

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Popularizace předmětu KEV/+RT

vedoucí práce: Ing. Martin Janda, Ph.D.

2012

autor: Bc. Jan Komardin

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan KOMARDIN**
Osobní číslo: **E10N0029P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Popularizace předmětu KEV/+RT**
Zadávající katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Výběr vhodného námětu a žánru hry na téma základní problematiky regulační techniky.
2. Naprogramování vlastní hry ve zvoleném prostředí.
3. Zpracování potřebných partií z oboru regulační techniky ve formě nápovědy (návodu) ke hře.
4. Vyhodnocení informačního přínosu pro studenty.

Cílem práce je naprogramování hry, která hráče seznámí se základní problematikou regulační techniky.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Janda, Ph.D.**

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

Datum zadání diplomové práce: **17. října 2011**

Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2012**

Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.

děkan



Doc. Ing. Vlastimil Škočil, CSc.

vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni dne

.....

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří se podíleli na mém odborném vzdělávání nejen během studia na Západočeské univerzitě v Plzni, ale i během studia Střední odborné školy strojní a elektrotechnické v Českých Budějovicích, které mi bylo dobrou základnou pro vypracování této práce. Poděkovat bych chtěl také své rodině za jejich podporu v průběhu celého mého studia.

Bc. Jan Komardin

Anotace

Účelem této diplomové práce je zpopularizování předmětu Regulační technika především mezi studenty Fakulty elektrotechnické při Západočeské univerzitě v Plzni. Snaží se jednoduchou formou uvést čtenáře do problematiky daného předmětu. Součástí práce je interaktivní aplikace, která má za úkol studentům vysvětlit nenásilnou formou základy nastavování parametrů PI regulátoru ve zpětnovazební smyčce. Je zde zmíněno několik návrhů pro popularizaci a případnou změnu předmětu. Uvedeny jsou i možnosti pro žánr programované hry a zdůvodnění výběru použitého žánru. Aplikaci lze použít i pro simulaci jednoduchého zapojení dle požadovaných parametrů ve zpětnovazebním obvodu. V závěru práce je shrnutí přínosu aplikace pro studenty při nastavování parametrů regulátoru. Zpracovaná data byla získána od studentů předmětu Regulační technika v letním semestru školního roku 2011/2012.

Klíčová slova

Regulátor, regulace, předmět KEV/+RT, aplikace, program, hra

Annotation – Promotion of KEV/+RT

Aim of this diploma work is popularize of subject Control Engineering among especially students of Faculty of electrical engineering at University of West Bohemia in Pilsen. It tries to introduce readers to problems of this subject by easy way. Part of this diploma work is a interactive computer application. Purpose of this application is teaching students principles of adjusting PI regulator's parameters in feed back loop. There are mentioned some possibilities how improve and change this subject. There is a list of game types what can be used for program this game. The program can be used for simulation of easy circuit with required parameters. In the end of this work is summarized of game's contribution. Used data were got from student of the subject Control Engineering in 2012.

Key words

The regulator, regulation, subject KEV / RT, application, program, game

OBSAH

1	ÚVOD.....	8
1.1	Základní informace o předmětu	8
1.2	Anotace předmětu.....	8
1.3	Obsah přednášené látky.....	9
2	PROBÍRANÁ LÁTKA A PROBLEMATIKLA PŘEDMĚTU	10
2.1	Základní pojmy.....	10
2.2	Regulátory.....	12
2.2.1	Základní pojmy a funkce v regulované soustavě	12
2.2.2	Fyzická skladba regulátoru.....	13
2.2.3	Funkce celého regulačního obvodu	13
2.2.4	Základní typy regulací z hlediska řídicí veličiny w	14
2.2.5	Základní typy regulací z hlediska závislosti w na čase.....	14
2.2.6	Základní algoritmy použité v ÚŘČ (způsoby regulace).....	14
2.2.7	Implementace ÚŘČ (způsob realizace regulátoru)	14
2.3	Typy regulátorů.....	15
2.3.1	Proporciální regulátor – P.....	16
2.3.2	Integrační regulátor - I.....	17
2.3.3	Derivační regulátor - D	17
2.3.4	PID regulátor	18
2.3.5	PI regulátor	21
3	MOŽNOSTI POPULARIZACE PŘEDMĚTU.....	26
3.1	Úprava cvičení	27
3.2	Použití hry.....	28
4	PRAKTICKÁ ČÁST – HRA	29
4.1	Žánr hry	29
4.2	Programovací jazyk.....	29
4.3	Základní idea hry.....	30
4.4	Minimální požadavky.....	30
4.5	Vzhled a možnosti ve hře	31
5	ZHODNOCENÍ PŘÍNOSU	36
5.1	Ukázka zadaného testu	37
5.2	Výsledky testu bez použití hry	37
5.3	Výsledky testu po odehrání hry a rozdíly mezi výsledky.....	39
5.4	Názor studentů na hru	39
6	ZÁVĚR	41
7	ZDROJE	43
8	SEZNAMY.....	45
8.1	Seznam obrázků.....	45
8.2	Seznam symbolů a zkratk	45
	EVIDENČNÍ LIST	47

1 ÚVOD

Téma „Popularizace předmětu KEV/+RT“ jsem si vybral, protože jsem tento předmět absolvoval již v předchozím bakalářském studiu a protože problematiku daného předmětu považuji za velice užitečnou. Chápu, že studentům bez patřičných základů může tato problematika připadat obtížná a hned na začátku je odradí od snahy pochopit ji a využít. Jelikož se u některých oborů jedná o povinný předmět, je absolvován i studenty bez zájmu o dané téma. Většina studentů problematiku pouze vstřebá na úrovni potřebné pro splnění závěrečného testu a zbytek užitečných informací nechá nepovšimnutých. Z tohoto důvodu se tato diplomová práce snaží najít vhodná řešení pro popularizaci předmětu Regulační technika. Snaží se také studentům jednoduchou formou usnadnit pochopení dané problematiky. Za tímto účelem byla naprogramována jednoduchá aplikace, která simuluje řízení výstupního signálu na požadovanou hodnotu ve zpětnovazební smyčce.

1.1 Základní informace o předmětu

Předmět KEV/+RT nemá žádné podmiňující ani vylučující předměty. Jedná se o předmět zařazený do kategorie předmětů A, B i C. Vyučuje se v zimním i letním semestru v rozsahu 2 hodiny přednášek a 1 hodina cvičení týdně. Vyučovacím jazykem je čeština. Předmět je ukončen zápočtem a za jeho absolvování jsou studentům přiznány 3 kredity. Pro získání zápočtu je nutná aktivní účast na cvičeních a absolvování průběžného a zápočtového testu (z každého alespoň 60%). [2]

Z informací o předmětu lze zjistit, o čem se studenti budou učit a s jakou problematikou se budou potýkat.

1.2 Anotace předmětu

„Teorie lineárních spojitých regulačních obvodů. Základní problematika spojitých nelineárních obvodů a obvodů diskrétních. Základní problematika regulačních obvodů s polovodičovými měniči a mikroprocesorovými regulátory. Dvuhodnotové řízení. Logické řízení. Příklady regulačních systémů z oblasti elektrotechniky.“ [2]

1.3 Obsah přednášené látky

- „1. Základní pojmy automatické regulace. Řízení ‚v otevřené smyčce‘, řízení ‚v uzavřené smyčce‘, ‚dvouhodnotová‘ regulace, logické řízení.
2. Využívání Laplaceovy transformace v regulační technice.
3. Popis bloků lineárních spojitě pracujících obvodů - diferenciální rovnice, stavové rovnice, obrazový přenos, odezva na jednotkový skok a na Dirracův impuls, frekvenční přenos. Výpočet obrazových přenosů vybraných elektrotechnických bloků.
4. Frekvenční charakteristiky bloků regulačních obvodů v komplexní rovině a v logaritmických souřadnicích. Měření frekvenčních charakteristik. Analogové regulátory P, PI, PID.
5. Blokovaná schémata lineárních spojitých obvodů. Přenos řízení, přenos poruchy. Typy regulačních obvodů. Přesnost regulačních obvodů.
6. Stabilita lineárních regulačních obvodů - definice stability, kritéria stability. Kvalita regulačního procesu. Princip syntézy regulačních obvodů v závislosti na rozložení kořenů charakteristické rovnice uzavřeného systému.
7. Inženýrské metody analýzy a syntézy lineárních spojitých obvodů - metoda logaritmických frekvenčních charakteristik.
8. Inženýrské metody analýzy a syntézy lineárních spojitých obvodů - metoda optimálního modulu, symetrického optima, metoda ITAE, Ziegler-Nicholsova metoda.
9. Základní problematika nelineárních spojitých obvodů.
10. Regulační obvody s polovodičovými měniči - popis činnosti, zhodnocení. Sestavení ekvivalentního spojitého obvodu. Přibližná syntéza regulátorů.
11. Základní problematika diskrétních, číslicových (mikropočítačových) regulačních obvodů. Problematika činnosti počítače ‚v reálném čase‘. Sestavení spojitého ekvivalentního obvodu, přibližná syntéza regulátorů. Algoritmy základních typů regulátorů.
12. Nestandardní regulace používané v elektrotechnice - systémy s kaskádním řazením regulátorů, systémy s omezením velikosti jedné stavové veličiny (proudu), ‚dvouhodnotová‘ regulace. Logické řízení.
13. Příklady regulovaných systémů z oblasti elektrotechniky.“ [2]

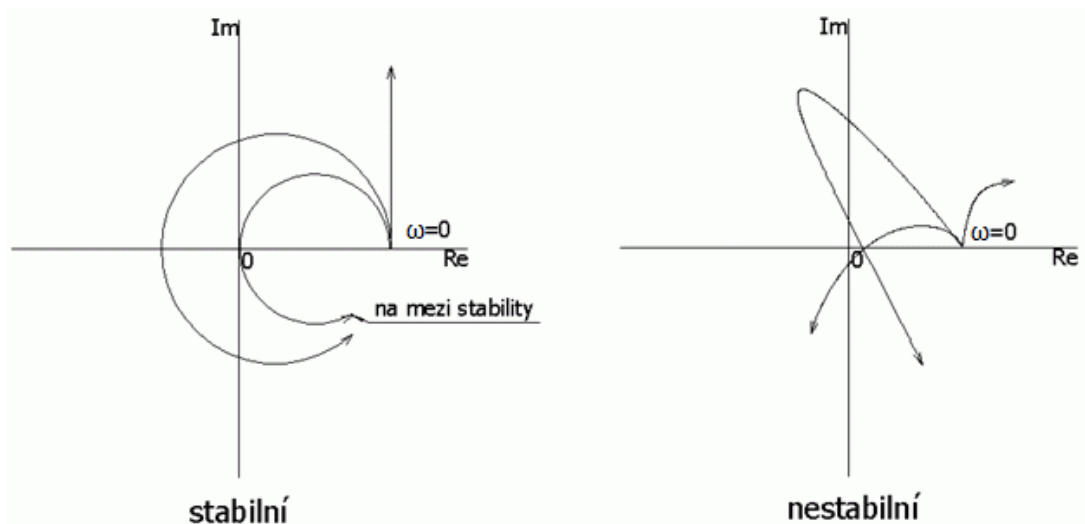
2 PROBÍRANÁ LÁTKA A PROBLEMATIKA PŘEDMĚTU

Přihlédneme-li k rozsahu celého předmětu KEV/+RT, mohla by být celá tato diplomová práce věnována pouze dané problematice. V této části se zaměříme jen na ta nejdůležitější témata, která jsou více spojena s naprogramovanou hrou. Tato část má sloužit studentům jako nápověda pro správná nastavení potřebných parametrů, aby došlo k regulaci výstupního signálu do požadovaných mezí. Nejdůležitějšími tématy jsou tedy regulátory jako takové. Pro pochopení základní problematiky regulace je potřeba znát několik základních pojmů a funkci jednotlivých druhů regulátorů, jako i jejich možnosti použití.

2.1 Základní pojmy

- **Signál** – nositel informace. Je to fyzikální veličina působící mezi jednotlivými členy řídicího obvodu nebo mezi celými obvody. Může se jednat jak o analogový, tak o číslicový signál.
- **Přenos** – aby byla možná spolupráce mezi prvky systému, je nezbytné, aby si navzájem informace předávaly. Informace je přenášena pomocí signálu.
- **Otevřená smyčka** – jedná se o regulační smyčku bez zpětné vazby. Jednoduché a levné řešení. Absence zpětné vazby ale není vždy žádoucí a vhodná.
- **Uzavřená smyčka** – jedná se o otevřenou smyčku doplněnou o zpětnou vazbu. Lepší a stabilnější regulace. U složitějších systémů je zpětná vazba velice žádoucí, ne-li nutná.
- **Dvuhodnotová regulace** – výstup regulátoru může nabývat pouze dvou hodnot. Velice často se s tímto typem regulace setkáme u těch nejjednodušších regulačních soustav, kde si vystačíme s volbou vypnuto/zapnuto - např.: rychlovarná konev, lednička atp.
- **Dirracův impuls** – je speciální druhem signálu. Je nekonečně úzkým impulsem, tzn., že nabývá nenulové hodnoty pouze v jediném okamžiku a jeho amplituda je zároveň nekonečně velká.

- **Laplaceova transformace** – provede-li se transformace diferenciální rovnice, je výsledkem algebraická rovnice pro obraz hledané funkce. Po výpočtu obrazu je možné jej zpětnou Laplaceovou transformací převést na hledaný originál. Pro často se vyskytující případy jsou sestaveny tabulky párů originál - obraz pro rychlejší vyhledávání obrazu k originálu a naopak. Pomocí Laplaceovy transformace je možné jednoduše popsat reálné soustavy, obvody a jejich části místo diferenciálními rovnicemi takzvanými přenosovými funkcemi (přenosy) a z přenosů jednotlivých částí celkem jednoduše vypočítat přenos celé soustavy nebo obvodu.
- **Nyquistovo kritérium stability** – rozhoduje o stabilitě zpětnovazebního obvodu na základě průběhu kmitočtové charakteristiky obvodu s otevřenou zpětnovazební smyčkou. Lze odvodit, že obvod bude stabilní, jestliže kmitočtová charakteristika neobklopuje kritický bod -1, nebo pokud bod -1 leží vlevo od narůstajícího kmitočtu. Prochází-li kmitočtová charakteristika kritickým bodem -1, je obvod na mezi stability. [2], [3].

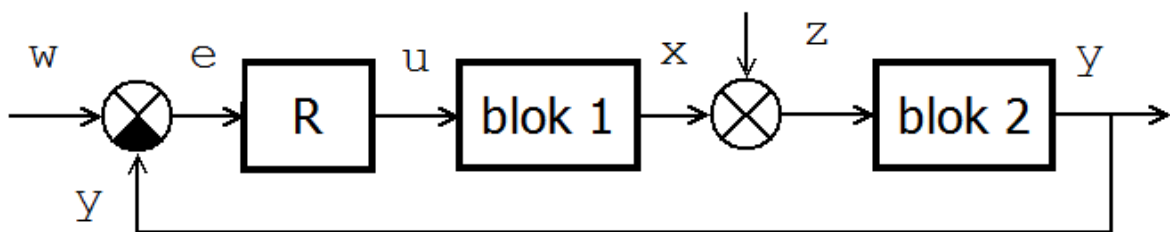


Obr.1 – Nyquistovo kritérium stability [Obr. 1]

2.2 Regulátory

Základní funkcí regulátoru je samočinné udržování určité veličiny na požadované hodnotě při splnění způsobu, jak požadovanou hodnotu dosáhnout (rychlost, jakou skutečná hodnota dosáhne žádané hodnoty, překročit skutečné hodnoty oproti požadovaným, počet akčních zásahů apod.). Požadujeme co nejrychlejší regulátor, ale musíme si dávat pozor, aby zesílení K nebylo až moc velké a aby nedošlo k rozkmitání regulované soustavy. [2]

2.2.1 Základní pojmy a funkce v regulované soustavě



Obr.2 – Základní regulační schéma [Obr. 2]

w – řídicí veličina (požadovaná hodnota, bývá označována i jako S_p)

e – odchylka regulované veličiny ($e = w - x$), (bývá označována jako Err)

u – výstup regulátoru

z – poruchová veličina (zastupuje všechny vlivy způsobující kolísání regulované veličiny)

y – akční veličina (je to energie vstupující do RS a provádějící v ní regulační zásah) [3]

2.2.2 Fyzická skladba regulátoru

Fyzická skladba regulátoru je dělena na několik částí. Toto dělení je velmi obecné. Někdy jsou všechny části fyzicky spojené do jednoho prvku (např. termostat s výstupními kontakty pro spínání akčního členu), jindy je každá část jako samostatný blok.

- **Řídící člen** – nastavovací prvek žádané veličiny, implementovaný různým způsobem (požadovaná fyzikální veličina zadána digitálně nebo potenciometrem cejchovaným v jednotkách řízené veličiny atd.).
- **Měřící člen** – zahrnuje snímač, převodník, řídicí člen a porovnávací člen.
- **Ústřední regulační člen** – zahrnuje implementaci (hardwarovou, softwarovou) regulačních algoritmů.
- **Akční člen** – zahrnuje pohon, škrťací orgán atd.

2.2.3 Funkce celého regulačního obvodu

- Řídící člen slouží k nastavení požadované hodnoty **w** obsluhou.
- V regulované soustavě se měří skutečné veličiny **x**. Vzhledem k tomu, že změřený signál může být malý a v nevhodné fyzikální veličině, musí se zesílit a převést převodníkem na veličinu fyzikálně shodnou s požadovanou hodnotou **w**.
- V porovnávacím členu se určí regulační odchylka hodnot: pomocí jednoduchého vztahu:

$$e = w - x \quad (1)$$

- Regulační odchylka **e** se zpracovává v ÚŘČ pomocí regulačních algoritmů. Výstup ústředního regulačního členu už přímo ovládá akční člen.
- Akční člen převede výstup ústředního regulačního členu na akci = regulační zásah tak, aby akční veličina **y** jednak odstranila vliv poruchových vlivů **z** vstupujících do soustavy, jednak aby splnila svým zásahem požadavky řídicího členu.

2.2.4 Základní typy regulací z hlediska řídicí veličiny w

- **Regulace na konstantní hodnotu:**

$$w = konst. \quad (2)$$

- **Programová regulace**, kdy w se s časem mění podle nějakého funkčního předpisu:

$$w = f(t) \quad (3)$$

- **Vlečná regulace**, kdy w se mění v závislosti na jiné fyzikální veličině:

$$w = f(v(t)) \quad (4)$$

2.2.5 Základní typy regulací z hlediska závislosti w na čase

- **Spojité regulace** – akční veličina se mění spojitě (plynule se natáčeující klapka, otáčky motoru atd.).
- **Nespojitá regulace** – akční veličina se mění skokově (diskrétně řízený ventil).

2.2.6 Základní algoritmy použité v ÚŘČ (způsoby regulace)

- Algoritmy vycházející z použití základních členů (P, I, D).
- Algoritmy Fuzzy logiky.

2.2.7 Implementace ÚŘČ (způsob realizace regulátoru)

- **Hardwarová** – regulátory mechanické, pneumatické, elektrické (jedná se zpravidla o zapojení využívající vlastnosti OZ).
- **Softwarová** – využití programovatelných automatů (PLC) koncipovaných do provozních podmínek, ale i mikrokontrolérů PIC či běžných PC, které si z hlediska stability dovolíme nasadit i do nekancelářských prostředí. Regulátory jsou dány programovými moduly, kde pomocí vstupních parametrů lze snadno nastavit vlastnosti regulátorů.

2.3 Typy regulátorů

Podle přívodu energie se regulátory dělí na:

- **přímé** – nepotřebují vlastní zdroj energie a veškerou energii potřebnou ke své činnosti odebírají z regulované soustavy,
- **nepřímé** – pracují vždy s pomocným zdrojem energie.

U regulátorů je možné využít nejrůznějších fyzikálních možností zesilování a zpravování signálů. Podle toho se regulátory rozdělují na:

- **mechanické,**
- **pneumatické,**
- **hydraulické,**
- **elektrické.**

Podle toho, v jakém tvaru je signál regulátorem přenášen, se regulátory dělí na analogové a digitální, přitom signály mohou být sčítány, derivovány a integrovány. Regulátory digitální pracují tak, že je v nich k určitým hodnotám signálu přiřazena určitá hodnota nějakého číslicového systému.

Lineární regulátory jsou popsány lineárními diferenciálními rovnicemi. K popisu jejich vlastností může být použito přechodových i frekvenčních charakteristik i operátorových přenosů.

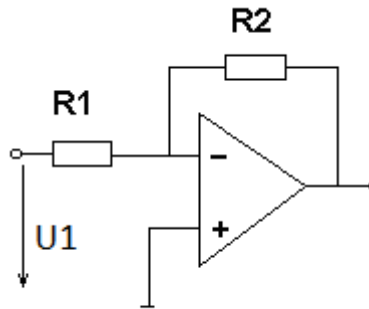
Z hlediska přenosových vlastností se regulátory dělí na:

- **proporcionální (P),**
- **integrační (I),**
- **derivační (D),**
- **kombinované (PI), (PD), (PID).**

2.3.1 Proporciální regulátor – P

Proporcionální regulátor se vyznačuje zesílením vstupního signálu, bez frekvenčního posunutí daného signálu.

2.3.1.1 Model proporciální soustavy



Obr. 3 – jednoduchý model P regulátoru [Obr. 2]

2.3.1.2 Přenosová rovnice P regulátoru

$$y = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right) * e = K * e \quad (5)$$

Kde $U_1 = e$ (error) = regulační odchylka

K = zesílení

2.3.1.3 Vlastnosti P regulátoru z hlediska regulace

Z předcházející rovnice vyplývají vlastnosti proporcionálního regulátoru. Vznikne-li regulační odchylka e , změní se akční veličina y tak, aby se odchylka blížila nule. Bude-li však regulační odchylka nulová, bude se i akční veličina rovna nule. Z toho plyne, že po ustálení regulačního pochodu zanechává P regulátor vždy trvalou regulační odchylku $e \Rightarrow$ **P regulátor není schopen soustavu řídit na nulovou regulační odchylku** – nenastane rovnost dané a skutečné veličiny. Čím větší je zesílení K , tím je regulační odchylka menší.

2.3.2 Integrovační regulátor - I

2.3.2.1 Přenosová rovnice I regulátoru

Frekvenční přenos

$$F(j\omega) = \frac{K_v}{j\omega} = \frac{1}{1\omega T_i} \quad (6)$$

$$y = \frac{K_v}{j\omega} * e = \frac{e}{1\omega T_i} \quad (7)$$

Kde y = výstup integrátoru, e = vstup regulátoru (regulační odchylka), T_i = integrační konstanta, $K_v=1/T_i$ = rychlostní konstanta (udává, kolik se na výstupu naintegruje za 1s.

2.3.2.2 Vlastnosti I regulátoru z hlediska regulace

Z frekvenčního i časového výstupu plyne, že pokud trvá a nemění se nenulový vstup do integrátoru, tak výstup neustále integruje. To znamená, že výstup ovlivňuje výchylku akčního členu tak dlouho, dokud nejsou žádaná a skutečná veličina shodné. **I regulátor je schopen regulovat na nulovou regulační odchylku.**

2.3.3 Derivační regulátor - D

2.3.3.1 Přenosová rovnice D regulátoru

Frekvenční přenos

$$F(j\omega) = \frac{j\omega CR_1}{1 + j\omega CR_2} = \frac{j\omega T_d}{1 + j\omega T_1} \quad (8)$$

$$y = \frac{j\omega T_d}{1 + j\omega T_1} * e \quad (9)$$

Kde y = výstup regulátoru, e = vstup regulátoru (regulační odchylka), T_d = derivační konstanta, T_1 = zpožďující konstanta.

2.3.3.2 Vlastnosti D regulátoru z hlediska regulace

Z frekvenčního i časového výstupu plyne, že čím je na vstupu rychlejší změna za kratší čas, tím je větší výstup derivátoru, ale jen do určité velikosti dané poměrem T_d/T_1 . Po odeznění změny vstupu se výstup vrátí k nule. Doba návratu výstupu je dána velikostí časové konstanty T_1 . Derivační složka je tedy záležitostí krátkodobou, která reaguje pouze na změny regulační odchylky a ne na její absolutní velikost, je-li tato konstantní. Z toho vyplývá, že výstup na změnu vstupu reaguje velmi velkou výchylkou akčního členu, ale postupně ho uzavře. **D regulátor pomáhá rychleji reagovat na změny požadované veličiny, ale sám není schopen regulovat na nulovou regulační výchylku.**

2.3.4 PID regulátor

Pokud je vhodné nasadit pouze některé složky, stačí vyloučit složku nepotřebnou. Tak jsou možné regulátory zpravidla typu P, PI, PD, PID.

2.3.4.1 Matematický popis PID

Frekvenční přenos pro harmonické signály:

$$F(j\omega) = \frac{R_2}{R_1} + \frac{1}{j\omega CR_3} + \frac{1\omega CR_4}{(1 + j\omega CR_5)} = K + \frac{1}{j\omega T_i} + \frac{1\omega T_d}{(1 + j\omega T_1)} \quad (10)$$

2.3.4.2 Z jakých složek je obecně PID regulátor složen

V základních soustavách mají některé soustavy tak výhodné přenosové vlastnosti, že se nechají použít pro stavbu regulátoru. Mohou být použity jednotlivě nebo v různých kombinacích. Těmito výhodnými soustavami jsou proporcionální – P, integrační – I a derivační – D soustava.

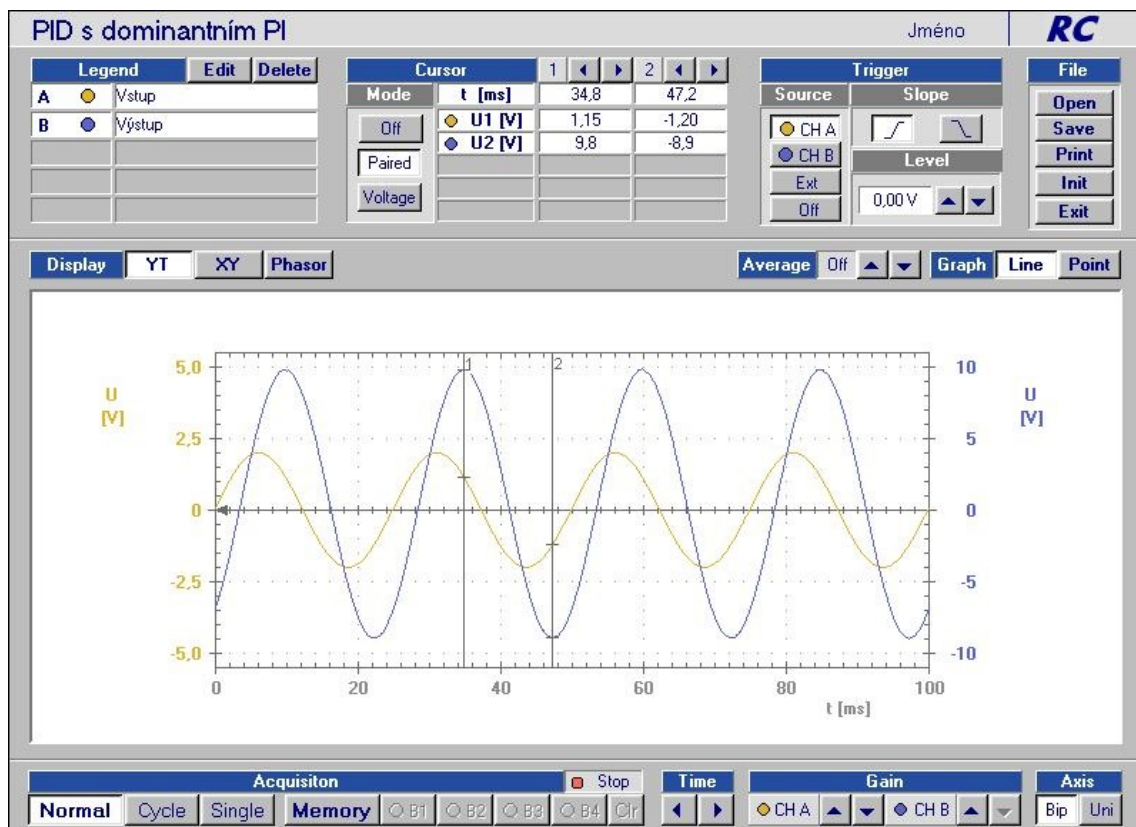
2.3.4.3 Nastavení vlastností PID regulátorů

Základní vlastností regulátorů je řídit regulovanou soustavu podle našich požadavků. Toho se u PID regulátorů docílí správným nastavením PID konstant:

- P – proporcionální konstanta (zesílení),
- I – integrační konstanta,
- D – derivační konstanta.

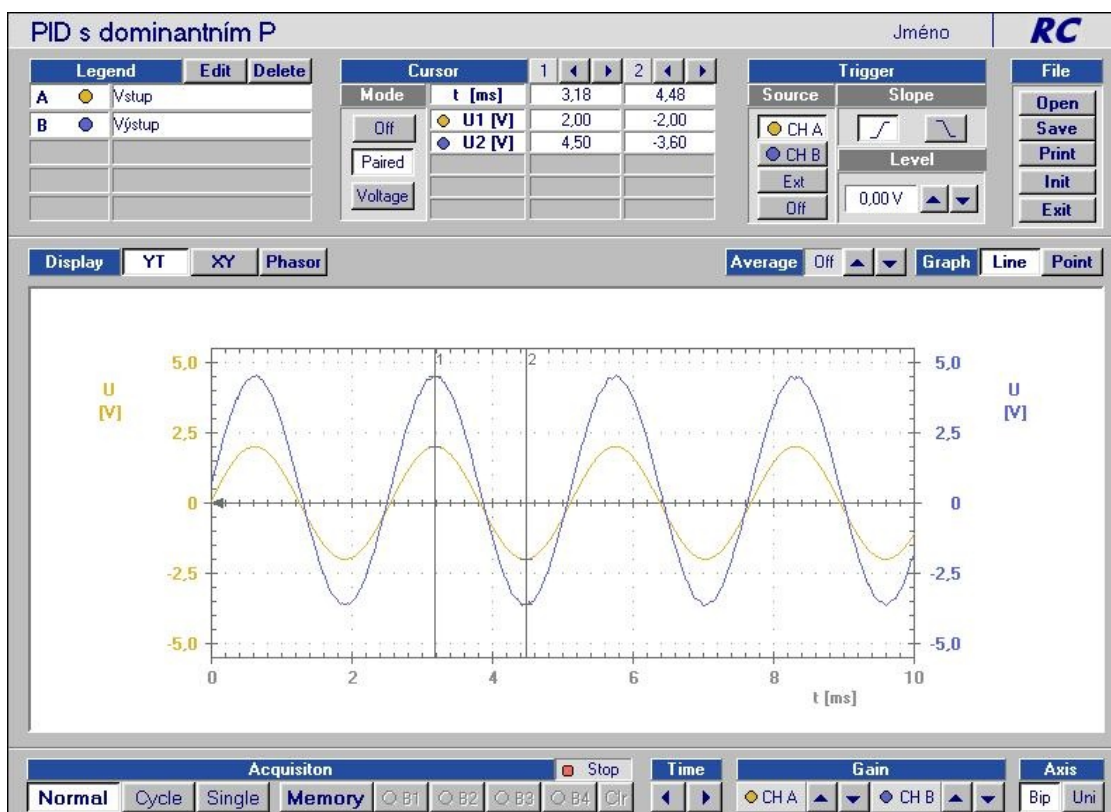
Tyto konstanty musí programátor nebo technik nastavit podle vlastností soustavy, které předtím zjistil některým ze způsobů identifikace.

2.3.4.4 PID – časové průběhy



Obr. 4 – PID - časový průběh pro malé frekvence [Obr. 2]

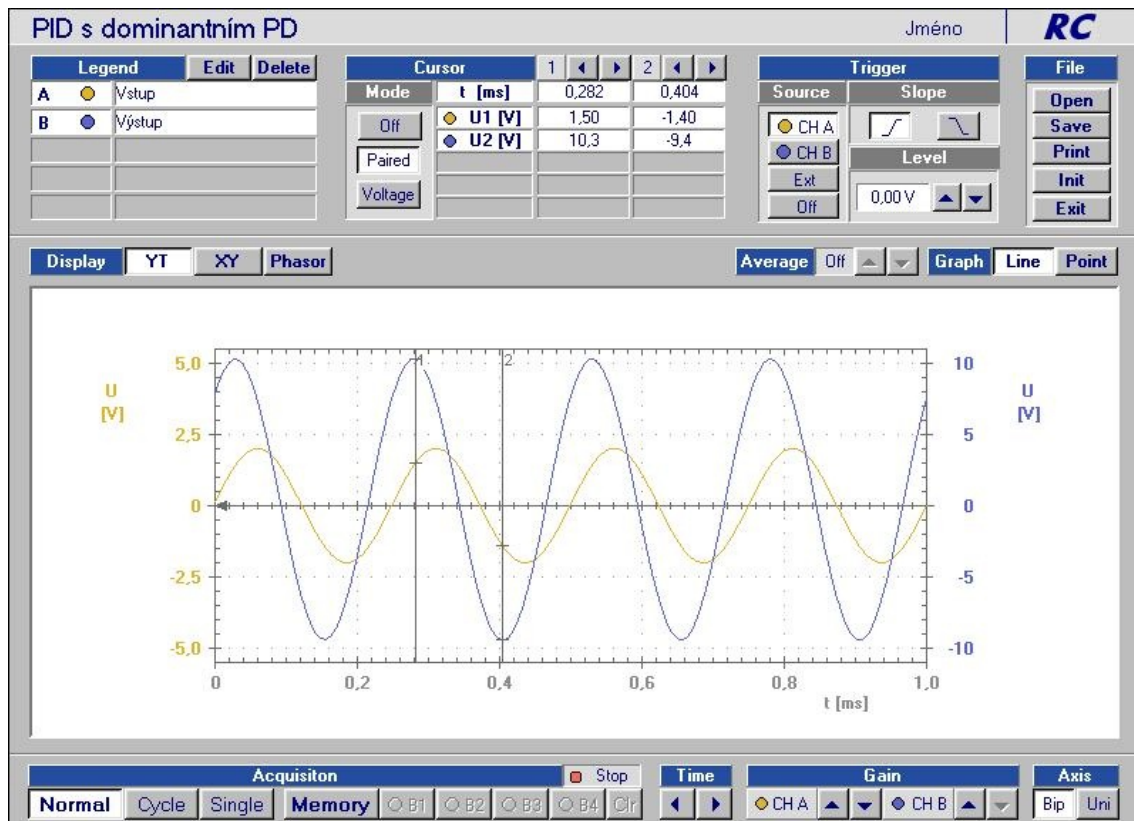
Z obrázků je vidět, která část přenosové rovnice se pro daný kmitočet uplatňuje. První obrázek s malou frekvencí ukazuje dominantní vliv integrační složky. Tato složka má pro malé frekvence oproti ostatním dvěma největší přenos, a proto nejvíce ovlivňuje amplitudu a fázový posun (výstup se zpožďuje).



Obr. 5 – PID - časový průběh pro střední [Obr. 2]

V pásmu středních frekvencí se již integrační složka neuplatní a účinky derivační části se ještě dostatečně neprojeví. Protože největší vliv má složka proporcionální, bude tedy ona ovlivňovat nejvíce velikost amplitudy a fázový posuv (pro proporcionální složku samozřejmě nulový).

Pro velké frekvence se nejvíce uplatňuje složka derivační. Právě ona se nejvíce podílí na velikosti amplitudy a fázovém posuvu (výstup předbíhá). Protože se jedná o skutečný derivační člen, nebude se s rostoucí frekvencí amplituda zvětšovat donekonečna, ale pouze na velikost T_d/T_1 .



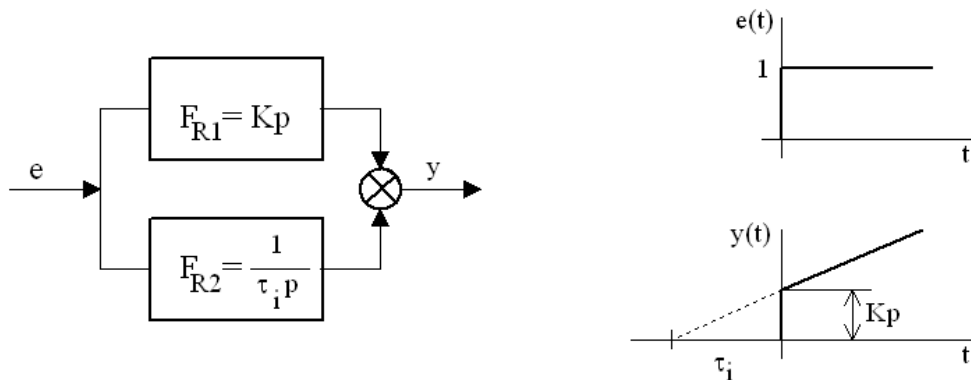
Obr. 6 – PID - časový průběh pro velké frekvence [Obr. 2]

Z časových průběhů lze vyvodit i chování přechodové charakteristiky. Dominance jednotlivých složek bude odpovídat času, který je převrácenou hodnotou frekvence. Integrovaná složka dominuje při malých frekvencích, a tedy při dlouhých časech (po delším trvání jednotkového skoku). Derivační složka dominuje při velkých frekvencích, a tedy při krátkých časech (na začátku jednotkového skoku). Proporcionální složka při středních frekvencích, a tedy při středních časech.

2.3.5 PI regulátor

Protože PI regulátor je použit i v naprogramované aplikaci, je tomuto tématu věnována samostatná kapitola, která bude pravděpodobně pro hráče užitečná nejvíce. V případě, kdy se hráč bude zajímat o nastavení potřebných parametrů pro regulaci výstupního signálu pouze v naprogramované hře, bude mu tato část užitečná, protože v ní najde odpověď, jak se obvod zachová při změně jednotlivých parametrů. Najde zde tedy nápovědu pro nastavení daného příkladu, ale nenalezne odpovědi na ostatní otázky týkající se regulace.

PI regulátor patří k nejpoužívanějším typům regulátorů v technice elektrických pohonů. Tento regulátor vznikne paralelním spojením proporcionálního a integračního členu.



Obr. 7 – PI regulátor a jeho přechodová charakteristika [Obr. 3]

2.3.5.1 Přenos PI

Podle pravidel blokové algebry lze jeho přenos stanovit takto:

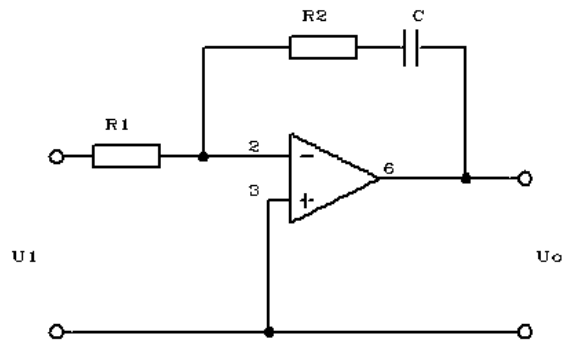
$$F_R(p) = F_{R1}(p) + F_{R2}(p) = K_p + \frac{1}{t_i p} = K_p * \left(1 + \frac{1}{t_R p} \right) \tag{11}$$

Kde $t_R = K_p * t_i$

t_i je časová konstanta integračního členu,

K_p je zesílení proporcionálního členu.

2.3.5.2 Model PI regulátoru



Obr. 8 – Jednoduchý model PI regulátoru [Obr. 2]

Přenos modelového členu je

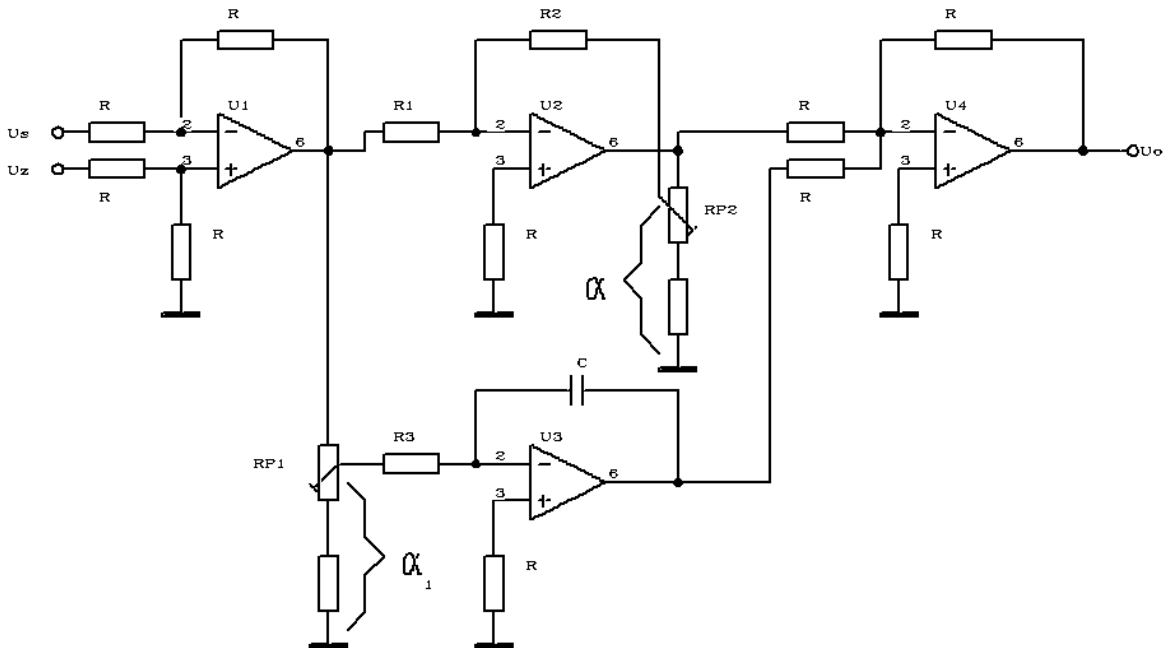
$$\frac{U_0}{U_1} = -\frac{R_2 C p + 1}{R_1 C p} = -\frac{R_2}{R_1} \frac{R_2 C p + 1}{R_2 C p} = -K \frac{t p + 1}{t p} = -K \left(1 + \frac{1}{t p} \right) \quad (12)$$

Kde $K=R_2/R_1$ je proporcionální zesílení

a $\tau =R_2C$ je časová konstanta.

Výstupní napětí operačního zesilovače je tedy opět dáno součtem proporcionální a integrační složky vstupního signálu. Nevýhodou tohoto jednoduchého zapojení je vzájemná vazba mezi zesílením a časovou konstantou. Není tedy možné nastavit tyto složky nezávisle na sobě.

Zapojení PI regulátoru, které odstraňuje tento nedostatek, je na obr. 9. Vstupní zesilovač U1 vytváří regulační odchylku z žádané U_z a skutečné U_s hodnoty regulované veličiny. Zesilovač U2 je zapojen jako P-člen s proměnným zesílením a zesilovač U3 jako I-člen s proměnnou časovou konstantou. Výstupní signál obou členů je sečten výstupním zesilovačem U4. Protože se jedná o paralelní řazení, je možné nezávislé nastavení obou složek PI regulátoru.



Obr. 9 – PI regulátor s odděleným nastavením P a I složky [Obr. 4]

Pro přenos opět platí:

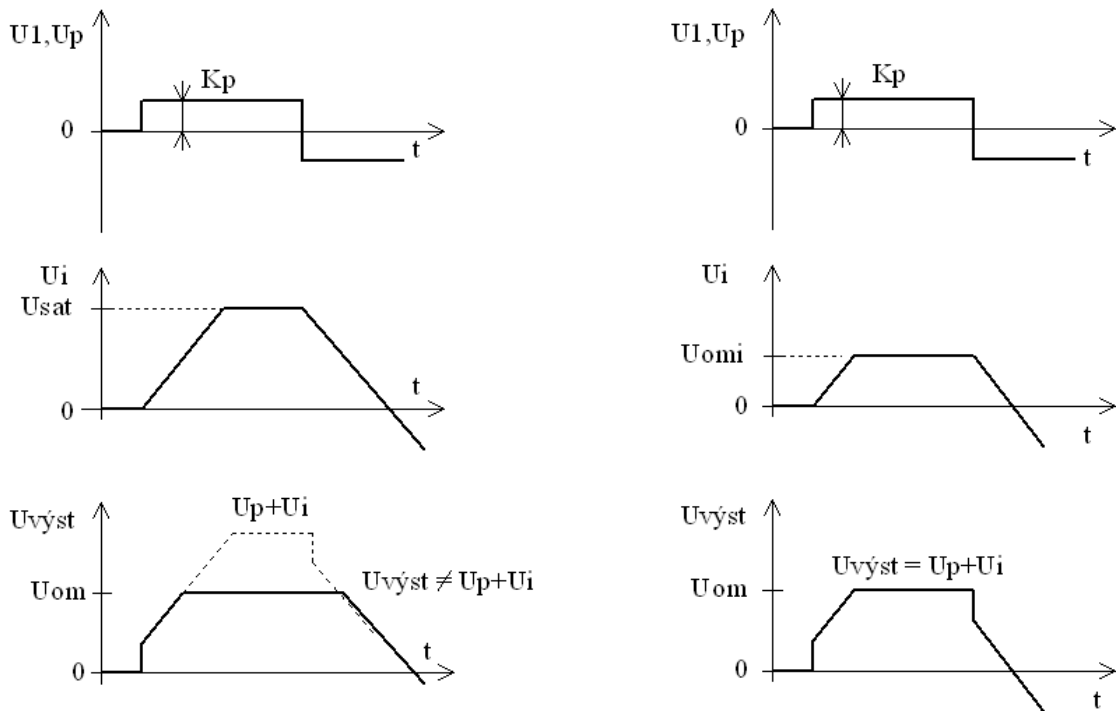
$$F_r(p) = K_p + \frac{1}{t_i p} = K_p \left(1 + \frac{1}{t_R p} \right) \quad (13)$$

$$\text{Kde } K_p = \frac{R_2}{R_1} \quad (14)$$

$$t_i = R_3 C \quad (15)$$

$$t_R = K_p t_i \quad (16)$$

V praxi je většinou nutné vybavit regulátor omezovačem, který upraví výstupní signál na hodnotu potřebnou pro další zpracování. Kromě toho je vhodné vybavit regulátor i tzv. vnitřním omezovačem, který omezuje napětí na integračním členu. Důvodem je fakt, že při dosažení výstupního omezení nebo saturace integračního členu už neplatí, že výstupní napětí je dáno součtem P a I složky. Dochází tak ke zkreslení výstupního napětí a ke zpomalení regulace. Chování PI regulátoru s omezovačem a bez omezovače zachycuje obr. 10.



Obr. 10 – Vliv vnitřního omezovače [Obr. 4]

Na obr. 10 je v levém sloupci zachyceno chování PI členu vybaveného pouze výstupním omezovačem. Je zřejmé, že při dosažení omezení výstupního napětí dále roste napětí na integračním členu až do saturace. Při opačném skoku vstupního napětí dochází ke zpomalení reakce, protože musíme čekat na odsycení I členu. V pravém sloupci je PI člen vybaven jak výstupním, tak vnitřním omezovačem napětí. Při dosažení omezení výstupního napětí zareaguje vnitřní omezovač a zastaví integraci I členu. Tím je zajištěno, že výstupní napětí je v každém okamžiku dáno součtem P a I složky a nedochází tak ke zpoždění. [3] [5] [6] [7] [8]

3 MOŽNOSTI POPULARIZACE PŘEDMĚTU

Předmět Regulační technika se na Západočeské univerzitě v Plzni vyučuje již několik let, a proto je zcela pochopitelné položit si otázku:

Dá se tento předmět vůbec změnit, aby zůstala zachována látka, ale aby byl mezi studenty populárnější a snáze pochopitelný?

Změna každého předmětu je velice náročná, ať se jedná o menší změny z hlediska mírné úpravy učiva, nebo i z hlediska zařizování akreditace a podobně. Jsem si tedy vědom, že změna předmětu, kterou navrhuji, nejspíše nebude přijata, ale i tak se domnívám, že by to bylo dobré řešení, které by uvítali jak mnozí studenti, tak i někteří vyučující.

Pravděpodobně nejlepší řešení by bylo rozdělit tento předmět na dva podobné, kde by se v prvním případě probíraly pouze základy regulační techniky, (základní pojmy, regulátory jako takové, kritéria stability, požadavky na výstupní signál a podobně). Takovýto předmět by mohl být ukončen pouze zápočtovým testem a studenti by po jeho absolvování měli základní znalosti, což by na většině oborů, kde je tento předmět povinný, bylo dostačující.

Druhý předmět, by byl navazující na první a mohl by vycházet z toho, že studenti zvládli v předchozím studiu pochopit základní prvky a chování regulátorů. Toto pravidlo by však nemuselo být podmínkou, pokud má někdo dobré znalosti ohledně regulační techniky, mohl by si dobrovolně zapsat tento předmět i bez absolvování předmětu popsaného výše. Takovýto předmět by posléze mohl být zakončen zkouškou. Nemusel by být povinný pro většinu studentů. Díky tomu by kapacita tohoto předmětu mohla klesnout a náklady na výuku by nebyly tak vysoké.

Nicméně takovýto velký zásah do osnov by byl velmi zásadní a v praxi během rozumné časové doby asi neproveditelný. Další otázkou zůstává, jakou by tato změna přinesla odezvu. Odpověď na tuto otázku bychom se dozvěděli až po několika letech, kdy by bylo možné mít objektivní názor na výsledky absolvování nových předmětů.

Jak tedy problematiku tohoto předmětu dostat do povědomí studentů a vyhnout se přitom tak velkým zásahům do učebních osnov? Nabízejí se nám hned dvě možnosti:

- 1) Neměnit předmět tak radikálně, jak bylo popsáno výše, ale pouze více upřednostňovat praktickou část cvičení oproti stereotypnímu počítání.
- 2) Dát studentům k dispozici prostředek, kde by viděli vliv jednotlivých parametrů okamžitě bez zdlouhavého počítání.

3.1 Úprava cvičení

Jednou z možností popularizace předmětu Regulační technika je mírná úprava cvičení, kde by se měl dát větší prostor praktické činnosti regulování. Tyto úpravy jsou ale velmi málo proveditelné z důvodu velkého časového omezení. Rozsah cvičení je totiž pouze jedna hodina a třicet minut čistého času, tedy běžná doba jednoho cvičení i u ostatních předmětů, ale pouze jednou za čtrnáct dní. Tato doba je opravdu velmi omezující a stačí jen na procvičení základních znalostí.

Osobní zkušenosti mi potvrdily, že několik studentů pouze čeká na napsání výsledku na tabuli a s výpočtem se neobtěžuje. Tito studenti z větší části příklady nepočítali nikoli pouze z důvodu, že by látce neporozuměli, nebo že by je probíraná látka nezajímala, ale z obou výše zmíněných důvodů. Pro některé studenty není zrovna žádoucí pouze počítat na papír a neumět si představit konkrétní reálný příklad regulované soustavy. Tomuto by se dalo pomoci použitím reálné soustavy, kterou by studenti sami regulovali dle potřeby. Takto vedené cvičení také probíhá a většina skupiny, se kterou jsem konkrétně toto cvičení absolvoval já, se do práce zapojila o mnoho aktivněji než při samotném počítání a vykreslování grafů. Reálný výsledek je tedy velkou motivací pro zúčastněné studenty a můj osobní názor je takový, že i získané zkušenosti jsou nabyty o hodně jednodušeji, rychleji a účelněji než klasickým učením. Tato praktická cvičení by ovšem bez alespoň minimální teoretické přípravy nebyla možná a minula by se účinkem.

3.2 Použití hry

Další možností jak se pokusit o popularizaci předmětu Regulační technika, nebo spíše jeho obsahu, je naprogramování interaktivní hry, která by studenty měla zaujmout a nenásilnou formou je přimět osvojit si základy regulačních technik, především však získat základní přehled o regulačních prvcích a vlivu jejich parametrů na regulovaný signál. Jako součást této diplomové práce tedy byla naprogramována aplikace, která se pokusí studentům usnadnit osvojení podstaty regulace ve zpětnovazební smyčce s použitím regulátoru PI.

Tato aplikace nemá za cíl studenty strhnout k neustálému hraní, této hry. Nýbrž pokusit se přiblížit a vysvětlit jim základy regulačních praktik. Přesněji nastavení jednotlivých parametrů regulátoru. V aplikaci bude simulován konkrétně PI regulátor.

4 PRAKTICKÁ ČÁST – HRA

4.1 Žánr hry

Žánr hry je typ nebo kategorie hry. Stejně jako u filmů rozlišujeme jednotlivé žánry i u her, i když je tato klasifikace většinou obtížná. Některé hry je možné zařadit k více žánrům. Akční hra je pravděpodobně jedním z nejoblíbenějších typů her u námi požadované cílové skupiny. Nicméně účel hry je přednější a velice těžko by se skloubil právě s akčním stylem hry. [4]

Pro námi zvolený účel bude nejužitečnějším stylem hry takzvaná výuková. Cílem výukové hry je hráče vzdělávat. Hra může být součástí jiného žánru, obvykle jsou vzdělávací hry stejně jako v našem případě kombinovány s logickými. Logické hry procvičují místo reflexů spíše rozumové schopnosti. Mnoho logických her má časové omezení nebo omezené množství času pro daný tah. Námi vytvářená hra však nebude tahová. Množství potřebného času bude tedy pro každého hráče dle individuální potřeby, protože naším cílem není, aby hráč co nejrychleji nastavil regulátor, ale aby viděl a uvědomil si, jak jednotlivé parametry ovlivní výstupní signál a že existuje několik možností, jak regulátor v rámci možností správně nastavit a získat tak vhodné řešení. [4]

4.2 Programovací jazyk

Důležitým kritériem hry byla možnost spouštění a simulace bez potřeby dalších a většinou velmi drahých početních programů jako například Matlab. Jako programovací jazyk byl tedy použit C#. Hlavní výhodou použití programovacího jazyka C# bude možnost přístupu ke hře z různých platforem, kde je nainstalovaný operační systém Windows XP (se servis packem dva a vyšším) a nebo jeho novější verze. Hráč musí mít pouze doinstalovaný framework, který je k dispozici zdarma a je často již nainstalován, protože je požadován i jinými doplňky a programy běžícími pod operačním systémem Windows. Možnost studentů zkoušet regulační prvky i mimo vyučování z pohodlí domova tedy dává příležitost k procvičování dané problematiky i mimo rámec povinností, pouze pro prohloubení nezbytných znalostí pro pochopení principů regulace smyčky nebo jako pomůcka při vypracovávání semestrálních prací a podobně.

4.3 Základní idea hry

Základní idea pro hru, která by měla prověřit znalosti z probrané látky předmětu Regulační technika, je velice jednoduchá. Hra se bude skládat ze dvou částí. První část bude hra jako taková, kde budou předem nadefinovány hodnoty dvou bloků regulační smyčky a hráč bude měnit pouze parametry regulátoru jako takového. V každém kole se bude měnit průběh požadované veličiny a také chyba, která bude do obvodu zanesena jako simulace reálných podmínek. Průběhy jednotlivých levelů budou popsány dále.

Druhá část bude podobná, hráč bude mít možnost již od počátku nastavovat všechny bloky v regulační smyčce, které signál ovlivňují. Požadovaná hodnota a chyba působící na soustavu budou dány pevně. Účelem této části hry je, aby měl hráč možnost zkusit, jak nastavení zbytku soustavy ovlivňuje výsledný průběh.

4.4 Minimální požadavky

Uvedené systémové požadavky jsou spíše orientační. Na počítači s těmito parametry byl program testován a pracoval s dostatečnou rychlostí, která je úměrná množství výpočtů potřebných pro vykreslení výsledných křivek. Systémové požadavky:

- 800 MHz procesor,
- 512 MB RAM,
- DirectX 9 a kompatibilní grafická karta.

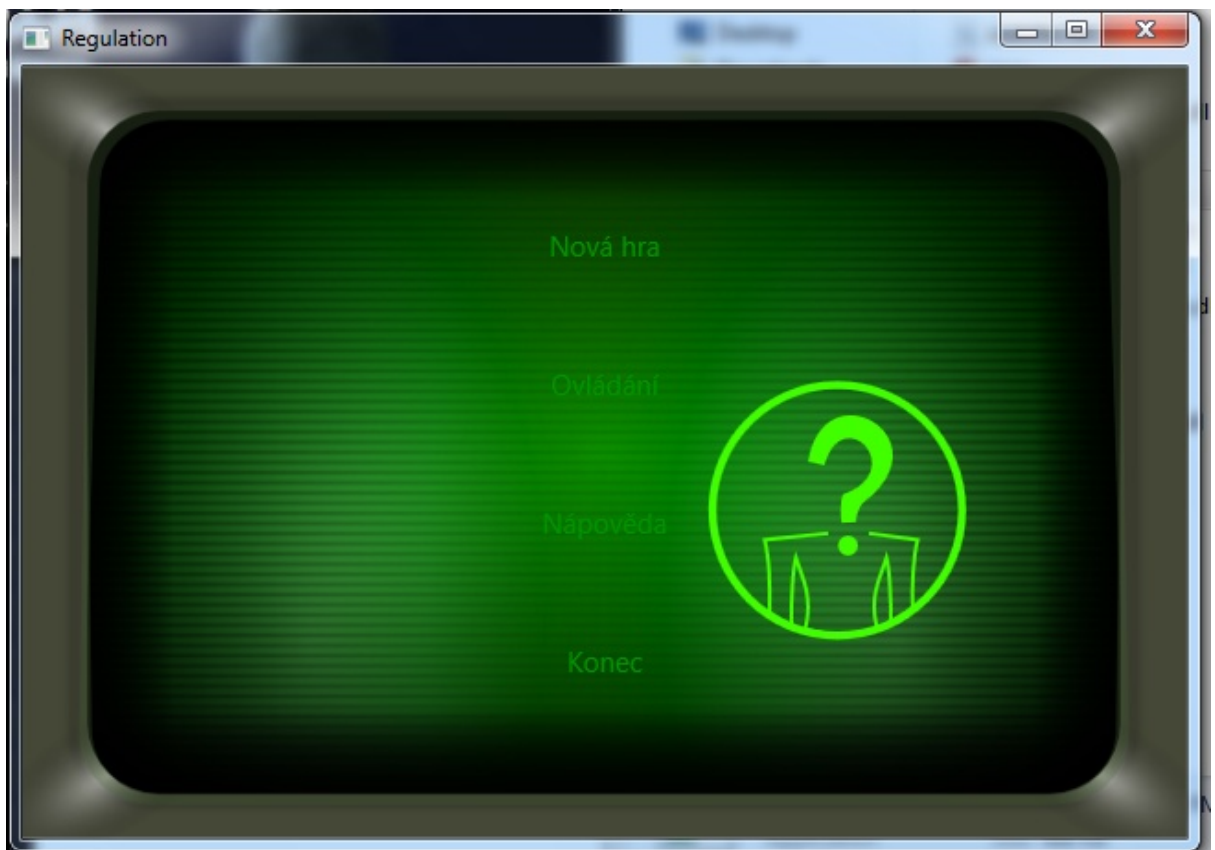
Program je velice nenáročný na požadavky pro svůj chod. Byl navrhnut pro operační systém Windows XP s nainstalovaným servis packem 2 a novějším, přičemž jediná podmínka jeho spuštění je nainstalovaný NET framework verze 4.0 nebo novější.

Minimální požadavky byly odzkoušené na počítači staršího typu. Možnost používat aplikaci i na méně výkonných počítačích byla dosažena zmenšením početního kroku Δt používaného při výpočtech a omezením maximálního času vykreslovaného aplikací do zobrazeného grafu. Jako kompromis mezi nastaveným časem, výpočetním krokem a rychlostí, jako program pracuje, byly použity tyto hodnoty: vykreslený čas – 0,2 s; výpočetní krok – 10^{-4} s

4.5 Vzhled a možnosti ve hře

V průběhu programování hry vznikaly průběžné pracovní verze, které byly postupně dolazovány a přibývaly v nich různé doplňující a rozšiřující funkce. Jednotlivé verze se od sebe občas liší pouze nepatrně, ale přesto byly postupně číslovány, aby bylo zřejmé, jakým vývojem hra procházela.

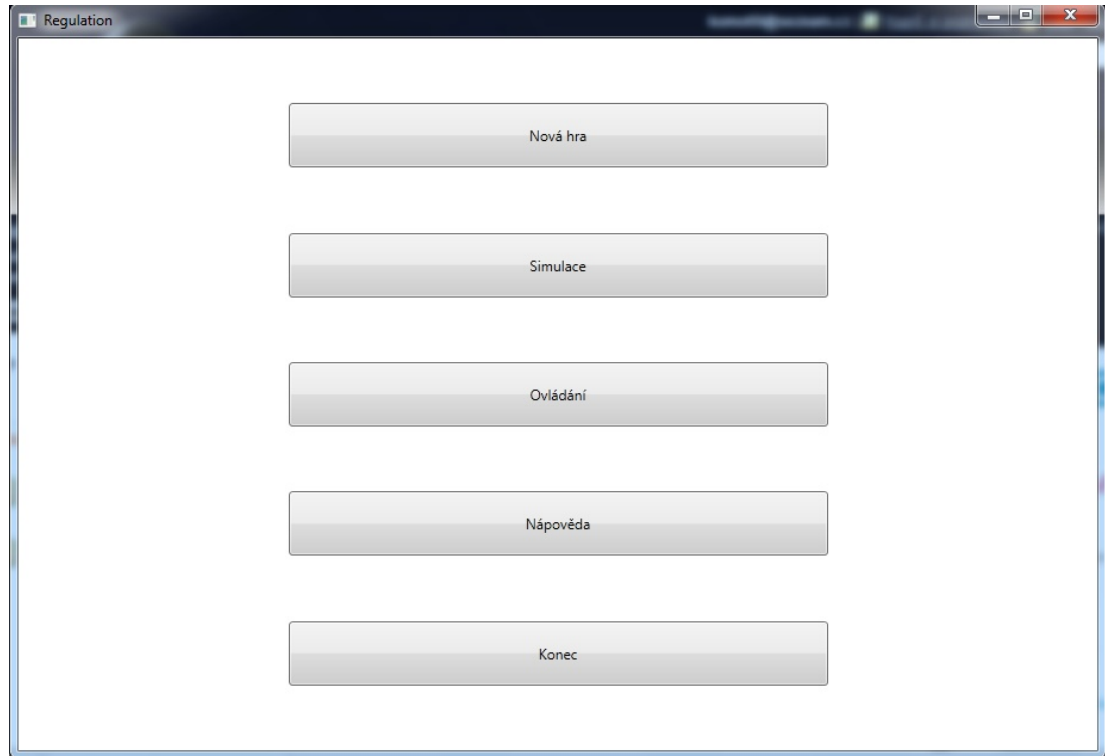
První verze byla zaměřena na grafickou stránku, která by hráče zaujala již na první pohled bezprostředně při spuštění. Pro tuto grafiku bylo jako předobraz posloužito grafické zpracování „Pip-boye“ ze známé série hry Fallout. Nicméně jak je vidět z ukázky níže, použitá grafika zhoršovala přehlednost a čitelnost jednotlivých průběhů.



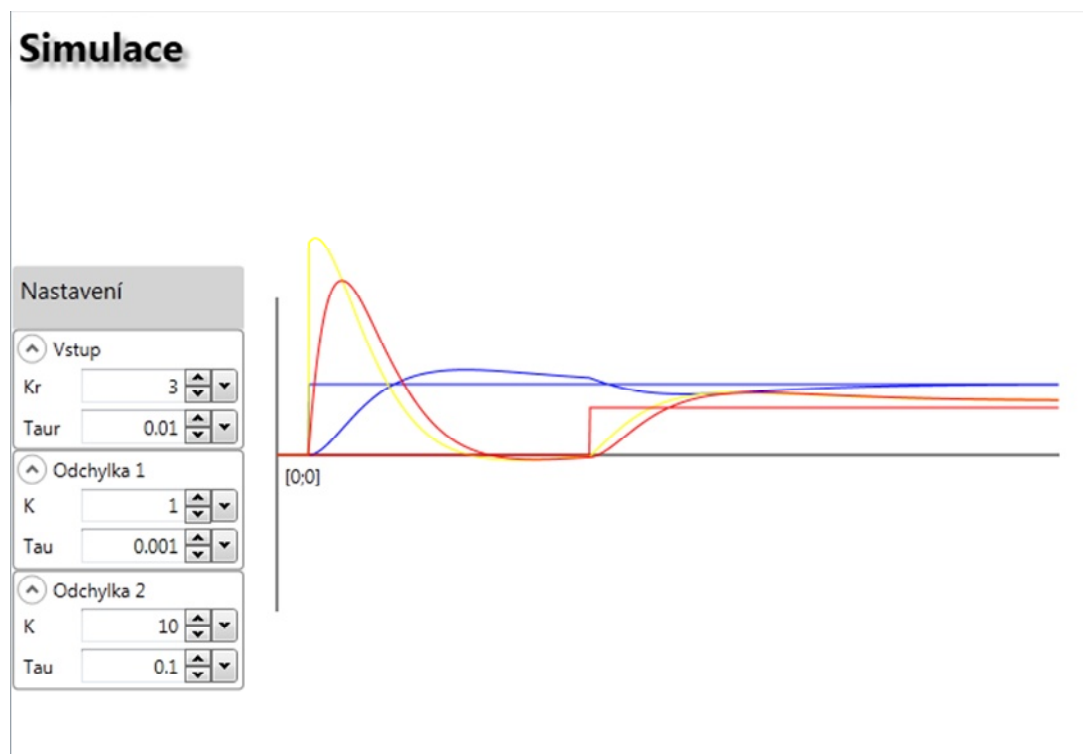
Obr.11 – Aplikace Regulace verze 1.0 [Obr. 5]

Při programování další verze byla upřednostněna jednoduchá a přehledná grafika a terčem zájmu se stala především přehlednost ovládání a funkčnost. Menu a celý vzhled zůstal zachován již po celou dobu ve všech následujících verzích. Přidávaly se pouze drobné doplňky, jako například zaškrťovací políčka pro zobrazení jednotlivých průběhů, jiný styl zadávání hodnot parametrů, který zůstal zachován od verze 1.2 a podobně. Jako první část vznikl režim simulace, na

kterém byla kompletně dolazena funkčnost programu a výpočetních postupů. Jedná se vlastně o velice jednoduché početní postupy pro výpočet jednotlivých veličin při zadaných parametrech.

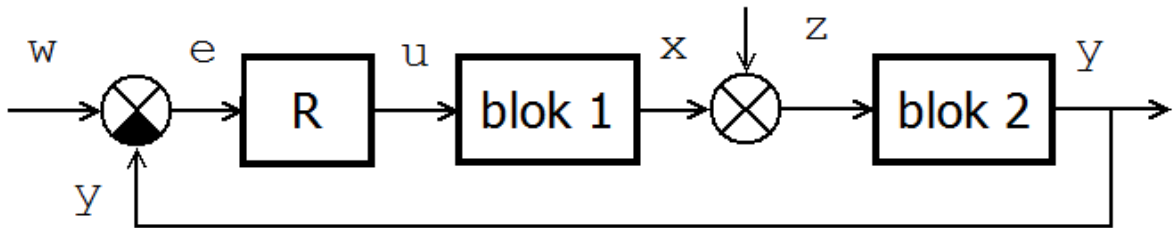


Obr. 12 – Menu aplikace Regulace verze 1.1 [Obr. 5]



Obr. 13 – Režim simulace verze 1.2 [Obr. 5]

Jak již bylo řečeno, vzhled hry zůstal v podstatě nezměněn již od verze 1.1. Dalším větším a podstatným doplňkem byla možnost zobrazení blokového schématu, které dá uživatelům aplikace bez patřičných znalostí o regulační technice možnost uvědomit si, na kterých místech jsou jednotlivé veličiny přítomné. Tato možnost zobrazit si blokové schéma je zavedena od verze 1.5.



Obr. 14 – Blokové schéma přidané ve verzi 1.5 [Obr. 2]

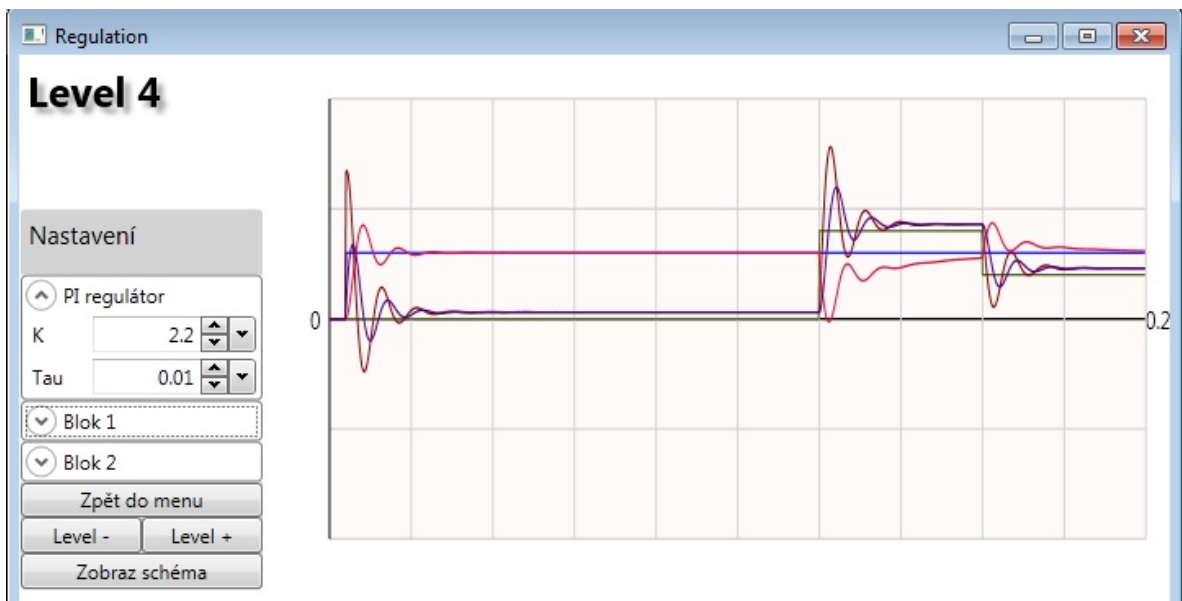
Další velkou změnou od verze 1.6 byla změna regulátoru s omezením za regulátor bez omezení. Tato změna byla provedena na radu vedoucího, aby bylo dosaženo lepšího pochopení i pro hráče bez základních vědomostí. Tato změna byla velice jednoduchá a dá se velice snadno vrátit zpět. Původní příkazy byly pouze změněny na formu komentáře, aby nezasahovaly do výpočetní části.

```
//PI (P) regulátor bez omezovače
sum = sum + 1 / taur * e * dt; //integrace reg. odchylky
u = kr*(e+sum);

//integrace reg. odchylky, pokud není výstup omezen
//PI (P) regulátor s omezovačem
//if (System.Math.Abs(u) < Settings.UMax)
// sum = sum + 1 / taur * e * dt;
//u = kr * (e + sum);
//if (u > Settings.UMax)
// u = Settings.UMax;
//if (u < (Settings.UMax * -1))
// u = (Settings.UMax * -1);
```

Konečná verze již obsahuje i plnohodnotný funkční režim Hra. Tento režim se od režimu Simulace, ze kterého vychází, liší průběhem požadované veličiny w a poruchy z , která reprezentuje vnější vlivy na soustavu. Tvar požadované veličiny se liší s každým levelem. Přepínání mezi jednotlivými levely je zajištěno pomocí dvou tlačítek Level up a Level down. Toto přepínání je manuální z důvodu možnosti postoupit na další úroveň bez nutnosti uregulování předchozí úrovně. Tímto krokem sice hra ztrácí svou výzvu pro hráče pokořit danou úroveň, ale dává možnost regulovat na jiné průběhy i méně zdatným hráčům. Umožňuje tak lépe prozkoumat nastavení parametrů pro jednotlivé průběhy, a tím se více poučit o možnostech nastavování parametrů pro uregulování výstupní veličiny na různé tvary požadované hodnoty. A o pochopení a vysvětlení většího množství informací jde v této aplikaci především.

Jednotlivé úrovně se od sebe tedy liší průběhem požadované veličiny a velikostí chyby, zastupující vliv okolního prostředí na regulovanou soustavu. První úroveň je již tradičně nejjednodušší. Hráč reguluje na konstantní požadovanou hodnotu, bez působení vnějších vlivů, tedy při nulovém z .



Obr. 15 – Screenshot z režimu hra [Obr. 5]

Až do úrovně čtyři je požadovaná hodnota w zadávána jako konstanta, která se může skokově změnit. Od úrovně pět je požadovaná hodnota funkcí času a lineárně se s časem mění.

Samozřejmě by bylo možné udělat mnoho požadovaných průběhů, mezi kterými by se postupně přepínalo, ale tímto byl hráč seznámen s těmi nejzákladnějšími průběhy, na které se snažil výstupní veličinu uregulovat.

S postupem času se režim Hra a režim Simulace velice přiblížily a jsou ve své podstatě shodné. Rozdílem zůstává, že v režimu Hra je po spuštění Blok 1 a Blok 2 uzavřen a hráč musí pro zjištění hodnot bloky otevřít. Tato možnost v původním režimu hry být neměla, ale dle mého názoru stačilo malou úpravou tyto dva bloky přidat a dát tak uživateli aplikace více možností pro nastavení. Pokud si bude hráč chtít aplikaci pouze vyzkoušet, může bloky nechat v původním nastavení a regulovat pouze pomocí PI regulátoru, ale bude-li někdo chtít zkusit vlivy jednotlivých parametrů, stačí si jednotlivé bloky otevřít a přenastavit.

5 ZHODNOCENÍ PŘÍNOSU

Pro zjištění přínosu naprogramované aplikace jsem využil skupinu studentů kombinovaného studia o celkovém počtu cca 30 lidí. Studentům byl dán jednoduchý test na základní znalosti z probírané látky na téma regulace ještě před tím, než měli možnost vyzkoušet si aplikaci. Celá skupina byla rozdělena do dvou učeben a každá z těchto menších skupin zkoušela jinou verzi hry. Jedna skupina měla přístup pouze k režimu Hra a druhá skupina měla přístup pouze k režimu Simulace. Poté byli seznámeni s aplikací a byly jim sděleny pouze základní informace nutné pro spuštění. Ovládání vyzkoušela skupina samostatně bez nápovědy. Skupina neměla ani možnost vstoupit do režimu Nápověda, aby neměli možnost doplnit si informace jinak než z použití režimu Hra a Simulace.

Režim Hra byl ještě v přípravné fázi a nebylo možné si v něm otevřít obrázek s blokovým schématem. Počet úrovní byl omezen na první tři a na rozdíl od konečné verze programu nebyla možnost nastavení parametrů Bloku 1 a Bloku 2.

Po přibližně 10 minutách, kdy měly obě skupiny možnost samostatně se seznámit s programem, dostali studenti opět test se stejnými otázkami jako před použitím aplikace. Výsledky testu před a po použití se výrazně lišily. Je tedy možné zhodnotit přínos hry jako kladný. Podrobnější informace o výsledcích a zhodnocení budou popsány dále.

Skupinám byl dán ještě evaluační dotazník na aplikaci jako takovou, pro získání objektivního názoru a zpětné vazby lidí, na které byla původně zaměřena. Získané informace byly poté vyhodnoceny a celá aplikace byla doplněna o drobné poznatky a připomínky, které se ukázaly jako přínosné. Vesměs se jednalo o drobné připomínky, například absence tlačítka Menu, která by nahradila nebo spíše doplnila klávesu Esc a podobně.

Výsledky obou skupin byly prakticky totožné, a proto byly mezi skupinami vyhodnoceny tak, že režim Hra i režim Simulace mají stejný přínos pro pochopení základních regulačních praktik. V následujícím textu tedy nebudou obě dvě menší skupiny oddělovány, ale budou hodnoceny jako jedna testovací skupina.

5.1 Ukázka zadaného testu

Jak již bylo uvedeno výše, studenti odpověděli na otázky ještě před spuštěním aplikace a poté odpověděli znovu na ty samé otázky po vyzkoušení aplikace. To, že budou posléze odpovídat na stejné otázky, samozřejmě předem nevěděli, aby byl výsledek přínosu hry objektivní. Otázky, na které odpovídali, byly:

- 1) Jaké parametry nastavujeme u PI regulátoru?
- 2) Jak se na výstupním signálu projeví změna parametru K (zesílení)?
- 3) Co se s výstupním signálem stane, pokud zadáme K nepřiměřeně velké?
- 4) Jaký vliv má časová konstanta Tau na výstupní signál?
- 5) V jakých jednotkách se tyto veličiny uvádějí?

Studenti po kompletním odzkoušení a zodpovězení otázek byli požádáni o vyplnění dotazníku na osobní názor na aplikaci jako takovou. Otázky, na které odpovídali, zněly následovně:

- 1) Ohodnoťte grafické zpracování hry známkou od 1 do 5.
(1-nejlepší, 5 nejhorší)
- 2) Měli jste nějaké problémy se spuštěním?
- 3) Jak vám vyhovovalo ovládání? Bylo pro vás dostatečně intuitivní?
(1-nejlepší, 5 nejhorší)
- 4) Ohodnoťte celkový dojem ze hry.
(1-nejlepší, 5 nejhorší)
- 5) Myslíte si, že pro vás měla hra přínos?
(1-určitě ano, 2-spíše ano, 3-nevím, 4-spíše ne, 5-určitě ne)

5.2 Výsledky testu bez použití hry

Výsledky testů před použitím hry je možné rozdělit do dvou částí. V první části jsou studenti, kteří o dané problematice nemají v podstatě žádné povědomí. V této skupině měli správně zodpovězenou maximálně jednu otázku.

Druhá skupina měla již správně několik otázek, většinou tři. Nicméně počet studentů v této skupině byl mizivý. Pro ukázkou jsem vybral několik náhodných

testů z této skupiny. Odpovědi vybraných studentů jsou psány u všech odpovědí ve stejném pořadí bez jakékoli změny.

Ukázky odpovědí na otázky:

1. Jaké parametry nastavujeme u PI regulátoru?

- Nevím
- Nevím
- Otáčky, proud
- Nevím
- PI konstanty

2. Jak se na výstupním signálu projeví změna parametru K (zesílení)?

- Nevím
- Signál klesne nebo stoupne
- Změna časové konstanty
- Zvětšíme úroveň
- Zvětšením K se zvětší výstupní signál

3. Co se s výstupním signálem stane, pokud zadáme K nepřiměřeně velké?

- Nevím
- Nevím
- Nevím
- Nevím
- Nevím

4. Jaký vliv má časová konstanta Tau na výstupní signál?

- Nevím
- Nevím
- Zrychlení zpomalení reakce
- Rychlejší odezva
- Nevím

5. V jakých jednotkách se tyto veličiny uvádějí?

- Bezrozměrný;
- K [-], τ [dB]
- K [dB], τ [s]
- K[dB], τ [s]
- [dB], τ [ms]

Z výsledků testů je patrné, že studenti měli největší problém s otázkou číslo 3, kde z celé skupiny odpověděli správně pouze tři studenti. Naopak nejvíce správných odpovědí bylo u otázky číslo 5.

5.3 Výsledky testu po odehrání hry a rozdíly mezi výsledky

Jak již bylo zmíněno výše, studentům byl po odzkoušení aplikace dán ten samý test. Nikdo však nevěděl předem, že tento test dostanou opět i po odzkoušení.

Výsledky testu po odzkoušení aplikace se výrazně zlepšily a průměrný počet správných odpovědí se zvedl na tři až čtyři odpovědi. Vezmeme-li v potaz původní výsledky před použitím aplikace, kdy průměrný počet správných odpovědí byl jedna, je tento nový průměr velice překvapivý.

Rozdíly mezi výsledky skupin byly po použití hry nejznatelnější u otázky číslo 4, kdy skupina, která měla k dispozici pouze režim Simulace, měla tuto otázku zodpovězenou správně vícekrát, nežli skupina testující režim Hra. Tento rozdíl vedl posléze k tomu, že do režimu Hra byla přidána i možnost nastavovat parametry následujících bloků, aby byla výrazněji vidět reakce obvodu s nastavenými malými a velkými časovými konstantami.

5.4 Názor studentů na hru

Z dotazníku, který vyplnili studenti, na kterých byl zjišťován přínos aplikace, vyplývají následující informace. Na otázku „Jak se program uživatelům líbil po grafické stránce?“ při hodnocení od jedné do pěti získal známku 2,11 (při rozmezí známkování jedna až tři). Nejčastější kladné ohlasy se týkaly jednoduchosti grafu a možnosti vypnout si nepotřebná zobrazení. Naopak nejčastější připomínkou bylo, že na černém pozadí by graf více vyniknul a byl by tak ještě více viditelný.

Na otázku číslo 2) „Měli jste nějaké problémy se spuštěním?“ bohužel nebyla žádná odpověď, protože aplikace již byla připravena na školních počítačích a nikdo z přítomných u sebe neměl vlastní notebook. Nicméně při přípravě učeben pro spuštění aplikace nebyl žádný problém, stačilo doinstalovat již zmíněný framework.

Co se týče ovládání a zadávání parametrů, průměrná známka byla 1,67. Studentům přišlo zadávání logické a jednoduché. Znamka je zhoršena, protože při testovací verzi nebyla funkční možnost zadávat hodnoty z kalkulačky. Tento problém byl v následující verzi odstraněn.

Hodnocení celkového dojmu ze hry dopadlo známkou 1,75. Nejčastější výtka byla absence nápovědy a legendy u zaškrťovacích políček, ta byla u testované verze označena pouze písmeny. Po těchto odezvách byly popisky doplněny.

Zda měla hra pro studenty určitý přínos je jasně patrné i z výsledků testů. Studenti sami tento přínos ohodnotili průměrnou známkou 1,6. Zároveň byly skupiny požádány o názor na možnosti zlepšení a popularizaci předmětu Regulační technika. Z jejich odpovědí a reakcí je podloženo, že by uvítali více praktických ukázek a větší návaznost na praktické aplikace. To by umožnilo lepší představu v reálných aplikacích. Zároveň byl několikrát zmíněn nízký počet vyučovacích hodin. Tento faktor je však velice ovlivněn testovací skupinou, protože se jedná o studenty kombinovaného studia.

6 ZÁVĚR

V úvodu práce je popsán přehled probírané látky podle informací, které jsou uvedeny na internetových stránkách Západočeské univerzity pro předmět Regulační technika, anotaci jednotlivých přednášek a vykládané látky.

Jako další je v práci vyhotovena teoretická část, ve které se lze dočíst o rozdělení regulátorů, jednotlivých druzích a o základech regulačních technik. Tato teoretická část je pouze rychlým přehledem, protože má sloužit pouze k tomu, aby člověk bez potřebných znalostí věděl, jak jednotlivé druhy regulátorů fungují a jak nám ovlivní příchozí signál na výstupu. V této části je také seznam těch nejzákladnějších pojmů z oboru regulační techniky.

Třetí kapitola uvádí možnosti, jak si osobně myslím, by se předmět mohl změnit tak, aby byl pro studenty populárnější a snáze pochopitelný. Je uvedena možnost předmět v nynější podobě zrušit a nahradit ho dvěma předměty se stejnou tematikou. Jeden z nich by byl stále povinný jako nynější předmět Regulační technika, ale probírali by se pouze základní znalosti, které by studenti měli bezpodmínečně znát. Druhý předmět by byl již navazující a probíraná látka, by již byla složitější, s možností navrhování reálných regulačních soustav. Rozdělením by se dosáhlo více časových možností pro výklad a rozdělila by se i obtížnost dle potřeb pro jednotlivé obory. Jsou zmíněny i další možnosti jak tento předmět alespoň částečně upravit.

Ve čtvrté kapitole je popsán vývoj naprogramované aplikace, zvolený žánr hry a programovací jazyk. Aplikace samotná je přiložena na CD, které je přílohou této diplomové práce. Minimální systémové požadavky na spuštění aplikace jsou pouze orientační, je však důležité mít nainstalovaný potřebný operační systém a framework verze 4.0 a vyšší.

Poslední kapitola popisuje vlastní přínos aplikace na použitou skupinu studentů předmětu Regulační technika kombinovaného studia, kterým byl dán test před a po použití aplikace, získané výsledky byly poté zpracovány a porovnány. Z výsledků před použitím aplikace a po něm je jasně vidět, že vliv na základní znalosti je nezanedbatelný. Je ovšem zapotřebí vzít v úvahu, že studenti kombinovaného studia nemají takové časové možnosti výuky jako studenti

prezenčního studia, kteří mají výuku častěji. Ale právě to odráží přínos aplikace pro studenty, kteří nemají patřičné základy.

Tématem mé práce bylo popularizace předmětu Regulační technika, který se na Západočeské univerzitě vyučuje. Víím, že změna každého předmětu je velmi problematická a náročná, ale doufám, že alespoň některé návrhy budou mít odezvu a přiblíží studentům danou problematiku. Celková změna předmětu nejspíše uskutečněná nebude, i když osobně cítím, že by se jednalo o nejpřínosnější změnu.

Věřím, že naprogramovaná aplikace bude mít přínos pro všechny, kteří s regulační technikou teprve začínají a po použití dané aplikace a přečtení teoretické části jim budou jasné alespoň základy a možnosti regulačních technik.

7 ZDROJE

- [1] MICHALÍK, Petr; ROUB, Zdeněk; VRBIK, Václav. *Zpracování diplomové a bakalářské práce na počítači*. 2. Plzeň: Západočeská univerzita, 2006. 68 s. ISBN 80–7043-458–9.
- [2] *Portál ZČU* [online]. 2007 [cit. 2011–11-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.portal.zcu.cz/>>.
- [3] NEDVĚD, Stanislav; *Studijní materiály předmětu Automatizace*, 2006 [cit. 2011–12-03].
- [4] JANOUŠ, Jan; *Studijní materiály předmětu Mikroprocesorová technika*, 2005 [cit. 2012–2-23].
- [5] DOC. ING. MGR. PETR KLÁN, CSC. PI regulátory s dobrým nastavením. *AUTOMA.AUTOMA: časopis pro automatizační techniku* [online]. [cit. 2012-02-07]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=30552
- [6] Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. [online]. [cit. 2012-03-014]. Dostupné z: <http://fei1.vsb.cz/kat430/old/Studium/Materialy/TPREP/PI.pdf>
- [7] KLÁN, P.: Metody zlepšení PI regulace. *Automa*, 2001, roč. 7, č. 12,
- [8] O'DWYER, A.: A summary of PI and PID controller tuning rules for processes with time delay. Part I, Part II. In: *Preprints of IFAC Workshop on Digital Control PID '00: Past, Present and Future of PID Control*. pp. 175–180, 242–247. Elsevier Science, 2000.
- [Obr. 1] Frekvenční kritéria stability. [online]. [cit. 2011-12-07]. Dostupné z: http://195.178.89.122/CAAC_PHP/CAAC/cesky/analyza/s_frekvkrit/s_frekvkrit.php
- [Obr. 2] NEDVĚD, Stanislav; *Studijní materiály předmětu Automatizace*, 2006 [cit. 2011–12-03].

[Obr. 3] Vysoká škola báňská: Technická univerzita Ostrava. [online]. [cit. 2011-12-07]. Dostupné z: <http://fei1.vsb.cz/kat430/Studium/>

[Obr. 4] Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. [online]. [cit. 2012-03-014]. Dostupné z: <http://fei1.vsb.cz/kat430/old/Studium/Materialy/TPREP/PI.pdf>

[Obr. 5] Vlastní zpracování

8 SEZNAMY

8.1 Seznam obrázků

- Obr. 1 – Nyquistovo kritérium stability
- Obr.2 – Základní regulační schéma
- Obr. 3 – jednoduchý model P regulátoru
- Obr. 4 – PID - časový průběh pro malé frekvence
- Obr. 5 – PID - časový průběh pro střední
- Obr. 6 – PID - časový průběh pro velké frekvence
- Obr. 7 – PI regulátor a jeho přechodová charakteristika
- Obr. 8 – Jednoduchý model PI regulátoru
- Obr. 9 – PI regulátor s odděleným nastavením P a I složky
- Obr. 10 – Vliv vnitřního omezovače
- Obr.11 – Aplikace Regulace verze 1.0
- Obr. 12 – Menu aplikace Regulace verze 1.1
- Obr. 13 – Režim simulace verze 1.2
- Obr. 14 – Blokové schéma přidané ve verzi 1.5
- Obr. 15 – Screenshot z režimu hra

8.2 Seznam symbolů a zkratk

KEV – katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

+RT – předmět regulační technika

ŘČ – řídicí člen

ÚRČ – ústřední regulační člen

AČ – akční člen

RS – regulovaná soustava

SN – snímač

P – převodník se zesilovačem

w – řídicí veličina (žádaná hodnota, bývá označována i jako Sp)

x – skutečná hodnota regulované veličiny (bývá označována jako Pv)

e – odchylka regulované veličiny ($e = w - x$), (bývá označována jako Err)

z – poruchová veličina (zastupuje všechny vlivy způsobující kolísání regulované veličiny)

y – akční veličina (je to energie vstupující do RS a provádějící v ní regulační zásah)

OZ – operační zesilovač

PLC – programmable logical computer - programovatelný logický automat

P regulátor / soustava – proporcionální regulátor / soustava

I regulátor / soustava – integrační regulátor / soustava

D regulátor / soustava – derivační regulátor / soustava

K – zesílení

T_i – integrační konstanta

$K_v=1/T_i$ – rychlostní konstanta (udává, kolik se na výstupu naintegruje za 1s)

T_d – derivační konstanta

T_1 – zpožďující konstanta

