

Multimediální podpora výuky předmětu TAŘ II - Syntéza

Martin Vičánek

Bakalářská práce
2005



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Institut řízení procesů a aplikované informatiky

Vložit oficiální zadání bakalářské práce

Poděkování:

Chci poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce prof. Ing. Vladimíru Vaškovi, CSc. za provedení problematikou syntézy v automatickém řízení. Za jeho odborné rady a připomínky týkající se dané látky. Děkuji také Pavle Kociánové z Vysoké školy ekonomické, katedry ekonometrie za recenzi této práce.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce, ředitele ústavu a institutu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 01. 06. 2005

.....

podpis

RESUMÉ

Tato práce se věnuje problematice teorie automatického řízení II – syntéza a možnosti multimediální podpory této problematiky. V prvních několika kapitolách vysvětluje základní pojmy syntézy číslicového korekčního členu a jeho optimální seřízení. Kromě těchto informací obsahuje i konkrétní příklady. Za syntézu regulačního obvodu je považováno seřízení číslicového korekčního členu.

Druhá část tvoří multimediální podporu daného předmětu. Je zde popsána problematika e-Learning. Dále je zde vyličen tvorba publikace formou www projektu a prezentace v programu FrontPage.

SUMMARY

This study deals with the problems about theory automatic regulation II – synthesis and its possibilities of multimedia promotion. First section explains elementary notions of numeric correction member and its optimal regulation. Expect these information it contains concrete examples. Synthesis of automatic control circuit is considered as the regulation of numeric correction member.

The second part forms multimedia promotion of query object. This part is focused on problems about E-Learning. The last part of my study is about creation of www projects and presentations in the program FrontPage.

OBSAH

ÚVOD.....	6
1 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA PŘEDMĚTU TAŘ	7
1.1 Charakteristiky předmětu TAŘ 1 – 3.....	7
1.1.1 Teorie automatického řízení I.....	7
1.1.2 Teorie automatického řízení II	8
1.1.3 Teorie automatického řízení III	8
2 MULTIMEDIÁLNÍ PODPORA VÝUKY	11
2.1 Pojem e-Learning	12
2.1.1 Klasická výuka versus e-Learning.....	13
2.1.2 Co nám e-Learning přináší?	14
2.1.3 e-Learning pouze pro vzdělání?	16
2.2 Forma multimediální podpory předmětu TAŘ II.....	16
2.2.1 Pojem www stránka.....	16
2.2.2 Pojem prezentace v aplikaci PowerPoint.....	18
2.3 Multimediální podpora předmětu TAŘ II.....	18
2.3.1 Www stránky pro předmět TAR II.....	19
2.3.2 Prezentace v aplikaci FrontPage.....	27
3 SYNTÉZA DISKRÉTNÍHO REGULAČNÍHO OBVDU	29
3.1 Regulátory s pevně danou strukturou	30
3.1.1 Diskrétní realizace integrační a derivační složky v diskrétní verzi spojitého PID regulátoru.....	30
3.1.2 Polohový a přírůstkový číslicový PID algoritmus.....	33
3.1.3 Základní diskrétní regulátory	34
3.1.4 Modifikace PSD algoritmu	37
3.1.5 Volba vzorkovací periody	40
3.1.6 Optimální seřízení regulátorů s pevně danou strukturou	41
3.2 Kompenzační regulátory	47
3.2.1 Přímovazební řízení.....	48
3.2.2 Zpěťnovazební řízení	49
3.2.3 Konečný počet kroků regulace	53
3.3 Příklad použití syntézy při návrhu číslicových regulátorů.....	54
ZÁVĚR.....	58
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	59
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	60
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	62
SEZNAM TABULEK	63

ÚVOD

Automatické řízení v oblasti syntézy se stalo jednou z nejdůležitějších součástí v oblasti průmyslové automatizace, své místo zaujala i v nevýrobních oblastech jako je např. automatizace budov. V dnešní době, době informačních technologií a Internetu, si tedy zaslouží být prezentovány nejen odborníkům, ale i širší veřejnosti. A jakým lepším způsobem, než pomocí sítě sítí, Internetu.

V této práci se zabývám teorií automatického řízení, jeho vysvětlením a použitím. Také možnosti prezentace pomocí webových aplikací a prezentace v aplikaci PowerPoint sloužící jako doprovodný materiál při ústním výkladu dané látky.

Celá práce je rozdělena do dvou kapitol. První z nich je, kvůli uvedení do problematiky, zaměřena na teorii automatického řízení v oblasti syntézy. V této kapitole je uveden návrh a struktura regulátorů s pevnou strukturou a regulátorů kompenzačních tj. s optimalizovanou strukturou. Je zde uvedeno jak navrhnout číslicový korekční člen a jeho seřízení tak, aby nejlépe vyhovoval požadavkům řízení daného procesu. Kapitola je ukončena příkladem návrhu regulátoru pomocí několika metod. Byly použity metody Ziegler-Nicholse pro Takahashiho návrh regulátoru a metoda požadovaného modulu (inverze dynamiky).

V druhé části je náhled do problematiky e-learning. Je zde popsán rozdíl mezi klasickou výukou a e-learning. Jaké je využití formy multimediální podpory a její rozsah. Jak lze využít e-learning při výuce dané látky. S pojmem multimediální podpora je spjat pojem distanční vzdělávání. Distanční vzdělávání je chápáno jako: „multimediální forma studia, při které jsou studující a vzdělavatelé v průběhu studia od sebe odděleni na prakticky neomezenou a často velkou vzdálenost. Multimediálnost zde znamená překonávání této vzdálenosti využitím všech dostupných komunikačních prostředků, kterými lze prezentovat učivo“ (Programy distančního vzdělávání v ČR, 1998/99, s. 1).

Forma multimediální podpory daného předmětu je rozebrána obecně. Je zde nastíněna tvorba www prezentace a prezentace v aplikaci PowerPoint. Www stránka je graficky složitě zpracována, proto je zde uvedena tvorba grafických prvků použitých v dané publikaci.

1 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA PŘEDMĚTU TAŘ

Stručný popis teorie automatického řízení. Probíraná látka ve všech částech daného předmětu.

1.1 Charakteristiky předmětu TAŘ 1 – 3

1.1.1 Teorie automatického řízení I

Základy teorie dynamických systémů. Lineární řízení, spojitý systémy a jejich analýza. Regulátory, analýza a stabilita regulačního obvodu. Metody syntézy regulačního obvodu, nelineární regulační obvody, základní typy nelinearit, fázové trajektorie, stabilita nelineární systémů, určování mezních cyklů, ekvivalentní přenosy.

Náplň:

1. Lineární spojitý dynamický systém (LSDS), diferenciální rovnice, přenos.
2. Vlastnosti LSDS, přechodové a impulsní funkce.
3. Frekvenční přenosy a charakteristiky, Nyquistův a Bodeho diagram.
4. Interní a BIBO stabilita, algebraická a frekvenční kritéria stability.
5. Uzavřený regulační obvod, cíle řízení, stabilita, popis signálů.
6. Syntéza - Naslinova, Whiteleyho metoda a další standardní metody.
7. Polynomiální metoda syntézy, polynomiální diofantické rovnice.
8. 1DOF a 2DOF systém řízení, určení struktur a parametrů regulátorů.
9. Mnohorozměrový systém řízení, levé a pravé maticové zlomky.
10. Struktury maticových přenosů regulátorů, výpočet parametrů.
11. Stavový popis systému, převod stavového modelu na externí.
12. Dosažitelnost, řiditelnost, pozorovatelnost, stabilizovatelnost.
13. Deterministický odhad stavu systému.
14. Možnosti řízení systémů s dopravním zpožděním.

1.1.2 Teorie automatického řízení II

Diskrétní regulační obvody, Z-transformace, analýza diskrétního regulačního obvodu, diskrétní regulátory s pevně danou strukturou, obecné lineární regulátory, řešení syntézy deterministického diskrétního regulačního obvodu pomocí algebraické teorie diskrétního řízení.

Náplň:

1. Popis diskrétního regulačního obvodu.
2. Řešení lineární diferenční rovnice.
3. Z-transformace. Algebra z-přenosů.
4. Stabilita číslicového obvodu.
5. Regulátory s pevně danou strukturou.
6. Určení parametrů PSD regulátoru na základě rozložení pólů.
7. Zpětnovazební řízení při splnění podmínky realizovatelnosti.
8. Regulátor s konečným počtem kroků regulace.
9. Diskrétní regulační obvod s měřenou poruchovou veličinou.
10. Algebraická teorie diskrétního řízení - základní matematické metody.
11. Metody pro základní a speciální operace s polynomy.
12. Diofantická rovnice a její řešení.
13. Stabilita zpětnovazebního obvodu s využitím algebra-ické teorie.
14. Syntéza časově optimálního řízení-konečného a s omezenou velikostí.

1.1.3 Teorie automatického řízení III

Základní pojmy teorie adaptivních řídicích systémů. Adaptivní regulátory založené na heuristickém přístupu, adaptivní systémy s referenčním modelem, samočinně se nastavující regulátory. Číslicové samočinně se nastavující regulátory (diskrétní verze PID regulátorů, regulátory založené na přiřazení pólů a na minimalizaci kvadratických kritérií). Samočinně se nastavující regulátory založené na průběžné identifikaci delta modelů a parametrů spojitých modelů. Statická optimalizace, hledání extrémů funkcí analytickými metodami. Lineární programování. Nelineární programování. Metody jednorozměrového a

vícerozměrového hledání (metoda pružných polyedrů, gradientní metoda, Newtonova metoda). Dynamická optimalizace, úloha optimálního řízení. Dynamické programování, Bellmanův princip optimality. Kvadraticky optimální řízení, Riccatiova diferenciální rovnice.

Náplň:

1. Úvod a základní pojmy teorie adaptivních řídicích systémů a jejich klasifikace. Adaptivní regulátory založené na heuristickém přístupu.
2. Adaptivní systémy s referenčním modelem. Princip samočinně se nastavujících regulátorů a jejich algoritmická struktura. Modely stochastických procesů.
3. Samočinně se nastavující regulátory, diskrétní verze PID regulátorů. Ziegler-Nicholsova metoda seřízení číslicových PID regulátorů
4. Samočinně se nastavující regulátory založené na konečném počtu kroků (dead-beat). Samočinně se nastavující regulátory založené na principu přiřazení pólů (metoda požadavku na tvar průběhu přechodového děje spojitě soustavy druhého řádu, metoda využívající rozmístění násobných reálných a komplexně sdružených pólů.
5. Samočinně se nastavující regulátory založené na minimalizaci kvadratických kritérií.
6. Delta reprezentace modelů, využití v samočinně se nastavujících regulátorech. Ziegler-Nicholsův PID regulátor založený na průběžné identifikaci delta modelu.
7. Delta modifikace samočinně se nastavujících regulátorů založených na přiřazení pólů.
8. Spojité verze samočinně se nastavujících regulátorů (metoda inverze dynamiky, přiřazení pólů, LQ regulátory).
9. Statická optimalizace, základní pojmy. Hledání extrémů funkcí analytickými metodami. Lineární programování - formulace problému, grafická metoda řešení.
10. Nelineární programování (bez omezujících podmínek). Metody jednorozměrového hledání. Určení extrému funkce pomocí její derivace, přímé jednorozměrové hledání.
11. Vícerozměrové hledání (metoda pružných polyedrů, gradientní metoda, Newtonova metoda).

12. Dynamická optimalizace. Spojitý dynamický systém. Úloha optimálního řízení.
13. Dynamické programování, Bellmanův princip optimality. Bellmanova parciální diferenciální rovnice.
14. Kvadraticky optimální řízení, Riccatiova diferenciální rovnice.

2 MULTIMEDIÁLNÍ PODPORA VÝUKY

S pojmem multimediální podpora je spjat pojem distanční vzdělávání. Distanční vzdělávání je chápáno jako: „multimediální forma studia, při které jsou studující a vzdělavatelé v průběhu studia od sebe odděleni na prakticky neomezenou a často velkou vzdálenost. Multimediálnost zde znamená překonávání této vzdálenosti využitím všech dostupných komunikačních prostředků, kterými lze prezentovat učivo - tj. tištěnými texty, magnetofonové i magnetoskopické záznamy, počítačové interaktivní programy na disketách či CD nosičích, telefony, faxy, e-mail, rozhlasové i televizní vzdělávací programy, videokonference. Tento systém je použitelný pro každou úroveň vzdělávání, od krátkých kurzů až po graduální vysokoškolské studijní programy. Jeho účastníkem může být každý (obecně bez rozdílu věku, v praxi pak v ČR osoby starší 18 let), pokud je schopen na odpovídající úrovni samostatně studovat a má vlastní zodpovědnost za vzdělávací postup a cíl, kterého chce dosáhnout.“ (Programy distančního vzdělávání v ČR, 1998/99, s. 1).

Z toho vyplývá, že základním typickým rysem distančního vzdělávání je multimediálnost. Multimediálnost začala v 80. letech s nástupem audio kazet a posléze videozáznamů v systému VHS. Začátek 90. let zažila celosvětové rozšíření počítačů a jejich rychlý rozvoj v oblasti zobrazování dat (grafiky), zvuku, přenosu záznamů, včetně případné interaktivity. Posléze vznikl nový druh datového přenosu, který se rozšířil do celého světa. Nástup Internetu znamenal nové možnosti pro podporu multimediálnosti.

V distančním vzdělání se využití moderního počítače dá rozdělit do několika kategorií:

CBL (Computer Based Learning) - je forma vzdělávání využívající počítač. Informace, které si uživatel má osvojit, jsou určené počítačovým programem a jsou zobrazené na monitoru.

CBT (Computer Based Training) - v současných podmínkách se jako optimální jeví kombinace klasického způsobu výuky (za účasti lektora) a tréninku založeného na počítači (individuální výuka - pro fixaci a osvojení si látky).

On-line vzdělávání (virtuální vzdělávání) - založené na tvorbě, dodávce a řízení průběhu vzdělávání prostřednictvím sítě.

2.1 Pojem e-Learning

Jedním ze způsobů distančního vzdělávání je tzv. e-Learning. e-Learning řeší tvorbu interaktivních kurzů, distribuci k uživatelům a řízení výuky.

Tvorba

Kurz vytvořený pro za účelem multimediální výuky se skládá z několika částí. Jsou to zejména: textový výklad s animacemi, videem, audiem, grafickými prvky a různými testovacími objekty. Při tvorbě kurzu se volí jeho forma na základě profilu potenciálních studentů (vzdělání, ovládání počítačů), látky probírané v kurzu (teorie, praxe, postupy) nebo technologické možnosti pro výuku (počítače, síť, připojení na Internet). Existuje mnoho způsobů jak vytvořit multimediální kurz. Vytvořené kurzy kromě atraktivního předvádění vyučované látky ještě zajišťují určitou zpětnou vazbu mezi studenty a lektory pomocí nejrozličnějších znalostních testů z dané látky, popř. zadávání řešení úloh na nichž se musí student aktivně podílet. Díky těmto kritériím jsou studenti účastníci se v kurzu aktivně zatahováni do výuky a podílejí se z části na přizpůsobení kurzu, aby byl vyhovující i ze strany studentů a ne jen lektora.

Distribuce

Kurz je nutné po jeho tvorbě distribuovat na počítače studentů či do počítačových učeben. Tato distribuce se dá provést několika způsoby: pomocí CD-ROM, uliční na lokální pevné disky, pomocí intranetu, Internetu. Při použití médií jako jsou CD-ROM je nevýhodou další nemožnost aktualizace daného kurzu a vyučované látky. Největším trendem je prezentace kurzu pomocí Internetu. Kurz se stává dynamický, pružný a přístupný téměř odkudkoliv po celém světě. Díky Internetu se dá hotový kurz distribuovat téměř okamžitě přímo ke studentovi nebo si jej může student přes Internet vyžádat. Jeden ze způsobů je možnost distribuce pomocí WWW za použití DHTML (dynamicky vytvořené stránky).

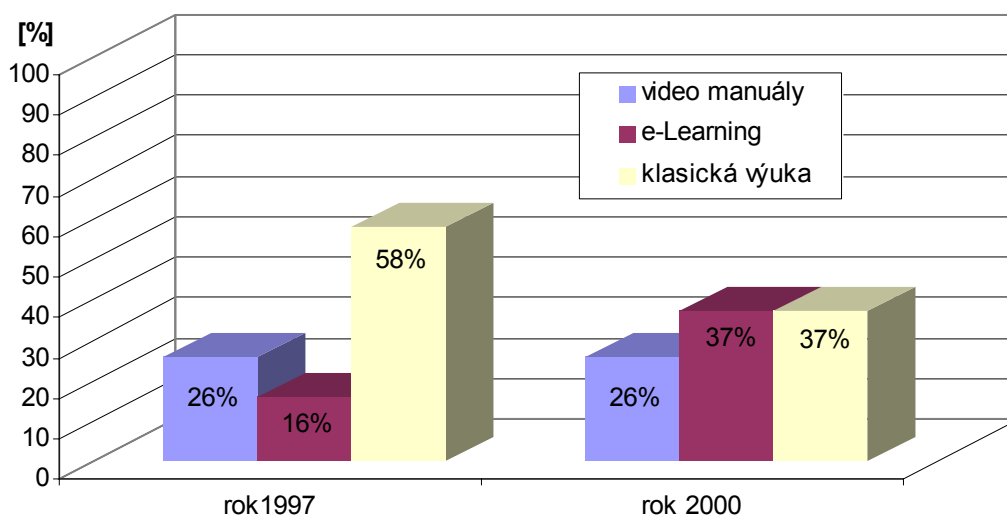
Řízení výuky

Po distribuci kurzů nastává proces řízení výuky. Tento proces se stará o zpřístupnění kurzů pro studenty. Aby každý student měl přístup ke správnému kurzu a byla zabezpečena jeho plná funkčnost. Každý student který se ke kurzu přihlásí musí mít možnost ověřit si jak je hodnocen v daném kurzu (počty dosažených bodů, doba strávená při výuce, odpovědi na otázky). Uživatel by se měl dozvědět jak jsou vyhodnocovány jednotlivé kurzy a jak se v nich jednotlivý uchazeči stojí aby měl možnost porovnat své dosavadní úspěchy s ostatními. Měla by zde být určitá návaznost na řízení lidských zdrojů s definicemi organizací, pracovních pozic v daném oboru, možnosti kvalifikací, získání certifikátů a dalších věcí které jsou s tímto spjaty.

2.1.1 Klasická výuka versus e-Learning

Výuka pod vedením lektorů existují od doby kdy se vzdělání dostalo do privilegovaných vrstev běžného života. Klasická výuka je a samozřejmě i dále bude v určitých oblastech nenahraditelná. Klasická výuka trpí řadou nedostatků. e-Learning v maximální možné míře dokáže většinu z nich eliminovat a vytváří tak optimální řešení pro komplexní vzdělání. e-Learning nemá za úkol nahradit klasické vzdělání ve všech oblastech. Je to však nepostradatelný doplněk i pro oblasti kde se nedá běžný kontakt mezi lektorem a studentem nijak nahradit. Student se může připravit např. na školení již předem a k lektorovi již přichází s řadou otázek. Díky tomu se dá zkrátit doba školení.

Podíl jednotlivých druhů vzdělávání v USA dokumentuje graf dle zdroje Omnitech



Graf 1. Podíl jednotlivých druhů vzdělání

Při e-Learning není lektor vyloučen z procesu, ale komunikuje se svými studenty prostřednictvím komunikačních nástrojů jako jsou: e-mail, videokonference. Pomocí těchto nástrojů je možné aby se lektor věnoval jednotlivým studentům zvlášť. Pomocí zpětných informací má lektor možnost ověřit si jak si vedou studenti v jednotlivých částech kurzu a kolik času strávil nad každou částí kurzu. Student může se svým lektorem komunikovat mnohem intenzivněji. Samozřejmě lektori jsou mnohem více vytíženi a stráví více času nad jednotlivými studenty.

2.1.2 Co nám e-Learning přináší?

e-Learning nám přináší vzdělávání levně, rychleji a lépe.

Levněji

Klasické vzdělávání s sebou nese řadu nákladů které zůstávají stejné po celý vzdělávací proces. Jsou to ceny za lektory, provoz školních budov, výroba skript, učebnic, stravné, doprava a řada dalších. Další z podstatných nevýhod je ta, že zaměstnanci bývají po dobu studia mimo pracovní proces. U e-Learning jsou náklady většinou náklady pouze počáteční, například při koupi řídicího systému a technického zázemí. Poté jsou však již další náklady minimální. Lektori se nevyužívají tolik pronájem prostor odpadá.

Rychleji

Při klasickém vzdělávání jsou studenti většinou školeni studenty ve chvíli kdy je jich dostatečné množství a ne ve chvíli kdy to zrovna potřebují. Když je k dispozici lektor, prostory a další prostředky. Pokud se změni předmět školení trvá dlouhou dobu než jsou všichni zaměstnanci přeškoleni. Studenti si také nemohou školení zopakovat nebo se vrátit k jednotlivým částem ze školené látky či učiva.

e-Learning umožňuje přístup ke školení ve chvíli kdy to skutečně potřebují. Stačí jen spustit počítač. Může se kdykoliv vrátit k určité části látky. Nebo si celé školení zopakovat. Není zapotřebí velká skupina aby školení začalo. Každý účastník má možnost školení, výuku kdykoliv začít. Dostat se k potřebným materiálům také není příliš složité.

Lépe

Při klasickém vzdělání se předpokládá, že všichni zúčastnění studenti vnímají probíranou látku stejně rychle, všem vyhovuje rychlost přednášení lektora a všichni chtějí v danou chvíli látku studovat. Praxe je však jiná.

e-Learning dokáže všechny tyto nedostatky odstranit. Každý student si sám určí tempo, kterým prochází daným kurzem, sám si určí jakým způsobem bude danou látku procházet, může se kdykoliv vrátit k předchozím tématům. Může si vybrat z více variant výkladu. Může studovat ve chvíli kdy mu to umožňují okolnosti, to znamená, že chce studovat a bude se přednášenému učivu, tématu aktivně věnovat. Prostřednictvím testů, otázek v průběhu studia si může ověřovat kdykoliv své znalosti. Díky testům je aktivně vtahován do výuky.

U klasické výuky se dá jen těžko zjistit jaké informace má student při ukončení kurzu, popř. po určité době po jeho ukončení. U e-Learning je možné kdykoli zjistit jaké dosažené informace si student uchoval i po ukončení kurzu. V průběhu klasického kurzu nelze většinou zjistit zda má kurz správné účinky. U e-Learning se v průběhu kurzu provádějí statistická měření, která efektivně měří každý kurz. To umožňuje nastavit požadované cíle a taky je jednoduše měřit např. pomocí jednoduchých testů či dotazníků. e-Learning dodává okamžitě informace o jednotlivých studentech, o tom jak dlouhou dobu strávili při studiu, kolik bodů dosáhli v jednotlivých kurzech, jak odpovídali na dotazy.

Kurzy lze jednoduše přepracovat v případě, že studenti jsou neúspěšní v daném kurzu.

2.1.3 e-Learning pouze pro vzdělání?

e-Learning je řešení pro vzdělání, avšak vzdělání pojaté v celém rozsahu. Kromě výuky studentů je taky určitou metodou pro šíření a předávání informací. Na rozdíl od jiných systémů ve kterých se dá zejména vyhledat informace ve správný čas, e-Learning klade důraz na způsobu předání informace. V této době nestačí jen požadovanou informaci získat, ale také její obsah, pointu plně pochopit. To je možno prostřednictvím e-Learning.

Proto je také e-Learning způsob jak informovat zákazníky o svých službách. Jeho prostředky umožňují vytvářet multimediální prezentace publikované na www stránkách. Prostřednictvím testu je možné odhadnout jací jsou zákazníci a přizpůsobit se jim.

2.2 Forma multimediální podpory předmětu TAŘ II

Pro vyřešení problému multimediálnosti předmětu TAŘ 2 byla zvolena forma publikace pomocí www stránek a prezentace v aplikaci Microsoft PowerPoint.

Podpora pomocí www stránek byla zvolena z důvodu možnosti snadného přístupu z kteréhokoliv místa s připojením do sítě Internet a prezentace pro další použití jako doprovodný materiál při přednáškách v daném předmětu.

2.2.1 Pojem www stránka

Co je to WWW? WWW (World Wide Web) je převažující služba na Internetu. Je založená na podpoře grafiky, textu a ostatních multimédií seskupených do www stránek, graficky orientované zpracování informací, seskládaných do www stránek využívajících formátovaný text, grafiku, animace a zvuky. Významnou charakteristikou WWW jsou odkazy (link, hyperlink), které umožňují přecházet z jedné stránky na druhou.

Internetové projekty se dají rozdělit na čtyři skupiny (prezentace, služby, servis, reklama), podle jejich funkcí, přičemž s velkou pravděpodobností bude náš projekt spadat do několika s těchto skupin najednou. Přesto je toto rozdělení velice důležité, především s ohledem na budoucí tvorbu struktury webu. Webový projekt, který neplní ani jednu z uvedených funkcí, pravděpodobně ani nemá cenu začínat.

Prezentace

Pro www stránky se často používá i pojem *www prezentace*. Není to stejná věc, ale většina stránek (ne-li všechny) prezentační funkci plní. Prezentovat můžeme firmu, nějakou akci, prezentovat můžeme i sami sebe. Prezentační funkci mají zpravidla všechny osobní stránky, weblogy, či stránky upoutávající na produkty firmy. Prezentace je Vaše vizitka na internetu a významně ovlivňuje pohled návštěvníků na Vás. Na úhlednost a prezentační schopnost stránek se proto klade veliký důraz.

Servis

Výhody internetu v praxi nejčastěji ukazují *servisní* funkce www stránek. Servisem můžeme nazvat podporu pro stávající zákazníky, jejich on-line přístup do našeho (například katalogového) systému, servisní funkci ale mohou plnit i fotky z dovolené na osobní stránce, kde si je mohou prohlédnout vaši známí. Narozdíl od funkce prezentační není důležitý vzhled, ale především přehledná a pro uživatele pochopitelná navigace, díky které rychle najde, co hledá.

Reklama

Reklamní funkce stránek se dosti podobá funkci prezentační, přesto lze najít velký rozdíl, který bude mít velký vliv hlavně na technologický postup tvorby stránek. Jako reklamní můžeme označit všechny stránky, které slouží k získání nových zákazníků prostřednictvím internetu. Zde najde uplatnění určitě SEO (optimalizace stránek pro vyhledávače), nebo SEM (placené odkazy ve vyhledávačích) a samozřejmě i různé formy propagace stránek pomocí reklamních bannerů atp.

Služby

On-line službami můžeme nazvat veškeré stránky na internetu, u níž nějakým způsobem dochází k platbě uživatele provozovateli. Typickým příkladem budou určité služby typu *loga a melodie na mobil*, ale také služby informační, kde uživatel platí za obsah sledováním reklamních bannerů.

2.2.2 Pojem prezentace v aplikaci PowerPoint

MS PowerPoint je program ze skupiny kancelářských aplikací. Slouží pro tvorbu a publikaci prezentací. Vytváří dokumenty typu .ppt, verze pro přímé předvádění bez potřeby předem odstartovat program MS PowerPoint má typ .pps.

Prezentace je výstup před publikem, kdy řečník pro názornější předávání informací a zvýšení pozornosti posluchačů při své řeči ukazuje přehledné podpůrné materiály, které si předem připravil. Jednotlivým stránkám - listům těchto materiálů říkáme „snímky“ (slides). Na těchto snímcích mohou být texty, obrázky, tabulky, grafy, diagramy, atp.

Pomocí aplikace PowerPoint je možno prezentovat nejrůznější údaje a data. Prezentování údajů probíhá pomocí vytvoření vlastní prezentace. Prezentace se zobrazuje jako po sobě jdoucí soubor snímků. Snímky je možno zobrazovat na monitoru počítače, případně při prezentování pro větší skupinu lidí také pomocí projektoru.

Vytvoření prezentace je z hlediska tvorby velice jednoduchá. Při prezentaci je kromě vlastních údajů nutné dbát i na to, jak samotná prezentace (její jednotlivé listy) vypadají. Vzhled je velice důležitý pro pohodlí posluchačů. Všechny údaje musí být snadno čitelné a srozumitelné. Není možné vytvořit prezentaci, která by svým kontrastem a barvou pozadí s písmem tvořila celek, jenž by se dal těžko přečíst. Posluchači by od takto vytvořené prezentace odvraceli oči a nevěnovali by jí velkou pozornost.

2.3 Multimediální podpora předmětu TAŘ II

Jak již bylo napsáno dříve, je k multimediální podpoře předmětu TAŘ II použit [www projekt a prezentace v aplikaci PowerPoint](#).

2.3.1 Www stránky pro předmět TAR II

Www Publikace byla vytvořena pomocí aplikace FrontPage. Dále bude popsáno jak byly stránky vytvořeny. Jejich forma, tvar, struktura, grafická úprava. Publikace je vytvořena na několik úrovní.

Hlavní stránka obsahuje nadpis a odkazy na jednotlivé podkapitoly. Po kliknutí na požadovaný odkaz je zobrazena stránka s odlišným formátem, ale dodrženou grafickou úpravou odpovídající stránce hlavní (tzn. barvy, pozadí, formátování). Na této straně je uveden text týkající se dané problematiky.

Hlavní stránka

Pro vytvoření základní struktury stránky bylo možno použít *rámy* nebo *tabulky*. V toto případě bylo rozhodnuto k použití tabulek pro vytvoření základní struktury. Rozhodnutí bylo učiněno na základě několika důvodů: Problematika ráků je velmi široká. Už dlouho hodně webových tvůrců od rámu opouští, protože jsou pomalé, nevyzpytatelné, graficky omezené, špatně se ukládají, ovládají a tisknou. Z těchto důvodů bylo použito vytvoření struktury na základě tabulky. Do buněk tabulky je možno vložit úplně cokoliv. Obrázek, odstavce, ale i další tabulku.

Logo	Text: Univ. T. Bati		
	Textový řádek zobrazující aktuální pozici		
Upravený obrázek univerzity	Odsa zení textu	Základní menu tvořené odkazy	Případné menu
Buňky obsahující email autora, čas, datum			

Obr. 1. Tabulka hlavní stránky.

Jak je vidět na obr. některé buňky tabulky jsou sloučené. Do části *případné menu* je vložena další tabulka která obsahuje jeden sloupec o několika řádcích. Do těchto buněk se můžou zadávat různé linky na další stránky, popř. odkazy na další rozšíření publikace. Celá tabulka má šířku 100 % obrazovkové části. Pozadí celé tabulky je tvořeno mřížkou, která je vytvořená z obrázku kříže o velikosti 15 x 15 pt.

V levé části tabulky je umístěn obrázek univerzity upravený v programu CorelDRAW 11. Při tvorbě obrázku bylo použito několik vrstev naskládaných na sebe. První vrstva je oranžový obdélník o velikosti 150 x 420 pt. Obdélník je v barvě loga UTB. Na obdélník je o stejné velikosti nanesen obrázek budovy univerzity. Tento obrázek je vytvořen s okrajovými částmi vytrácejícími se do ztracena. Další vrstvu tvoří pečeť univerzity vložená do obrázku v jeho horní čtvrtině. Na vrcholu obrázku je vrstva tvořená částmi vzorců z TAR II. Na celý obrázek je nanesena maska dodávající celému obrázku nádech do oranžova. Celý obrázek je seskupen. Na takto vzniklý obrázek je vložena mřížka o velikosti buňky 30 x 30 pt. Celý obrázek je opět seskupen a vložen do levé části tabulky.



Obr. 2. Obrázek univerzity

V části na Obr. 1. označené jako *případné menu* je umístěno pozadí tvořené obrázkem mřížky na podkladu z oranžové barvy. Obrázek je vložen několikrát pod sebou a vytváří tak celou strukturu vytvářející obraz o velikosti podle buňky tabulky.



Obr. 3. Pravý blok

V dolní části hlavní stránky je vložena tabulka o velikosti jeden řádek a čtyři sloupce. Mezi jednotlivými buňkami je mezera 3 pt tvořící mezi oranžovou barvou bílý proužek. První buňka obsahuje mailto na adresu m.vicanek@seznam.cz. Druhá buňka obsahuje text „Tato stránka je publikována ke studijním potřebám“. Ve třetí buňce je umístěn název dne s aktuálním časem. Tato část kódu je tvořena v JavaScriptu.

Kód tvořící hodiny má následující strukturu:

```
<script>

    datum = new Date();           // vytáhne dnešní datum
    denJakoCislo = datum.getDay()  // v tuto chvíli mám den v týdnu jako číslo od nuly do šesti
    denJakoSlovo = new Array("neděle", "pondělí", "úterý", "středa", "čtvrtek", "pátek", "sobota");
                                //pole počítané anglosasky od neděle

    document.write(denJakoSlovo[denJakoCislo]); // vypisuju položku pole s aktuálním (číselným) indexem
</script>

<span id="cas"></span>

<script>
    function naplnCas ()
    {
        var datum = new Date(); // prave aktualni cas
        var minuty = datum.getMinutes();
        var sekundy = datum.getSeconds();

        if(minuty < 10 && minuty >= 0 )
        {
            if(sekundy < 10 && sekundy >= 0 )
                aktualniCas = datum.getHours() + ":0" + minuty + ":0" + sekundy;
            else
                aktualniCas = datum.getHours() + ":0" + minuty + ":" + sekundy;
        }
        else
        {
            if(sekundy < 10 && sekundy >= 0 )
                aktualniCas = datum.getHours() + ":" + minuty + ":0" + sekundy;
            else
                aktualniCas = datum.getHours() + ":" + minuty + ":" + sekundy;
        }

        window.document.getElementById("cas").innerHTML = aktualniCas;
    }

    naplnCas();           //naplneni na zacatku
    window.setInterval("naplnCas()", 1000); //pravidelna zmena, 1000 je sekunda
</script>
```

Z kódu je zřejmé, že ve třetí buňce se bude vypisovat aktuální čas a název dne (neděle - sobota). Např. Pondělí 14:25:56.

Celý vzhled hlavní stránky má kvalitní grafickou úpravu. V dnešní době kdy jsou stránky hodnoceny spíše podle grafického vzhledu než kvality textu je takováto úprava nutností.



Obr. 4. Hlavní stránka publikace

Zde je vidět jak je celá hlavní stránka koncipována. Jak jednotlivé části tabulky obsahují výše popsané části grafiky a textu. Hlavní stránka se dynamicky přizpůsobí velikosti okna (monitoru). Samozřejmě jen do určitého zmenšení (min 15'' monitor) poté se objeví rolovací lišty.

Stránky jednotlivých kapitol

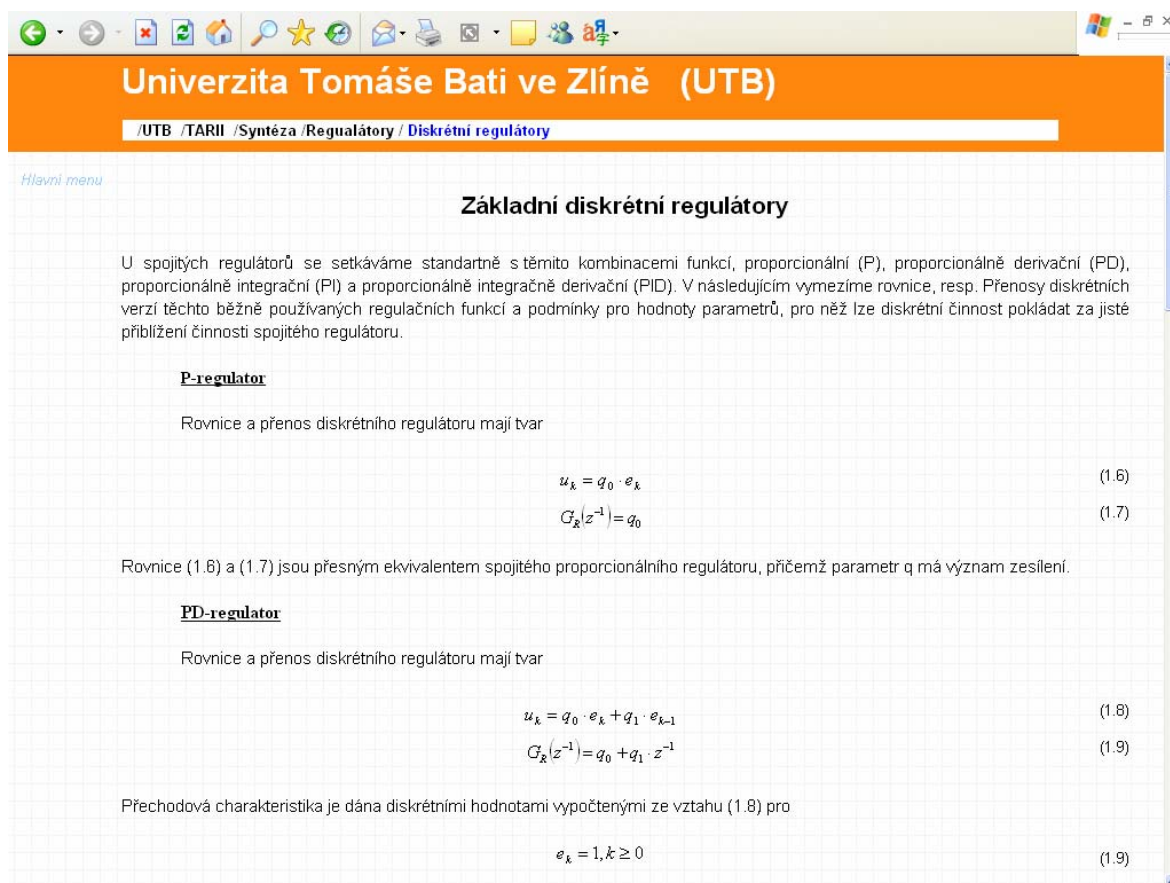
Stránky jednotlivých kapitol jsou také vytvořeny pomocí tabulek. Jejich struktura je poněkud odlišná od struktury hlavní stránky. Grafické zpracování stránek kapitol je podobné jako u hlavní stránky. Používá se totéž barevné schéma jako u stránky hlavní. Liší se tím, že nemají levý obrázek ani pravé menu. Mají společné horní a spodní části tabulky.

Text: Univ. T. Bati		
Textový řádek zobrazující aktuální pozici		
odsazení pravé	Základní text	Odsazení levé
Buňky obsahující email autora, čas, datum		

Obr. 5. Tabulka jednotlivých stránek

Formát tabulky stránek zobrazující jednotlivé kapitoly má v horní části umístěný text *Univerzity Tomáše Bati* a textový řádek ukazující aktuální pozici v dané struktuře. Členění této části je stejné jako u stránky hlavní. Rozdíl je v tom, že v levé horní části není umístěno logo. Střední část obsahuje odsazení od levého okraje a pravého okraje. Text se tedy centruje mezi tyto dvě odsazení. Odsazení tvoří jednotlivé buňky tabulky. Test konkrétní kapitoly má stejné formátování písma jako zbytek publikace. V levé buňce střední části je umístěn odkaz *Hlavní stránka*, který se odkazuje zpět na hlavní stranu pro výběr jiné kapitoly. Spodní část tabulky je formátována stejně jako na stránce hlavní. Opět je tu odkaz na autora, aktuální den a čas.

Následující obrázek ukazuje grafiku a styl použitého formátování u stránek s jednotlivými kapitolami. Jak je vidět grafika je totožná s grafikou hlavní stránky.



Obr. 6. Vzhled stránky jednotlivých kapitol

Na obrázku je vidět, že spodní lišta zde není. Je to z důvodu velikosti textu. Šířka tabulky je opět 100%, ale výška je již dynamická podle velikosti textu. Pro posun textu je zobrazena rolovací lišta na pravé straně.

Styl textu použitý v publikaci

V projektu jsou použity CSS styly, které jsou umístěny ve složce *soubory* pod názvem *default.css*. V souboru je kód pro psaní CSS stylu který udává jak bude vypadat jednotlivý text na který je daný styl aplikován.

Například pro odkazy je zde definována série stylů, podle toho na jaký druh odkazu je daný styl aplikován.

```
A { COLOR: #336699; TEXT-DECORATION: none }
```

```
A:hover { COLOR: #99ccff }
```

```
A.menu { COLOR: #336699; FONT-SIZE: 14pt; FONT-WEIGHT: bold; TEXT-DECORATION: none }
```

```
A:hover.menu { COLOR: #99ccff; FONT-WEIGHT: bold; FONT-SIZE: 14pt }
```

```
A.mail { COLOR: #ffffff }
```

```
A.hledani { COLOR: #ffffff }
```

Ve zdrojovém kódu je styl použit následovně. Např. pro odkaz umístěný na hlavní stránce odkazující se na soubor v umístění *soubory/regulatory.htm* je použit následující příkaz:

```
<a class="menu" href="Soubory/Reulatory.htm">Regulátory s pevně danou strukturou.
</a></p>
```

class je třída stylu. V tomto případě je použit styl menu. Který je definován viz. výše. Daný odkaz se bude chovat podle zadaného formátování. Pomocí stylu je možno urychlit práci a sjednotit tak formátování textu v rozsáhlém projektu. CSS styly fungují globálně pro celý projekt.

Problém který vznikl v textu bylo vytvoření požadovaných vzorců umístěných na stránce. Tyto vzorce jsou formátovány na střed, v pravé části je umístěno číslo vzorce. Vzorce byly vytvořeny v aplikaci Microsoft Word. Vzorce byly převedeny na obrázky a tyto obrázky umístěny na jednotlivé stránky. Při snaze formátovat obrázek na střed a následně na pravou stranu umístit číslo vzorce, nastal problém, jenž se projevoval zpětným posunem vzorce na levou stranu o délku tvořící vzdálenost mezi obrázkem a číslem vzorce. Tento problém byl vyřešen vložením tabulky s jedním řádkem a dvěma sloupci.

vzorec	(číslo)
--------	-------------

Obr. 7. Umístění vzorců na stránce

V levé buňce je umístěn vzorec a v pravé buňce je umístěno číslo vzorce. První buňka má velikost 95% celkové šířky a druhá buňka zbývajících 5%. Pomocí takové tabulky je vyřešeno umístění všech vzorců obsahujících daná publikace. Při výskytu více vzorců pod sebou je použita tabulka obsahující více řádku se stejným formátováním.

2.3.2 Presentace v aplikaci FrontPage

Pro předmět TAR II byla vytvořena prezentace v aplikaci FrontPage. Tato prezentace je vytvořena z důvodů dalšího využití jako doprovodný materiál při přednáškách předmětu TAR II.

Prezentace byla vytvořena pomocí předlohy každého zobrazeného snímku. Předloha snímků je prvkem šablony návrhů, který obsahuje informace o šabloně, včetně řezů písma, velikosti a umístění zástupných symbolů, pozadí návrhu a barevných schémat. Předloha snímku slouží k provádění globálních změn, například nahrazení řezu písma. Tato změna se projeví na všech snímcích v prezentaci.

V předloze snímků můžete obvykle provádět následující akce:

- Změnit písmo nebo odrážky.
- Vložit obrázek, například logo, který chcete zobrazit na více snímcích.
- Změnit umístění, velikost a formát zástupného symbolu.

Předlohu snímků zobrazíte v zobrazení předlohy. V předloze snímků je možné provádět stejné změny jako v libovolném snímku. Text v předloze však slouží pouze k nastavení řezu, skutečný text, například nadpisy a seznamy, je třeba zadat do snímku v normálním zobrazení. Text záhlaví a zápatí se zadává v dialogovém okně *Záhlaví a zápatí*.

Předloha vytvořená v této prezentaci obsahuje:

- Grafickou úpravu – dva oranžové rohy vlevo nahoře a vpravo dole.
- Záhlaví a zápatí – obsahující číslo stránky a copyright
- Formátování textu pro jednotlivé úrovně nadpisů



Diskrétní systémy
TAR II
v. 1.0

© M. Vičánek, UTB, 2005



2

Obr. 8. Vzhled předlohy snímku

Do předlohy se zadává text a nadpisy podle určeného formátování.

Např. První strana prezentace je ochuzena o číslování stránky a záhlaví.



Diskrétní systémy
TAR II
v. 1.0



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Institut řízení procesů a aplikované informatiky

Teorie automatického řízení II

- Diskrétní lineární systémy
 - Syntéza lineárního diskrétního regulačního obvodu

Martin Vičánek, 2005



Obr. 9. Hlavní stránka prezentace

3 SYNTÉZA DISKRÉTNÍHO REGULAČNÍHO OBVDU

Syntézou regulačních obvodů rozumíme návrh struktury regulačního obvodu, tj. regulátoru a jeho parametrů tak, aby obvod splňoval požadavky kladené na regulační pochod. Do syntézy zahrnujeme pouze teoretický návrh regulačního obvodu a nikoliv i následnou volbu technické realizace návrhu. Při návrhu regulačního obvodu však vycházíme z provozních podmínek (např. rozměry a hmotnost zařízení, pracovní prostředí, režim provozu apod.), ve kterých bude regulační obvod pracovat. [5]

Pro diskretní regulační pochod je tento problém převeden na návrh číslicového korekčního členu.

Při návrhu číslicového korekčního členu (regulátoru) je nutno splnit několik podmínek:

- Nejdůležitější je podmínka stability regulačního obvodu.
- Fyzikální realizovatelnost obvodu – obvod musí být fyzikálně realizovatelný.
- Možnost eliminovat poruchovou veličinu.
- Dosažení konečného počtu kroků regulace – regulační odchylka $e(kT)$ bude po určitém počtu kroku n_k nulová. $e(kT)=0$ pro $n > n_k$
- Autonomnost systému u mnohparametrových regulačních obvodů.

Při syntéze regulačního obvodu potřebujeme znát následující aspekty:

- Dynamické vlastnosti regulované soustavy (přenos, PCH, diferenciální rovnici).
- Průběh řídicí veličiny (alespoň předpokládaný – např. jednotkový skok, impuls).
- Předpokládaný průběh poruchové veličiny.
- Omezení akční veličiny (nemůže nabývat libovolných hodnot – modifikace).
- Požadavky na kvalitu regulace (max. přeregulování, doba regulace, poměrné tlumení, integrální kritéria hodnocení průběhu regulační odchylky).

Při syntéze se vychází z několika předpokladů, nejdůležitější jsou:

- Perioda vzorkování T je konstantní po celou dobu regulačního pochodu.
- Doba odebrání vzorku je podstatně kratší než doba periody vzorkování.
- Všechny vzorkovače pracují synchronně (kromě kontrolních jejichž vzorkování je posunuto o dobu ε - tyto vzorkovače nejsou zahrnuty do přímé části obvodu).

- Výpočet akčního zásahu je bez dopravního zpoždění.
- Dynamické chování obvodu je popsáno lineárními diferenciálními rovnicemi nebo diferenčními rovnicemi s konstantními koeficienty.
- U hybridních reg. obvodů je po odpojení číslicového regulátoru obvod stabilní.

3.1 Regulátory s pevně danou strukturou

Struktura těchto regulátorů je již pevně určena. Jsou to regulátory typu P – proporcionální, I – integrační, D – derivační a jejich vzájemné kombinace (PI, PD, PID). Nejčastěji se používá univerzální regulátor PID. Nastavení těchto regulátorů může být provedeno na základě experimentu nebo analyticko-numerického řešení.

V současné době je hlavním technickým prostředkem pro realizaci číslicového regulátoru mikropočítač. V některých případech je možno volit periodu vzorkování velmi krátkou (kolem 0.01s), takže činnost těchto regulátorů se prakticky blíží činnosti PID regulátorů. Častěji je případ, že vzorkovací perioda je z různých důvodů podstatně delší. V těchto případech se přetržitelnost akčních zásahů projeví na regulačním pochodu. Tyto diskrétní regulátory již realizují PID algoritmus jen přibližně. Algoritmus jejich funkce, který lze odvodit z rovnice spojitěho regulátoru zahrnuje tři stavitelné parametry q_0 , q_1 , q_2 . Vzhledem k tomu, že používají spojitých PID regulátorů má dlouholetou tradici, byla pro jejich aplikace vytvořena řada seřizovacích postupů, s nimiž mají jak uživatelé tak i dodavatelé regulační techniky velké praktické zkušenosti. Proto je snaha o využití těchto znalostí i v oblasti číslicových regulátorů. Z těchto důvodů jsou velmi často hodnoty uvedených parametrů q_0 , q_1 , q_2 , odvozovány přepočtem z hodnot parametrů r_0 , T_I , T_D , spojitých PID regulátorů. [1]

3.1.1 Diskrétní realizace integrační a derivační složky v diskrétní verzi spojitěho PID regulátoru.

Rovnice spojitěho PID regulátoru má tvar

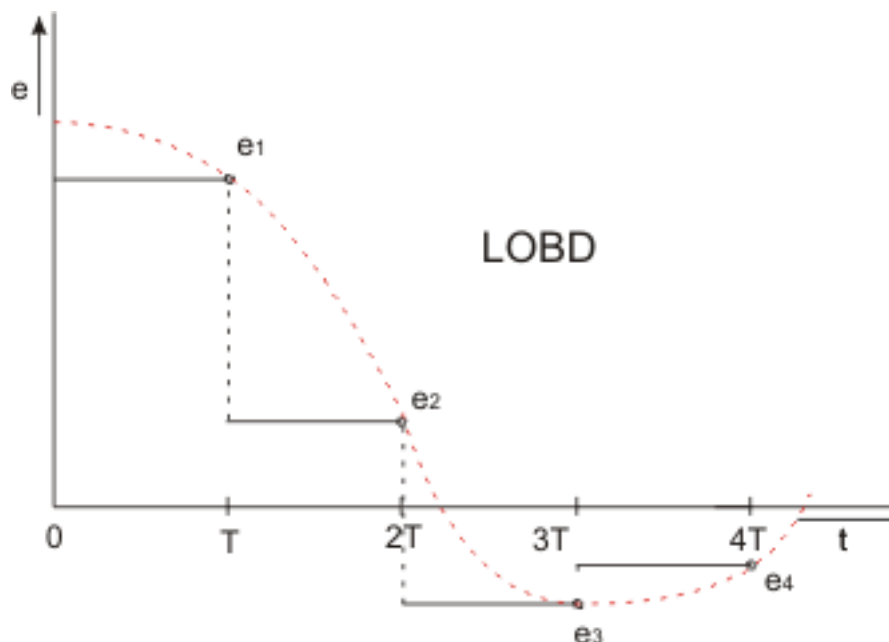
$$u(t) = u(0) + r_0 \cdot e(t) + \frac{r_0}{T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau + r_0 T_D \frac{de(t)}{dt} \quad (1.1)$$

a definuje hodnotu akční veličiny $u(t)$ v libovolném časovém okamžiku t . Pro okamžik $t = kT$, kde k představuje libovolný vzorkovací okamžik pro periodu vzorkování T , dostaneme rovnici (1.1) do tvaru

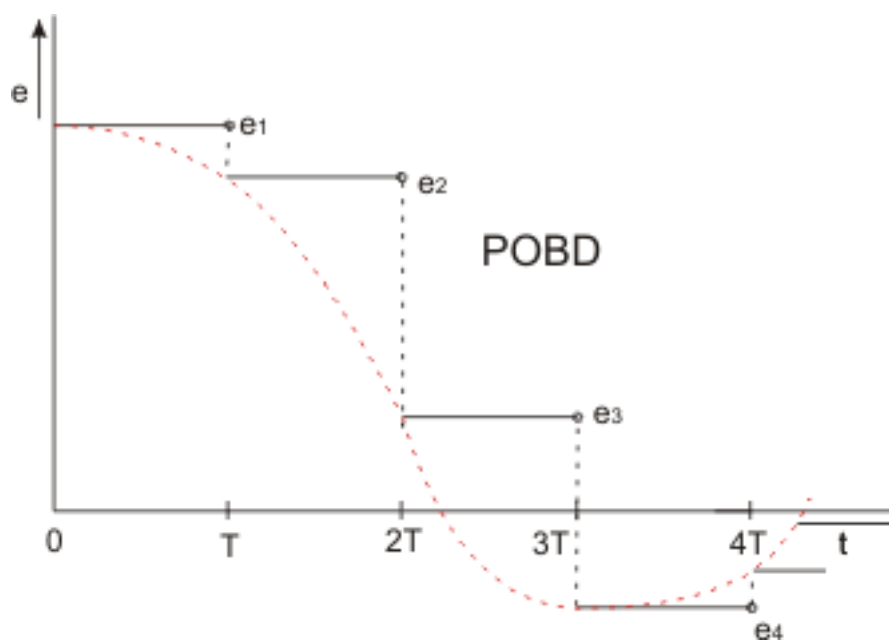
$$u(kT) = u_k = u_0 + r_0 e(kT) + \frac{r_0}{T_I} \int_0^{kT} e(\tau) d\tau + r_0 T_D \frac{de(t)}{dt} \Big|_{t=kT} = u_0 + r_0 e_k + \frac{r_0}{T_I} I_k + r_0 T_D D_k \quad (1.2)$$

kde I_k a D_k jsou hodnoty integrálu a derivace průběhu regulační odchylky $e(t)$ v okamžiku $t = kT$. Průběh regulační odchylky $e(t)$ v diskrétním regulačním obvodu se redukuje na znalost hodnot vzorků posloupnosti $\{e_0, e_1, \dots, e_k\}$. Pomocí toho můžeme vypočítat I_k a D_k prostřednictvím numerických metod, založených na rekonstrukci skutečného průběhu regulační odchylky $e(t)$. Využívá se pouze jednoduchých způsobů rekonstrukce:

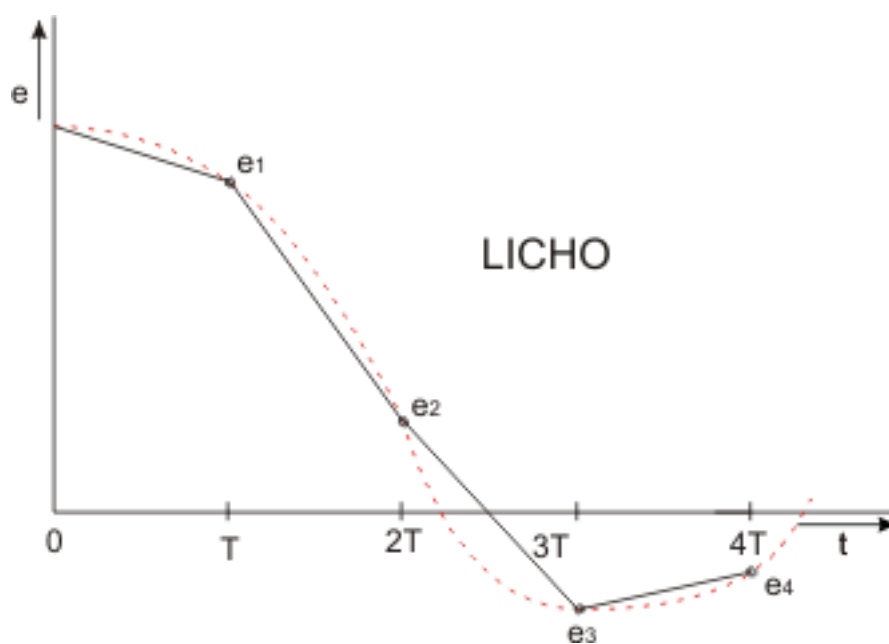
- stupňovitá náhrada zleva (levá obdélníková LOBD)
- stupňovitá náhrada zprava (pravá obdélníková POBD)
- sečnová náhrada (lichoběžníková LICH)



Obr. 10. Stupňovitá náhrada zleva (LOBD)



Obr. 11. Stupňovitá náhrada zprava (POBD)



Obr. 12. sečnová náhrada (LICH0)

Hodnoty integrálu I_k a derivace D_k odvozené pro jednotlivé alternativy rekonstrukce náhradního průběhu $e'(t)$ jsou uvedeny v tabulce I.

Tabulka I: Přehled možností určení hodnoty integrálu I_k a derivace D_k u číslicových PID regulátorů

náhrada	LOBD	POBD	LICHO
I_k	$T \cdot \sum_{v=1}^k e_v$	$T \cdot \sum_{v=0}^{k-1} e_v$	$T \cdot \sum_{v=1}^k \frac{e_v + e_v - 1}{2}$
D_k	není definováno	není definováno	$\frac{e_k - e_{k-1}}{T}$

3.1.2 Polohový a přírůstkový číslicový PID algoritmus

Nahrazením integrálu I_k a derivace D_K z tabulky I a dosazením do rovnice (1.2) dostaneme polohový algoritmus diskrétního PID regulátoru. Protože hodnota integrálu I_k je získávána sumací ploch pod křivkou a derivace D_K je definována pomocí difference, jsou tyto regulátory označovány jako PSD (proporcionálně-sumačně-diferenční regulátory).

Druhou variantou řídicího algoritmu je přírůstkový algoritmus. Podle něj se neurčuje celá hodnota akční veličiny u_k , ale pouze změna vztažená k minulému okamžiku vzorkování, tedy přírůstek

$$\Delta u_k = u_k - u_{k-1} \quad (1.3)$$

Po úpravě rovnice (1.2) pro obě hodnoty u_k , u_{k-1} , bude pro přírůstek akční veličiny (1.3) platit

$$\Delta u_k = u_k - u_{k-1} = r_0(e_k - e_{k-1}) + \frac{r_0}{T_I}(I_k - I_{k-1}) + r_0 T_D(D_k - D_{k-1}) = r_0 \Delta e_k + \frac{r_0}{T_I} \Delta T_k + r_0 T_D \Delta D_k \quad (1.4)$$

Pro hodnoty ΔI_k a ΔD_k je možno odvodit pro jednotlivé způsoby rekonstrukce průběhu regulační odchylky vztahy, které jsou uvedeny v tabulce II. Dosazením ΔD_k a ΔI_k podle tabulky II do (1.4) dostaneme konkrétní varianty přírůstkového algoritmu. Ve všech případech je přírůstek Δu_k funkcí posledních tří hodnot vzorku regulační odchylky e_k , e_{k-1} , e_{k-2} což můžeme vyjádřit zápisem

$$\Delta u_k = u_k - u_{k-1} = q_0 e_k + q_1 e_{k-1} + q_2 e_{k-2} \quad (1.5)$$

Jednotlivé alternativy se liší pouze hodnotami parametrů q_0 , q_1 , q_2 . Výpočty těchto hodnot jsou uvedeny v tabulce III.

Tabulka II: Možnosti určení ΔI_k a ΔD_k u číslicových přírůstkových PID regulátorů

Náhrada	LOBD	POBD	LICHO
$\Delta I_k = I_k - I_{k-1}$	Te_k	Te_{k-1}	$T \frac{e_k + e_{k-1}}{2}$
$\Delta D_k = D_k - D_{k-1}$	$\frac{e_k - 2e_{k-1} + e_{k-2}}{T}$	$\frac{e_k - 2e_{k-1} + e_{k-2}}{T}$	$\frac{e_k - 2e_{k-1} + e_{k-2}}{T}$

Tabulka III: Varianty přepočtu parametrů r_0 , T_I , T_D spojitého PID regulátoru na parametry q_0 , q_1 , q_2 , přírůstkového číslicového PSD regulátoru

Varianta	q_0	q_1	q_2
LOBD	$r_0 + \frac{r_0 T}{T_I} + \frac{r_0 T_D}{T}$	$-r_0 - 2 \frac{r_0 T_D}{T}$	$\frac{r_0 T_D}{T}$
POBD	$r_0 + \frac{r_0 T_D}{T}$	$-r_0 + \frac{r_0 T}{T_I} - 2 \frac{r_0 T_D}{T}$	$\frac{r_0 T_D}{T}$
LICHO	$r_0 + \frac{r_0 T}{2T_I} + \frac{r_0 T_D}{T}$	$-r_0 + \frac{r_0 T}{2T_I} - 2 \frac{r_0 T_D}{T}$	$\frac{r_0 T_D}{T}$

3.1.3 Základní diskrétní regulátory

U spojitých regulátorů se setkáváme standardně s těmito kombinacemi funkcí, proporcionální (P), proporcionálně integrační (PI) a proporcionálně integračně derivační (PID).

P – proporcionální regulátor

Rovnice a přenos diskrétního regulátoru mají tvar

$$u_k = q_0 \cdot e_k \quad (1.6)$$

$$G_R(z^{-1}) = q_0 \quad (1.7)$$

Rovnice (1.6) a (1.7) jsou přesným ekvivalentem spojitého proporcionalního regulátoru, přičemž parametr q má význam zesílení.

PI – proporcionalně – integrační regulátor

Diskrétní PI regulátor, patří mezi astatické systémy. Proto se v jeho přenosové funkci musí objevit člen $(1 - z^{-1})$ jako příznak astatismu diskretních systémů.

Přenos tohoto regulátoru tedy bude mít tvar

$$G_R(z^{-1}) = \frac{q_0 + q_1 z^{-1}}{1 - z^{-1}} \quad (1.8)$$

a odpovídající diferenční rovnice

$$\Delta u_k = u_k - u_{k-1} = q_0 \cdot e_k + q_1 \cdot e_{k-1} \quad (1.9)$$

Výstup tohoto členu vytvoří posloupnost lineárně narůstajících hodnot

$\{q_0, 2q_0 + q_1, 3q_0 + 2q_1, \dots\}$. Přírůstek $\Delta u_k = q_0 + q_1$ bude konstantní a kladný, když

$$q_0 + q_1 > 0 \text{ a } q_0 > 0 \quad (1.10)$$

Při splnění podmínky (1.10) vypočtená diskretní přechodová charakteristika odpovídá přechodové charakteristice spojitého PI regulátoru.

PID proporcionalně – integračně – derivační regulátor

Rovnice diskretního regulátoru byla výše odvozena ve tvaru diferenční rovnice (1.5)

$$u_k - u_{k-1} = q_0 \cdot e_k + q_1 \cdot e_{k-1} + q_2 \cdot e_{k-2}$$

Z ní lze určit přenos ve tvaru

$$G_R(z^{-1}) = \frac{q_0 + q_1 z^{-1} + q_2 z^{-2}}{1 - z^{-1}} \quad (1.11)$$

Přivedením jednotkové posloupnosti na vstup regulátoru, tedy $e_k = 0, k < 0; e_k = 1, k \geq 0$ dostaneme hodnoty přechodové charakteristiky v jednotlivých okamžicích vzorkování

$$\begin{aligned} u_0 &= q_0 \\ u_1 &= 2q_0 + q_1 \\ u_2 &= 3q_0 + 2q_1 + q_2 \\ u_3 &= 4q_0 + 3q_1 + 2q_2 \\ &\vdots \end{aligned} \quad (1.12)$$

Aby hodnoty $u_0, u_1, u_2, \dots$ bylo možno považovat za přiblížení k hodnotám získaným vzorkováním průběhu přechodové charakteristiky spojitého PID regulátoru, musí vytvářet posloupnost s typickým průběhem. Pro parametry q musí platit:

- první akční zásah u_0 je kladný, tj. $u_0 > 0 \Rightarrow q_0 > 0$

- druhá hodnota akční veličiny $u_1 < u_0$, tj.

$$0 < u_1 < u_0 \Rightarrow 0 < 2q_0 + q_1 < q_0 \text{ tedy } q_0 < -q_1 < 2q_0$$

- přírůstek akční veličiny Δu_k je od kroku $k=2$ počínaje konstantní a kladný

$$\Delta u_k > 0 \Rightarrow q_0 + q_1 + q_2 > 0$$

- proložená přímka lineárního nárůstu akční veličiny pro $k > 1$ musí protínat osu hodnot u v kladné hodnotě, tj.

$$u_1 - (q_0 + q_1 + q_2) = q_0 - q_2 > 0$$

Shrneme-li uvedené požadavky na hodnoty parametrů q_0, q_1, q_2 , které mají zaručit analogii se spojitým PID regulátorem, dostaneme

$$q_1 < 0 < |q_1| - q_0 < q_2 < q_0 < |q_1| < 2q_0$$

Velkou předností PSD algoritmu je jeho poměrně značná odolnost proti změnám vlastností regulované soustavy. Tato schopnost je označována jako robustnost regulátoru a je v praxi velmi žádaná. Umožňuje totiž i za cenu ztráty dosažené kvality regulačního pochodu zaručit funkceschopnost reg. obvodu, což je podstatné. [1]

3.1.4 Modifikace PSD algoritmu

Výpočet akčního členu u číslicového regulátoru probíhá podle příslušné diferenční rovnice. To způsobuje problém, neboť nedochází k přirozenému útlumu prudkých změn regulační odchylky jako tomu bylo u spojitých regulátorů. U spojitých regulátorů dochází ke zpoždění, která jsou vzhledem ke své velikosti zanedbatelná, avšak působí jako přirozený filtr šumu (atypicky velkých period) v regulační odchylce. U diskrétního regulátoru se tyto výkyvy projevují při velké změně regulační odchylky nebo žádané hodnoty.

Důsledek těchto změn lze omezit zařazením speciálních prostředků do regulačního obvodu. Tyto prostředky mohou být buď technického nebo programového rázu. Další možností je modifikace číslicového algoritmu tak, že filtrační nebo zpožďovací opatření budou tvořit přímo součást algoritmu.

Potlačení velkých změn akční veličiny v důsledku rychlých změn řídicí veličiny lze provést tak, že zamezíme přenos okamžitých změn řídicí veličiny přes proporcionální a derivační složku PSD regulátoru. V přírůstkovém tvaru PSD regulátoru podle (1.4)

$$\Delta u_k = r_0 \Delta e_k + \frac{r_0}{T_I} \Delta I_k + r_0 T_D \Delta D_k$$

se toto potlačení týká členů Δe_k a ΔD_k , v nichž položíme $w_k = w_{k-1} = w_{k-2} = w$, takže dostaneme

$$\begin{aligned} \Delta e_k &= e_k - e_{k-1} = w - y_k - w + y_{k-1} = y_{k-1} - y_k \\ \Delta D_k &= \frac{e_k - 2e_{k-1} + e_{k-2}}{T} = \frac{-y_k + 2y_{k-1} - y_{k-2}}{T} \end{aligned} \quad (1.13)$$

Potlačíme-li okamžitou reakci proporcionální a derivační složky na změnu řídicí veličiny dosazením (1.13), získáme modifikaci přírůstkového PSD algoritmu ve tvaru

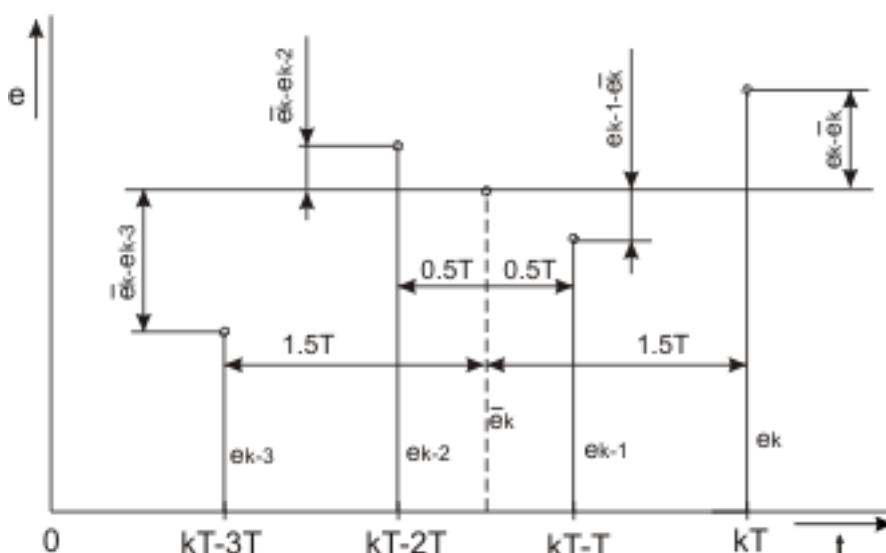
$$\Delta u_k = u_k - u_{k-1} = r_0(-y_k + y_{k-1}) + \frac{r_0 T}{T_I} e_k - \frac{r_0 T_D}{T} (-y_k + 2y_{k-1} - y_{k-2}) \quad (1.14)$$

Filtrace šumu derivačně zatížené regulační odchylky je možno také provést pomocí náhrady výpočtu hodnoty derivace D_k resp. ΔD_k podle tabulky I a II.

$$D_k = \frac{e_k - e_{k-1}}{T}; \quad \Delta D_k = \frac{e_k - 2e_{k-1} + e_{k-2}}{T};$$

vztahy, které využívají tzv. průměrnou diferenci. Průměrování difference je závislá na průměrné rychlosti změny regulační odchylky z několika intervalů. Tyto rychlosti jsou definovány jako diferenční podíly přírůstků hodnot posledních čtyř vzorků regulační odchylky $e_k, e_{k-1}, e_{k-2}, e_{k-3}$ vzhledem k jejich průměrné hodnotě $\bar{e}_k$ situované do okamžiku $t = kT - 1.5T$ ku příslušnému časovému úseku, na němž tento přírůstek vznikne (Obr.13). Průměrná hodnota $\bar{e}_k$ regulační odchylky je určena vztahem

$$\bar{e}_k = \frac{e_k + e_{k-1} + e_{k-2} + e_{k-3}}{4} \quad (1.15)$$



Obr. 13. Průměrná hodnota regulační odchylky pro průměrování difference

Průměrná rychlost změny regulační odchylky $\Delta \bar{e}_k / T$ se vypočte jako aritmetický průměr rychlostí změn regulačních odchylek vztahovaných k průměrné hodnotě $\bar{e}_k$, tj. Jako diferenční podíly

$$D_k = \frac{\Delta \bar{e}_k}{T} = \frac{1}{4} \left(\frac{e_k - \bar{e}_k}{1.5T} + \frac{e_{k-1} - \bar{e}_k}{0.5T} + \frac{\bar{e}_k - e_{k-2}}{0.5T} + \frac{\bar{e}_k - e_{k-3}}{1.5T} \right) = \frac{e_k - 3e_{k-1} - 3e_{k-2} - e_{k-3}}{6T} \quad (1.16)$$

V přírůstkové verzi má tato modifikace tvar

$$\Delta D_k = \frac{\Delta \bar{e}_k - \Delta \bar{e}_{k-1}}{T} = \frac{e_k + 2e_{k-1} - 6e_{k-2} - 2e_{k-3} + e_{k-4}}{6T} \quad (1.17)$$

Výsledný vztah pro přírůstkový algoritmus pak je

$$\Delta u_k = u_k - u_{k-1} = q_0 e_k + q_1 e_{k-1} + q_2 e_{k-2} + q_3 e_{k-3} + q_4 e_{k-4} \quad (1.18)$$

kde parametry pro metodu LICH0 jsou

$$\begin{aligned} q_0 &= r_0 + \frac{r_0 T}{2T_I} + \frac{r_0 T_D}{6T} & q_1 &= -r_0 + \frac{r_0 T}{2T_I} + \frac{r_0 T_D}{3T} & q_2 &= -\frac{r_0 T_D}{T} \\ q_3 &= -\frac{r_0 T_D}{3T} & q_4 &= \frac{r_0 T_D}{6T} \end{aligned} \quad (1.19)$$

Další možnosti modifikace PSD algoritmů dává zavedení tzv. penalizační konstanty K_p , kterou se ovlivňuje proporcionální a derivační složka PSD algoritmu. Tato penalizační konstanta se uplatňuje pouze např. V 10% okolí žádané hodnoty, tj. při menších regulačních odchylkách, takovým způsobem, že se vypočtená proporcionální a derivační složka touto konstantou dělí. Velikost penalizační konstanty se přitom mění od minimální hodnoty 1, která platí pro $e_k \geq 0.1 \cdot w$, do maximální hodnoty $K_{p \max}$, která platí v okolí $e_k = 0$. Změna probíhá např. lineárně podle vztahu [1]

$$k_p = 1 + \left(1 - \frac{w - y}{w} (1 / \text{procentopřisobnostipenalizace}) \right) (k_{p \max} - 1) \quad (1.20)$$

3.1.5 Volba vzorkovací periody

Vzorkovací perioda je časová konstanta která rozděluje spojitou část obvodu na hodnoty dané v časových intervalech touto konstantou určené.

Při zkracování vzorkovací periody dochází k přiblížení regulační funkce k regulační funkci spojitého obvodu. Pokud jsou dodrženy všechny aspekty chování diskrétního regulačního obvodu a kvality regulace je vhodné tuto periodu volit co možná nejkratší. Při prodlužování periody roste vliv zpoždění v realizaci změny akční veličiny na spojitě probíhající změny regulační odchylky. Tím se do obvodu dostává určité dopravní zpoždění. Při překročení určité velikosti vzorkovací periody dochází ke ztrátě informace a regulátor se stává nestabilním. Mezi dvěma vzorky může nastat situace kterou regulátor nezachytí a tím pádem na ni nemůže nijak reagovat.

Při volbě periody vzorkování je nutno brát v úvahu následující aspekty:

- Pomocí simulace je možno zjistit kdy se začne zhoršovat kvalita regulace, tudíž není vhodné volit vzorkovací periodu menší než při zjištění periody při simulaci.
- dynamika regulované soustavy – má zásadní vliv na volbu periody vzorkování a většina pravidel pro její volbu, která jsou uvedena v tabulce IV, vycházejí z ukazatelů dynamických vlastností jako např. doba průtahu, dopravní zpoždění, součtová časová konstanta a pod.
- doba závěru pohonu – omezuje hodnotu periody vzorkování, neboť nemá smysl, aby vzorkovací doba byla kratší, než doba, za kterou se stačí vykonat požadované nastavení akčního orgánu
- frekvenční spektrum poruchové veličiny – je zjištěno, že poruchová veličina se vyskytuje ve spektru nízkofrekvenčního až středofrekvenčního pásma. Můžeme odstranit vliv poruch až do frekvence ω_{max} = požadovaná hranice pásma.

$$T \leq \frac{\pi}{\omega_{max}}$$

- výpočetní nároky a časová náročnost komunikace –omezení dolní hranice hodnoty periody vzorkování z důvodů doby potřebné na výpočet pouze u extrémně složitých regulačních algoritmů a jsou v případě nutnosti řešitelné použitím speciálních rychlých procesorů.

Tabulka IV: Souhrn pravidel pro volbu vzorkovací periody

Hledisko volby periody vzorkování	určující vztah	pozn.
	$T = \left(\frac{1}{8} \div \frac{1}{16} \right) f$ $T = \left(\frac{1}{4} \div \frac{1}{8} \right) T_d$	Soustavy s dominantním dopravním zpožděním
o 15% delší doba ustálení než u spojitě verze PID	$T = (1,2 \div 0,35) T_u$ $T = (0,35 \div 0,22) T_u$	$0,1 \leq \frac{T_u}{T} \leq 1,0$ $1,0 \leq \frac{T_u}{T} \leq 10$
vyregulování poruchy do $\omega_{\max}$ jako u spojitě verze PID	$T = \frac{\pi}{\omega_{\max}}$	$ S(j\omega_{\max}) = 0,01 \div 0,1$
výsledky simulace	$T = \left(\frac{1}{6} \div \frac{1}{15} \right) T_{95}$	

V tabulce IV značí:

- f – vlastní frekvence uzavřené smyčky v [Hz]
 T_d – dopravní zpoždění
 T_u – doba průtahu
 T_{95} – doba dosažení 95% hodnoty přechodové charakteristiky

3.1.6 Optimální seřízení regulátorů s pevně danou strukturou

Pro seřízení regulátorů P, I, D a jejich vzájemné kombinace bylo vypracováno velké množství způsobů. Většinou je vyžadován matematický model, grafy, vzorce nebo tabulky které charakterizují daný korekční člen. Nejznámější metoda pro seřízení regulátorů je empirická metoda Ziegler – Nicholse. Pro diskrétní regulátory je možno

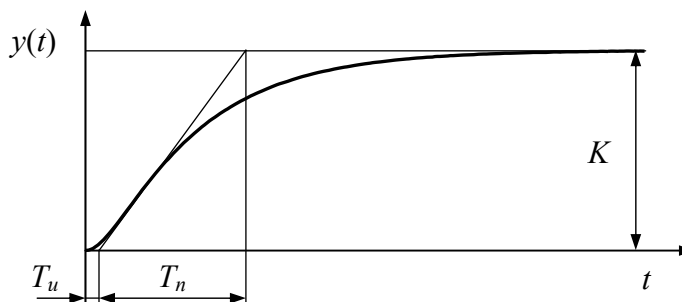
použít pravidla stejná jako pro spojité regulátory, neboť parametry diskrétního regulátoru jsou vázány přepočtovými vztahy s regulátory spojitými.

Ziegler – Nicholse metoda přechodové charakteristiky

Možnost použít pro spojité i diskrétní regulátory. Aby bylo možno použít této metody je nutné aby regulovaná soustava byla aperiodická (přechodová charakteristika nebyla s překmitem)

Naměříme přechodovou charakteristiku soustavy kde určíme tyto parametry:

- Naměřit přechodovou charakteristiku regulované soustavy (aperiodického typu).
- Odečíst dobu průtahu T_u , dobu náběhu T_n a finální hodnotu K .
- Vypočítat parametr γ , platí $\gamma = T_n / T_u$.
- Ze získaných parametrů vypočítat z tabulky parametry regulátoru.



Obr. 14. Přechodová charakteristiky regulované soustavy

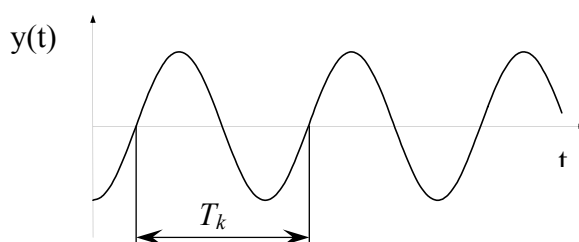
Tabulka V: Parametry regulátoru pro metodu Ziegler-Nicholse

	k_P	T_I	T_D
P	$\gamma \frac{1}{K}$	-	-
PI	$0,9\gamma \frac{1}{K}$	$3,5 T_u$	-
PD	$1,2\gamma \frac{1}{K}$	-	$0,25T_u$
PID	$1,25\gamma \frac{1}{K}$	$2 T_u$	$0,5 T_u$

Ziegler – Nicholse metoda kritických parametrů

Tuto metodu je možno použít pro seřízení regulátorů spojitých i diskretních. Princip této metody spočívá v tom, že přivedeme regulační obvod do tzv. kritického stavu, tj. na mez stability, přičemž regulátor pracuje pouze s proporcionální složkou, a tedy integrační a derivační složky jsou vyřazeny nastavením $T_D = 0$, $T_I = \infty$.

- Zvyšuje se zesílení k_P , resp. r_0 až k hodnotě k_{Pk} , resp. r_{0k} tak, aby obvod byl na hranici stability (netlumené kmity na výstupu z řízeného systému).
- Odečte se perioda těchto netlumených kmitů T_k .
- Z kritických parametrů se z tabulky vypočítají parametry PID regulátoru.



Obr. 15. Regulační obvod na mezi stability

Tabulka VI: Parametrů PID regulátoru metodou Ziegler – Nicholse z krit. zesílení

	k_P	T_I	T_D	r_0	r_{-1}	r_1
P	$0,5 k_{Pk}$	-	-	$0,5 r_{0k}$	-	-
PI	$0,45 k_{Pk}$	$0,85 T_k$	-	$0,45 r_{0k}$	$\frac{0,54 r_{0k}}{T_k}$	-
PD	$0,4 k_{Pk}$	-	$0,05 T_k$	$0,4 r_{0k}$	-	$0,02 r_{0k} T_k$
PID	$0,6 k_{Pk}$	$0,5 T_k$	$0,12 T_k$	$0,6 r_{0k}$	$\frac{1,2 r_{0k}}{T_k}$	$0,075 r_{0k} T_k$

Metoda Ziegler – Nicholse modifikovaná pomocí Takahashiho

Tkashi Čan a Auslender odvodili diskretní verzi seřizovacích pravidel podle Ziegler-Nicholse. V převzaté podobě jsou, uvedeny v tabulce VII, přičemž platí pro modifikovaný algoritmus ve tvaru

$$\Delta u_k = u_k - u_{k-1} = r_0 \left[y_{k-1} - y_k + \frac{T}{T_I} (W_k - w_y) + \frac{T_D}{T} (-y_{k-2} + 2y_{k-1} - y_k) \right] \quad (1.21)$$

Tabulka VII: Optimální seřízení regulátorů podle ZN modifikovanou podle Takahashiho

	P	PI	PID
r_0	$0.5r_{0krit}$ $T_n / (T_u + T)$	$(0.45 \div 0.27)r_{0krit}$ nemší hodnoty pro $T = 4T_u$ $\frac{0.9T_n}{T_u + T/2} - \frac{0.135T_u T}{(T_u + T/2)^2}$	$0.6r_{0krit} T / T_{krit}$ $\frac{1.2T_n}{T_u + T} - \frac{0.3T_n T}{(T_u + T/2)^2}$
T / T_I		$0.54 \frac{r_{0krit}}{r_0} \frac{T}{T_{krit}}$ $\frac{0.27T_n T}{r_0 (T_u + T/2)^2}$	$1.2 \frac{r_{0krit}}{r_0} \frac{T}{T_{krit}}$ $\frac{0.6T_n T}{r_0 (T_u + T/2)^2}$
T_D / T			$\frac{3}{40} \frac{r_{0krit}}{r_0} \frac{T_{krit}}{T}$ $\frac{0.5}{r_0} \frac{T}{T_{krit}}$

Metoda požadovaného modelu (inverze dynamiky)

Metoda umožňuje seřízení standardních typů číslicových a analogových regulátorů pro základní druhy regulovaných soustav s dopravním zpožděním.

Na základě metody požadovaného modelu (inverze dynamiky) a následného simulačního upřesnění byly získány tab. 10 a 11, které umožňují jednoduché a rychlé určení hodnot stavitelných parametrů doporučovaných regulátorů [5].

Pro získání přenosu v některém z požadovaných tvarů je nutno použít vhodných identifikačních či aproximačních metod – Tabulka VIII.

Tabulka VIII: Převedení přenosu reg. soustavy na požadované tvary

$\frac{1}{(T_n s + 1)^n} e^{-T_{dn}s}$	n	1	2	3	4	5	6
$\frac{1}{T_1 s + 1} e^{-T_{d1}s}$	$\frac{T_1}{T_n}$	1	1,568	1,980	2,320	2,615	2,881
	$\frac{T_{d1} - T_{dn}}{T_n}$	0	0,552	1,232	1,969	2,741	3,537
$\frac{1}{(T_2 s + 1)^2} e^{-T_{d2}s}$	$\frac{T_2}{T_n}$	0,638	1	1,263	1,480	1,668	1,838
	$\frac{T_{d2} - T_{dn}}{T_n}$	-0,352	0	0,535	1,153	1,821	2,523

Podle přenosu a tabulky VIII vypočítáme požadované parametry. Např. T_1 a T_d , pomocí nichž zjistíme podle tabulky IX jak vypočítat hodnoty k_p , T_I , T_D .

Při volbě vzorkovací periody T u číslicových regulátorů je třeba splnit podmínky:

$$T \leq 0,3T_d \quad (1.22)$$

$$T \leq \left(\frac{1}{15} \div \frac{1}{6} \right) t_{0,95} \quad (1.23)$$

$$T \leq \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{2} \right) T_w \quad (1.24)$$

kde $t_{0,95}$ je doba, za kterou přechodová charakteristika regulované soustavy $h_s(t)$ dosáhne 95% své ustálené hodnoty

Tabulka IX: Výpočet parametrů regulátorů a jejich typy

REGULOVANÁ SOUSTAVA	REGULÁTOR				
	TYP	k_p^*		T_I^*	T_D^*
		$T_d = 0$	$T_d > 0$		
$\frac{k_1}{s} e^{-T_d s}$	P	$\frac{2}{k_1(2T_w + T)}$	$\frac{a}{k_1}$	-	-
$\frac{k_1}{(T_1 s + 1)} e^{-T_d s}$	PI	$\frac{2T_I^*}{k_1(2T_w + T)}$	$\frac{aT_I^*}{k_1}$	$T_1 - \frac{T}{2}$	-
$\frac{k_1}{s(T_1 s + 1)} e^{-T_d s}$	PD	$\frac{2}{k_1(2T_w + T)}$	$\frac{a}{k_1}$	-	$T_1 - \frac{T}{2}$
$\frac{k_1}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} e^{-T_d s}$ $T_1 \geq T_2$	PID	$\frac{2T_I^*}{k_1(2T_w + T)}$	$\frac{aT_I^*}{k_1}$	$T_1 + T_2 - T$	$\frac{T_1 T_2}{T_1 + T_2} - \frac{T}{4}$
$\frac{k_1}{T_0^2 s^2 + 2\xi_0 T_0 s + 1} e^{-T_d s}$ $0,5 < \xi_0 \leq 1$	PID	$\frac{2T_I^*}{k_1(2T_w + T)}$	$\frac{aT_I^*}{k_1}$	$2\xi_0 T_0 - T$	$\frac{T_0}{2\xi_0} - \frac{T}{4}$

Podle typu regulátoru a dopravního zpoždění určíme žádané hodnoty. Kde parametr a v tabulce IX se vypočítá pomocí vztahu:

$$a = \frac{1}{\alpha T + \beta T_d} \quad (1.25)$$

kde parametry α a β se určí podle tabulky X.

Tabulka X: hodnoty koeficientů α a β

κ	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
α	1,282	0,984	0,884	0,832	0,763	0,697	0,669	0,640	0,618	0,599	0,577
β	2,718	1,944	1,720	1,561	1,437	1,337	1,248	1,172	1,104	1,045	0,992

Příklad: Regulovaná soustava s dopravním zpožděním

$$G(s) = \frac{3}{(2s + 1)^2} e^{-10s}$$

Z přenosu $G(s)$ je možno vyčíst následující hodnoty: $n = 2$, $T_2 = 2$, $T_{d2} = 10$, $k = 3$

PI regulátor:

Pro přenos $\frac{1}{T_1 s + 1} e^{-T_{d1}s}$ z tabulky VIII dostaneme:

$$\frac{T_1}{T_2} = 1,568 \quad \Rightarrow \quad T_1 = 1,568 \cdot 2 = 3,136 ;$$

$$\frac{T_{d1} - T_{d2}}{T_2} = 0,552 \quad \Rightarrow \quad T_{d1} = 0,552 \cdot 2 + 10 = 11,104$$

Pro překmit 0.20, $k = 3$, $T_I = 3.136$, $T_{dI} = 11.104$, $T = 2$ dostaneme podle tabulky IX a X:

$$a = \frac{1}{\alpha T + \beta T_d} \frac{1}{0.763 \cdot 2 + 1.437 \cdot 11.104} = 0.0572$$

$$T_I = T_1 - \frac{T}{2} = 3.136 - 1 = 2,136$$

$$k_p = \frac{a T_I}{k} = \frac{0.0572 \cdot 2.136}{3} = 0.0407$$

Kde obecný PI regulátor má tvar:

$$G_R(s) = k_p \left(1 + \frac{T}{T_I} \frac{z}{z-1} \right) \quad \Rightarrow \quad G_R(s) = 0.0407 \left(1 + \frac{2}{2.136} \frac{z}{z-1} \right) = \frac{0.002 z - 0.0407}{z-1}$$

3.2 Kompenzační regulátory

U regulátorů tohoto typu se uplatňuje kompenzace dynamiky regulované soustavy. Při návrhu těchto regulátorů je třeba znát matematický model regulované soustavy v podobě z-přenosu. Lze pracovat se standardním tvarem z-přenosové funkce soustavy se zápornými exponenty

$$G_s(z^{-1}) = \frac{y(z^{-1})}{u(z^{-1})} = \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})} = \frac{b_1 z^{-1} + \dots + b_n z^{-n}}{1 + a_1 z^{-1} + \dots + a_n z^{-n}} \quad (1.26)$$

nebo používat z hlediska definice stejně polynomů ladně exponentový tvar

$$G_S(z^{-1}) = \frac{y(z)}{u(z)} = \frac{B(z)}{A(z)} = \frac{b_1 z^{n-1} + \dots + b_n}{z^n + a_1 z^{n-1} + \dots + a_n} \quad (1.27)$$

Cílem syntézy je určit přenos regulátoru G_R ve tvaru poměru obecně dvou polynomů, který při použití vyjádření se zápornými exponenty má tvar

$$G_R(z^{-1}) = \frac{u(z^{-1})}{e(z^{-1})} = \frac{Q(z^{-1})}{P(z^{-1})} = \frac{q_v z^{-v} + \dots + q_q z^{-q}}{1 + p_1 z^{-1} + \dots + p_r z^{-r}} \quad (1.28)$$

V případě kladných exponentů mocnin to bude

$$G_R(z) = \frac{u(z)}{e(z)} = \frac{Q(z)}{P(z)} = \frac{q_v z^{r-v} + \dots + q_q}{z^r + \dots + p_r} \quad (1.29)$$

Regulátory takto získané jsou regulátory s optimalizovanou strukturou.

3.2.1 Přímovazební řízení

Chceme navrhnout řídicí člen – regulátor G_R , který by na základě požadavků vyjádřených řídicí veličinou w zajišťoval takovou manipulaci s akční veličinou u , aby byla dosažena co možná nejlepší shoda řízené veličiny y s požadovanou w . přenosová funkce řídicího členu G_R ve tvaru (1.28) by měla splňovat požadavek

$$G_R \cdot G_S = I \quad (1.30)$$

Převédeme-li (1.30) na přenos regulátoru

$$G_R(z^{-1}) = \frac{1}{G_S(z^{-1})} = \frac{A(z^{-1})}{B(z^{-1})} = \frac{1 + a_1 z^{-1} + \dots + a_n z^{-n}}{b_1 z^{-1} + \dots + b_n z^{-n}} \quad (1.31)$$

Jak je patrné z (1.31) regulátor není realizovatelný. Chování charakterizuje výsledný přenos řízení, který se snažíme přiblížit co nejvíce k ideální hodnotě $G_{w/y_0} = 1$. To lze

realizovat pokud zvolíme výsledný přenos řízení $G_R(z^{-1})$, kdy ve výsledném přenosu dojde k vykrácení polynomů $A(z^{-1})$ a $B(z^{-1})$ a zároveň se splní podmínka realizovatelnosti. Je-li soustava popsána podle (1.26) stačí jmenovatel přenosu $G_R(z^{-1})$ zvolit se stupněm o jedničku vyšším než je stupeň čitatele $G_S(z^{-1})$.

$$G_R(z^{-1}) = \frac{A(z^{-1})}{B^*(z^{-1})} \frac{q_1}{1 - r_1 z^{-1}} \quad (1.32)$$

kde platí

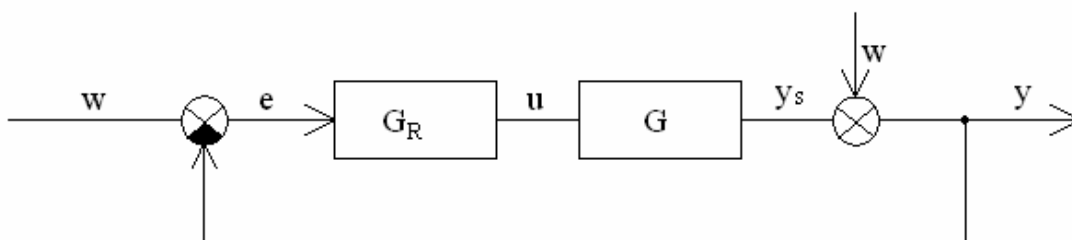
$$B(z^{-1}) = z^{-1} B^*(z^{-1}) \quad (1.33)$$

Pak přenos řízení otevřeného obvodu bude

$$G_{w/y_0}(z^{-1}) = \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})} \frac{A(z^{-1})}{B^*(z^{-1})} \frac{q_1}{1 - r_1 z^{-1}} = \frac{q_1 z^{-1}}{1 - r_1 z^{-1}} \quad (1.34)$$

3.2.2 Zpětnovazební řízení

Možnost specifikovat soustavu z hlediska přenosu řídicí veličiny $G_{w/y}$, ale také z hlediska poruchové veličiny $G_{v/y}$. Zpětná vazba zmenšuje rozdíly mezi skutečnou a simulovanou soustavou.



Obr. 16. Zpětnovazební regulační obvod

Chování uzavřeného regulačního obvodu podle Obr. 3 je možno vyjádřit rovnicí:

$$y = G_{w/y} \cdot v + G_{v/y} \cdot v = \frac{G_R \cdot G_S}{1 + G_R \cdot G_S} w + \frac{1}{1 + G_R \cdot G_S} r \quad (1.35)$$

Chování obvodu na základě působení řídicí veličiny w vyjádříme způsobem, že prouchovou veličinu dáme rovnou 0 $\Rightarrow v = 0$. Rovnice (1.35) bude mít tvar

$$y = G_{w/y} \cdot w = \frac{G_R \cdot G_S}{1 + G_R \cdot G_S} w \quad (1.36)$$

Přenos řízení $G_{w/y}$ budeme předpokládat ve tvaru podílu dvou polynomů ve tvaru

$$G_{w/y}(z) = \frac{S(z)}{X(z)} \quad (1.37)$$

Dosazením (1.37) do (1.36) dostaneme

$$G_{w/y}(z) = \frac{S(z)}{X(z)} = \frac{G_R(z) \cdot G_S(z)}{1 + G_R(z) \cdot G_S(z)} \quad (1.38)$$

odtud

$$G_R(z) = \frac{S(z)}{G_S(z)(X(z) - S(z))} \quad (1.39)$$

Předpokládáme-li tvar přenosu soustavy ve tvaru $G_S(z) = \frac{B(z)}{A(z)}$ dostaneme přenos regulátoru ve tvaru podílu dvou polynomů

$$G_R(z) = \frac{Q(z)}{P(z)} = \frac{A(z) \cdot S(z)}{B(z) \cdot (X(z) - S(z))} \quad (1.40)$$

v přenosu (1.40) jsou uvažovány polynomy ve tvaru mocnin z s kladnými exponenty, pro jejichž maximální stupně platí

$$\sigma = \delta(S(z)); \quad \xi = \delta(X(z)); \quad \nu = \delta(A(z)); \quad \mu = \delta(B(z))$$

takže pro velikost stupňů neznámých polynomů $Q(z)$ a $P(z)$ přenosu regulátoru $P(z)$ platí následující omezení, která plynou ze splnění požadavku fyzikální realizovatelnosti přenosu regulátoru $G_R(z)$. Fyzikální realizovatelnost u ostatních přenosů se předpokládá.

V přenosu $G_{w/y}(z)$ musí platit $\sigma \leq \xi$

a v přenosu $G_R(z)$

$$\delta(Q(z)) \leq \delta(R(z)) \quad (1.41)$$

přičemž platí z (1.40)

$$\begin{aligned}\delta(Q(z)) &= \nu + \sigma \\ \delta(R(z)) &= \mu + \max(\xi, \sigma) = \mu + \xi.\end{aligned}\tag{1.42}$$

Dosažením podmínek (1.42) do (1.41) dostaneme

$$\nu + \sigma \leq \mu + \xi \quad \text{nebo} \quad \nu - \mu \leq \xi - \sigma.\tag{1.43}$$

Pro známou hodnotu $\nu - \mu$ přebytku pólů vůči nulám přenosu soustavy $G_s(z)$ (obvykle $\nu - \mu = 1$) musí být zvolen přenos řízení $G_{w/y}(z)$ tak, aby

- měl stejný nebo větší přebytek pólů vůči nulám než přenos soustavy G_s
- se co nejvíce přibližoval ideálnímu nerealizovatelnému přenosu rovnému jedné, z čehož vyplývá, že je třeba volit stupně ξ a σ co nejmenší
- měl statické zesílení o hodnotě jedna.

Pro hodnotu $\nu - \mu = 1$ je možno volit následující možnosti:

1. volíme $\xi = 1$, $\sigma = 0$, pak

$$G_{w/y}(z) = \frac{1}{z} = z^{-1}\tag{1.44}$$

Pro výstupní veličinu platí $y_k = w_{k-1}$

2. volíme $\xi = 2$, $\sigma = 1$, pak

$$G_{w/y}(z) = \frac{s_1 \cdot z + s_2}{z^2} = s_1 \cdot z^{-1} + s_2 \cdot z^{-2}\tag{1.45}$$

Aby byly splněny uvedené požadavky, musí platit $s_1 + s_2 = 1$

Pro výstupní veličinu platí $y_k = s_1 \cdot w_{k-1} + s_2 \cdot w_{k-2}$

3. volíme $\xi = 3$, $\sigma = 2$, pak

$$G_{w/y}(z) = \frac{s_1 \cdot z^2 + s_2 \cdot z + s_3}{z^3} = s_1 \cdot z^{-1} + s_2 \cdot z^{-2} + s_3 \cdot z^{-3} \quad (1.46)$$

Opět platí $s_1 + s_2 + s_3 = 1$

a pro výstupní veličinu $y_k = s_1 \cdot w_{k-1} + s_2 \cdot w_{k-2} + s_3 \cdot w_{k-3}$

Ze zápisu ve formě diferenčních rovnic plyne, že tato volba přenosu řízení zajišťuje i regulaci s konečným počtem kroků regulace, o které bude pojednáno v dalších kapitolách. Pro jednotlivé alternativy to znamená, že v případě 2. se zpožděním dvou kroků, v případě 3. se zpožděním tří kroků. V literatuře se požadovaný přenos $G_{w/y}$ uvádí ve tvaru

$$\begin{aligned} G_{w/y}(z^{-1}) &= z^{-1} \\ G_{w/y}(z^{-1}) &= 2z^{-1} - z^{-2} \\ G_{w/y}(z^{-1}) &= 3z^{-1} - 3z^{-2} + z^{-3} \end{aligned} \quad (1.47)$$

a je označován jako minimální prototypový tvar. Je zřejmé, že uvedenými Volyni vychází přenosové funkce regulátoru $P(z)$ nejnižšího stupně se shodným stupněm čitatele i jmenovatele. Uvedené vztahy pro přenos řízení $G_{w/y}$ dávají možnost vypočítat hodnoty výstupní veličiny y v okamžicích vzorkování. Chceme-li ručit chování mimo okamžiky vzorkování, musíme znát přenos řízení $G_{w/y}(z, \varepsilon)$ pro vzorkování s posunutím $0 \leq \varepsilon < 1$. Při odvození tohoto vztahu vyjdeme z obr. 59. Pro hodnotu výstupní veličiny posunuté v rámci periody vzorkování o ε bude platit

$$y(z, \varepsilon) = G_R(z) \cdot G_S(z, \varepsilon) [w(z) - y(z)] \quad (1.48)$$

pro $\varepsilon = 0$ platí

$$y(z) = G_R(z) \cdot G_S(z) \cdot [w(z) - y(z)] \quad (1.49)$$

Z rovnice (1.49) vypočteme $y(z)$ a dosadíme do (1.48) a pomocí několika úprav vyjádříme přenos řízení rovnicí

$$G_{w/y}(z, \varepsilon) = \frac{B(z, \varepsilon)}{B(z)} G_{w/y}(z) \quad (1.50)$$

Stabilitu regulačního obvodu v uzavřeném regulačním obvodu v němž soustava je nestabilní, zajistíme pomocí vztahu

$$X(z^{-1}) - S(z^{-1}) = A(z^{-1})P(z^{-1}) \quad (1.51)$$

$$S(z^{-1}) = B(z^{-1}) Q(z^{-1}) \quad (1.52)$$

Dosadíme-li rovnici (1.52) do (1.51) a tu následně vydělíme polynomem $X(z^{-1})$ dostaneme tvar:

$$A(z^{-1}) \frac{P(z^{-1})}{X(z^{-1})} + B(z^{-1}) \frac{Q(z^{-1})}{X(z^{-1})} = 1 \quad (1.53)$$

kde je přenos řízení

$$G_{w/y}(z^{-1}) = B(z^{-1}) \frac{Q(z^{-1})}{X(z^{-1})} \quad (1.54)$$

a přenos regulační odchylky

$$G_{w/E}(z^{-1}) = 1 - G_{w/y}(z^{-1}) \frac{A(z^{-1})Q(z^{-1})}{X(z^{-1})} \quad (1.55)$$

Dosadíme-li tyto rovnice do přenosu regulátoru vyjde nám vztah

$$G_R(z^{-1}) = \frac{1}{G_S(z^{-1})} \frac{G_{w/y}(z^{-1})}{1 - G_{w/y}(z^{-1})} = \frac{Q(z^{-1})}{R(z^{-1})} \quad (1.56)$$

Takto navržený regulátor splňuje podmínku stability přenosu akční veličiny.

3.2.3 Konečný počet kroků regulace

Často označován jako časově optimální řízení. Princip spočívá v tom, že po určitém počtu kroků regulace n_k bude regulační odchylka nulová. Tzn. pro $n > n_k$ bude $e(z) = 0$.

Pro regulační odchylku platí

$$e(z^{-1}) = (1 - G_{w/y}(z^{-1}))W(z^{-1}) \quad (1.57)$$

Aby byl splněn požadavek na konečný počet kroků regulace, musí být polynom $e(z^{-1})$ s konečným počtem členů. Je-li stupeň polynomu $e(z^{-1})$ označen jako δe , pak konečný počet kroků řízení bude

$$n_k = \delta e + 1 \quad (1.58)$$

Tvar vstupního signálu $W(z^{-1})$ je možno předpokládat ve tvaru

$$w(z^{-1}) = \frac{F(z^{-1})}{(1 - z^{-1})^n} \quad (1.59)$$

3.3 Příklad použití syntézy při návrhu číslicových regulátorů

Je zvolen přenos soustavy:

$$G_s(s) = \frac{4.3}{(18s + 1)(0.5s + 1)}$$

Z – přenos soustavy je vypočten pomocí spojitého přenosu a jeho následnou úpravou:

$$G_s(z, \varepsilon) = \frac{z-1}{z} Zm \left\{ \frac{G_s(s)}{s} \right\}$$

$$\begin{aligned} G_s(z, \varepsilon) &= \frac{z-1}{z} Zm \left\{ \frac{4.3}{s} + \frac{4.4229}{s + 0.0556} + \frac{0.1228}{s + 2} \right\} = \\ &= \frac{z-1}{z} \left\{ \frac{4.3z}{z-1} + \frac{4.4229ze^{-0.0556 \times 10 \varepsilon}}{z - e^{-0.0556 \times 10}} + \frac{0.1228ze^{-2 \times 10 \varepsilon}}{z - e^{-2 \times 10}} \right\} \end{aligned}$$

Z – přenos pro $\varepsilon = 0$

$$\begin{aligned} G_s(z, 0) &= \frac{z-1}{z} \left\{ \frac{4.3z}{z-1} + \frac{4.4229ze^{-0.0556 \times 10}}{z - e^{-0.0556 \times 10}} + \frac{0.1228ze^{-2 \times 10}}{z - e^{-2 \times 10}} \right\} \\ &= 4.3 + \frac{4.4229(z-1)}{z - 0.5738} + \frac{0.1228(z-1)}{z} \\ G_s(z, 0) &= \frac{1.7628z + 0.0705}{z^2 - 0.5738z} = \frac{1.7628z^{-1} + 0.0705z^{-2}}{1 - 0.5738z^{-1}} \end{aligned}$$

Pro danou soustavu je navržen PSD regulátor s nastavením konstant podle Ziegler – Nicholse, konstanty pro Takahashiho regulátor.

Pomocí metody Ziegler-Nicholse byl navrhnut PSD (proporcionálně sumačně diferenční) číslicový regulátor.

$$G_s(z) = \frac{1.7628 z^{-1} + 0.0705 z^{-2}}{1 - 0.5737 z^{-1}}$$

$$r_1 = \frac{1 - a_2}{b_2} = 1.5173$$

$$b = b_1 r_1 + a_1 = 2.2004$$

$$D = b^2 - 4c = 4.5797$$

$$r_2 = \frac{a_1 - a_2 - 1}{b_2 - b_1} = 0.9299$$

$$c = b_2 r_2 + a_2 = 0.0655$$

$$D > 0 \Rightarrow T_{krit} = 2T_v = 20$$

$$r_{0k} = r_2 = 0.9299$$

vypočítáme parametry K_I, K_P, K_D :

$$K_I = \frac{1,2 \cdot r_{0k} \cdot T_v}{T_{krit}} = 0.5579 \quad K_P = 0,6 \cdot r_{0k} - \frac{K_I}{2} = 0.2793 \quad K_D = \frac{3 \cdot r_{0k} \cdot T_{krit}}{40 \cdot T_v} = 0.1395$$

Pomocí programu Matlab 6.5 byly vypočítány následující hodnoty:

$$K_I = 0.5581 \quad K_P = 0.27905 \quad K_D = 0.1395$$

Jak je vidět výpočet parametrů je přesný.

Z předchozích parametrů odvodíme q_0, q_1, q_2

$$\left. \begin{array}{l} q_0 = K_P + K_I + K_D = 0.9767 \\ q_1 = -K_P - 2K_D = -0.5583 \\ q_2 = K_D = 0.1395 \end{array} \right\} \Rightarrow G_R(z) = \frac{0.9767 - 0.5583z^{-1} + 0.1395z^{-2}}{1 - z^{-1}}$$

Pro zadanou soustavu je navržen PSD a PS regulátor metodou požadovaného modelu.

- **PSD regulátor**

Metoda umožňuje snadné a rychlé seřízení standardních typů číslicových a analogových regulátorů pro základní druhy regulovaných soustav s dopravním zpožděním. Typ regulátoru je doporučen z hlediska vlastností regulované soustavy a požadavku na nulovou trvalou regulační odchylku způsobenou skokovou změnou polohy žádané veličiny, resp. poruchy působící na výstupu regulované soustavy.

Výpočet PSD regulátoru:

$$T_w = \text{round}\left(\frac{T_v}{0,286}\right) = 35$$

$$c_1 = e^{-\frac{T_v}{T_1}} = 0.5737 \quad c_2 = e^{-\frac{T_v}{T_2}} = 2.06 \times 10^{-9} \quad c_w = e^{-\frac{T_v}{T_w}} = 0.7515$$

$$T_I = \frac{c_1 + c_2 - 2c_1c_2}{1 - c_1 - c_2 + c_1c_2} \cdot T_v = 13.4576 \quad r_0 = \frac{(1 - c_w)T_I}{kT_v} = 0.0777 \quad T_D = \frac{c_1c_2}{c_1 + c_2 - 2c_1c_2} \cdot T_v = 0$$

výpočet koeficientů:

$$q_0 = r_0 \left(1 + \frac{T_v}{T_I} + \frac{T_D}{T_v}\right) = 0.1354 \quad q_1 = -r_0 \left(1 + \frac{2T_D}{T_v}\right) = -0.0777 \quad q_2 = r_0 \left(\frac{T_D}{T_v}\right) = 0$$

data získaná pomocí Matlab:

$$q_0 = 0.1355 \quad q_1 = -0.0777 \quad q_2 = 1.6035 \times 10^{-10}$$

jak je vidět výpočty se neliší.

- **PS regulátor**

$$T_1 > T_2 \Rightarrow G_s(s) = \frac{4.3}{(18s + 1)}$$

překmit 0.20; $k = 4.3$; $T_I = 18$; $T_d = T_2 = 0.5$

pomocí tabulek pro výpočet metodou požadovaného modulu je odvozeno:

$$a = \frac{1}{\alpha T + \beta T_d} = \frac{1}{0.763 + 1.437 \times 0.5} = 0.6749$$

$$T_I = T_1 - \frac{T}{2} = 18 - 0.5 = 17.5$$

$$r_0 = \frac{a \times T_I}{T} = 11.8123$$

a následně vypočítán PS regulátor pro danou soustavu

$$G_R(z^{-1}) = 11.8123 \left(1 + \frac{z}{(17.5z - 17.5)} \right) = \frac{12.4872 - 11.8123 z^{-1}}{1 - z^{-1}}$$

Výpočty byly simulačně ověřeny pomocí programového vybavení MatLab 6.5. Výpočty realizované bez pomoci počítače se příliš neliší od hodnot, které byly vypočteny pomocí výpočetní techniky.

ZÁVĚR

Závěrem se dá říct, že webové technologie se neustále vyvíjí. K dispozici jsou programátorům stále lepší a komplexnější řešení a bezpečnější jazyky. Aplikace realizované dnes složitým způsobem, mohou být v blízké budoucnosti realizovány mnohem jednodušeji. Dopomáhají tomu nové standardy, nápady a řešení rodící se v hlavách webových vývojářů a tvůrců webových technologií.

Taktéž se vyvíjí i automatické řízení diskrétního typu. Požadavky na regulaci strojů a zařízení jsou s vyvíjejícími se technologiemi stále náročnější. Z toho důvodu nemůže být ani samotná teorie automatizace opomíjena, ale musí držet stejné časové trendy jako tyto nové technologie a postupy. Proto je nutné aby vznikaly lepší a výkonnější metody syntézy, netrpící neduhy těch současných. S nasazením informačních technologií je možné současné metody počítat přesně a díky tomu navrhovat kvalitní regulační členy, nicméně ani tento postup nebude možno používat neustále. Proto je budoucnost v regulačních obvodech, které budou pracovat zcela samostatně i co se týká vlastního nastavení parametrů ovlivňující kvalitu regulačního pochodu. Takovéto obvody sice existují, ale jejich vývoj je teprve na začátku.

Pojmout celou problematiku webových technologií či teorie automatického řízení by zabralo přinejmenším na tlustou knihu pro každé z těchto dvou témat. Na psaní knih jsou zde, ale jiní. Mým úkolem bylo „seznámit vás v této práci s oběma oblastmi na obecné úrovni. Kromě obecného seznámení s oběma problematikami jsem uvedl i praktické příklady webových technologií i návrhu číslicového korekčního členu.

Pro podrobnější pochopení látky je nutné neustále sledovat odbornou literaturu. Neboť jak půjde vývoj kupředu, bude i ta modifikována a při nalezení chyb také opravována.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VAŠEK, V. *Teorie automatického řízení II*. Zlín: Skriptum FT VUT v Brně, 1990.
- [2] VÍTEČKOVÁ, M. *Seřízení regulátorů metodou inverze dynamiky*. Ostrava: Technická univerzita Ostrava, fakulta strojní, 1998.
- [3] ŠULC, B., VÍTEČKOVÁ, M. *Teorie a praxe návrhu regulačních obvodů*. Praha: ČVUT, 2004
- [4] VÍTEČKOVÁ, M. *Seřízení lineárních regulačních obvodů. Metoda inverze dynamiky*. Ostrava: FS VŠB, 1993.
- [5] WAGNEROVÁ, R., MINÁŘ, K. aj. *Prezentační a výukový modul pro oblast analýzy a regulačních obvodů v prostředí INTRANETU*. Ostrava: VŠB-TUO, KATŘ, 2000. Dostupné na URL: http://www.fs.vsb.cz/fakulta/kat/352/uc_texty/synteza/index.htm
- [6] KAČMÁŘ, D., FARANA, R. *Tvorba HTML Dokumentu. Interní učební text*. Ostrava: VŠB-TUO, KATŘ, 1996. Dostupné na URL: <http://www.fs.vsb.cz/books/prirHTML/welcome.htm>
- [7] ŠTECHA, J. *Číslicové automatické řízení*. Praha: ČVUT, 1990
- [8] HANUŠ, B., OLEHLA, M., MODRLÁK, O. *Číslicová regulace technologických procesů*. VUT v Brně: VUTIMUM, 2000
- [9] FARANA, R. *Sylaby a cvičení k tvorbě Aktive Server Pages*. Ostrava: VŠB-TUO, 1999. Dostupné na URL: <http://www.fs.vsb.cz/books/ASPTTest/Welcome.htm>
- [10] JANOVSKEÝ, D. *Jak psát web*. 2004. Dostupné na URL: <http://www.jakpsatweb.cz>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A/Č, A-Č	analogově číslicový převodník
Č/A, Č-A	číslicově analogový převodník
I	integrační složka analogového regulátoru; integrační regulátor
P	proporcionální složka regulátoru; proporcionální regulátor
PD	proporcionálně derivační analogový regulátor; proporcionálně diferenční číslicový regulátor; číslicový regulátor PD
PI	proporcionálně integrační analogový regulátor
PID	proporcionálně integračně derivační analogový regulátor
PS	proporcionálně sumační regulátor; číslicový regulátor PI
PSD	proporcionálně sumačně diferenční číslicový regulátor; číslicový regulátor
PID	
R	regulátor
RO	regulační obvod
S	regulovaná soustava; sumační složka u číslicového regulátoru; sumační číslicový regulátor
ZN	Ziegler – Nicholse
$e(t)$	regulační odchylka
$G(z)$	diskrétní přenos
G	obrazový přenos
G_R	přenos regulátoru
G_o	přenos otevřeného regulačního obvodu
G_S	přenos regulované soustavy
G_v	přenos poruchy
G_w	přenos řízení
k_p	zesílení regulátoru
k_{pmax}	maximální nastavitelná hodnota zesílení regulátoru
k, kT	diskrétní čas ($k = 0, 1, 2, \dots$)
q	stupeň astatismu
s	komplexní proměnná v L-transformaci
T	vzorkovací perioda
T_d	dopravní zpoždění
T_D	derivační časová konstanta regulátoru
T_I	integrační časová konstanta regulátoru
T_k	kritická perioda (perioda netlumených kmitů)
T_n	doba náběhu
T_u	doba průtahu
T_p	doba přechodu
T_w	časová konstanta uzavřeného regulačního obvodu
T_i	časové konstanty
t_{95}	doba dosažení 95% ustálené hodnoty přechodové charakteristiky
t	reálná proměnná-čas
t_m	doba, za kterou dosáhne přechodová funkce svého maxima
t_r	doba regulace
$U(s)$	obraz akční veličiny, řízení
$u(t)$	akční veličina, řízení
$V(s)$	obraz poruchové veličiny

$v(t)$	poruchová veličina
$W(s)$	obraz žádané veličiny
$w(t)$	žádaná veličina
$Y(s)$	obraz výstupní veličiny
$y(t)$	výstupní veličina
$y_{\max}(t)$	maximální hodnota regulované veličiny
$y(\infty)$	ustálená hodnota regulované veličiny
z	komplexní proměnná v Z-transformaci
Z	operátor přímé Z-transformace
$\approx$	přibližně rovno
$\lesssim$	přibližně rovno, ale spíše menší
$\Rightarrow$	implikace
$\Leftrightarrow$	ekvivalence
$\rightarrow$	se blíží
$\ll$	o hodně menší
$\geq$	větší nebo rovno

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Tabulka hlavní stránky.	20
Obr. 2. Obrázek univerzity	21
Obr. 3. Pravý blok.....	21
Obr. 4. Hlavní stránka publikace	23
Obr. 5. Tabulka jednotlivých stránek	24
Obr. 6. Vzhled stránky jednotlivých kapitol.....	25
Obr. 7. Umístění vzorců na stránce.....	26
Obr. 8. Vzhled předlohy snímku.....	28
Obr. 9. Hlavní stránka prezentace.....	28
Obr. 10. Stupňovitá náhrada zleva (LOBD)	31
Obr. 11. Stupňovitá náhrada zprava (POBD)	32
Obr. 12. sečnová náhrada (LICH0).....	32
Obr. 13. Průměrná hodnota regulační odchylky pro průměrkování difference	38
Obr. 14. Přechodová charakteristiky regulované soustavy.....	42
Obr. 15. Regulační obvod na mezi stability	43
Obr. 16. Zpětnovazební regulační obvod	49

SEZNAM TABULEK

Tabulka I: Přehled možností určení hodnoty integrálu I_k a derivace D_k u číslicových PID regulátorů	33
Tabulka II: Možnosti určení ΔI_k a ΔD_k u číslicových přírůstkových PID regulátorů	34
Tabulka III: Varianty přepočtu parametrů r_0 , T_I , T_D spjitého PID regulátoru na parametry q_0 , q_1 , q_2 , přírůstkového číslicového PSD regulátoru	34
Tabulka IV: Souhrn pravidel pro volbu vzorkovací periody	41
Tabulka V: Parametry regulátoru pro metodu Ziegler-Nicholse	42
Tabulka VI: Parametrů PID regulátoru metodou Ziegler – Nicholse z krit. zesílení	43
Tabulka VII: Optimální seřízení regulátorů podle ZN modifikovanou podle Takahashiho	44
Tabulka VIII: Převedení přenosu reg. soustavy na požadované tvary	45
Tabulka IX: Výpočet parametrů regulátorů a jejich typy	46
Tabulka X: hodnoty koeficientů α a β	46