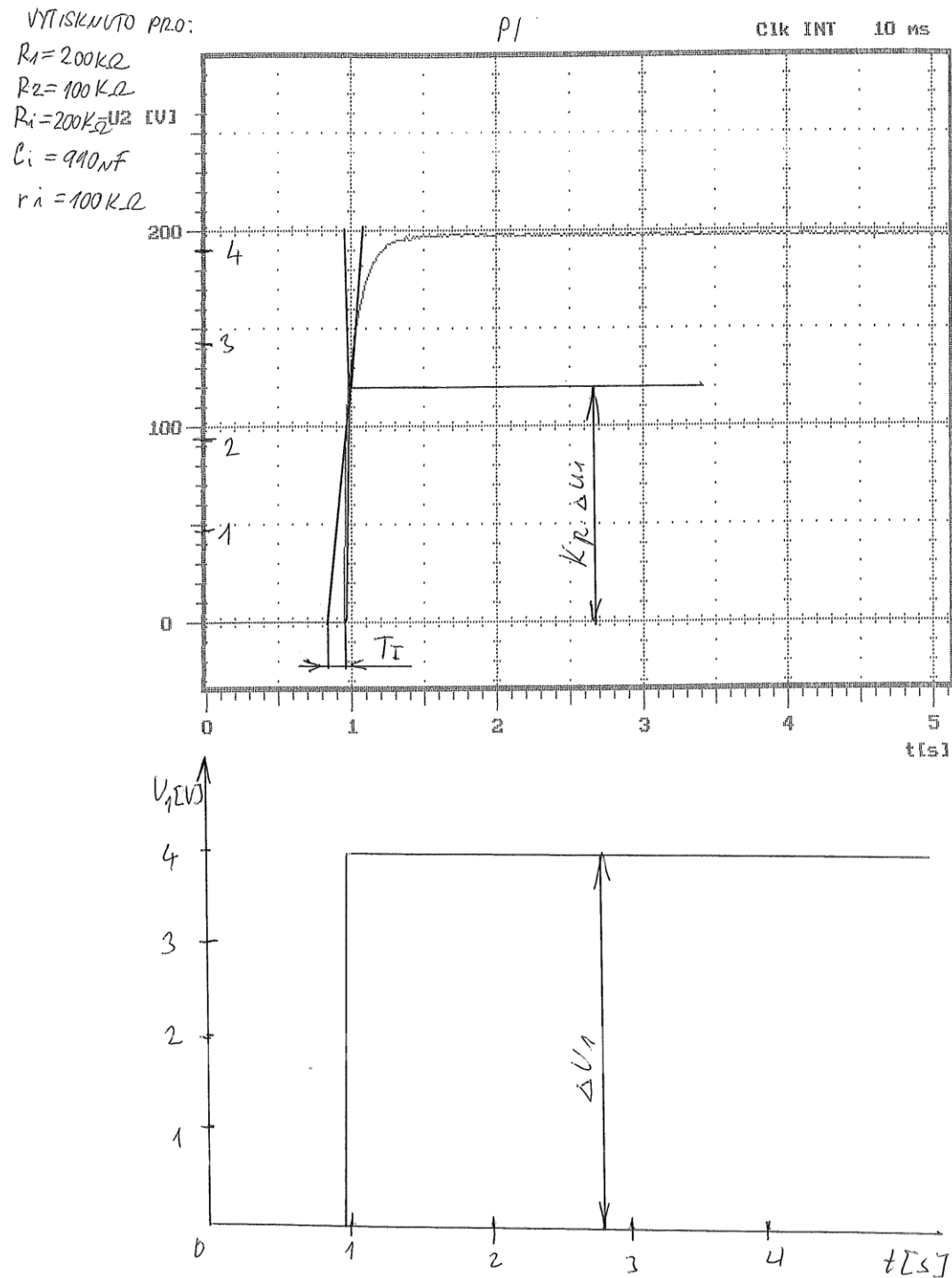
7. Odpovězte na otázku jaký vliv má změna R_1 , R_d a C_d d) pro PD regulátor

Čím větší R_d a C_d , tím větší T_d

Čím větší R_1 , tím menší zesílení K_R

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

4. Z přechodových charakteristik odměřte skutečné parametry regulátorů K_r a T_i e) pro PI regulátor



Odměřené hodnoty:



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

měřítka vodorovné osy:

32 mm 1 s

Z přechodové charakteristiky odečteno $T_i = 4$ mm

$T_i = 4 \text{ mm} \cdot 1 \text{ s} / 32 \text{ mm} = 0,125 \text{ s}$

Z přechodové charakteristiky odečteno:

$K_r \cdot \Delta U_1 = 47 \text{ mm}$, $\Delta U_1 = 84 \text{ mm}$

$K_r = K_r \cdot \Delta U_1 / \Delta U_1 = 47 \text{ mm} / 84 \text{ mm} = 0,56$

5. Vypočítejte ideální parametry regulátoru $T_i = R_i \cdot C_i$, $K_r = R_2/R_1$
 $pp = 1/K_r \cdot 100$ e) pro PI regulátor

$T_i = R_i \cdot C_i = 200000 \Omega \cdot 0,00000099 \text{ F} = 0,198 \text{ s}$

$K_r = R_2/R_1 = 100 \text{ k}\Omega / 200 \text{ k}\Omega = 0,5$: $pp = 1/K_r \cdot 100 = 1/0,5 \cdot 100 = 200\%$

6. Porovnejte odměřené parametry s ideálními a vysvětlete rozdíl e) pro PI regulátor

Parametry jsou různé, ideální rovnice nepočítají se stabilizačním odporem $r_i = 100 \text{ k}\Omega$ + vliv chyby měření

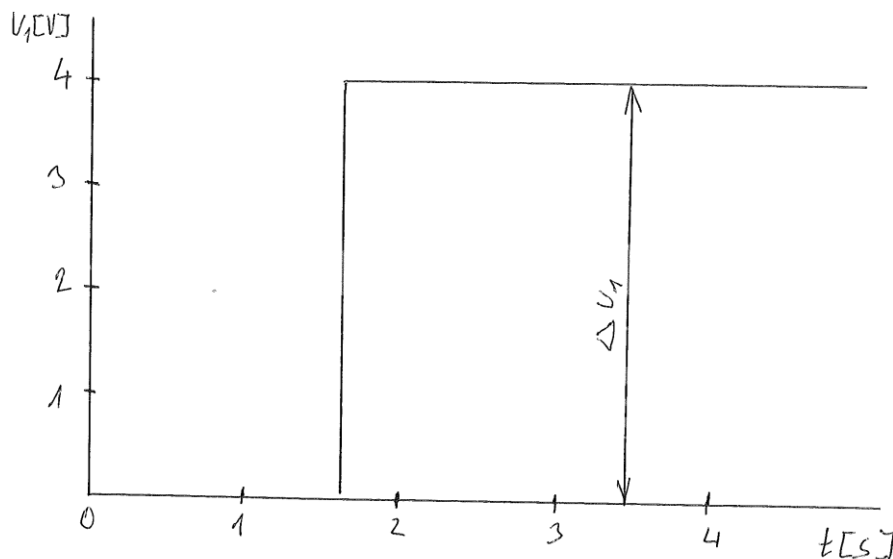
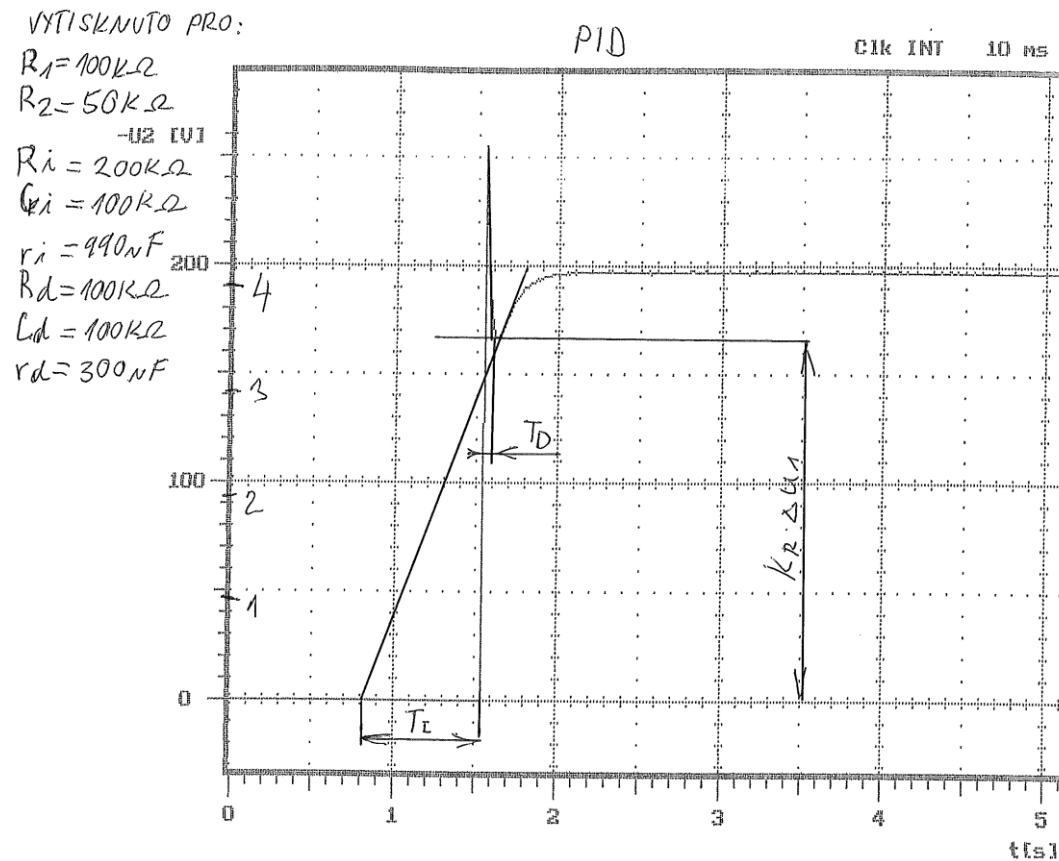
7. Odpovězte na otázku jaký vliv má změna R_1 , R_i a C_i e) pro PI regulátor

Čím větší R_i a C_i , tím větší T_i

Čím větší R_1 , tím menší zesílení K_R

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

4. Z přechodových charakteristik odměřte skutečné parametry regulátorů K_r, T_d a T_i f) pro PID regulátor





evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Odměřené hodnoty:

měřítka vodorovné osy:

32 mm 1 s

Z přechodové charakteristiky odečteno $T_i = 29$ mm

$$T_i = 29 \text{ mm} \cdot 1 \text{ s} / 32 \text{ mm} = 0,906 \text{ s}$$

Z přechodové charakteristiky odečteno $T_d = 2$ mm

$$T_d = 2 \text{ mm} \cdot 1 \text{ s} / 32 \text{ mm} = 0,0625 \text{ s}$$

Z přechodové charakteristiky odečteno:

$$K_r \cdot \Delta U_1 = 71 \text{ mm}, \Delta U_1 = 84 \text{ mm}$$

$$K_r = K_r \cdot \Delta U_1 / \Delta U_1 = 71 \text{ mm} / 84 \text{ mm} = 0,85$$

5. Vypočítejte ideální parametry regulátoru $T_i = R_i \cdot C_i$, $T_d = R_d \cdot C_d$

$K_r = R_2/R_1$, $pp = 1/K_r \cdot 100$ f) pro PID regulátor

$$T_i = R_i \cdot C_i = 200000 \Omega \cdot 0,00000099 \text{ F} = 0,198 \text{ s}$$

$$T_d = R_d \cdot C_d = 100000 \Omega \cdot 0,0000003 \text{ F} = 0,03 \text{ s}$$

$$K_r = R_2/R_1 = 50 \text{ k}\Omega / 100 \text{ k}\Omega = 0,5; pp = 1/K_r \cdot 100 = 1/0,5 \cdot 100 = 200\%$$

6. Porovnejte odměřené parametry s ideálními a vysvětlete rozdíl f) pro PID regulátor

Parametry jsou různé, ideální rovnice nepočítají se stabilizačním odporem $r_i = 100 \text{ k}\Omega$, $r_d = 100 \text{ k}\Omega$ + vliv chyby měření



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

7. Odpovězte na otázku jaký vliv má změna R_1 , R_i , C_i , R_d a C_d pro PID regulátor

Čím větší R_i a C_i , tím větší T_i

Čím větší R_d a C_d , tím větší T_d

Čím větší R_1 , tím menší zesílení K_R

LITERATURA:

Branislav Lacko, Ladislav Maixner, Pavel Beneš, Ladislav Šmejkal:
Automatizace a automatizační technika I., Computer Press Praha , 2000

Zdeněk Brýdl, Rudolf Voráček, Luděk Kohout, Ladislav Šmejkal :
Automatizace a automatizační technika II., Computer Press Praha , 2005

Chlebný: Automatizace a automatizační technika III., Computer Press
Praha , 2009

Karel Svoboda, Miloš Lauer, František Oplatek, Ladislav Šmejkal:
Automatizace a automatizační technika IV., Computer Press Praha , 2000

A.Maršík, M.Kubičík: Automatizace, SNTL Praha, 1980

Ladislav Šmejkal: PLC a automatizace 1. a 2. díl, BEN Praha, 2008

Řízení a regulace pro strojírenství a mechatroniku: Dietmar Schmid a
kol. , Europa-Sobotáles Praha, 2005

Průmyslová elektronika a informační technologie: Heinz Haberle a kol.,
Europa-Sobotáles Praha, 2003