

# Elektronická pomůcka předmětu Řízení technologických procesů

Jiří Hublar

---

Bakalářská práce  
2006



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
Ústav řízení procesů  
akademický rok: 2005/2006

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří HUBLAR**  
Studijní program: **B 2807 Chemické a procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Automatizace a řídicí technika**  
  
Téma práce: **Elektronická pomůcka předmětu Řízení technologických procesů**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na zadané téma, která bude obsahovat kapitoly popisující oblasti literatury o web stránkách a e-learningu.
2. Vytvořte návod k vybrané laboratorní úloze pomocí Microsoft Office.
3. Navrhněte design web stránek pro elektronickou učební pomůcku.
4. Proveďte naplnění web stránek Vámi vytvořeným návodem k vybrané úloze.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Trochta, O. (2002): Počítačová podpora automatického řízení – CAAC; Tématický okruh Syntéza. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně, FT, Zlín.
2. Olbert, V. (2003): Počítačová podpora automatického řízení; Analýza lineárních spojitých systémů. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně, FT, Zlín.
3. Kosek, J. (1998): HTML – tvorba dokonalých WWW stránek. Grada, Praha.
4. Kosek, J. (2003): Téměř vše o WWW, dostupné na URL: <http://www.kosek.cz>

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Karel Perůtka**

Ústav řízení procesů


Datum zadání bakalářské práce:

**14. února 2006**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**16. června 2006**

Ve Zlíně dne 25. února 2006

  
prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

*na pověřený děkan*



  
prof. Ing. Petr Dostál, CSc.

*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Abstrakt česky

E-learning nový druh v oblasti výuky. Využívá moderní technologie jako jsou počítače a internet. S jejichž pomocí se může rozšiřovat po celém světě. Díky internetu se může snadno aktualizovat a používat kromě písma také obrázky nebo animace. Cílem mojí bakalářské práce je využít E-learning pro vypracování podrobného návodu k zadání laboratorní úloze předmětu Řízení technologických procesů. Návod jsem dále zpracoval ve formě internetové stránky pro lepší názornost.

## **ABSTRACT**

Abstrakt anglicky

E-learning is a new way of teaching. It uses modern technologies like computers and internet. With their help, e-learning can easily spread around the world. Moreover, it can be easily updated and use not only text but pictures and animations. The goal of my thesis can be listed into following steps. (1) Usage of e-learning for new laboratory instructions manual. (2) To create it this manual as the web pages for better readability.



Děkuji za pomoc a odborné vedení při psaní této práce Ing. Karlu Perůtkovi.

Ve Zlíně

.....

Podpis diplomanta

# OBSAH

ÚVOD.....	7
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>8</b>
<b>1 LITERÁRNÍ PRŮZKUM.....</b>	<b>9</b>
<i>1.1 TVORBA WEB STRÁNEK .....</i>	<i>9</i>
1.1.1 Co je to World Wide Web.....	9
1.1.2 Základní pojmy v Internetu .....	9
1.1.3 Co je to HTML.....	10
1.1.4 Zdrojový text HTML.....	11
1.1.5 Tvorba zdrojového textu .....	12
1.1.6 Formátování zdrojového textu .....	13
1.1.7 Odkazy .....	14
1.1.8 Text a barvy.....	15
Formátování textu .....	15
Odstavce a jejich zarovnání.....	16
Zobrazení přeformátovaného textu .....	17
Efekty a zvýrazňování písma.....	17
Fonty a jejich zvýrazňování.....	18
Nadpisy.....	18
Barvy .....	18
1.1.9 Obrázky .....	19
Vložení obrázku .....	19
Zarovnání obrázku v textu.....	20
Velikost obrázku .....	20
Popisek obrázku a rámeček .....	20
Obrázky na pozadí stránky .....	21
<i>1.2 E-LEARNING .....</i>	<i>22</i>
1.2.1 Multimediální výukový kurz .....	22
1.2.2 Co E-Learning přináší .....	24
1.2.3 Vztah E-learningu a klasické výuky .....	26
1.2.4 Je E-learning pouze pro vzdělávání .....	27
1.2.5 Inovace E-learningu .....	27
1.2.6 Výhody použití E-learningu .....	28
1.2.7 Výhody .....	29
1.2.8 Nevýhody .....	30
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>31</b>
<b>2 TEORIE Z ŘÍZENÍ TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ.....</b>	<b>32</b>
2.1 ANALÝZA REGULAČNÍHO OBVODU .....	32
2.1.1 Regulační obvod.....	32
2.2 LAPLACEOVA TRANSFORMACE (L-TRANSFORMACE) .....	33
2.2.1 Definice Laplaceovy transformace.....	33
2.2.2 Základní vlastnosti Laplaceovy transformace .....	34
2.2.3 Zpětná Laplaceova transformace.....	36
2.2.4 Způsob použití L transformace.....	37

2.3	POPIS STATICKÝCH A DYNAMICKÝCH VLASTNOSTÍ SYSTÉMU .....	37
2.3.1	Vnější popis systému.....	38
2.3.2	Popis systému lineární diferenciální rovnicí .....	38
2.3.3	Přenos systému .....	39
2.3.4	Přechodová funkce a přechodová charakteristika systému .....	41
2.3.5	Impulsová funkce a impulsová charakteristika systému .....	42
2.4	REGULÁTORY .....	44
2.4.1	Dynamické vlastnosti spojitých regulátorů .....	44
2.4.2	Stavitelné parametry regulátorů .....	46
2.4.3	Charakteristika činnosti spojitých regulátorů.....	47
2.5	POSOUZENÍ JAKOSTI REGULAČNÍHO POCHODU ZE STUPNĚ STABILITY.....	49
2.5.1	Metody kritického zesílení (metoda Ziegler-Nicholsonova).....	50
2.5.2	Seřizování analogových regulátorů metodou požadovaného modelu (metodou inverze dynamiky).....	52
2.6	PODNADPIS.....	<b>CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.</b>
<b>3</b>	<b>VYPRACOVÁNÍ.....</b>	<b>55</b>
3.1	ZADÁNÍ .....	55
3.2	POSTUP.....	55
3.3	SCHÉMATA ZAPOJENÍ A POPIS ŘEŠENÍ .....	58
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>77</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>78</b>
	<b>INTERNETOVÉ ZDROJE.....</b>	<b>79</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>80</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>81</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>82</b>

## ÚVOD

Na vzdělání jsou v současné době kladeny vysoké nároky. Neustále se rozvíjí a zdokonaluje. V současnosti se nejvíce rozvíjí díky novým technologiím a nejrůznějším médiím pro jeho snadné použití. Mezi nejmodernější technologie patří počítače a celosvětová internetová síť. Internet neboli World Wide Web je světová počítačová síť, díky které se dají snadno získat informace. S jejím rozvojem vznikl i nový druh výuky nazvaný E-learning. Mimo jiné se jedná o to, že učební látka se může zpracovat jako internetová stránka. Tato skutečnost má velké výhody, protože umožňuje použít nejen to co máme napsané v poznámkách, ale můžeme používat obrázky, názorné animace nebo zvukové soubory. Můžeme určitou látku napsat ve formě internetové stránky a tu díky internetu snadno zveřejnit. Můžeme také vytvářet elektronické třídy, do kterých se dostaneme tak že se stačí připojit k internetu. Napsané stránky jsou snadno dostupné všem a velmi snadno a rychle se aktualizují.

V moji bakalářské práci jsem se zaměřil na zpracování vybrané úlohy do předmětu Řízení technologických procesů. Mým cílem bylo vybranou úlohu zjednodušit tak, aby byla snadno pochopitelná a proveditelná. Aby se dala snadno zveřejnit na internetu upravil jsem ji do formy internetové stránky. Využití návodu vypracovaného v této práci se předpokládá u studentů předmětu Řízení technologických procesů.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 LITERÁRNÍ PRŮZKUM

## 1.1 *Tvorba web stránek*

### 1.1.1 Co je to World Wide Web

[viz. 2] Web, World Wide Web, WWW je služba internetu, kterou nejlépe vystihuje přímo její název – „Web“ znamená anglicky pavučina. Používáte-li web, prohlížíte si stránky, které obsahují text a obrázky. Určitou část v napsaném textu můžete zvýraznit a ta se začne chovat jako odkaz (anglicky link), tzn. že po kliknutí na tento odkaz se dostaneme na další stránku na kterou jsme tímto zvýrazněným textem odkazovali.

Obdobným způsobem je vyřešen např. glosář v knize, když jí listujete odpředu dozadu a ztrácíte přehled. Na webu stačí kliknout myší na odkaz a zobrazí se stránka, na kterou odkaz vedl. Této vlastnosti se říká hypertextovost – text není obyčejný, ale vylepšený, můžete v něm listovat na přeskáčku, což právě říká superlativ hyper a proto se odkazům říká hyperlinky.

Stránky jsou tedy provázané jako pavučina. Je jedno, kde další stránka leží, může vám ji poslat počítač z opačného konce světa.

Za dobu co je web v provozu doznal mnohých vylepšení. Stránky už neobsahují pouze písmena a statické obrázky, ale třeba zvuky a animace. Pomocí webu se dá přistupovat do rozsáhlých databází čehokoliv.

### 1.1.2 Základní pojmy v Internetu

[viz. 7] Hypertext transfer protocol (HTTP) je protokol, který definuje pravidla komunikace mezi klientem a serverem. Tento protokol je bezstavový. To znamená, že jednotlivé

dotazy a odpovědi představují samostatné jednotky komunikace. Pokud server odešle odpověď na dotaz klienta, celý proces pro něj končí. Veškeré vazby obstarává klient.

HyperText Markup Language (HTML) je označení pro jazyk, kterým popisujeme webové stránky. Jeho částí tvoří dvě složky a to hypertext, tj. odkazy na externí elementy a markup, tj. využívání značek pro formátování dokumentu. Dokumenty WWW musí dodržovat jazyk HTML, aby jej klient mohl správně interpretovat a zobrazit. Důležité je, že interpretace dokumentu je jednoznačně v rukou klienta. Na něm záleží jakým způsobem budou formátovány jednotlivé prvky dokumentu. Až na několik málo výjimek (např. použití speciálních prvků ActiveX nebo měnitelných polí ve formulářích) jsou stránky HTML statické. To znamená, že pokud budeme chtít změnit vzhled stránky (obrázku, velikost písma, typ písma, data atd.) musíme nahrát jinou stránku. U dynamické HTML (DHTML) se změna provede jednoduchou změnou příslušného parametru „tagu“ (obrázkového tagu, tag definující písmo, atd.). Například: Po najetí kurzorem na obrázek se obrázek rozsvítí, tj. změní se na jiný obrázek aniž by se stránka znovu načítla. Tento příklad obsahuje pouze DHTML a jednoduchý skript. Skripty jsou obvykle umístěny v kódu HTML stránky nebo v samostatném souboru a v případě potřeby se můžeme odkazovat na něj, takže takový skript lze použít opakovaně z více stránek.

Unified Resource Locator (URL) slouží k definici odkazu na dokumenty. S jeho pomocí lze přesně popsat to, jak získat v internetu určitou informaci. URL identifikuje službu, server a místo na něm, kde se dotyčná informace nachází.

### 1.1.3 Co je to HTML

[viz. 2] HTML (Hypertext Markup Language) je kód, který slouží ke zobrazování dat předem zadaným způsobem. Je to vlastně podrobný návod jak zobrazit přijatá data na obrazovce. HTML kód je tedy přesným a stručným vyjádřením toho, co chceme zobrazit v programu obecně známém jako prohlížeč. Jedná se o jazyk, který slouží k popisu webové stránky.

HTML je tedy návod neboli sada instrukcí, které se mají provést. Vypadá např. takto:

Vezmi obrázek s logem společnosti, který se jmenuje `logo.gif`, a umísti jej na obrazovku vlevo nahoru. Vedle něj napiš černým písmem o velikosti 3: „Vítejte na stránkách společnosti Nábytek“. Posuň se o dva řádky níž, změň písmo na kurzívu o velikosti 2 a napiš: „Společnost Nábytek se zabývá výrobou nábytku.“

```
<IMG SRC="logo.gif" ALIGN="left">
```

```
<FONT SIZE="3" COLOR="black">
```

Vítejte na stránkách společnosti Firma, s.r.o.

```
</FONT>
```

```
<BR><BR>
```

```
<FONT SIZE="2">
```

*<I>Společnost Firma se zabývá výrobou nábytku.</I>*

```
</FONT>
```

V průběhu let vývoje Internetu se samozřejmě vyvíjel i jazyk HTML. Mění se v souladu s technologickým vývojem a požadavky producentů softwaru a jeho uživatelů. Na jeho vývoji se nepodílí jen skupina lidí, ale i vlastní uživatelé, zejména vedoucí firmy Microsoft a Netscape. Každá z těchto společností do svých programů implementuje svoje vlastní značky, takže konečná podoba stránky v každém z různých programů vypadá jinak. Aby se tomuto předešlo vznikla W3C (WWW Consortium), která konečnou podobu HTML schvaluje. Existují tak jednotlivé verze HTML, každá je schválena po určité době používání.

#### 1.1.4 Zdrojový text HTML

Každý programovací jazyk má svůj zdrojový text. Stejně tak HTML má svůj zdrojový text, který popisuje grafickou podobu stránky v prohlížeči. Také má svoji velmi přesnou syntaxi, kterou je nutné dodržovat, ale zároveň je velice přizpůsobivý. I když se při tvorbě dopustíte zásadních chyb, dokáže prohlížeč prakticky zobrazit celou stránku tak jak má vypadat.



### 1.1.5 Tvorba zdrojového textu

Zdrojový text HTML je vždy pouze v ASCII textovém formátu, který má příponu HTM nebo HTML. ASCII podoba je tedy finální a není dále kompilována do žádného binárního souboru jako EXE nebo COM. To je zásadní rozdíl od ostatních programovacích jazyků. Všechny ostatní součásti stránky jako obrázky, zvuky, videoklipy nebo jiné binární soubory, nejsou umístěny ve zdrojovém kódu HTML, ale v externích souborech na něž se ze zdrojového textu odkazuje. Z toho vychází jedna důležitá skutečnost. Zdrojový text HTML můžeme vytvářet v jakémkoliv ASCII textovém editoru (např. Poznámkový blok, WordPad nebo Word), který ukládá text pouze jako sled ASCII znaků. Ovšem musí se dávat pozor, aby byl kód uložen jako text.

Nejlepší je však použít specializované HTML editory, které editují text stejně jako textové editory, ovšem práci s HTML velice zjednodušují nejrůznějšími pomůckami.

Veškeré příkazy v HTML nazýváme značky, jsou uzavřeny v závorkách <> včetně svých parametrů, které značku ovlivňují. Vše ostatní mimo tyto značky je text. HTML používá párové a nepárové značky, kdy párové mají určitý vliv na určitou část dokumentu jako např. text (kurzíva, tučnost, zarovnání apod.) – první část se nachází před danými prvky a druhá za nimi, což přesně vymezuje část na niž má tato párová značka vliv. Nepárová značka má vliv sama na sebe, definuje v HTML nějaký prvek, například obrázek, nebo má vztah k celému dokumentu.

Párová značka vypadá takto:

**<značka>**

**HTML kód, na něž má mít tag vliv**

**</značka>**

kdežto nepárová takto:

**<značka>**

Jednotlivých značek má HTML velice mnoho. Stále totiž vznikají nové, které nabízejí bohatší zobrazovací schopnosti – HTML se stále vyvíjí.

### 1.1.6 Formátování zdrojového textu

HTML je velice tolerantní k chybám autora stránek. Pokud uděláte chybu v syntaxi, značce nebo v čemkoliv jiném prohlížeč to bude ignorovat. Z nesprávné interpretace tak poznáte, že je někde chyba a opravíte ji.

Abyste se při ladění vyznali ve zdrojovém textu, je důležité dodržovat základní formátování zdrojového textu, aby bylo na první pohled zřejmé na jakou část kódu budou ohraničené značky mít vliv. Nedodržování této zásady může mít za následek nečitelnost jak pro další osoby tak pro tvůrce samotného. Celý zdrojový text pak vypadá takto:

```
<HTML>
```

```
<HEAD>
```

```
<TITLE>
```

```
    Jméno stránky
```

```
</TITLE>
```

```
</HEAD>
```

```
<BODY>
```

```
<H1>
```

```
    Nadpis stránky
```

```
</H1>
```

```
<P>
```

**Toto je stránka demonstrující formátování zdrojového textu.**

**</P>**

**<IMG SRC="obrazek.jpg">**

**</BODY>**

**</HTML>**

Vrchní zdrojový text je mnohem lépe čitelnější, než spodní text bez jakéhokoliv formátování.

**<HTML>**

**<HEAD>**

**<TITLE>Jméno stránky</TITLE>**

**</HEAD>**

**<BODY><H1>Nadpis stránky</H1>**

**<P>Toto je stránka demonstrující formátování zdrojového textu.</P>**

**<IMG SRC="obrazek.jpg"></BODY>**

Takový text je velice nepřehledný, zvláště pokud má několik stran. Jakékoliv vyhledávání chyb při ladění je prakticky nemožné.

### **1.1.7 Odkazy**

[viz. 4] Odkaz je zvýrazněná část stránky za kterou se skrývá URL adresa. Aktivací odkazu dáme prohlížeči příkaz k zobrazení stránky s danou URL adresou. Před tím než vytvoříme odkaz si musíme rozmyslet dvě věci:

- URL adresu zdroje na který budeme odkazovat;
- text, který bude odkaz označovat.

Pro vložení odkazu do webové stránky slouží příkaz `<A HREF=“«URL»“>«text odkazu»</A>`. Nejčastěji používaný typ odkazu je přímo v textu, kde vytvoříme odkaz na další informaci týkající se daného pojmu:

**Mnoho zajímavých informací o službě WWW lze nalézt na serveru `<A HREF=http://www.w3.org/>konsorcium W3C</A>`. Nalezneme zde i informace o nejnovější verzi jazyka HTML.**

V prohlížeči bývá text podtržen a zobrazen jinou barvou:

Mnoho zajímavých informací o službě WWW lze nalézt na serveru konsorcium W3C. Nalezneme zde i informace o nejnovější verzi jazyka HTML.

Součástí tagu `<A>` je zde i text `HREF=“«URL»“`. Jedná se o tzv. atribut. Atributy slouží k určení vlastností tagu. Atribut `HREF` slouží k určení URL adresy odkazu. Atributy lze uvádět pouze u počátečních tagů.

### 1.1.8 Text a barvy

#### Formátování textu

[viz. 2] Základním prvkem, kterým se publikují data na internetu, je text. K jeho zobrazení není potřeba žádné zvláštní značky. Za text se tedy považuje vše co není součástí žádné značky uvnitř sekce `<BODY></BODY>`.

Př. : Základní text bez formátování

`<BODY>`

**Toto je pokusný text bez jakéhokoliv formátování.**

`</BODY>`

Prohlížeč nerozlišuje zda stisknete mezi jednotlivými slovy Enter a tak vlastně odsunete zbytek textu na další řádek. Prohlížeč interpretuje Enter (ASCII znak číslo 13) jako obyčejnou mezeru.

Takže pokud ve zdrojovém textu odřádkujete text, nebude to mít na výsledné zobrazení v prohlížeči žádný vliv. Prohlížeč sám zarovná daný text podle velikosti okna nebo rozlišení obrazovky.

**Př.:**

**<BODY>**

**Klávesa ENTER**

**nemá žádný vliv**

**na formátování**

**textu**

**</BODY>**

Pro ukončení řádku má HTML speciální značku <BR>, která nemá svůj ukončovací protějšek. Jejím úkolem je provést na místě, kde je, vynucené odřádkování. Prohlížeč v tomto místě odskočí na další řádek bez ohledu na velikost okna nebo rozlišení obrazovky.

### **Odstavce a jejich zarovnání**

Formátovat odstavce pouze pomocí značky <BR> je neefektivní, nahromadění těchto značek by znepráhlednilo zdrojový text. Proto HTML definuje dvojici užitečných značek, s jejichž pomocí je tento úkon jednodušší. První z nich je <DIV>, který definuje odstavec textu. Veškerý text uvnitř je chápán jako odstavec, takže prohlížeč automaticky přejde na

nový řádek. Jeho výhodou oproti <BR> je přehlednost, protože víme kde odstavec začíná a ne pouze kde končí. Navíc lze do uvozující značky <DIV> vložit několik parametrů určujících zarovnání odstavce doprava, doleva nebo na střed.

Tento parametr se nazývá ALIGN a jeho syntaxe uvnitř značky je:

<DIV ALIGN="zarovnání"> kde parametr zarovnání má následující hodnoty:

LEFT – zarovnání odstavce doleva, RIGHT – zarovnání odstavce doprava a CENTER – zarovnání odstavce na střed. Veškeré hodnoty parametrů značek se uvádějí v uvozovkách zejména kvůli přehlednosti.

Podobný význam jako <DIV> má i další značka <P>, která navíc mezi odstavce klade prázdný řádek, tedy značka </P> má funkci dvou značek <BR> za sebou a jako <DIV> má výhodu vložení ALIGN.

### Zobrazení přeformátovaného textu

Text umístěný ve zdrojovém kódu ztrácí při zobrazení v prohlížeči své formátování, které v tomto kódu měl. Prohlížeč ignoruje vícenásobné mezery, odřádkování pomocí Enter, odsazení od okraje. Pokud chcete, aby se vámi zadaný text zobrazil v prohlížeči přesně tak, jak jste jej zadali do zdrojového kódu použijte párové značky <PRE> do nichž tento text uzavřete. Prohlížeč je pak zobrazí s dodržáním všech formátovacích znaků. Zároveň použije neproporciálního písma, která má všechna písmena stejná.

### Efekty a zvýrazňování písma

Každé písmo v HTML, může mít několik zvýrazňujících prvků. Tři základní jsou kurzíva, tučné a podtržené. Každý z těchto prvků má svoji značku, která má vliv na text nacházející se uvnitř. Samozřejmostí je i kombinace těchto značek. Pro tyto efekty má HTML značky: <B> tučné, <I> kurzíva a <U> podtržené. HTML se neomezuje jen na tyto značky

nabízí i další: <STRIKE> přeškrtnutí písma, <BIG> větší o 1 bod než standardní písmo, <SMALL> menší o 1 bod než standardní písmo, <SUB> dolní index a <SUP> horní index.

### Fonty a jejich zvýrazňování

V textu se nemusíme omezovat jen na změnu písma, můžeme dokonce změnit celý font a to včetně velikosti. Vynikající vlastností je možnost zadávat velikost fontu relativně. Font se definuje značkou <FONT> a má následující parametry: SIZE="velikost" od 1 do 7, FACE="písmo" název použitého písma, COLOR="barva" definuje barvu písma. Značka <FONT> umí kromě zadání relativní velikosti písma, písmo také relativně zmenšovat nebo zvětšovat. Provádí to vzhledem k velikosti písma, které je nastaveno implicitně. Může se stát že implicitní velikost se může lišit a pak všechny velikosti nastavené značkou <FONT> budou odlišné. Proto HTML definuje značku <BASEFONT>, která nastaví implicitní velikost všech písem. Její syntaxe je **BASEFONT SIZE="n"**, kde n je velikost od 1 do 7.

### Nadpisy

HTML není skoupé ani na používání nadpisů. Jako nadpisy lze použít změny fontů, velikostí a barev. Ovšem HTML má pro nadpisy speciální tagy jejichž použití je snadnější a praktičtější. Výhodou je také vyšší přehlednost ve zdrojovém kódu. Celkem máme k dispozici 6 úrovní a každá má svou specifickou značku. Značky mají syntaxi: <H1>, <H2>, ..., <H6> přičemž tag <H1> zobrazí nadpis největší a jeho velikost se plynule zmenšuje k <H6>.

### Barvy

HTML definujeme pro základní barvy (bílá, černá, modrá, červená atd.) přímé názvy odpovídající anglickému ekvivalentu, tedy white=bílá, black=černá, blue=modrá a

red=červená. Tyto barvy se zadávají jako hodnota parametrů značek **FONT COLOR="barva"**. Názvy se zadávají do uvozovek. Je nasnadě pokrýt názvy všech barev a jejich kombinace. K tomu abychom mohli používat další barvy, potřebujeme mít základní znalosti míchání barev a hexadecimální soustavy. Barvy se definují jako šesticiferná hexadecimální čísla např. takto #0000FF. Jednotlivé složky barvy RGB se zadávají pomocí osmibitových čísel (8 bitů=256 kombinací=dvojciferné hexadecimální číslo) . V tomto případě je červená reprezentována dvojicí 00, zelená také 00 a modrá dvojicí FF. Každý HTML dokument má svoje výchozí barevné nastavení. Všechny změny se nastavují na začátku zdrojového textu ve značce <BODY>. Jednotlivé parametry jsou **BGCOLOR** barva pozadí, **TEXT** barva textu, **LINK** barva odkazu, **VLINK** barva navštíveného odkazu a **ALINK** barva odkazu na nějž se právě kliklo.

### 1.1.9 Obrázky

Použitím obrázků se stránky stanou zajímavější pro jejich čtenáře. Také to přinese hned několik výhod. Prezentace některých informací v grafické podobě je mnohem efektivnější než v textové.

#### Vložení obrázku

[viz. 4] Prvním předpokladem pro vložení obrázku je jeho uložení ve vhodném formátu. Prohlížeče dnes podporují různé grafické formáty a to např. GIF, JPEG a PNG vyvinutý speciálně pro web. Obrázek většinou získáme jeho neskenováním z předlohy nebo nakreslením v některém z grafických editorů.

Obrázek, který chceme použít musíme nejprve zkopírovat do adresáře se stránkou a pak pomocí příkazu <IMG> vložit do stránky. Soubor s obrázkem specifikujeme pomocí atributu SRC, který slouží k zapsání URL adresy obrázku.

Základní syntaxe je: <IMG SRC="obrázek"> a definuje soubor s obrázkem. Celkem lze použít čtyři způsoby zadávání cesty:



`<IMG SRC="obr.gif">` obrázek v aktuálním adresáři, `<IMG SRC="../obr.gif">` relativní zadání cesty, `<IMG SRC="c:/gifs/obr.gif">` absolutní zadání lokální cesty, `<IMG SRC=http://www.stranka.cz>` cesta k obrázku je zadána s celou URL.

### Zarovnání obrázku v textu

[viz. 5] Velice užitečným atributem pro obrázky je parametr `ALIGN`. Tento parametr ovlivňuje umístění obrázku vzhledem k okolnímu textu. Může nabývat jedné z pěti hodnot. Jsou to hodnoty **TOP**, **MIDDLE**, **BOTTOM**, **LEFT**, **RIGHT**. První tři z těchto hodnot určují způsob vertikálního zarovnání obrázku z okolním textem. Parametr **TOP** zarovná horní okraj obrázku s nejvyšším prvkem, **MIDDLE** zarovná linku na které je text, **BOTTOM** zarovná spodní okraj obrázku s linkou. Použití hodnot **LEFT** nebo **RIGHT** způsobí, že text bude obtékat obrázek, který je umístěn u levého nebo pravého okraje stránky.

### Velikost obrázku

[viz. 2] HTML umožňuje zadávat další parametry `<IMG>` jako velikost. Prohlížeč může obrázek zvětšit nebo zmenšit ovšem obrázek bude zkreslen. Pro nastavení velikosti obrázku jsou definovány tyto parametry:

**WIDTH="šířka v bodech"**, **HEIGHT="výška v bodech"**. Příklad: `<IMG SRC="obrazek.gif" WIDTH="50" HEIGHT="100">`

Zobrazí obrázek o velikosti 50 x 100.

### Popisek obrázku a rámeček

HTML umožňuje přiřadit každému obrázku jakýkoliv popisek. Tento parametr má syntaxi `ALT="popisek obrázku"`. Obrázek může mít také rámeček různé velikosti. Rámeček se definuje parametrem `BORDER="n"` kde `n` je šířka rámečku.

### Obrázky na pozadí stránky

Jaký obrázek bude použit se definuje přímo ve značce <BODY> parametrem **BAC-  
KROUND=“pozadi“** kde pozadí je patřičný soubor s obrázkem včetně cesty. Jak je tedy patrné pokud obrázek přesahuje pravý nebo dolní okraj je patřičně ořezán. Zajímavý je také efekt při rolování stránky, kdy obrázek na pozadí stojí zatímco stránka roluje. Tohoto ukotvení obrázku se dosahuje parametrem **BGPROPERTIES=“FIXED“**.

## 1.2 E-learning

[viz. 8] V současné době je pojem E-learning v oblasti informačních technologií nad jiné frekventovaný. Pod tímto pojmem se může skrývat téměř cokoliv, od nabídky digitalizovaných učebních pomůcek až po informační systémy podporující vzdělávací proces v plném rozsahu. Jedná se o moderní způsob výuky podporovaný moderními informačními a komunikačními technologiemi, při němž studující přistupují ke vzdělávacím programům a kurzům ze svých počítačů pomocí internetových prohlížečů jako je MS Internet Explorer nebo Netscape Navigator nebo přímo na počítačích z CD ROMů. Umístění informačních serverů s požadovaným obsahem dat pak může být na úrovni intranetu nebo internetu.

E-learning je řešení určené pro vzdělávání, avšak pro vzdělávání pojaté v celém kontextu. Neomezuje se proto na pouhou výuku studentů, ale je v širším pojetí metodou sdílení a předávání informací. Na rozdíl od klasických informačních systémů, které se zabývají zejména sdílením informací a možnostmi vyhledat potřebné informace ve správný čas, tato forma výuky klade vysoký důraz i na způsob předání informace. V dnešní době nestačí pouze správnou informaci ve správný okamžik získat, ale je třeba též tuto informaci plně pochopit a dát si ji do patřičných souvislostí. To právě díky svým výukovým schopnostem přináší E-learning.

E-learning se proto silně prosazuje nejen ve vzdělávání studentů, ale také jako prostředek, jak efektivně informovat zaměstnance nebo zákazníky a partnery o důležitých skutečnostech.

### 1.2.1 Multimediální výukový kurz

[viz. 8] Pod pojmem E-learning si nepředstavujeme pouze multimediální výukové kurzy, to je jedna ze složek patřící do tzv. off-line formy studia. E-learning zahrnuje další složky výuky. Jsou to složky off-line formy studia kam patří např. (komunikace pomocí mailu, diskusních skupin, nástěnek atd.). Dále sem patří On-line složky do kterých patří (chat, sdílení aplikací, videokonference, virtuální třídy atd.). Patří sem také sdílení a využívání firemního intelektuálního kapitálu a také celý proces řízení vzdělávání.

Multimediální výukový kurz má tři fáze v průběhu jeho vývoje:

### **a) výroba**

Multimediální kurz je program, který kombinuje textový výklad s animacemi, videem, auditem, grafikou, schémata a testovacími objekty. Forma kurzu se volí na základě řady kritérií, jako jsou profily potenciálních studentů (vzdělání, vztah k počítačům, prostředí kde studují), typu vyučované látky (teorie, praktická činnost, pracovní postupy) či technologicke možnosti (počítače, síť, připojení na internet). Existuje řada forem od lineárních prezentací látky, přes interaktivní tutoriály, až po komplexní simulace reálných situací. Vyrobené kurzy vždy kromě předávání vyučované látky v atraktivní formě studentům zajišťují zpětnou vazbu od studentů pomocí testových otázek, voleb z možností či návrhů řešení. Studenti jsou tak aktivně vtahováni do výuky. Takto by měl vypadat multimediální výukový kurz na profesionální úrovni

### **b) distribuce**

Po vyrobení kurzu je třeba tento kurz distribuovat na počítače ke studentům či do počítačových učeben. Mezi základní způsoby distribuce kurzů patří CD ROM, lokální PC disky, místní počítačová síť, intranet, Internet či hybridní metody. CD ROM a lokální disky pojmu značné množství dat, k nevýhodám naopak patří obtížnější aktualizace vyučované látky. Trendem je proto distribuce kurzů na intranet či Internet. Tyto prostředky přinášejí jednotné standardy, prostředí a zabezpečení, možnost regionální rozšiřitelnosti a téměř okamžitou distribuci hotového kurzu ke studentovi. Hybridní metody spojují výhody (ale i nevýhody) uložení dat na CD ROM či disku uživatele s výhodami intranetu/Internetu.

### **c) řízení**

Proces řízení výuky nastává po distribuci vzdělávacích kurzů ke studentům. Tento proces zabezpečuje zpřístupnění správných kurzů ve správný čas studentům, informování studentů, jak si v kterém kurzu vedou a kde mají pokračovat. Ve vztahu k managementu jsou v řídicím procesu sledovány informace, jak si jednotliví studenti vedou v kurzech a testech

(počty dosažených bodů, doba strávená jednotlivých objektech, odpovědi na jednotlivé otázky) a statisticky jsou vyhodnocovány jednotlivé kurzy (průměrná úspěšnost, doba průchodu, počet absolventů). Rovněž je řešena správa kvalifikací s možností definic organizací, pracovních postů, dovedností, kurzů, které je splňují. Nové technologie podporují i nástroje pro adaptivní učení, spolupráci, týmový vývoj a knowledge management (tvorba znalostní databáze).

### 1.2.2 Co E-Learning přináší

E-learning přináší vzdělávání levněji, rychleji a lépe.

#### a) levněji

Klasické vzdělávání sebou nese řadu nákladů nesnižujících se po celý vzdělávací proces. Jedná se například o cenu za lektory, pronájem školících prostor a prostředků, výrobu školících materiálů, dopravu na školení, stravné a řadu dalších. Mezi významné skryté náklady pak patří skutečnost, že zaměstnanci bývají po dobu školení i delší dobu mimo pracovní proces a neplní své pracovní úkoly.

E-learning přináší počáteční náklady například na výrobu kurzů, implementaci řídicího systému či investici do výpočetní techniky. Poté jsou však již náklady na provoz minimální. Lektori jsou využíváni efektivně pro aktivní tvorbu obsahu a řízení výuky a ne pro neustálé opakování výkladu na učebnách, pronájem školících prostor a prostředků většinou odpadá, vyrobená školení se velmi jednoduše aktualizují, rozšiřují a integrují se do nich nové poznatky získané při výuce. Doprava zaměstnanců odpadá či se eliminuje na individuální dopravu do počítačových učeben. Zaměstnanci mohou absolvovat školení ve vhodných okamžicích v průběhu pracovního procesu, takže z něj nejsou vyřazeni. U většiny společností, které již vzdělávají klasickými metodami a mají správně kalkulované celkové vzdělávací náklady přímé i nepřímé, lze spočítat, že zavedením E-learningu i se započtením počátečních nákladů se významně sníží již v prvním či druhém roku celkové náklady na vzdělávání.

### **b) levněji**

Při klasickém vzdělávání nedostávají většinou studenti školení ve chvíli potřeby, ale v době, kdy se jich sejde dostatečné množství, je k dispozici lektor, školící prostory a další prostředky. Nově nastupující zaměstnanci často čekají na proškolení dlouho. Pokud se změní školený předmět, trvá opět dlouhou dobu, než jsou všichni zaměstnanci přeškoleni. Studenti si rovněž nemohou jednoduše školení zopakovat či se vrátit k části školené látky. E-learning umožňuje studentům dostat školení skutečně ve chvíli, kdy potřebují. Stačí spustit počítač a začít. Noví zaměstnanci jsou proškoleni v okamžiku příchodu, každý zaměstnanec se může kdykoliv k jakémukoliv školení či jeho části vrátit. Při změně pravidel, předpisů apod. se tato změna dostává ke všem zaměstnancům ihned po zapracování do školícího programu, což bývají řádově hodiny až dny. Pokud je výukový kurz správně koncipován z jednotlivých elementů (učební objekty), mohou zaměstnanci tyto elementy dále využívat v každodenním pracovním procesu v nástrojích pro knowledge management. Vzdělávání je tak integrováno do každodenního života studenta.

### **c) lépe**

Klasické vzdělávání předpokládá, že všichni studenti v učebně vnímají stejně rychle, všem vyhovuje mluvený výklad lektora a všichni chtějí v dané chvíli látku studovat.

E-learning všechny tyto nedostatky odstraňuje. Student prochází výukovým kurzem svým tempem, sám si určuje způsob průchodu, vracení se k tématům, vybírá si z více variant výkladu. Rovněž si kurz spouští ve chvíli, kdy potřebuje, to znamená že chce studovat a bude se výkladu věnovat. Prostřednictvím řady otázek, simulací a testů je vtahován aktivně do výuky, což významně zvyšuje zapamatování výuky.

U klasického vzdělávání se velmi obtížně měří, jaké informace si student uchoval z kurzu a jak se měnily (většinou mizely) s odstupem času. Kvalita kurzu je vysoce závislá na kvalitě lektora a bývá v čase proměnlivá. Často rovněž nelze kurz zhodnotit až do chvíle, než ho studenti absolvují, takže se zjistí až poté, že tento kurz nechtěli či byl o něčem jiném.

E-learning pomocí testovacích objektů a řídicích systémů efektivně měří každý kurz. Umožňuje objektivně nastavit požadované cíle (např. student musí po absolvování kurzu správně zodpovědět 95 ze 100 dotazů o látce) a ty pak jednoduše změřit. E-learning dodává okamžitě k dispozici informace o jednotlivých studentech, kolik kde dosáhli bodů, jak dlouho trávili čas v kterých částech kurzu, jak odpovídali na dotazy. E-learning rovněž jednoduše statisticky hodnotí úspěšnost jednotlivých kurzů a tím identifikuje kurzy, které je třeba připravit.

E-learning rovněž přináší nové formy komunikace a spolupráce jak mezi studenty, tak mezi studenty a lektory, které by bez využití IT nebyly myslitelné. E-learning dělá z učení adresný, individuální, interaktivní a poutavý proces, který je integrován do každodenního života studenta.

### 1.2.3 Vztah E-learningu a klasické výuky

Díváme-li se na E-learning jako na efektivní využívání informačních technologií ve vzdělávání, jedná se pak vlastně o nové možnosti, které můžeme ve vzdělávání využít. Klasické vzdělávání pod vedením lektorů existuje již do počátku historie a pro určité oblasti bude nezastupitelné patrně i v budoucnosti. Vzdělávání pouze pomocí lektorů má však i řadu nedostatků naznačených na předchozích stránkách. E-learning se snaží eliminovat tyto nedostatky a je tak optimálním řešením pro komplexní vzdělávání. Jen vhodným sloučením klasických přístupů a E-learningu lze ze vzdělávání udělat poutavý, adresný, individuální a interaktivní proces integrovaný do každodenního života. I pro oblasti, kde je osobní kontakt s lektorem považován za nezastupitelný, lze například „předškolit“ elektronicky studenty. Ti pak na školení s lektorem přicházejí již s řadou informací a dotazů, lektor se může věnovat pouze zajímavým či obtížným částem látky a lze tak významně zkrátit dobu školení. Lektor navíc není vůbec vyloučen z procesu E-learningu, jak by se někomu mohlo zdát. E-learning přináší řadu komunikačních nástrojů počínaje e-mailem a konče videokonferencemi, které umožňují lektorům individuálně se věnovat jednotlivým studentům. Na základě zpětných informací z kurzů má lektor přesné informace, jak si student vedl v které lekci, kolik kde dosáhl bodů a kolik času strávil v jednotlivých oblastech výuky. Díky řadě komunikačních kanálů může pak se studentem komunikovat intenzivněji, než jak je tomu ve vyhrazených hodinách klasické výuky. Namísto neustálého opakování té samé látky na učebnách se může lektor intenzivně věnovat přípravě nové látky či zdokonalování a aktualizaci stávající. E-learning dodává lektorům výkonné nástroje pro snadný a rychlý převod vlastních znalostí, zkušeností a dovedností do formy, která tyto aktiva udělá okamžitě dostupné všem, kteří je potřebují.

### 1.2.4 Je E-learning pouze pro vzdělávání

E-learning je řešení určené pro vzdělávání, avšak pro vzdělávání pojaté v celém kontextu. Neomezuje se proto na pouhou výuku studentů, ale je v širším pojetí metodou sdílení a předávání informací. Na rozdíl od klasických informačních systémů, které se zabývají zejména sdílením informací a možnostmi vyhledat potřebné informace ve správný čas, E-learning klade vysoký důraz i na způsob předání informace. V dnešní době nestačí pouze správnou informaci ve správný okamžik získat, ale je třeba též tuto informaci plně pochopit a dát si ji do souvislostí. To právě díky svým výukovým schopnostem přináší E-learning.

### 1.2.5 Inovace E-learningu

[viz. 9] E-learning přináší do oblasti studia nové způsoby neboli inovace. Tyto inovace odůvodňují jeho postupné využívání. Jsou to:

#### a) nová motivace studujících

E-learningové systémy poskytují řadu prostředků, které umožňují jak studentům, tak pedagogům či managementu důslednou a přesnou kontrolu studijních výsledků. Právě tento fakt může působit jako velmi silná motivace pro všechny uživatele. Studující je sledováním vlastního postupu motivován vnitřně a dostává tím dobrou příležitost projevit svou snahu a cílevědomost. Na druhou stranu vyučující či řídicí pracovník může důsledně a detailně kontrolovat výsledky a vyvinuté úsilí, a následně studujícího hodnotit či motivovat dalšími prostředky. V případě školní výuky se jedná o výborný prostředek pro rodičovskou kontrolu, ve firemních poměrech pak jde o silný nástroj pro práci se zaměstnanci.

#### b) nové výukové materiály

Technologické prostředky, na nichž je E-learning postaven, mimo jiné poskytují do té doby nedostupné možnosti v oblasti prezentace široké škály výukových materiálů. Právě díky tomuto faktu je často použití multimediálních materiálů nesprávně zaměňováno za E-learning jako takový. Zásadním principem v této oblasti je využití tzv. hypertextu, a to v nejobecnějším pojetí: výukové informace a jednotlivé materiály jsou vnitřně propojeny dle



různých souvislostí funkčními odkazy, které umožňují jejich bezprostřední vyhledávání a zobrazení. Studující tak má bezprostředně po ruce klasické textové zdroje, obrazové materiály (fotografie, ilustrace, atd.) animované sekvence a např. zvukové záznamy, a to vše propojeno a organizováno na základě obsahu a nikoliv formy.

### **c) nové souvislosti**

Díky součinnosti použitých technologických prostředků poskytuje E-learning řadu příležitostí pro využití informací, které dosud byly jen obtížně uchopitelné. Díky průběžnému zaznamenávání různých parametrů a automatizovanému hledání vazeb mezi nimi lze odhalit řadu souvislostí: např. nezáměr studentů o kurzy určitého typu může odhalit jejich špatnou koncepci, naproti tomu nezáměr o výuku pomocí materiálů určitého autora spíše indikuje problém na straně tvůrce. Tyto znalosti jsou často výsledkem analýzy značného množství dat, jež by bez výpočetních technologií nebyla možná – jednak díky velkému rozsahu, jednak díky jemným odchylkám v každém jednotlivém případě. Syntetické hodnocení podobného druhu dokáže poskytnout rychlou zpětnou vazbu tam, kde dříve vůbec neexistovala.

## **1.2.6 Výhody použití E-learningu**

### **a) každodenní samozřejmost**

[viz. 10] Přejít mezi pracovním procesem a výukou je často velmi ztrátovou fází, a to jak z hlediska časového, tak např. po stránce soustředění. V případě použití E-learningu se však pracovník – studující může plynule pohybovat mezi pracovním výkonem a studijní fází, a to prakticky beze ztrát. Zůstává většinou na svém pracovišti, volí si pro studium nejvhodnější dobu vzhledem ke svým úkolům a zapojuje tím nenásilně vzdělávání do své každodenní, samozřejmé činnosti.

### **b) individuální přístup**

Zásadní změnou pro studující oproti klasickému vzdělávání je značná míra individuality. Každý uživatel E-learningového procesu si totiž volí vlastní tempo práce, začíná a končí svou výuku v samostatně zvolenou denní či pracovní dobu a může si např. vybrat kurzy s úrovní odpovídající jeho aktuálním znalostem a zkušenostem. Toto vše jsou cíle, jichž se

při klasickém, pedagogem vedeném skupinovém vzdělávání dosahuje jen s velkými obtížemi a vždy jen za cenu kompromisů.

### c) **kompletní informovanost**

Použití moderních technologií poskytuje široké možnosti v oblasti zhodnocení postupně shromažďovaných dat, které vypovídají o studijním procesu. Relativně snadné je poté určit některé z následujících faktů: jak často a ve kterou denní dobu uživatelé studují, jaké jsou jejich pokroky, jaké typy kurzů a v jakém poměru využívají, jak se vyvíjejí při studiu jejich znalosti, jaké jsou celkové náklady na výuku aj.

### d) **úspora**

Jedním z největších problémů při realizaci především větších studijních projektů (hromadné proškolení či testování, průběžné masové vzdělávání) je cenová náročnost. Ta plyne z mnoha okolností: kvalifikovaní pedagogové jsou drazí, nákup značného množství klasických studijních materiálů je cenově náročný a např. školící prostory na dostačující úrovni jsou často cenově nedostupné. Tyto a řadu dalších obtíží dokáže E-learning vyřešit – školícím místem může být stávající pracoviště (kanceláře s osobními počítači, počítačová učebna), potřebné materiály mohou být zpřístupněny v multimediální formě po síti a přiměřená míra samostudia dokáže ušetřit pedagogické síly.

## 1.2.7 **Výhody**

[viz. 6]

- svobodná volba času studia
- úspora času a nákladů na vzdělávání (cestování)
- jednotný systém výuky (informací) a testování znalostí
- absence stresu z momentálního studijního neúspěchu
- možnost konzultace s lektorem a s ostatními studenty
- vyškolení velkého počtu studentů v krátkém čase
- rychlý a konzistentní přenos informací

- relativně snadná aktualizace obsahu
- průběžné doplňování znalostí
- kontrola osvojených znalostí a dovedností
- sledování průběhu a výsledků studia
- variabilita a interaktivita
- tvorba znalostní databáze (knowledge management)
- látka vnímaná více smysly se lépe pamatuje

### 1.2.8 Nevýhody

[viz. 6]

- vysoce sofistikovaná metoda výuky
- absence motivujícího „živého“ prostředí
- náklady na PC – Hardware, Software, nutnost připojení k internetu
- vysoké počáteční náklady

## II. PRAKTICKÁ ČÁST

## 2 TEORIE Z ŘÍZENÍ TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ

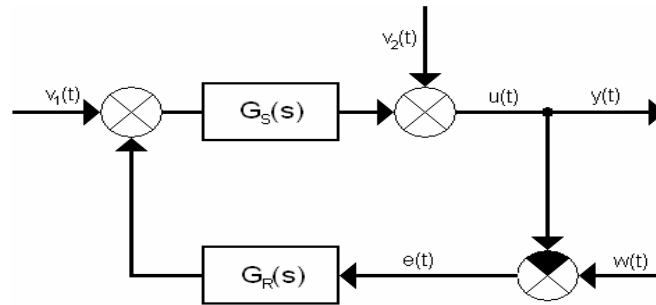
### 2.1 Analýza regulačního obvodu

[viz. 6] Analýza regulačního obvodu je důležitou součástí takových oborů jako je identifikace, simulace a syntéza systémů. Analýzou regulačního obvodu se rozumí zjišťování chování, charakteristiky a stability systému při znalosti jeho struktury a vlastností. Analýzu lze také vyložit jako rozbor vyšetřovaného systému s cílem specifikace jeho podstatných vlastností. Při analýze systém zůstává nezměněn.

#### 2.1.1 Regulační obvod

Regulační obvod je chápán jako obecný soubor prvků určitých vlastností mezi nimiž existují vzájemné vazby a jako celek má dány vztahy k okolí. Pro začátek uvažujme lineární spojitý jednorozměrový regulační obvod viz. obr. 1, kde:

- $w(t)$    žádaná hodnota
- $e(t)$    regulační odchylka
- $u(t)$    akční zásah při působení poruchy  $v_1(t)$
- $y(t)$    regulovaná veličina
- $v_1(t)$    porucha na vstupu do soustavy
- $v_2(t)$    porucha na výstupu ze soustavy
- $G_R(s)$    přenos regulátoru
- $G_S(s)$    přenos soustavy



Obr. 1. Základní blokové schéma regulačního obvodu

Lineární spojitý systém – dynamický systém, který je popsán lineární diferenciální rovnicí a všechny signály v systému jsou v čase spojité.

## 2.2 Laplaceova transformace (L-transformace)

Laplaceova transformace patří do skupiny integrálních transformací a v teorii automatického řízení je základním matematickým aparátem a účinným nástrojem při popisu chování tj. analýze i syntéze lineárních spojitých systémů.

### 2.2.1 Definice Laplaceovy transformace

[viz. 1] Laplaceova transformace je definována vztahem:

$$F(s) = L\{f(t)\} = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt \tag{1}$$

kde  $f(t)$  .....je originálem (předmětem) a je reálnou funkcí definovanou v časové oblasti pro  $t \in \langle 0, \infty \rangle$

$F(s)$  .....obraz, je komplexní funkcí definovanou v oblasti komplexní proměnné

$s = \alpha + j\omega$  ....komplexní proměnná ( $\alpha = \text{Re } s, \omega = \text{Im } s$ )

$t$  .....reálná proměnná (v našem případě čas)

$L$  .....operátor přímé Laplaceovy transformace

$j = \sqrt{-1}$  .....imaginární jednotka

Aby funkce  $f(t)$  v integrálu byla integrace schopna, tj. aby existoval obraz, musí být splněny níže uvedené požadavky na funkci  $f(t)$ :

1. musí být nulová pro záporný čas, tj.

$$f(t) = f(t) \text{ pro } t \geq 0, \quad f(t) = 0 \text{ pro } t < 0$$

2. musí být alespoň po částech spojitá
3. musí být funkcí exponencionálního řádu, tj. musí vyhovovat nerovnosti

$$|f(t)| \leq M e^{\alpha_0 t}, \text{ kde } M > 0; \alpha_0 \in (-\infty, \infty), t \in \langle 0, \infty \rangle.$$

### 2.2.2 Základní vlastnosti Laplaceovy transformace

Laplaceova transformace má několik důležitých vlastností, které mohou být použity při výpočtu Laplaceových transformací funkcí, při řešení lineárních diferenciálních rovnic s konstantními koeficienty a při řešení některých úloh řízení dynamických systémů.

Je-li  $F(s) = L\{f(t)\}$ , pak platí:

1. Věta o derivování originálu

pro 1. derivaci:

$$L\left\{\frac{df(t)}{dt}\right\} = sF(s) - f(0) \quad (2)$$

pro n-tou derivaci

$$\begin{aligned} L\{f^{(n)}(t)\} &= s^n F(s) - \sum_{i=1}^n s^{n-i} \frac{d^{i-1} f(0)}{dt^{i-1}} = \\ &= s^n F(s) - s^{n-1} f(0) - s^{n-2} f'(0) - s^{n-3} f''(0) - \dots - f^{(n-1)}(0) \end{aligned} \quad (3)$$

2. Věta o integrování originálu

$$L\left\{\int_0^t f(\tau)d\tau\right\} = \frac{1}{s} F(s) \quad (4)$$

3. Věta o počáteční a konečné hodnotě

$$f(0) = \lim_{t \rightarrow 0} f(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} sF(s) \quad \text{věta o počáteční hodnotě}$$

$$f(\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = \lim_{t \rightarrow 0} sF(s) \quad \text{věta o konečné hodnotě}$$

4. Věta o linearitě

$$\begin{aligned} L\{a_1 f_1(t) + a_2 f_2(t)\} &= a_1 F_1(s) + a_2 F_2(s) \\ L^{-1}\{b_1 F_1(s) + b_2 F_2(s)\} &= b_1 f_1(t) + b_2 f_2(t) \end{aligned} \quad (5)$$

5. Věta o posunutí originálu, resp. o opoždění

$$L\{f(t-a)\} = e^{-as} F(s) \quad (6)$$

kde

$$a \geq 0 \quad \text{a} \quad f(t-a) = 0 \quad \text{pro} \quad t < a$$

6. Věta o posunutí obrazu, resp. o útlumu

$$L\{a^{-at} f(t)\} = F(s+a) \quad (7)$$

7. Věta o podobnosti, resp. o změně měřítka

$$L\left\{f\left(\frac{t}{a}\right)\right\} = aF(as) \quad (8)$$

$$L^{-1}\left\{F\left(\frac{s}{a}\right)\right\} = af(at) \quad (9)$$



### 2.2.3 Zpětná Laplaceova transformace

[viz. 6] Zpětná Laplaceova transformace transformuje funkce komplexní proměnné  $s$  na funkce reálné proměnné  $t$  pomocí Bromwich – Wagnerova integrálu

$$f(t) = L^{-1}\{F(s)\} = \frac{1}{2\pi j} \oint F(s).e^{st} ds \approx \frac{1}{2\pi j} \int_{\alpha_0 - j\omega}^{\alpha_0 + j\omega} F(s).e^{st} ds \quad (10)$$

Jelikož je však přímý výpočet dost obtížný určují se originály funkcí (přechodová, impulsní) pomocí jiných metod.

Originál funkce  $F(s)$  lze určit pomocí vztahů odvozených z Cauchyho věty o reziduích, kdy se integruje po oblouku kružnice s poloměrem  $\rho \rightarrow \infty$  a integrál zpětné Laplaceovy transformace se určí jako součet reziduí ve všech singulárních bodech obrazu  $F(s)$ . Potom platí:

$$f(t) = \sum_i \operatorname{res}_{s=s_i} [F(s).e^{st}] \quad (11)$$

kde  $s = s_i$  jsou póly přenosu  $F(s)$  a  $\operatorname{res} [F(s).e^{st}]$  jsou residua pro jednotlivé póly  $s_i$

a) nenásobný pól

$$\operatorname{res}[F(s).e^{st}] = \lim_{s \rightarrow s_i} [(s - s_i).F(s).e^{st}] \quad (12)$$

b)  $n$  – násobný pól

$$\operatorname{res}[F(s).e^{st}] = \frac{1}{(n_i - 1)!} \lim_{s \rightarrow s_i} \frac{d^{n_i-1}}{ds^{n_i-1}} [(s - s_i)^{n_i}.F(s).e^{st}] \quad (13)$$

nebo – výpočet funkce kdy přenos  $F(s)$  obsahuje pouze násobný pól

$$\operatorname{res}[F(s).e^{st}] = \frac{1}{(n_i - 1)!} \lim_{s \rightarrow s_i} [(s - s_i)^{n_i}.F(s).e^{st}] t^{n_i-1} \quad (14)$$

kde  $n_i$  je násobnost (řád) singulárního bodu (pólu) obrazu  $F(s)$ .

Při určování originálu funkce  $f(t)$  z obrazu  $F(s)$  je-li funkce racionálně lomená, použijeme rozklad (přenosu soustavy) na parciální zlomky a to například:

- metodou neurčitých součinitelů
- použitím Heavisideova rozvoje

$$F(s) = \frac{M(s)}{N(s)} = \frac{b_m s^m + \dots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + \dots + a_1 s + a_0}, \quad n < m \quad (15)$$

polynom jmenovatele je možno rozepsat:

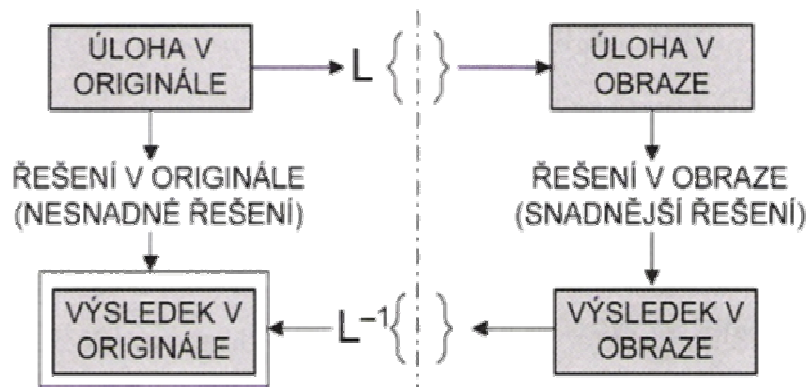
$$N(s) = a_n (s - s_1)(s - s_2)(s - s_n) \quad (16)$$

kde  $s_1, s_2, s_n$  jsou póly  $F(s)$

Pro dané parciální zlomky potom najdeme v operátorovém slovníku odpovídající originál.

#### 2.2.4 Způsob použití L transformace

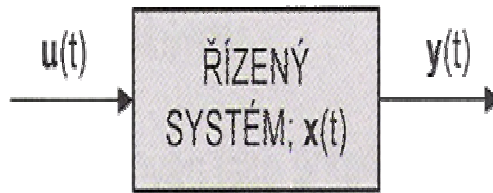
[viz. 1] Používá se k řešení lineárních diferenciálních případně integrodiferenciálních rovnic s konstantními koeficienty a soustav takových rovnic.



Obr. 2. Postup výpočtu při použití Laplaceovy transformace

### 2.3 Popis statických a dynamických vlastností systému

Řízený lineární dynamický systém má obecně vstupní veličiny  $\mathbf{u}(t)$ , výstupní veličiny  $\mathbf{y}(t)$  a stavové (vnitřní) veličiny  $\mathbf{x}(t)$ . Systém může mít jednu vstupní a jednu výstupní veličinu (tzv. jednorozměrový systém) nebo více vstupních a výstupních veličin (tzv. mnohorozměrový systém). Počet vstupních signálů tvoří vektor  $\mathbf{y}(t)$  výstupních veličin, počet výstupních signálů tvoří vektor  $\mathbf{y}(t)$  výstupních veličin. Jednorozměrový systém je zvláštním případem, kdy vstupní a výstupní vektory mají pouze jeden prvek.



Obr. 3. Řízený dynamický systém

Stavový vektor  $\mathbf{x}(t)$  má počet prvků rovný řádu systému.

### 2.3.1 Vnější popis systému

Vyjadřuje dynamické vlastnosti relací mezi vstupem a výstupem. Při vnějším popisu považujeme systém za černou skříňku se vstupem a výstupem. Nemusíme znát strukturu systému, ale analyzujeme reakci systému na vstupní signály. V oblasti vnějšho popisu používáme jednoduché a názorné vyjádření způsobů závislostí:

- lineární diferenciální rovnice systému
- přenos systému (v Laplaceově transformaci)
- přechodovou funkci a přechodovou charakteristiku systému
- impulzovou funkci a impulzovou charakteristiku systému

### 2.3.2 Popis systému lineární diferenciální rovnicí

Chování spojitého systému s jednou vstupní a výstupní veličinou lze popsat lineární diferenciální rovnicí s konstantními součiniteli ve tvaru:

$$a_n y^{(n)}(t) + a_{n-1} y^{(n-1)}(t) + \dots + a_1 y'(t) + a_0 y(t) = b_m u^{(m)}(t) + \dots + b_0 u(t) \quad (17)$$

kde  $a_j, b_j, \dots$ .....konstantní koeficienty

$u(t)$ .....vstupní veličina

$y(t)$ .....výstupní veličina

Z podmínky fyzikální realizovatelnosti systému musí platit nerovnost  $m \leq n$ , tzn. že stupeň nejvyšší derivace výstupní veličiny musí být větší nebo roven stupni derivace vstupní veličiny. Řád diferenciální rovnice  $n$  určuje řád systému. Pro řešení diferenciálních rovnic musíme znát počáteční podmínky systému  $y(0)$ ,  $y'(0)$ , ...,  $y^{(n-1)}(0)$  a průběh vstupní veličiny  $u(t)$  včetně jejich počátečních podmínek  $u(0)$  až  $u^{(m-1)}(0)$ . V systémech s konečnou rychlostí šíření signálu se může vyskytovat tzv. dopravní zpoždění  $T_d$ .

Diferenciální rovnice systému s dopravním zpožděním:

$$\sum_{i=0}^n a_i y^{(i)}(t) = \sum_{j=0}^m b_j u^{(j)}(t - T_d) \quad (18)$$

Systém s tzv. čistým dopravním zpožděním je popsán rovnicí:

$$y(t) = u(t - T_d) \quad (19)$$

### 2.3.3 Přenos systému

Přenos systému je definován jako poměr Laplaceova obrazu výstupní veličiny k Laplaceově obrazu vstupní veličiny při nulových počátečních podmínkách systému  $y(0) = y'(0) = \dots = y^{(n-1)}(0) = 0$  a vstupního signálu  $u(0) = u'(0) = \dots = u^{(m-1)}(0) = 0$ .

Lineární diferenciální rovnici můžeme transformovat použitím pravidel Laplaceovy transformace a splněním uvedených podmínek:

$$[a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0] Y(s) = [b_m s^m + \dots + b_1 s + b_0] U(s) \quad (20)$$

pak podle definice má přenos tvar:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{b_m s^m + \dots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + \dots + a_1 s + a_0} \quad (21)$$

přičemž musí být opět splněna podmínka fyzikální realizovatelnosti.

Polynomy ve jmenovateli i v čitateli lze vyjádřit ve tvaru součinu kořenových činitelů:

$$a_n s^n + \dots + a_1 s + a_0 = a_n (s - s_1) \dots (s - s_i) \dots (s - s_n)$$

$$b_m s^m + \dots + b_1 s + b_0 = b_m (s - n_1) \dots (s - n_j) \dots (s - n_m)$$

kde  $s_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) jsou kořeny jmenovatele, nazývají se póly  
 $s_j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) jsou kořeny čitatele, nazývají se nuly  
 $a_j, b_j$  jsou konstantní koeficienty

Jmenovatel přenosu je nazýván charakteristickým polynomem.

Přenos systému můžeme pomocí pólů a nulových bodů vyjádřit ve tvaru:

$$G(s) = \frac{b_m (s - n_1) \dots (s - n_j) \dots (s - n_m)}{a_n (s - s_1) \dots (s - s_i) \dots (s - s_n)} \quad (22)$$

Záporně vzatým převráceným hodnotám pólů a nul říkáme časové konstanty systému a označujeme:

časové konstanty čitatele:

$$\tau_j = -\frac{1}{s_j} \quad (23)$$

časové konstanty jmenovatele:

$$T_i = -\frac{1}{s_i} \quad (24)$$

Jsou-li nulové body i póly systému reálné, můžeme přenos systému vyjádřit pomocí časových konstant ve tvaru:

$$G(s) = \frac{b_0 (1 + s\tau_1)(1 + s\tau_2) \dots (1 + s\tau_3)}{a_0 (1 + sT_1)(1 + sT_2) \dots (1 + sT_n)} \quad (25)$$

Poměr

$$\frac{b_0}{a_0} = k_0 \quad (26)$$

se nazývá zesílení systému.

### 2.3.4 Přejchodová funkce a přechodová charakteristika systému

Přejchodová funkce, označujeme ji  $h(t)$ , je odezva na jednotkový skok při nulových počátečních podmínkách systému. Přejchodová charakteristika je grafické znázornění přechodové funkce.

Jednotkový Heavisideův skok je definován:

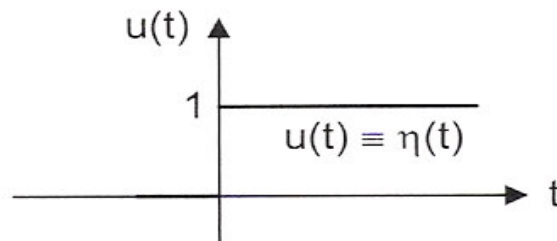
$$u(t) = \eta(t) = \begin{cases} 1 & \text{pro } t \geq 0 \\ 0 & \text{pro } t < 0 \end{cases}$$

Laplaceův obraz jednotkového skoku je:

$$L\{\eta(t)\} = L\{1(t)\} = \frac{1}{s} \quad (27)$$

Obraz přechodové funkce je:

$$L\{h(t)\} = H(s) = G(s)U(s) = \frac{G(s)}{s} \quad (28)$$



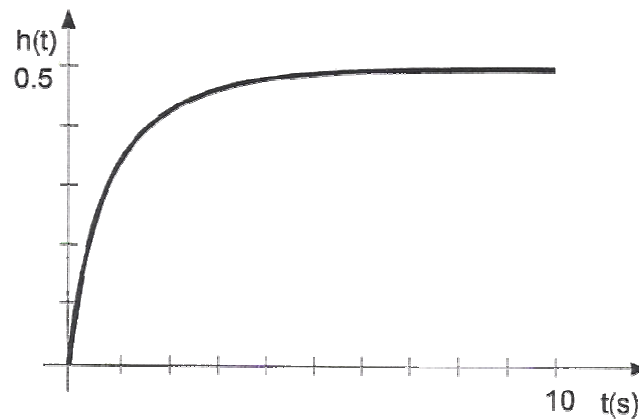
Obr. 4. Jednotkový (Heavisideův) skok

[viz. 6] Podmínky fyzikální realizovatelnosti:

$$h(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ h(t) & t \geq 0 \end{cases} \quad h(0) \neq 0 \text{ slabá podmínka fyzikální realizovatelnosti,}$$

$$h(t) = \begin{cases} 0 & t \leq 0 \\ h(t) & t > 0 \end{cases} \quad h(0) \neq 0 \text{ silná podmínka fyzikální realizovatelnosti.}$$

Přejchodová charakteristika je grafické znázornění přechodové funkce



Obr. 5. Příklad přechodové charakteristiky

### 2.3.5 Impulsová funkce a impulsová charakteristika systému

[viz. 1] Impulsová funkce, označujeme ji  $g(t)$ , je odezva na jednotkový impuls při nulových počátečních podmínkách. Jednotkový Diracův impuls je idealizovaná funkce, fyzikálně nerealizovatelná, definována vztahy:

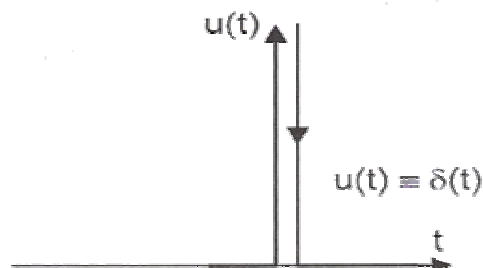
$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1 \quad \delta(t) = 0 \quad \text{pro } t \neq 0 \quad (29)$$

Laplaceův obraz Diracova impulsu je:

$$L\{\delta(t)\} = 1 \quad (30)$$

Obraz impulsové funkce je:

$$L\{g(t)\} = G(s)L\{\delta(t)\} = G(s) \quad (31)$$



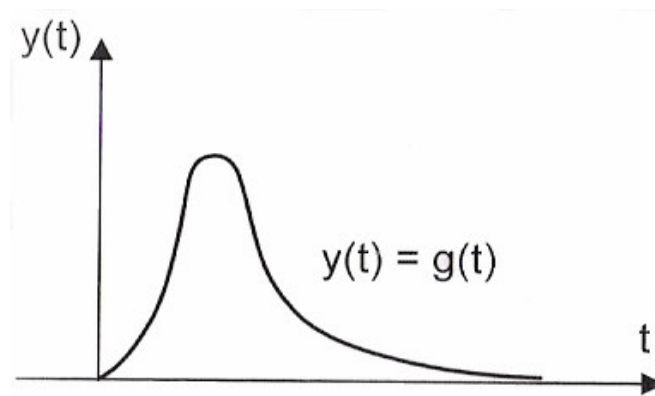
Obr. 6. Jednotkový (Diracův) impuls

a rovná se přenosu systému.

Hodnotu impulsové funkce v čase  $t = 0$ , tj.  $g(0)$ , je-li stupeň polynomu jmenovatele i čitatele přenosu stejný, tj.  $m = n$  můžeme použitím věty o počáteční hodnotě určit ze vztahu

$$g(0) = \lim_{s \rightarrow \infty} sG(s) = \begin{cases} \infty & \text{pro } b_n \neq 0 \rightarrow (m = n) & \text{slabá podmínka} \\ \frac{b_{n-1}}{a_n} & \text{pro } b_n = 0 \rightarrow (m = n - 1) & \text{silná podmínka} \\ 0 & \text{pro } b_n = b_{n-1} = 0 \rightarrow (m = n - 2) \end{cases}$$

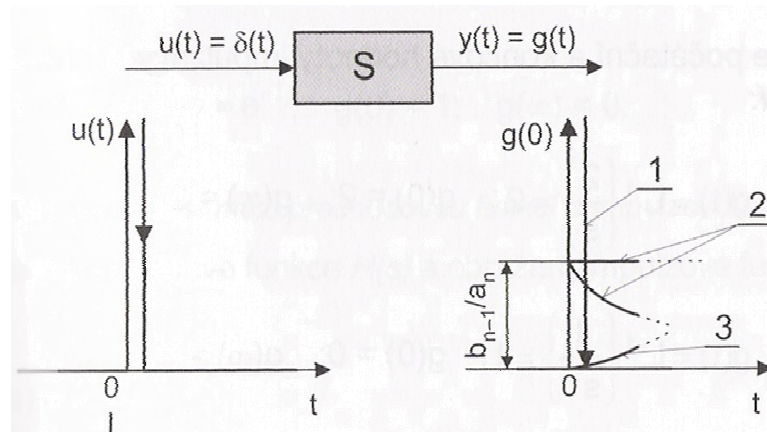
Impulsová charakteristika je grafické znázornění impulsové funkce.



Obr. 7. Průběh impulsové charakteristiky

Odtud vyplývá, že nekonečně vysoký impuls projde systémem až na výstup, je-li stupeň polynomu čitatele i jmenovatele stejný (viz. obr. 8. - 1. průběh). Je-li stupeň jmenovatele pouze o jednotku větší než je stupeň čitatele, má impulsová funkce v čase  $t = 0$  nespojitost, tj. skok z hodnoty  $g(t) = 0$  pro  $t < 0$  na  $g(0) = b_{n-1} / a_n$  (viz. obr. 8 - 2. průběh). Impulsová funkce začíná v nule je-li stupeň jmenovatele alespoň o dvě vyšší než stupeň čitatele.



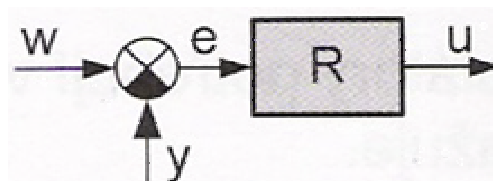
Obr. 8. Hodnota impulsové funkce  $g(t)$  pro  $t = 0$ 

## 2.4 Regulátory

Regulátorem je nazýváno zařízení v regulačním obvodu, kterým se uskutečňuje proces automatické regulace. Podstata činnosti regulátoru spočívá ve vyhodnocení regulační odchylky  $e(t) = w(t) - y(t)$  jako vstupního signálu, ve zpracování této odchylky podle zákona řízení, který je vlastní použitému regulátoru a ve vytvoření výstupního signálu - akční veličiny  $u_R(t)$  s cílem tak, aby odchylka  $e(t)$  byla eliminována zcela nebo aby byla co nejmenší.

### 2.4.1 Dynamické vlastnosti spojitých regulátorů

Při rozboru dynamických vlastností regulátoru se omezíme na dynamické vlastnosti ústředního členu.



Obr. 9. Blokové schéma regulátoru

Použijeme-li značení na obrázku 9 můžeme dynamické chování (činnost kombinovaného regulátoru) popsat lineární integrodiferenciální rovnicí

$$\dots + T_2^2 u''(t) + T_1 u'(t) + u(t) = r_0 e(t) + r_{-1} \int_0^t e(\tau) d\tau + r_1 \frac{de(t)}{dt} \quad (32)$$

kde  $r_0 e(t)$  - je proporcionální složka regulátoru

$r_{-1} \int_0^t e(\tau) d\tau$  - integrační složka regulátoru

$r_1 \frac{de(t)}{dt}$  - derivační složka regulátoru

$\dots, T_2^2 u'', T_1 u'(t)$  - zpožďující člen regulátoru

Jde o popis chování proporcionálně-integračně-derivačního regulátoru se zpožďujícími (setrvačnými) členy neboli skutečný PID regulátor.

Použijeme-li Laplaceovu transformaci, za předpokladu splnění nulových počátečních podmínek, můžeme ji upravit na přenos skutečného PID regulátoru:

$$G_R(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = \frac{r_0 + \frac{r_{-1}}{s} + r_1 s}{1 + T_1 s + T_2^2 s^2 \dots} = \frac{r_0 \left(1 + \frac{r_{-1}}{r_0} \frac{1}{s} + \frac{r_1}{r_0} s\right)}{1 + T_1 s + T_2^2 s^2 \dots} = \frac{r_0 \left(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s\right)}{1 + T_1 s + T_2^2 s^2 \dots} \quad (33)$$

kde  $r_0$  je proporcionální konstanta regulátoru

$r_{-1}$  - integrační konstanta regulátoru

$r_0 = k_R$  - zesílení analogového regulátoru

$T_I = \frac{r_0}{r_{-1}}$  - integrační časová konstanta regulátoru

$T_D = \frac{r_1}{r_0}$  - derivační časová konstanta regulátoru

Jestliže časové konstanty zpožďujících členů položíme rovné nule ( $T_1 = 0$ ,  $T_2 = 0$ , ...) dostaneme pohybovou rovnici i přenos ideálního PID regulátoru,

$$u(t) = r_0 e(t) + r_{-1} \int_0^t e(\tau) d\tau + r_1 \frac{de(t)}{dt} \quad (34)$$

$$G_R(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = r_0 \left( 1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right) \quad (35)$$

a podle toho, které z konstant  $r_0, r_{-1}, r_1$  položíme rovné nule dostáváme základní druhy regulátorů: P regulátor, I regulátor, derivační složka se používá pouze u kombinovaných regulátorů (D regulátor nic neví o skutečné hodnotě regulační odchylky, protože na vstupu je signál úměrný první derivaci – rychlosti odchylky) a kombinované regulátory PD regulátor, PI regulátor a PID regulátor. Tyto regulátory můžeme považovat za ideální (bez zpožďujících členů) nebo jako skutečné (se zpožďujícími členy).

#### 2.4.2 Stavitelné parametry regulátorů

V rovnicích jsme se setkali s konstantami regulátorů  $r_0, r_{-1}, r_1$  a s časovými konstantami  $T_I, T_D$ . U skutečných regulátorů se setkáváme se stavědly, kterými lze určovat vlivnost jednotlivých složek spojitého regulátoru. Jsou to:

$pp[\%]$  - pásmo proporcionality

$T_I = \frac{r_0}{r_{-1}} [s]$  - integrační časová konstanta

$T_D = \frac{r_1}{r_0}$  - derivační časová konstanta

**Pásmo proporcionality – pp [%]**

$$pp[\%] = \frac{1}{r_0} \cdot 100 \quad (36)$$

kde  $r_0 = k_R$  - zesílení regulátou.

Pásmo proporcionality určuje o jakou hodnotu, vyjádřenou v procentech, se musí změnit vstupní signál regulátoru, aby se akční člen přestavil z jedné krajní polohy do druhé.

**Integrační časová konstanta –  $T_I$  [s]**

$$T_I = \frac{r_0}{r_{-1}} [s] \quad (37)$$

Určíme ji z přechodové charakteristiky PI regulátoru. Integrační časová konstanta je čas, který by potřeboval čistě integrační regulátor, aby přestavil akční člen do polohy, které dosáhne PI regulátor v čase  $t = 0$  vlivem své proporcionální složky.

**Derivační časová konstanta –  $T_D$  [s]**

$$T_D = \frac{r_1}{r_0} [s] \quad (38)$$

Určíme ji u PD regulátoru pro vstupní signál jednotkové rychlosti. Derivační časová konstanta je čas, který by potřeboval čistě integrační regulátor, aby přestavil akční člen do polohy, které dosáhne PD regulátor v čase  $t = 0$  vlivem své derivační složky.

Rozsahy nastavení stavitelných parametrů regulátoru:

- pásmo proporcionality  $(2 \div 200) \%$
- integrační časová konstanta  $(0,1 - 30)$  minut
- derivační časová konstanta  $(0,1 - 30)$  minut

**2.4.3 Charakteristika činnosti spojitých regulátorů**

Charakteristika praktických vlastností a činností, které jsou důležité pro uživatele.

### P regulátor

- v uzavřeném regulačním obvodu pracuje s trvalou regulační odchylkou při regulaci proporcionálních regulovaných soustav. Má dobré stabilní vlastnosti.

### I regulátor

- v uzavřeném regulačním obvodu pracuje pouze s přechodnou regulační odchylkou. Regulační pochod se ustálí tehdy, kdy regulační odchylka  $e(t) = 0$ . Nevyhoví podmínkám stability, když by měl regulovat integrační regulovanou soustavu.

### D člen

- není schopen samostatné funkce jako regulátor, protože vstupním signálem je derivace regulační odchylky a neví tedy nic o velikosti (hodnotě) odchylky  $e(t)$ . Jako člen v kombinovaném regulátoru zlepšuje stabilní vlastnosti regulačního obvodu. Natáčí fázi amplitudové fázové charakteristiky v komplexní rovině o  $90^\circ$  a informuje regulátor o změně regulační odchylky.

### PI regulátor

- v uzavřeném regulačním obvodu odstraňuje trvalou regulační odchylku, kterou získáme při použití P regulátoru. Zlepšuje stabilní vlastnosti vzhledem k použití čistě I regulátoru. Pro určitá nastavení stavitelných parametrů vyhovuje z hlediska stability i pro integrační regulované soustavy. V počátku regulace převládá vliv proporcionální složky a s narůstajícím časem převládá vliv integrační složky.

### PD regulátor

- zlepšuje stabilní vlastnosti ve srovnání s použitím čistě P regulátoru. Lze tedy pracovat s vyšším zesílením regulátoru a menší trvalou regulační odchylkou vzhledem k použití čistě P regulátoru při regulaci proporcionálních regulačních soustav. V počátku regulace

převládá vliv derivační složky a s narůstajícím časem vliv proporcionální složky. Regulátor pracuje s přechodným zvýšeným zesílením.

PID regulátor

- v uzavřeném regulačním obvodu odstraňuje vlivem I složky trvalou regulační odchylku a vlivem D složky zlepšuje stabilitní vlastnosti regulačního obvodu. V počátku přechodového děje převládá derivační složka a v narůstajícím čase integrační složka regulátoru.

## 2.5 Posouzení jakosti regulačního pochodu ze stupně stability

Řešení charakteristické rovnice uzavřeného regulačního obvodu je obecně ve tvaru

$$y(t) = \sum_{i=1}^n C_i e^{s_i t} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (39)$$

kde  $s_{i,i+1} = \alpha_i \pm j\omega_i$  jsou nenásobné kořeny charakteristické rovnice uzavřeného regulačního obvodu.

Reálné kořeny  $s_i = -\alpha_i$  určují stabilitní aperiodické složky řešení:

$$y_i(t) = C_i e^{-\alpha_i t} \quad (40)$$

Komplexně sdružené kořeny  $s_{i,i+1} = -\alpha_i \pm j\omega_i$  určují stabilní kmitavé složky řešení:

$$y_i(t) = C_{i1} e^{(-\alpha_i + j\omega_i)t} + C_{i2} e^{(-\alpha_i - j\omega_i)t} \quad (41)$$

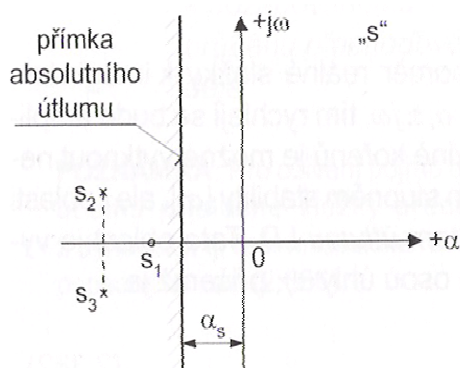
Obvod je tím stabilnější, čím více jsou kořeny charakteristické rovnice uzavřeného regulačního obvodu vzdáleny doleva od imaginární osy roviny kořenů „s“ (Obr. č.10: Rovina kořenů s). Čím rychleji bude hodnota přechodné odchylky konvergovat k nule, tím bude větší bezpečnost ve stabilitě. Tímto způsobem lze definovat stupeň stability, jako vzdálenost  $|\alpha_s|$ , o kterou je posunuta *přímka absolutního útlumu* vlevo od imaginární osy v rovině „s“.  $|\alpha_s|$  současně určuje velikost tlumení. Tlumení roste s růstem hodnoty  $|\alpha_s|$ . Velikost tlumení můžeme určit z podmínky, že za dobu  $t_1$  bude počáteční odchylka  $y_0$   $n$ -krát menší viz (obr. 11 Výpočet velikosti tlumení  $|\alpha_s|$ ).

Z obrázku č. 11 bude platit:

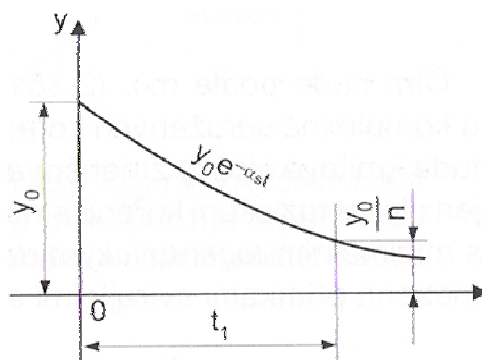
$$\frac{y_0}{n} = y_0 e^{-\alpha_s t_1}, \quad (42)$$

$$\ln n = |\alpha_s| t_1, \quad (43)$$

$$|\alpha_s| = \frac{1}{t_1} \ln n. \quad (44)$$



Obr. 10. Rovina kořenů s



Obr. 11. Výpočet velikosti tlumení  $|\alpha_s|$

Z toho plyne, že všechny kořeny charakteristické rovnice musí ležet vlevo od přímky absolutního útlumu, která probíhá ve vzdálenosti  $|\alpha_s|$  rovnoběžně s imaginární osou viz (Obr. č. 10: Rovina kořenů s).

### 2.5.1 Metody kritického zesílení (metoda Ziegler-Nicholsonova)

Původně se jednalo o čistě empirickou metodu pro nastavení stavitelných parametrů regulátoru, který je připojen k vlastní skutečné regulované soustavě. Jde o metodu uzavřené smyčky na mezi stability. Základní myšlenkou metody je přivést regulační obvod do tzv. kritického stavu, tj. na hranici stability, přičemž regulátor pracuje pouze s proporcionální složkou a tedy integrační a derivační složka jsou vyřazeny nastavením

$$T_I = \infty \quad \text{a} \quad T_D = 0, \quad \text{resp.} \quad r_{-1} = 0 \quad \text{a} \quad r_1 = 0.$$

Do kritického stavu obvod přivedeme postupným zvyšováním zesílení regulátoru  $k_R$ , resp.  $r_0$ , až obvod začne kmitat s konstantní amplitudou. Zesílení regulátoru, při kterém

k tomu došlo, nazýváme kritickým zesílením  $k_R = k_{Rk}$ , resp.  $r_0 = r_{0k}$  a periodu kritických kmitů  $T = T_k$ . Tyto tzv. kritické hodnoty dosadíme do empirických vztahů pro použitý typ regulátoru a vypočítáme doporučené seřízení (viz tabulka č. 1).

Tabulka I. Seřízení spojitého regulátoru z kritických hodnot regulátoru

Typ regulátoru	$G_R(s) = k_R(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s)$	$G_R(s) = r_0 + \frac{r_{-1}}{s} + r_1 s$				
<b>a) kmitavý proces, tj. překmit <math>\kappa \approx (20 + 40) \%</math></b>						
	$k_R^* \equiv k_P^*$	$T_I^*$	$T_D^*$	$r_0^*$	$r_{-1}^*$	$r_1^*$
<b>P</b>	$0,5k_{pk}$	-	-	$0,5r_{0k}$	-	-
<b>PI</b>	$0,45k_{pk}$	$\frac{T_k}{1,2}$	-	$0,45r_{0k}$	$\frac{0,54r_{0k}}{T_k}$	-
<b>PD</b>	$0,5k_{pk}$	-	$0,05T_k$	$0,5r_{0k}$	-	$0,02r_{0k}T_k$
<b>PID</b>	$0,6rk_{pk}$	$0,5T_k$	$0,12T_k$	$0,6r_{0k}$	$1,2\frac{r_{0k}}{T_k}$	$0,075r_{0k}T_k$
<b>I<sup>+</sup></b>	-	$2T_{Ik}$	-	-	$0,5r_{-1k}$	-
<b>b) nekmitavý proces, tj. pro překmit <math>\kappa \approx 0 \%</math></b>						
<b>P</b>	$0,25k_{pk}$	-	-	$0,25r_{0k}$	-	-
<b>I</b>	-	$4T_{Ik}$	-		$0,25r_{-1k}$	-

pozn. :

<sup>+</sup>)V případě čistě integračního regulátoru přivedeme regulační obvod do kritického stavu snížením  $T_I \rightarrow T_{Ik}$ . Resp. Zvyšováním  $r_{-1} \rightarrow r_{-1k}$ .



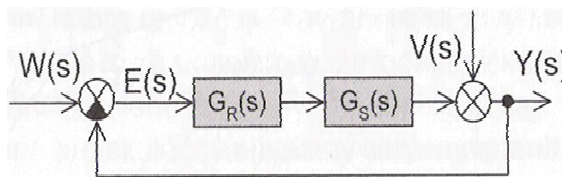
### 2.5.2 Seřizování analogových regulátorů metodou požadovaného modelu (metodou inverze dynamiky)

Metoda inverze dynamiky umožňuje snadné a rychlé seřízení konvenčních typů spojitých analogových regulátorů pro základní druhy regulovaných soustav s dopravním zpožděním.

Přístup umožňuje určit typ vhodného konvenčního analogového regulátoru a seřadit ho tak, aby bylo dosaženo nulové trvalé regulační odchylky a požadovaného relativního překmitu regulované veličiny od 0 do 50 % při skokové změně polohy žádané veličiny nebo poruchové veličiny působící na výstupu regulované soustavy.

Tabulka I. Přenosy konvenčních analogových regulátorů

Typ	Přenos analogového regulátoru
<b>P</b>	$k_R$
<b>I</b>	$\frac{1}{T_I s}$
<b>PI</b>	$k_R \left( 1 + \frac{1}{T_I s} \right)$
<b>PD</b>	$k_R (1 + T_D s)$
<b>PID</b>	$k_R \left( 1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right)$



Obr. 12. Blokové schéma spojitého regulačního obvodu

Přenos regulátoru  $G_R(s)$ , který zajistí požadovaný přenos  $G_W(s)$ , je dán vztahem

$$G_R(s) = \frac{1}{G_S(s)} \frac{G_W(s)}{1 - G_W(s)} \quad (45)$$

Pak předpokládejme že, požadovaný přenos řízení má tvar

$$G_W(s) = \frac{k_{0a}}{s + k_{0a}} e^{-T_d s} \quad (46)$$

kde  $k_{0a}$  je zesílení otevřeného regulačního obvodu s analogovým regulátorem a  $T_d$  je do-  
pravní zpoždění.

Meznímu nekmitavému (aperiodickému) regulačnímu pochodu odpovídá takové zesílení  
otevřeného regulačního obvodu  $k_{0a}^a$ , při kterém charakteristický kvazimnohočlen regulač-  
ního obvodu má nejméně jeden stabilní dominantní dvojnásobný kořen.

$$N(s) = s + k_{0a} e^{-T_d s}$$

Tento kořen  $s_{1,2}^a$  a zesílení  $k_{0a}^a$  dostaneme ze vztahů:

$$N(s) = 0, \quad \frac{dN(s)}{ds} = 0, \quad (47)$$

$$s_{1,2}^a = -\frac{1}{T_d}, \quad k_{0a}^a = \frac{1}{e T_d}. \quad (48)$$

Regulační pochod na kmitavé mezi způsobí kritické zesílení otevřeného regulačního  
obvodu  $k_{0a}^k$ . V tomto případě charakteristický mnohočlen má dominantní komplexně sdru-  
ženou ryze imaginární dvojici kořenů. Těmto podmínkám pak vyhovuje řešení

$$s_{1,2}^k = \pm j \frac{\pi}{2T_d}, \quad k_{0a}^k = \frac{\pi}{2T_d} \quad (49)$$

Na základě vztahů (48, 49) lze předpokládat, že závislost zesílení otevřeného regulační-  
ho obvodu  $k_{0a}$  na relativním překmitu  $\kappa$  je dána vztahem

$$k_{0a} \approx a = \frac{1}{\beta(\kappa) T_d}, \quad (50)$$

Kde  $\beta$  je koeficient závislý na relativním překmitu  $\kappa$ .

Hodnoty koeficientu  $\beta$  v závislosti na relativním překmitu  $\kappa$  byly získány analyticky (viz  
vztahy 48, 49). Pro prakticky použitelný rozsah  $\kappa = 0 \div 0,5$  hodnoty koeficientu  $\beta$  byly zís-

kány číslicovou simulací (viz Tabulka III), a proto zesílení otevřeného regulačního obvodu  $k_{0a}$  ve vztahu (50) označeno jako  $a$ .

Tabulka II. Závislost koeficientu  $\beta$  na relativním překmitu

<b>K</b>	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
<b>B</b>	2,718	1,944	1,720	1,561	1,437	1,337	1,248	1,172	1,104	1,045	0,992

Na základě vztahů (45), (46), (50) dostaneme vztah na přenos doporučeného regulátoru

$$G_R(s) = \frac{a}{sG_s(s)} e^{-T_d s}. \quad (51)$$

Zesílení otevřeného regulačního obvodu se určí na základě vztahu

$$a = \frac{1}{\beta T_d}, \quad (52)$$

Kde koeficient  $\beta$  je dán požadovaným relativním překmitem  $\kappa$  (viz. Tabulka III).

### 3 VYPRACOVÁNÍ

#### 3.1 Zadání

[viz 3] Ověřte vlastnosti P a PI regulátoru na modelovací soustavě pro zadané dynamické vlastnosti regulované soustavy, navrhnete zesílení P-regulátoru tak, aby trvalá regulační odchylka  $e(t)$  nepřesáhla zadanou hodnotu v % žádané veličiny.

#### 3.2 Postup

- a) Vypočtete nastavení P regulátoru tak, aby splňoval požadovanou trvalou regulační odchylku  $e(t)$ .

vztah pro výpočet:

$$1 - e(t) = \frac{r_0}{(1 + r_0)} \quad (53)$$

- b) Zapojte na modelovací soupravě uzavřený regulační obvod a nastavte vypočtené zesílení P-regulátoru.
- c) V uzavřeném regulačním obvodu zaznamenejte průběhy  $y(t)$ ,  $u(t)$ ,  $e(t)$  a  $w(t)$  pomocí souřadnicového zapisovače jako odezvu na vstupní jednotkový skok žádané veličiny  $w$ . Ověřte vliv zesílení P regulátoru na průběh přechodového děje tak, že hodnotu zesílení zvýšíte nebo snížíte 10x.
- d) Podobně proveďte ověření vlivu integrační časové konstanty PI regulátoru na regulační pochod. Proporcionální složku PI regulátoru nastavte podle bodu a) a integrační časovou konstantu odměřte pro tři vhodně zvolené hodnoty  $r_1/r_0$ .

- e) Postupujte podle bodu c), a v ustáleném stavu připojte jako jednotkový skok poruchovou veličinu.
- f) Proved'te seřizení P a PI regulátoru Ziegler-Nicholsovou metodou. Přiveďte obvod s P regulátorem na mez stability tak, že budete zvyšovat hodnotu zesílení regulátoru až do obdržení periodických kmitů regulované veličiny. Odečtete hodnotu kritického zesílení  $r_{0\text{ krit}}$  a kritickou periodu netlumených kmitů  $T_{\text{krit}}$  a podle následujících vztahů vypočítejte optimální hodnoty parametrů regulátoru  $r_{0\text{ opt}}$ ,  $T_{i\text{ opt}}$ .

P regulátor: 
$$r_{0\text{ opt}} = 0,5 * r_{0\text{ krit}} \quad (54)$$

PI regulátor: 
$$r_{0\text{ opt}} = 0,45 * r_{0\text{ krit}} \quad (55)$$

$$T_{i\text{ opt}} = 0,8 * T_{\text{krit}} \quad (56)$$

PID regulátor: 
$$r_{0\text{ opt}} = 0,6 * r_{0\text{ krit}} * \left(1 - \frac{T}{T_{\text{krit}}}\right) \quad (57)$$

$$T_{i\text{ opt}} = \frac{r_0}{1,2 * r} \quad (58)$$

$$T_d = \frac{3 * r_{0\text{ krit}}}{40 * r} \quad (59)$$

Zaznamenejte přechodové charakteristiky uzavřeného obvodu s takto nastaveným P a PI regulátorem tak jak bylo popsáno v bodě c).

- g) Proved'te seřizení P a PI regulátoru metodou inverze dynamiky.

Vztah pro výpočet:

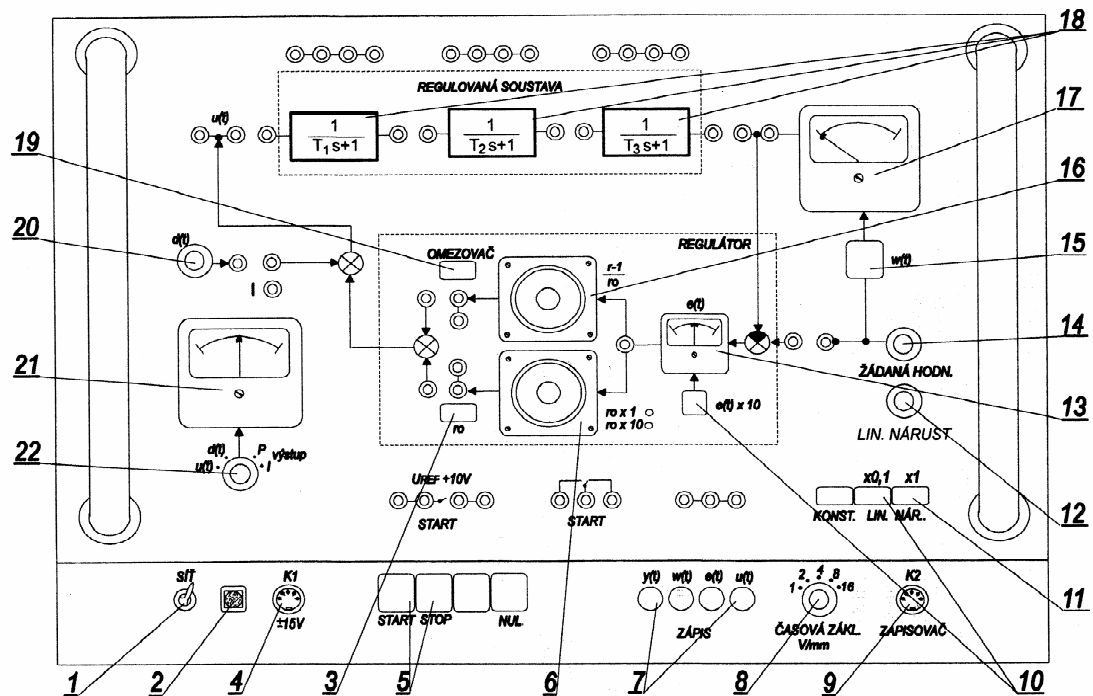
$$r_0 = \frac{k}{T_w * T_d} \quad (60)$$

$k$  – zesílení soustavy

$T_d$  – velikost dopravního zpoždění

$T_w$  – časová konstanta přenosu řízení

### 3.3 Schémata zapojení a popis řešení



Obr. 13. Přehled ovládacích prvků modelovací soustavy

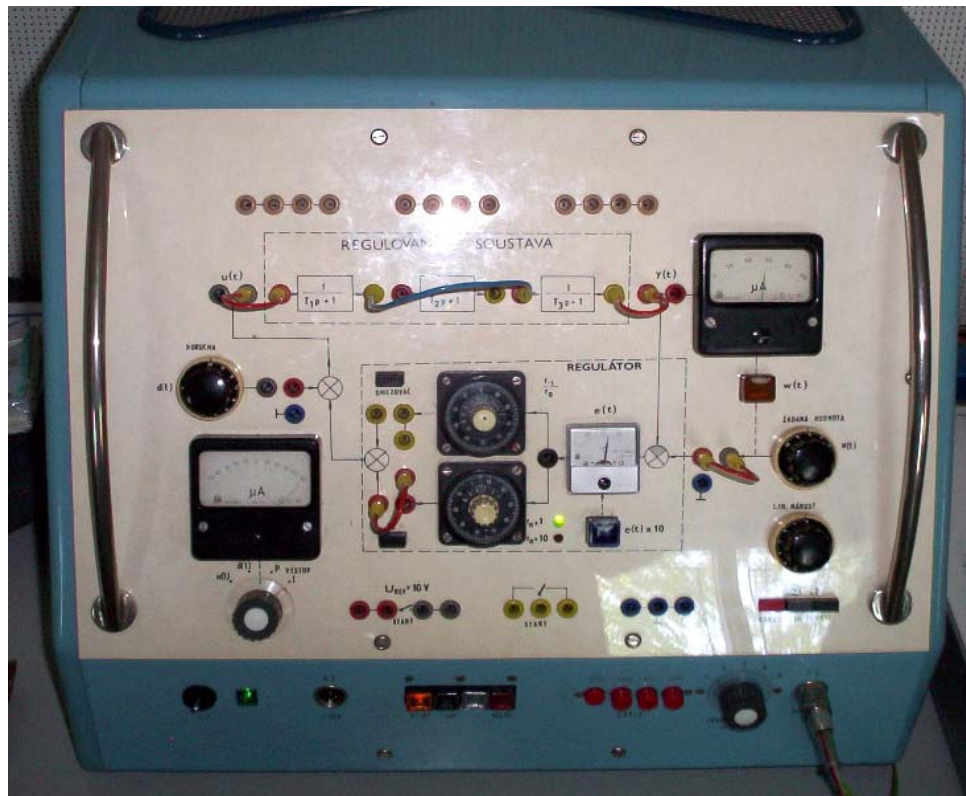
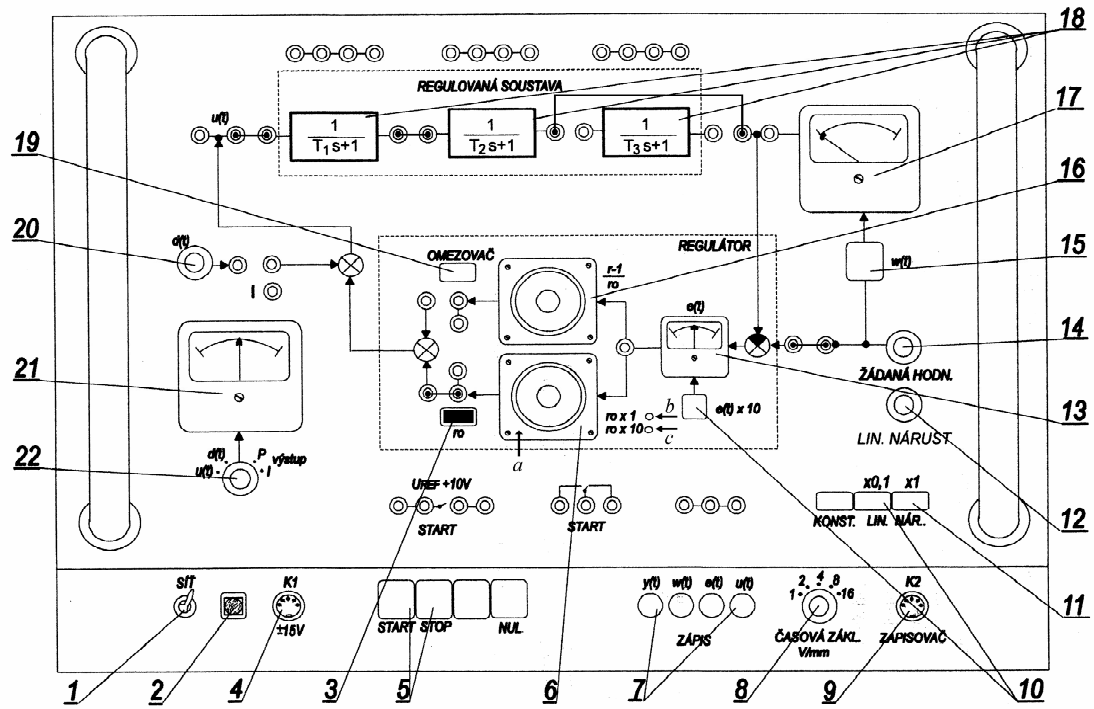
Rozpis ovládacích prvků modelovací soustavy:

1. Hlavní vypínač
2. Indikační žárovka hlavního vypínače
3. Přepínač pro hrubé nastavení zesílení proporcionálního regulátoru
4. Konektor pro napájení přídatných zařízení
5. Funkční tlačítka pro počátek a konec řešení
6. Potenciometr pro jemné nastavení zesílení proporcionálního regulátoru
7. Volba zapisované veličiny zapisovačem

8. Časová základna pro souřadnicový zapisovač
9. Výstupní konektor pro souřadnicový zapisovač
10. Tlačítko pro zvětšení citlivosti indikačního přístroje regulační odchylky (10x)
11. Tlačítka pro volby žádané hodnoty průběhu
12. Potenciometr pro nastavení strmosti lineárního nárůstu žádané veličiny
13. Indikační přístroj regulační odchylky
14. Potenciometr pro nastavení žádané hodnoty
15. Tlačítko pro indikaci žádané hodnoty
16. Potenciometr pro plynulé nastavení integrační konstanty
17. Indikační přístroj pro měření regulované veličiny a žádané hodnoty  
(stiskem tlačítka – pozice 15)
18. Proporcionální členy se setrvačností 1. řádu regulované soustavy
19. Tlačítko pro omezení akční veličiny (stiskem nemůže akční veličina nabývat záporných hodnot)
20. Potenciometr pro nastavení hodnoty poruchové veličiny
21. Indikační přístroj pro měření akční veličiny, poruchové veličiny a výstupního signálu integrační a proporcionální složky.
22. Přepínač pro volbu indikace



ad bod a) – c)



Obr. 14. P-regulátor: Nastavení podle bodu a) – c)

Řešení:

- 1) Vypočtete  $r_0$  podle vzorce v zadání, trvalou regulační odchylku  $e(t)$  máte zadanou v %, je třeba podělit stem před dosazením do vzorce pro výpočet  $r_0$ , tj. např. je-li trvalá regulační odchylka 12%, pak za  $e(t)$  dosazujete 0,12.
- 2) Vypočtenou hodnotu  $r_0$  nastavíte na spodním černém potenciometru, č. 6 ve schématu. Vnitřní stupnice jsou celá čísla a vnější stupnice dvě desetinná čísla, tj. např. je-li  $r_0 = 4,35$  pak na vnitřní stupnici nastavíte 4 a na vnější 35. Zapneme napájení, tj. přepínač č. 1, tak že vedle svítí indikace napájení.
- 3) Nastavíte žádanou hodnotu  $w(t)$ , č. 14 ve schématu a zapíšete si ji. Ověřte si, že tlačítko  $r_0$ , č. 3 ve schématu je v takové pozici, že svítí zelená dioda označená  $r_0 \times 1$ . Ověřte, že červené tlačítko KONST. je zaražené a zbylé dvě tlačítka vedle něj nejsou zaražena.
- 4) Vezmeme vodiče a zapojíme podle schématu, jak je znázorněno, tj. zadanou soustavu 2. řádu, tj. buď bloky s  $T_1$  a  $T_2$  nebo  $T_1$  a  $T_3$  nebo  $T_2$  a  $T_3$ , tj. např. pro kombinaci  $T_1$  a  $T_2$  dáme jednu část vodiče do pravé šedé zdířky  $u(t)$  a druhou část do červené zdířky bloku s  $T_1$  u regulované soustavy. Druhý vodič zapojíme tak, že jeden konec dáme do žluté zdířky bloku s  $T_1$  a druhý konec do červené zdířky bloku s  $T_2$  regulované soustavy. Třetí vodič dáme jedním koncem do žluté zdířky bloku  $T_2$  a druhým koncem do levé červené zdířky  $y(t)$ . Čtvrtý vodič připojí žádanou hodnotu, tj. jeden konec dáme do šedé zdířky  $w(t)$ , kterou stavíme, č. 14 ve schématu a druhý konec do červené zdířky hned vedle šedé. Krátký vodičem připojíme P regulátor, tj. propojíme dolní červenou zdířku nad tlačítkem  $r_0$ , č. 3 ve schématu, se zdířkou vedle. Nyní máte zapojeno pro vykreslení.
- 5) Umístěte papír do zapisovače jak je znázorněno na obrázku č. 15 a přichyťte magnetkami pouze v levém a pravém okraji papíru (aby nebránily pojezdu písátka). Nastavte na zapisovači rozsahy  $x$ -ové a  $y$ -ové osy, tj.  $x$ -range a  $y$ -range a ověřte bez písátka, zda nepřekračují papír, tj. stiskněte na modelu červené tlačítko  $y(t)$ , ve schématu č. 7 a pak stiskněte oranžové tlačítko start. Jakmile dojde pojezd ke konci papíru, stiskněte zelené tlačítko stop, ve schématu č. 5. Pokud překračují, rozsahy upravte. Přičemž v modelu mějte vždy nastavenou časovou základnu na 1 V/mm, tj. potenciome-

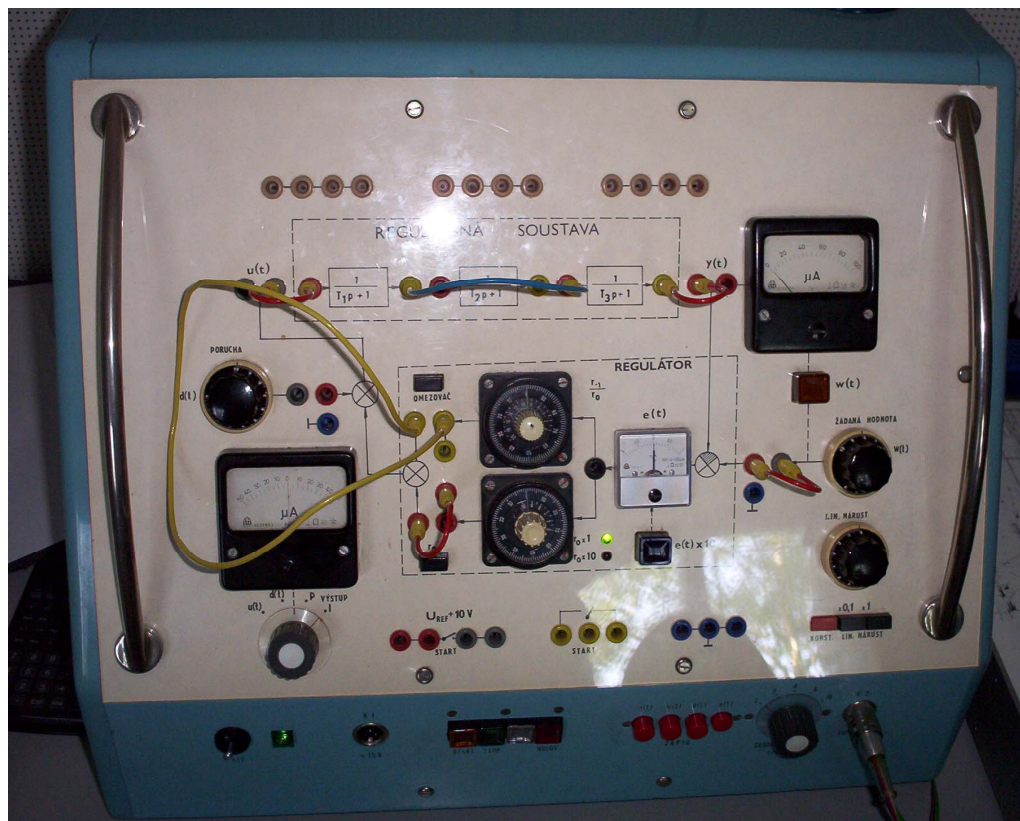
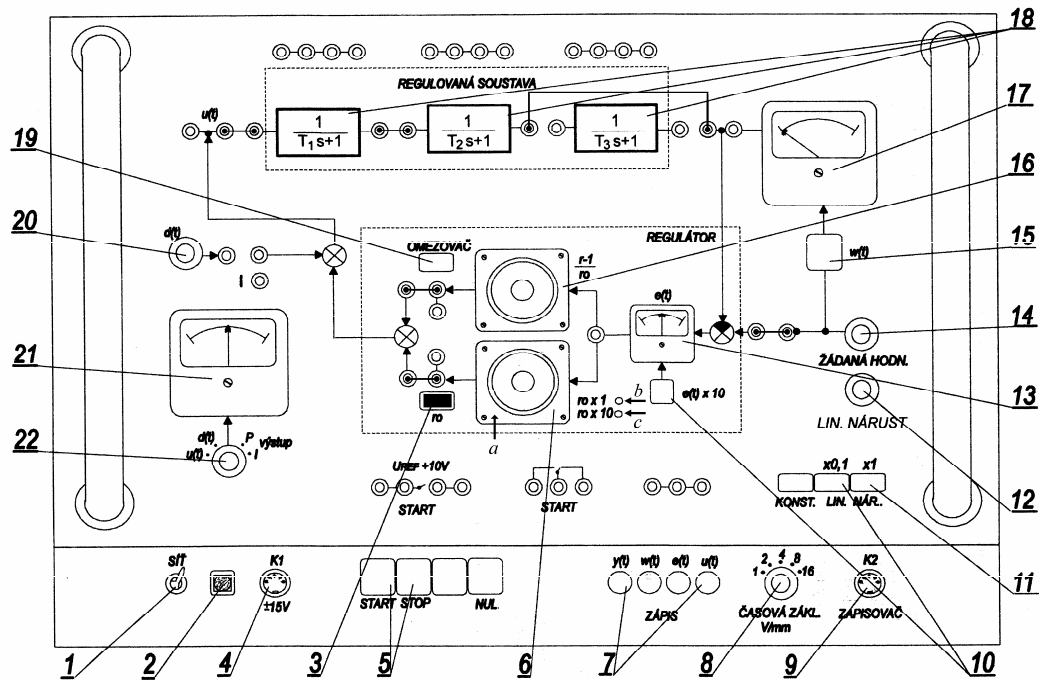
- trem označeným č. 8. Jakmile máte nastavený správný rozsah, umístěte pisátko do pojezdu.
- 6) Nejprve si nakreslete osy, kreslí se manuálně posuvem příslušných dvou otočných úhelníků na zapisovači. Vraťte pisátko do počátku souřadnic vámi nakreslených os. Na laboratorním modelu zaražte červené tlačítko  $y(t)$ , č. 7 ve schématu, nezapomeňte mít nastavenou časovou základnu, č. 8 ve schématu, na hodnotu 1 V/mm. Stiskněte oranžové tlačítko start a mělo by probíhat vykreslení. Vykreslujte tak dlouho, až se dostanete k pravému okraji papíru, respektive magnebláru. Pak stiskněte zelené tlačítko stop, č. 5 ve schématu, a pisátko se vrátí s pojezdem do původní polohy. Nyní zaražte červené tlačítko  $w(t)$ , č. 7 ve schématu, a postup opakujte na stejný papír. Totéž udělejte pro zbylé dvě tlačítka  $e(t)$ ,  $u(t)$ . Je-li potřeba, změňte na zapisovači y nový rozsah. U každé ze 4 veličin zapište rozsah x-ové a y-ové osy vedle křivky vpravo.
  - 7) Po skončení vykreslování stiskněte tlačítko pro zesílení, č. 10 ve schématu označené  $e(t) \times 10$ , rozsvítí se dioda  $r_0 \times 10$  a zopakujte body 5 a 6. Zkontrolujte, že tlačítko  $r_0$ , č. 3 ve schématu, je zaražené.



Obr. 15. Zapisovač



ad bod d,



Obr. 16. PI regulátor: Nastavení podle bodu d,

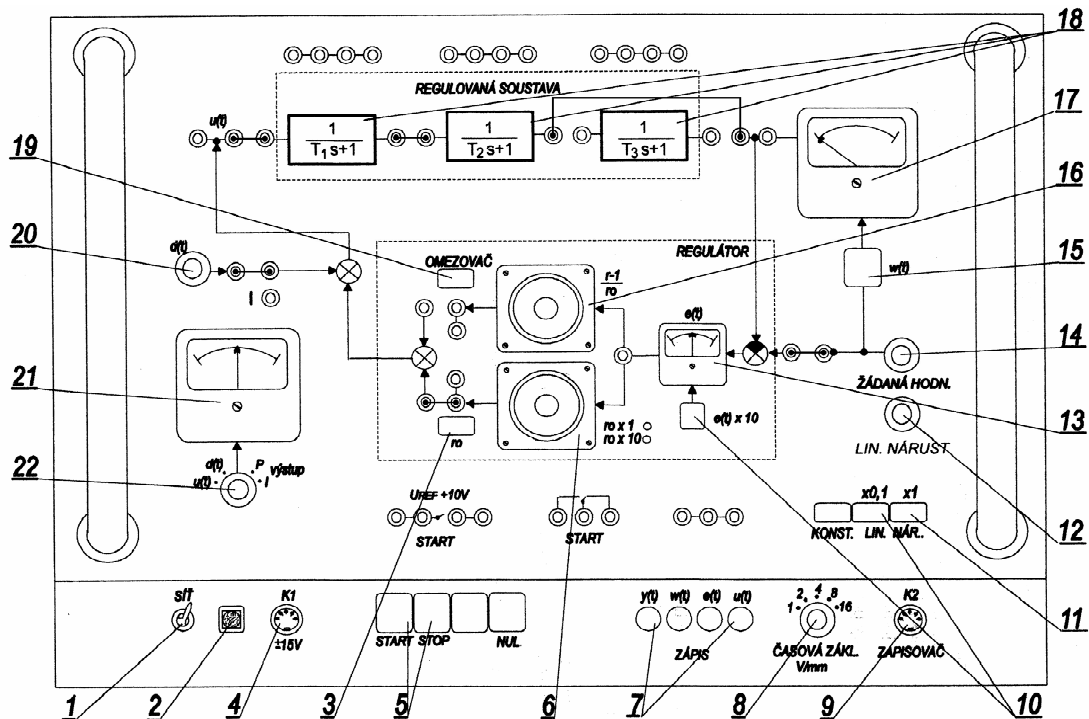
Řešení:

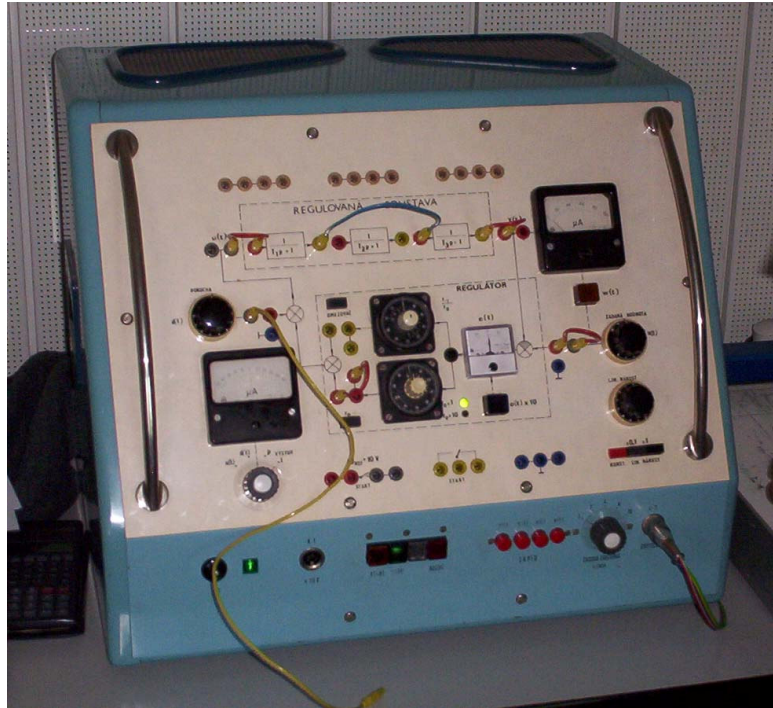
- 1) Ověřte vliv integrační časové konstanty PI regulátoru, tj. nastavte proporcionální složku PI regulátoru podle bodu a. Integrační časovou konstantu odměřte pro tři vhodně zvolené hodnoty  $r_1/r_0$ . Hodnoty určete z grafu přechodové funkce uzavřeného regulačního obvodu.
- 2) Hodnotu  $r_0$  nastavte na černém spodním potenciometru, č. 6 ve schématu. Vnitřní stupnice jsou celá čísla a vnější dvě desetinná. Integrační časovou konstantu nastavte na horním černém potenciometru, č. 16 ve schématu.
- 3) Nastavte žádanou hodnotu  $w(t)$ , č. 14 ve schématu a zapište si ji. Ověřte, že tlačítko  $r_0$  je zaražené, červené tlačítko KONST ano a zbylé dvě vedle něj ne.
- 4) Nyní zapojte soustavu 2. řádu podle schématu. Vezměte první vodič a jedním koncem ho zapojte do levé šedé zdířky veličiny  $u(t)$  a druhým koncem do pravé červené zdířky bloku s  $T_1$ . Pak vezměte druhý vodič a jedním koncem ho zapojte do levé žluté zdířky bloku s  $T_1$  a druhým koncem do pravé červené zdířky bloku s  $T_2$ . Třetí vodič zapojte jedním koncem do levé žluté zdířky bloku s  $T_2$  a druhým koncem do pravé červené zdířky  $y(t)$ . Čtvrtým vodičem připojte žádanou veličinu, tj. jeden konec zapojte do šedé zdířky u potenciometru pro nastavení žádané hodnoty, č. 14 ve schématu, a druhý konec do červené zdířky vedle ní. Pátým vodičem připojte P regulátor, tj. jeden konec vodiče připojte do spodní červené zdířky nad  $r_0$  a druhým koncem do červené zdířky vedle ní. Šestým vodičem připojte integrační složku, tj. jeden konec připojte do horní žluté žluté zdířky vedle potenciometru pro nastavení hodnoty integrační složky, č. 16 ve schématu, a druhým koncem do zdířky vedle ní.
- 5) Umístěte papír do zapisovače jak je znázorněno na obrázku č. x a přichyťte magnetkami pouze v levém a pravém okraji papíru (aby nebránily pojezdu pisátka). Nastavte na zapisovači rozsahy x-ové a y-ové osy, tj. x-range a y-range a ověřte bez pisátka, zda nepřekračují papír, tj. stiskněte na modelu červené tlačítko  $y(t)$ , ve schématu č. 7 a pak stiskněte oranžové tlačítko start. Jakmile dojede pojezd ke konci papíru, stiskněte zelené tlačítko stop, ve schématu č. 5. Pokud překračují, rozsahy upravte. Přičemž v modelu mějte vždy nastavenou časovou základnu na 1 V/mm, tj. potenciome-

trem označeným č. 8. Jakmile máte nastavený správný rozsah, umístíte pisátko do pojezdu.

- 6) Nejprve si nakreslete osy, kreslí se manuálně posuvem příslušných dvou otočných úhelníků na zapisovači. Vraťte pisátko do počátku souřadnic vámi nakreslených os. Na laboratorním modelu zaražte červené tlačítko  $y(t)$ , č. 7 ve schématu, nezapomeňte mít nastavenou časovou základnu, č. 8 ve schématu, na hodnotu 1 V/mm. Stiskněte oranžové tlačítko start a mělo by probíhat vykreslení. Vykreslujte tak dlouho, až se dostanete k pravému okraji papíru, respektive magnebláru. Pak stiskněte zelené tlačítko stop, č. 5 ve schématu, a pisátko se vrátí s pojezdem do původní polohy. Nyní zaražte červené tlačítko  $w(t)$ , č. 7 ve schématu, a postup opakujte na stejný papír. Totéž udělejte pro zbylé dvě tlačítka  $e(t)$ ,  $u(t)$ . Je-li potřeba, změňte na zapisovači  $y$  nový rozsah. U každé ze 4 veličin zapište rozsah  $x$ -ové a  $y$ -ové osy vedle křivky vpravo.

ad bod e,





Obr. 17. P regulátor s poruchou: Nastavení podle bodu e,

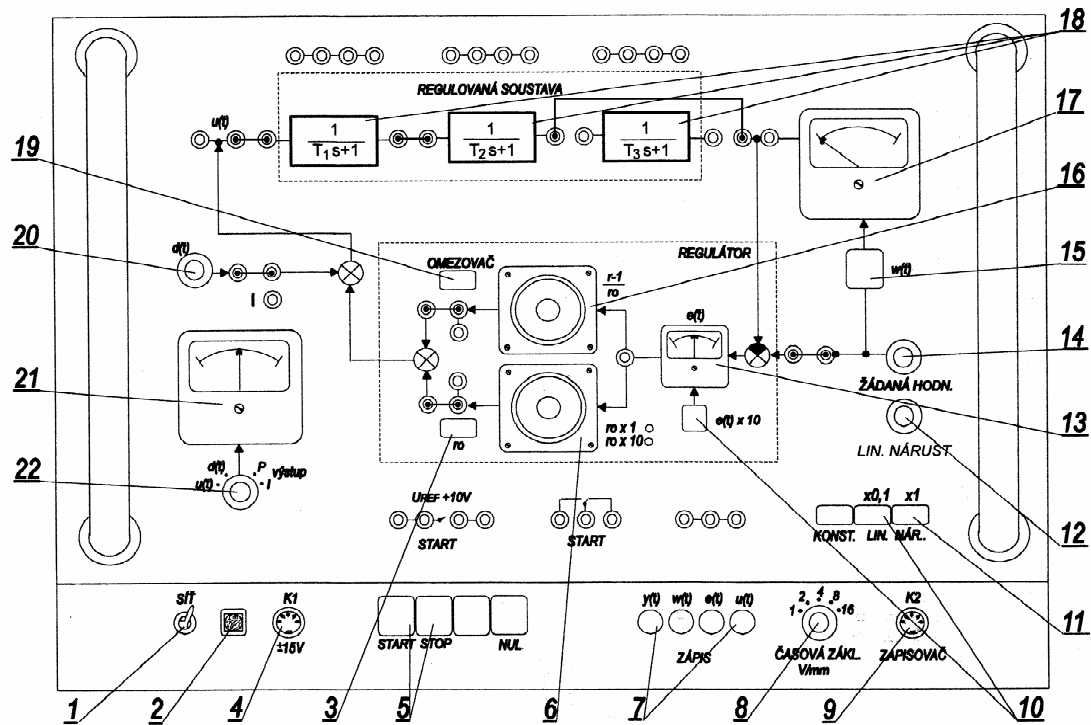
#### Řešení:

- 1) Nastavte žádanou hodnotu  $w(t)$ , č. 14 ve schématu a zapište si ji. Ověřte, že tlačítko  $r_0$ , č. 3 ve schématu je zaražené a je v pozici kdy zelená dioda, č. 2 ve schématu svítí. Dále ověřte, že tlačítko KONST je zaražené a zbylá dvě tlačítka vedle něj také nejsou zaražená.
- 2) Na spodním černém potenciometru, č. 6 ve schématu nastavte hodnotu  $r_0$ . Na vnitřní stupnici nastavujete celá čísla a na vnější dvě desetinná.
- 3) Zapojte soustavu druhého řádu podle schématu. Vezměte první vodič a jedním koncem ho zapojte do pravé šedé zdířky veličiny  $u(t)$  a druhým koncem do levé červené zdířky bloku s  $T_1$ . Vezměte druhý vodič a jedním koncem ho zapojte do pravé žluté zdířky bloku s  $T_1$  a druhým koncem do levé červené zdířky bloku s  $T_2$ . Třetí vodič zapojte do levé žluté zdířky bloku s  $T_2$  a druhý konec zapojte do pravé červené zdířky veličiny  $y(t)$ . Čtvrtým vodičem připojte žádanou hodnotu  $w(t)$ , tj. jeden konec vodiče zapojte do šedé zdířky vedle potenciometru pro nastavení žádané hodnoty, č. 14 ve

schématu, a druhý konec do zdířky vedle ní. Pátým vodičem připojte P regulátor, tj. jeden konec vodiče zapojte do dolní červené zdířky nad tlačítkem  $r_0$ , č. 3 ve schématu a druhý konec do červené zdířky vedle ní. Šestým vodičem připojte poruchovou veličinu  $d(t)$ , tj. jeden konec vodiče zapojte do pravé horní červené zdířky vedle potenciometru pro nastavení poruchové veličiny  $d(t)$ , č. 20 ve schématu, a druhý konec do zdířky šedé zdířky vedle ní.

- 4) Umístěte papír do zapisovače jak je znázorněno na obrázku č. x a přichyťte magnetkami pouze v levém a pravém okraji papíru (aby nebránily pojezdu písátka). Nastavte na zapisovači rozsahy x-ové a y-ové osy, tj. x-range a y-range a overte bez písátka, zda nepřekračují papír, tj. stiskněte na modelu červené tlačítko  $y(t)$ , ve schématu č. 7 a pak stiskněte oranžové tlačítko start. Jakmile dojede pojezd ke konci papíru, stiskněte zelené tlačítko stop, ve schématu č. 5. Pokud překračují, rozsahy upravte. Přičemž v modelu mějte vždy nastavenou časovou základnu na 1 V/mm, tj. potenciometrem označeným č. 8. Jakmile máte nastavený správný rozsah, umístěte písátko do pojezdu.
- 5) Na papír nakreslete osy, kreslí se manuálně pomocí dvou otočných úhelníků. Písátko vraťte do počátku vámi nakreslených os. Na laboratorním modelu zaražte červené tlačítko  $y(t)$ , č. 7 ve schématu a nezapomeňte nastavit časovou základnu, č. 8 ve schématu na 1 V/mm. Stiskněte červené tlačítko start, č. 5 ve schématu a sledujte průběh vykreslování. Jakmile se průběh ustálí vložte pomocí potenciometru  $d(t)$ , č. 20 ve schématu velikost poruchové veličiny a zapište si ji. Vykreslujte tak dlouho, až se dostanete k pravému okraji papíru. Pak stiskněte zelené tlačítko stop, č. 5 ve schématu a písátko se vrátí do původní polohy. Nyní zaražte červené tlačítko  $w(t)$ , č. 7 ve schématu a postup opakujte na stejný papír. To samé proveďte pro zbylé dvě tlačítka  $e(t)$ ,  $u(t)$ . Je-li potřeba, změňte na zapisovači osový rozsah a zapište si ho. U každé ze 4 veličin zapište rozsah x-ové a y-ové osy vedle křivky vpravo.





Obr. 18. PI regulátor s poruchou: Nastavení podle bodu e)

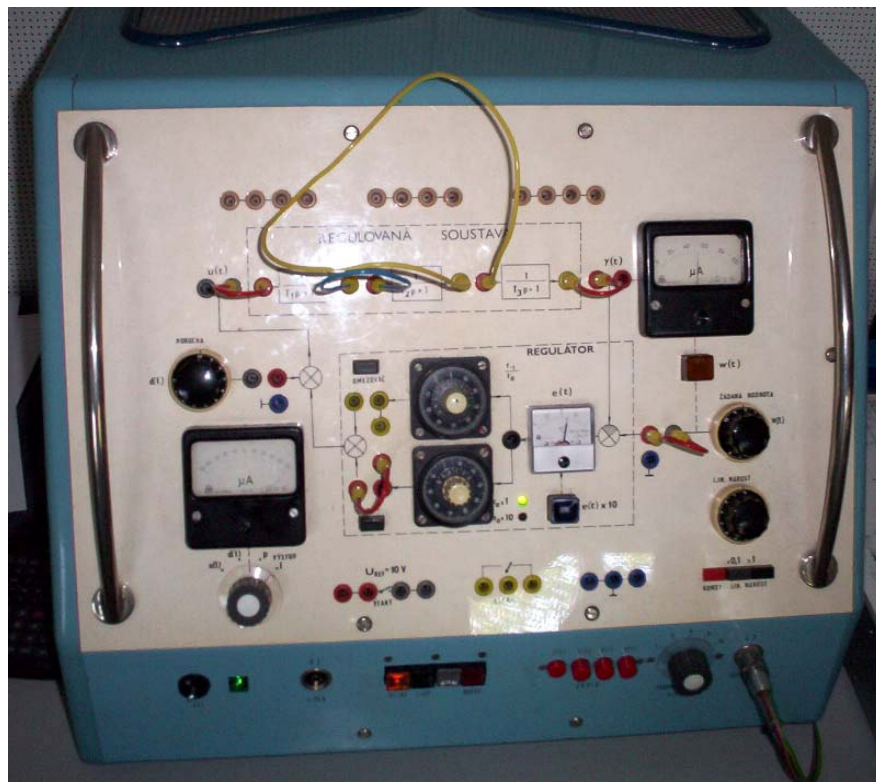
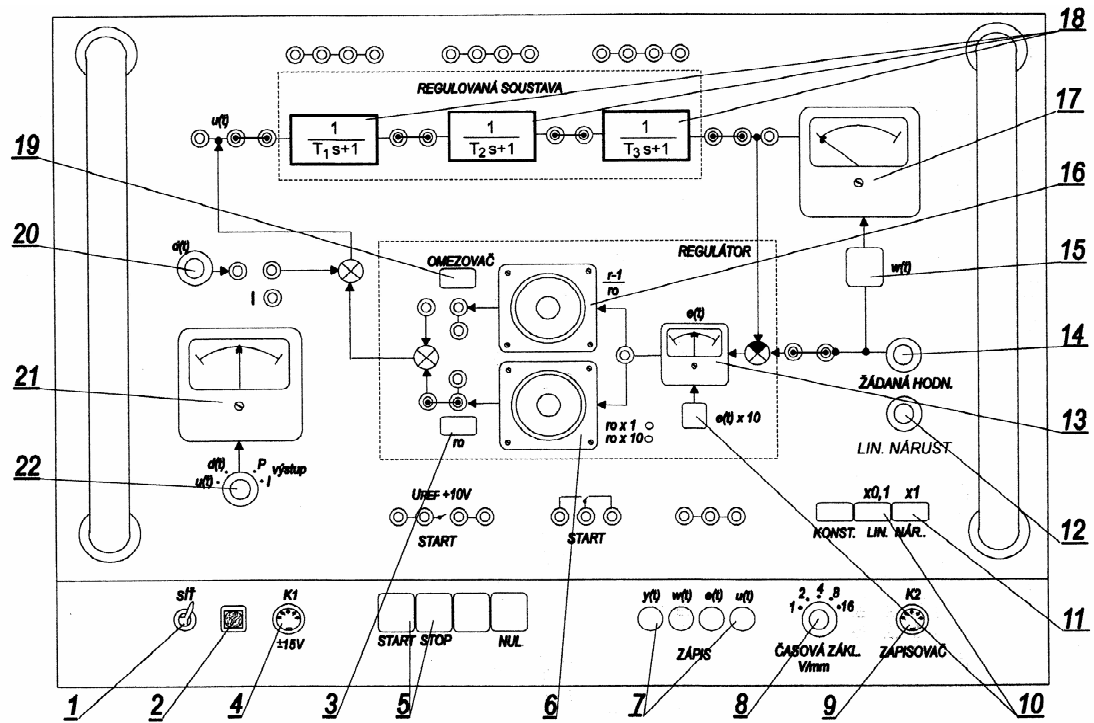
Řešení:

- 1) Nastavte žádanou hodnotu  $w(t)$ , č. 14 ve schématu a zapište si ji. Ověřte, že tlačítko  $r_0$ , č. 3 ve schématu je zaražené a je v pozici kdy zelená dioda, č. 2 ve schématu svítí. Dále ověřte, že tlačítko KONST je zaražené a zbylá dvě tlačítka vedle něj také nejsou zaražené.
- 2) Na spodním černém potenciometru, č. 6 ve schématu nastavte hodnotu  $r_0$ . Na vnitřní stupnici nastavujete celá čísla a na vnější dvě desetinná. Na horním černém potenciometru, č. 16 ve schématu nastavte hodnotu integrační složky regulátoru.
- 3) Zapojte soustavu druhého řádu podle schématu. Vezměte první vodič a jedním koncem ho zapojte do pravé šedé zdířky veličiny  $u(t)$  a druhým koncem do levé červené zdířky bloku s  $T_1$ . Vezměte druhý vodič a jedním koncem ho zapojte do pravé žluté zdířky bloku s  $T_1$  a druhým koncem do levé červené zdířky bloku s  $T_2$ . Třetí vodič zapojte do levé žluté zdířky bloku s  $T_2$  a druhý konec zapojte do pravé červené zdířky

veličiny  $y(t)$ . Čtvrtým vodičem připojte žádanou hodnotu  $w(t)$ , tj. jeden konec vodiče zapojte do šedé zdířky vedle potenciometru pro nastavení žádané hodnoty, č. 14 ve schématu, a druhý konec do zdířky vedle ní. Pátým vodičem připojte PI regulátor, tj. jeden konec vodiče zapojte do dolní červené zdířky na tlačítkem  $r_0$ , č. 3 ve schématu a druhý konec do červené zdířky vedle ní. Šestým vodičem připojte integrační složku PI regulátoru, tj. jeden konec vodiče zapojte do žluté horní zdířky vele potenciometru pro nastavení hodnoty integrační složky, č. 16 ve schématu a druhý konec do žluté zdířky vedle ní. Sedmým vodičem připojte poruchovou veličinu  $d(t)$ , tj. jeden konec vodiče zapojte do pravé horní červené zdířky vedle potenciometru pro nastavení poruchové veličiny  $d(t)$ , č. 20 ve schématu, a druhý konec do zdířky šedé zdířky vedle ní.

- 4) Umístěte papír do zapisovače jak je znázorněno na obrázku č. x a přichyťte magnetkami pouze v levém a pravém okraji papíru (aby nebránily pojezdu pisátka). Nastavte na zapisovači rozsahy  $x$ -ové a  $y$ -ové osy, tj.  $x$ -range a  $y$ -range a ověřte bez pisátka, zda nepřekračují papír, tj. stiskněte na modelu červené tlačítko  $y(t)$ , ve schématu č. 7 a pak stiskněte oranžové tlačítko start. Jakmile dojde pojezd ke konci papíru, stiskněte zelené tlačítko stop, ve schématu č. 5. Pokud překračují, rozsahy upravte. Přičemž v modelu mějte vždy nastavenou časovou základnu na 1 V/mm, tj. potenciometrem označeným č. 8. Jakmile máte nastavený správný rozsah, umístěte pisátko do pojezdu.
- 5) Na papír nakreslete osy, kreslí se manuálně pomocí dvou otočných úhelníků. Pisátko vraťte do počátku vámi nakreslených os. Na laboratorním modelu zaražte červené tlačítko  $y(t)$ , č. 7 ve schématu a nezapomeňte nastavit časovou základnu, č. 8 ve schématu na 1 V/mm. Stiskněte červené tlačítko start, č. 5 ve schématu a sledujte průběh vykreslování. Jakmile se průběh ustálí vložte pomocí potenciometru  $d(t)$ , č. 20 ve schématu velikost poruchové veličiny a запиšte si ji. Vykreslujte tak dlouho, až se dostanete k pravému okraji papíru. Pak stiskněte zelené tlačítko stop, č. 5 ve schématu a pisátko se vrátí do původní polohy. Nyní zaražte červené tlačítko  $w(t)$ , č. 7 ve schématu a postup opakujte na stejný papír. To samé proveďte pro zbylé dvě tlačítka  $e(t)$ ,  $u(t)$ . Je-li potřeba, změňte na zapisovači osový rozsah a запиšte si ho. U každé ze 4 veličin запиšte rozsah  $x$ -ové a  $y$ -ové osy vedle křivky vpravo.

ad bod f)

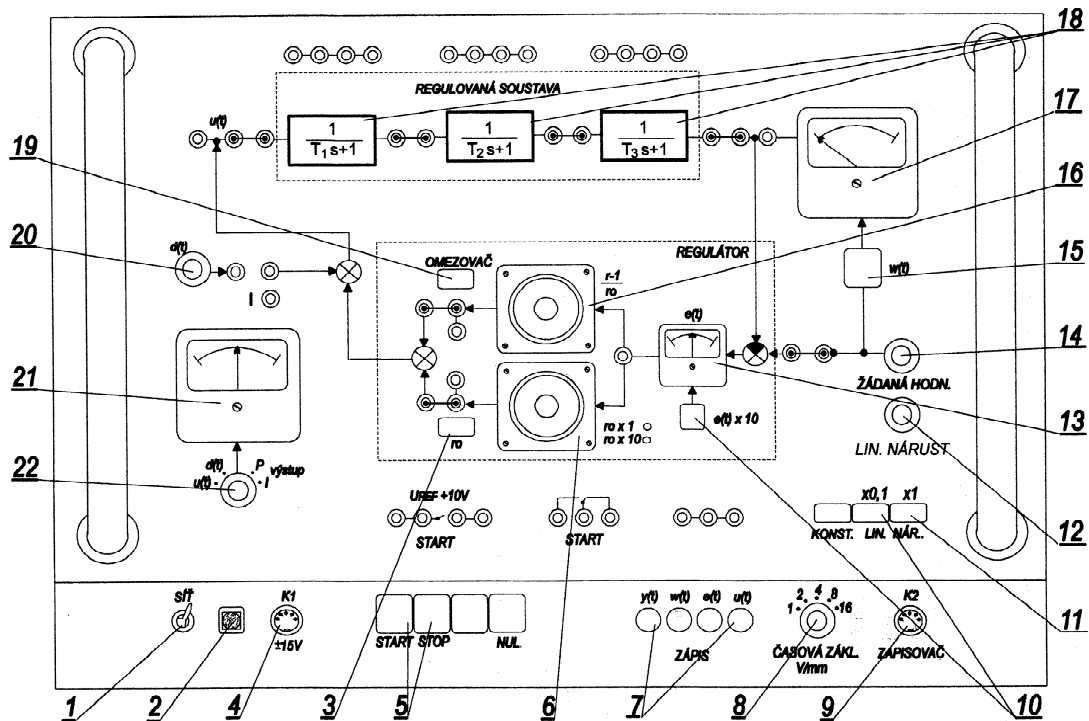


Obr. 19. P-regulátor metoda Ziegler-Nichols: Nastavení podle bodu f)

Řešení:

- 1) Nejprve přiveďte obvod s P regulátorem na mez stability pomocí Ziegler-Nicholsonovi metoy. Z grafu přechodové funkce uzavřeného regulačního obvodu odečtěte hodnotu  $r_{0 \text{ krit}}$  a pomocí vzorce č. 54, viz postup, pro výpočet P regulátoru vypočítejte hodnotu  $r_{0 \text{ opt}}$ .
- 2) Vypočtenou hodnotu  $r_{0 \text{ opt}}$  nastavte na spodním černém potenciometru, č. 6 ve schématu. Na vnitřní stupnici nastavujete celá čísla a na vnější dvě desetinná místa.
- 3) Nastavte žádanou hodnotu  $w(t)$ , č. 14 ve schématu a zapište si ji. Tlačítka  $r_0$ , KONST a dvě vedle něj nejsou zaražena.
- 4) Vezměte první vodič a zapojte soustavu třetího řádu podle schématu, tj. jednu část vodiče zapojíte do levé šedé zdířky  $u(t)$  a druhou část do pravé červené zdířky bloku s  $T_1$ . Vezměte druhý vodič a první část zapojte do levé žluté zdířky bloku s  $T_1$  a druhý konec do pravé červené zdířky bloku s  $T_2$ . Vezměte třetí vodič a zapojte ho jedním koncem do levé žluté zdířky bloku s  $T_2$  a druhým koncem do pravé červené zdířky bloku s  $T_3$ . Vezměte čtvrtý vodič a jedním koncem ho zapojte do levé žluté zdířky bloku s  $T_3$  a druhým koncem do pravé červené zdířky veličiny  $y(t)$ . Pátým vodičem připojte žádanou veličinu, tj. jeden konec připojte do šedé zdířky vedle potenciometru pro nastavení žádané hodnoty, č. 14 ve schématu a druhým koncem do červené zdířky vedle šedé. Šestým vodičem připojte P regulátor, tj. jeden konec připojte do spodní pravé červené zdířky nad tlačítkem  $r_0$ , č. 3 ve schématu a druhý konec do červené zdířky vedle ní.
- 5) Umístěte papír do zapisovače jak je znázorněno na obrázku č. x a přichyťte magnetkami pouze v levém a pravém okraji papíru (aby nebránily pojezdu pisátka). Nastavte na zapisovači rozsahy x-ové a y-ové osy, tj. x-range a y-range a overte bez pisátka, zda nepřekračují papír, tj. stiskněte na modelu červené tlačítko  $y(t)$ , ve schématu č. 7 a pak stiskněte oranžové tlačítko start. Jakmile dojede pojezd ke konci papíru, stiskněte zelené tlačítko stop, ve schématu č. 5. Pokud překračují, rozsahy upravte. Přičemž v modelu mějte vždy nastavenou časovou základnu na 1 V/mm, tj. potenciometrem označeným č. 8. Jakmile máte nastavený správný rozsah, umístěte pisátko do pojezdu.

- 6) Nejprve si nakreslete osy, kreslí se manuálně posuvem příslušných dvou otočných úhelníků na zapisovači. Vraťte pisátko do počátku souřadnic vámi nakreslených os. Na laboratorním modelu zaražte červené tlačítko  $y(t)$ , č. 7 ve schématu, nezapomeňte mít nastavenou časovou základnu, č. 8 ve schématu, na hodnotu 1 V/mm. Stiskněte oranžové tlačítko start a mělo by probíhat vykreslení. Vykreslujte tak dlouho, až se dostanete k pravému okraji papíru, respektive magnebláru. Pak stiskněte zelené tlačítko stop, č. 5 ve schématu, a pisátko se vrátí s pojezdem do původní polohy. Nyní zaražte červené tlačítko  $w(t)$ , č. 7 ve schématu, a postup opakujte na stejný papír. Totéž udělejte pro zbylé dvě tlačítka  $e(t)$ ,  $u(t)$ . Je-li potřeba, změňte na zapisovači  $y$  nový rozsah. U každé ze 4 veličin запиšte rozsah  $x$ -ové a  $y$ -ové osy vedle křivky vpravo.



Obr. 20. PI-regulátor metoda Ziegler-Nichols: Nastavení podle bodu f)

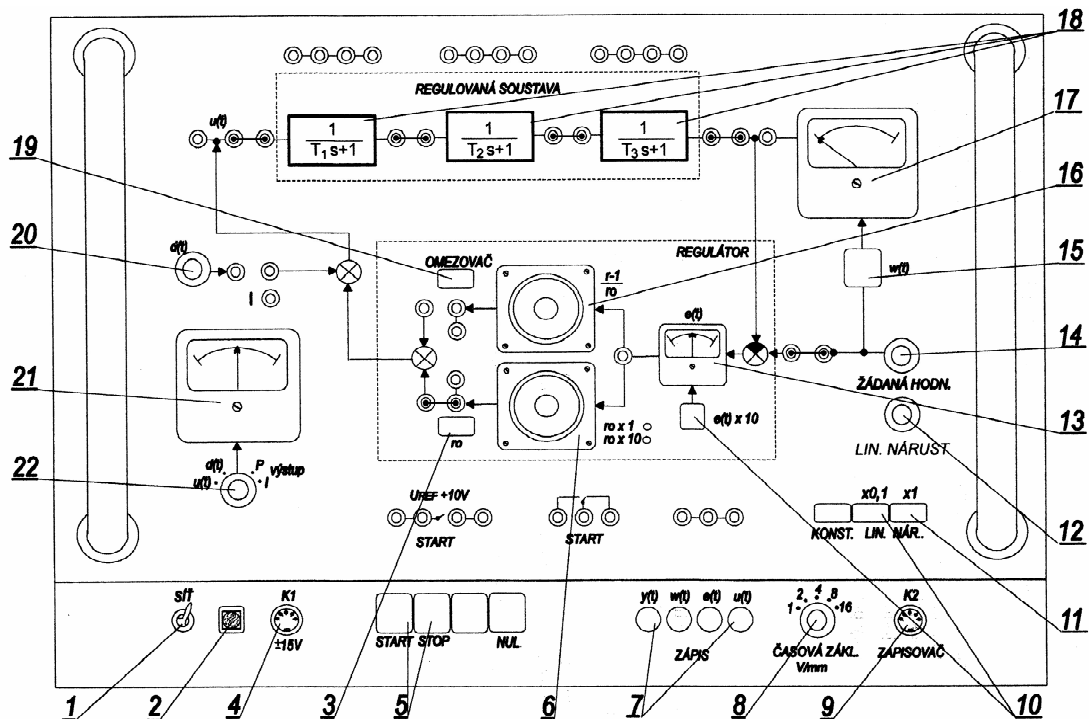
Řešení:

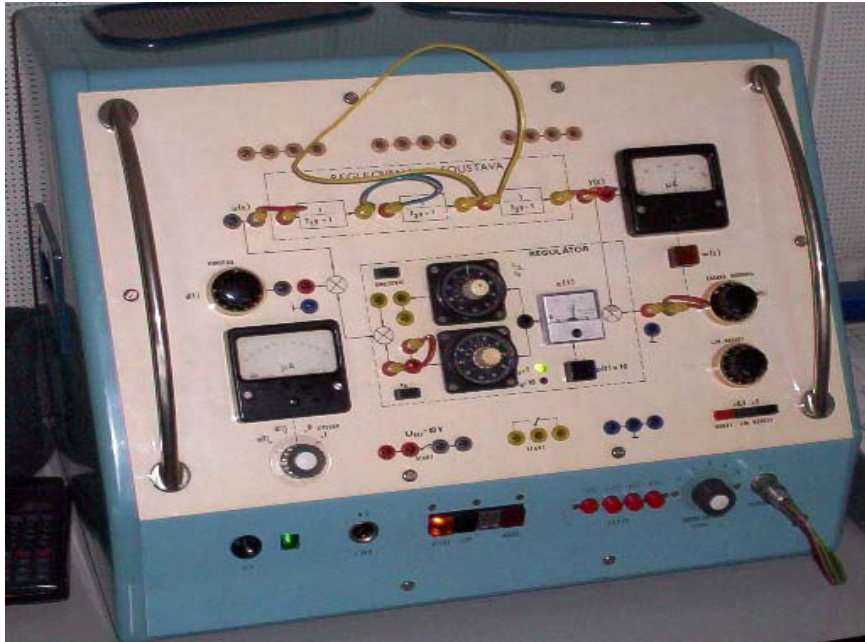
- 1) Nejprve přiveďte obvod s P regulátorem na mez stability pomocí Ziegler-Nicholsonovi metody. Z grafu přechodové funkce uzavřeného regulačního obvodu odečtěte hodnoty  $r_{0 \text{ krit}}$  a  $T_{\text{krit}}$ . Pomocí vzorců č. 55 a 56, viz postup, pro výpočet PI regulátoru vypočítejte hodnoty  $r_{0 \text{ opt}}$  a  $T_{i \text{ opt}}$ .
- 2) Vypočtenou hodnotu  $r_{0 \text{ opt}}$  nastavte na spodním černém potenciometru, č. 6 ve schématu. Na vnitřní stupnici nastavujete celá čísla a na vnější dvě desetinná místa. Druhou vypočtenou hodnotu, tj.  $T_{i \text{ opt}}$  nastavte na horním černém potenciometru, č. 16 ve schématu.
- 3) Nastavte žádanou hodnotu  $w(t)$ , č. 14 ve schématu a запиšte si ji. Tlačítka  $r_0$ , KONST a dvě vedle něj nejsou zaražena.
- 4) Vezměte první vodič a zapojte soustavu třetího řádu podle schématu, tj. jednu část vodiče zapojíte do levé šedé zdířky  $u(t)$  a druhou část do pravé červené zdířky bloku s  $T_1$ . Vezměte druhý vodič a první část zapojte do levé žluté zdířky bloku s  $T_1$  a druhý konec do pravé červené zdířky bloku s  $T_2$ . Vezměte třetí vodič a zapojte ho jedním koncem do levé žluté zdířky bloku s  $T_2$  a druhým koncem do pravé červené zdířky bloku s  $T_3$ . Vezměte čtvrtý vodič a jedním koncem ho zapojte do levé žluté zdířky bloku s  $T_3$  a druhým koncem do pravé červené zdířky veličiny  $y(t)$ . Pátým vodičem připojte žádanou veličinu, tj. jeden konec připojte do šedé zdířky vedle potenciometru pro nastavení žádané hodnoty, č. 14 ve schématu a druhým koncem do červené zdířky vedle šedé. Šestým vodičem připojte P regulátor, tj. jeden konec připojte do spodní pravé červené zdířky nad tlačítkem  $r_0$ , č. 3 ve schématu a druhý konec do červené zdířky vedle ní. Sedmým vodičem připojte integrační složku, tj. jeden konec vodiče zapojte do pravé horní žluté zdířky pod tlačítkem pro omezení akční veličiny, č. 19 ve schématu a druhý konec do žluté zdířky vedle ní.
- 5) Umístěte papír do zapisovače jak je znázorněno na obrázku č. x a přichyťte magnetkami pouze v levém a pravém okraji papíru (aby nebránily pojezdu pisátka). Nastavte na zapisovači rozsahy x-ové a y-ové osy, tj. x-range a y-range a ověřte bez pisátka, zda nepřekračují papír, tj. stiskněte na modelu červené tlačítko  $y(t)$ , ve schématu č. 7 a pak stiskněte oranžové tlačítko start. Jakmile dojde pojezd ke konci papíru, stisk-

něte zelené tlačítko stop, ve schématu č. 5. Pokud překračují, rozsahy upravte. Přičemž v modelu mějte vždy nastavenou časovou základnu na 1 V/mm, tj. potenciometrem označeným č. 8. Jakmile máte nastavený správný rozsah, umístěte pisátko do pojezdu.

- 6) Nejprve si nakreslete osy, kreslí se manuálně posuvem příslušných dvou otočných úhelníků na zapisovači. Vraťte pisátko do počátku souřadnic vámi nakreslených os. Na laboratorním modelu zaražte červené tlačítko  $y(t)$ , č. 7 ve schématu, nezapomeňte mít nastavenou časovou základnu, č. 8 ve schématu, na hodnotu 1 V/mm. Stiskněte oranžové tlačítko start a mělo by probíhat vykreslení. Vykreslujte tak dlouho, až se dostanete k pravému okraji papíru, respektive magnebláru. Pak stiskněte zelené tlačítko stop, č. 5 ve schématu, a pisátko se vrátí s pojezdem do původní polohy. Nyní zaražte červené tlačítko  $w(t)$ , č. 7 ve schématu, a postup opakujte na stejný papír. Totéž udělejte pro zbylé dvě tlačítka  $e(t)$ ,  $u(t)$ . Je-li potřeba, změňte na zapisovači  $y$  nové rozsah. U každé ze 4 veličin zapište rozsah  $x$ -ové a  $y$ -ové osy vedle křivky vpravo.

ad bod g)





Obr. 21. P-regulátor metoda Inverze dynamiky: Nastavení podle bodu g)

Řešení:

- 1) Proveďte výpočet  $r_0$  pro metodu inverze dynamiky. Pro výpočet použijte vztah ze zadání č. 60.
- 2) Vypočtenou hodnotu  $r_0$  nastavte na spodním černém potenciometru, č. 6 ve schématu. Vnitřní stupnice jsou celá čísla a vnější dvě desetinná.
- 3) Nastavte žádanou hodnotu  $w(t)$ , č. 14 ve schématu a zapište si ji. Ověřte si, že tlačítka KONST, x 0,1 a x 1, č. 11 a 10 ve schématu nejsou zaražena.
- 4) Zapojte soustavu třetího řádu. Vezměte první vodič a jeden konec zapojte do levé šedé zdířky  $u(t)$  a druhý konec do pravé červené zdířky bloku s  $T_1$ . Druhý vodič zapojte jedním koncem do levé žluté zdířky bloku s  $T_1$  a druhý konec do pravé červené zdířky bloku s  $T_2$ . Vezměte třetí vodič a jeden konec zapojte do levé žluté zdířky bloku s  $T_2$  a druhý konec do pravé červené zdířky bloku s  $T_3$ . Čtvrtý vodič připojte jedním koncem do levé žluté zdířky bloku s  $T_3$  a druhým koncem do pravé červené zdířky  $u(t)$ . Pátým vodičem připojte žádanou hodnotu  $w(t)$ , tj. jeden konec vodiče připojte do šedé zdířky vedle potenciometru pro nastavení žádané hodnoty, č. 14 ve schématu



a druhý konec do červené zdířky vedle ní. Šestáým vodičem připojte P regulátor, tj. jeden konec vodiče připojte do pravé dolní červené zdířky nad tlačítkem  $r_0$ , č. 3 ve schématu a druhý konec do červené zdířky vedle ní.

- 5) Umístěte papír do zapisovače jak je znázorněno na obrázku č. x a přichyťte magnetkami pouze v levém a pravém okraji papíru (aby nebránily pojezdu písátka). Nastavte na zapisovači rozsahy x-ové a y-ové osy, tj. x-range a y-range a overte bez písátka, zda nepřekračují papír, tj. stiskněte na modelu červené tlačítko  $y(t)$ , ve schématu č. 7 a pak stiskněte oranžové tlačítko start. Jakmile dojede pojezd ke konci papíru, stiskněte zelené tlačítko stop, ve schématu č. 5. Pokud překračují, rozsahy upravte. Přičemž v modelu mějte vždy nastavenou časovou základnu na 1 V/mm, tj. potenciometrem označeným č. 8. Jakmile máte nastavený správný rozsah, umístěte písátko do pojezdu.
- 6) Nejprve si nakreslete osy, kreslí se manuálně posuvem příslušných dvou otočných úhelníků na zapisovači. Vraťte písátko do počátku souřadnic vámi nakreslených os. Na laboratorním modelu zaražte červené tlačítko  $y(t)$ , č. 7 ve schématu, nezapomeňte mít nastavenou časovou základnu, č. 8 ve schématu, na hodnotu 1 V/mm. Stiskněte oranžové tlačítko start a mělo by probíhat vykreslení. Vykreslujte tak dlouho, až se dostanete k pravému okraji papíru, respektive magnebláru. Pak stiskněte zelené tlačítko stop, č. 5 ve schématu, a písátko se vrátí s pojezdem do původní polohy. Nyní zaražte červené tlačítko  $w(t)$ , č. 7 ve schématu, a postup opakujte na stejný papír. Totéž udělejte pro zbylé dvě tlačítka  $e(t)$ ,  $u(t)$ . Je-li potřeba, změňte na zapisovači y nový rozsah. U každé ze 4 veličin zapište rozsah x-ové a y-ové osy vedle křivky vpravo.

## ZÁVĚR

E-learning se v současné době těší zájmu široké veřejnosti a zejména pak studentů. Stále se rozšiřuje a vylepšuje. Přináší do výuky spoustu kladných prvků. Rozvíjí vzdělání snadnou a zábavnou formou. Díky snadné dostupnosti, názornosti a odbornosti je stále oblíbenější. Vytvořený projekt na profesionální úrovni se může využít i ve školách jako názorná vyučovací pomůcka.

Mým cílem bylo co nejvíce vybranou úlohu zjednodušit a zatraktivnit. Upravil jsem ji do názorné formy, aby byla co nejsnadněji proveditelná. Řešení obsahuje kromě zadání a postupu i detailní schémata pro jednotlivá zapojení obvodů na laboratorním modelu. Návod k laboratorní úloze jsem vypracoval formou internetových stránek a také jako dokument v programu Microsoft Word. Má práce obsahuje kromě schémat zapojení, také některé fotografie zapojení přímo na laboratorním modelu. Dále jsem v práci uvedl stručný teoretický základ o tvorbě www stránek a o tom co to je e-learning. Obsahuje také teoretický základ pro jednotlivé body zadání z oblasti Teorie automatického řízení. Práci jsem rozdělil do dvou hlavních částí a to Teorie a Provedení. Část teorie obsahuje část nazvanou Literární průzkum obsahující stručné vysvětlení tvorby www stránek a osvětlení pojmu co je to e-learning, kde se s ním setkáme, co nám nabízí, co obsahuje a jaké má výhody a nevýhody v oblasti vzdělávání. Druhá část nazvaná Provedení obsahuje teoretický základ o tom co je to Laplaceova transformace, regulátory a popis pro výpočty požadovaných veličin ze zadání daným způsobem v něm. Obsahuje také kompletní zadání včetně rovnic, schémat a popisu zapojení. Má práce bude sloužit jako snadný návod pro vypracování laboratorní úlohy do předmětu Řízení technologických procesů.

Část ve formě internetových stránek je zpracována tak, aby každá stránka obsahovala jednotlivé části a to zadání, schémata, teorii a vypracování. Navíc obsahuje odkaz s jehož pomocí z ní lze stáhnout podrobný návod na řešení úlohy ve formátu Microsoft Word. Lze ji snadno uveřejnit na internetu pro širší použití.

Podle mého názoru je má práce velmi názorná a odborná.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Balátě, J. (2004): Automatické řízení, BEN, Praha.
- [2] Broža, P. (1999): Tvorba WWW stránek pro úplné začátečníky. Computer Press, Praha.
- [3] Janáčková, D. (2001): Návody k laboratorním úlohám z předmětu Řízení Technologických Procesů, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín.
- [4] Kosek, J. (1998): HTML – tvorba dokonalých WWW stránek. Grada, Praha.
- [5] Kosek, J. (2003): Téměř vše o WWW, dostupné na URL: <http://www.kosek.cz>
- [6] Olbert, V. (2003): Počítačová podpora automatického řízení; Analýza lineárních spojitých systémů. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně, FT, Zlín.
- [7] Trochta, O. (2002): Počítačová podpora automatického řízení – CAAC; Tématický okruh Syntéza. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně, FT, Zlín.

## INTERNETOVÉ ZDROJE

- [8] <http://www.e-learn.cz/default.asp>
- [9] <http://www.langmaster.cz/LmNet/WebApps/LMInternet/web/csy/Online/html/Online/Reasons.htm>
- [10] <http://www.langmaster.cz/LmNet/WebApps/LMInternet/Web/csy/Online/html/Online/Advantages.htm>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

HTML	Hypertext Markup Language
URL	Uniform Ressource Locator
WWW	World Wide Web
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
ASTD	American Society for Training and Development
GIF	Graphics Image Format
JPEG	Joint Photographic Experts Group
PNG	Portable Network Graphics

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Základní blokové schéma regulačního obvodu.....	33
Obr. 2. Postup výpočtu při použití Laplaceovy transformace .....	37
Obr. 3. Řízený dynamický systém.....	38
Obr. 4. Jednotkový (Heavisideův) skok.....	41
Obr. 5. Příklad přechodové charakteristiky.....	42
Obr. 6. Jednotkový (Diracův) impulz .....	42
Obr. 7. Průběh impulsoví charakteristiky .....	43
Obr. 8. Hodnota impulsové funkce $g(t)$ pro $t = 0$ .....	44
Obr. 9. Blokové schéma regulátoru.....	44
Obr. 10. Rovina kořenů $s$ .....	50
Obr. 11. Výpočet velikosti tlumení $ \alpha_s $ .....	50
Obr. 12. Blokové schéma spojitého regulačního obvodu .....	52
Obr. 13. Přehled ovládacích prvků modelovací soustavy .....	58
Obr. 14. P-regulátor: Nastavení podle bodu $a) - c)$ .....	60
Obr. 15. Zapisovač .....	62
Obr. 16. PI-regulátor: Nastavení podle bodu $d)$ .....	63
Obr. 17. P-regulátor s poruchou: Nastavení podle bodu $e)$ .....	65-66
Obr. 18. PI-regulátor s poruchou: Nastavení podle bodu $e)$ .....	68
Obr. 19. P-regulátor metoda Ziegler-Nichols: Nastavení podle bodu $f)$ .....	70
Obr. 20. PI-regulátor metoda Ziegler-Nichols: Nastavení podle bodu $f)$ .....	72
Obr. 21. P-regulátor metoda Inverze dynamiky: Nastavení podle bodu $g)$ .....	74-75

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Seřízení spojitého regulátoru z kritických hodnot regulátoru.....	51
Tab. 2. Přenosy konvenčních analogových regulátorů.....	52
Tab. 3. Závislost koeficientu $\beta$ na relativním překmitu .....	54