

Technické prostředky automatizace

Radek Vybíhal

Bakalářská práce
2007



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2006/2007

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radek VYBÍHAL**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Technické prostředky automatizace.**

Zásady pro vypracování:

1. Přeprocování skript
2. Technické prostředky automatizace I – Rozšíření a doplnění aktuálních zařízení používaných v praxi.
3. Aktuální použití snímačů a zesilovačů. Moderní prostředky automatizace.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] BALÁTĚ, J. Automatické řízení. 1. vyd. Praha: BEN, 2003. 664 s. ISBN 80-7300-020-2.

[2] BALÁTĚ, J. a kol. Technické prostředky automatického řízení. 1. vyd. Praha: SNTL/ALFA, 1986.

[3] SMUTNÝ, L., KLEČKA, R. Prostředky automatického řízení 1. Bakalářská práce, VŠB Ostrava. Ostrava 2004

[4] SMUTNÝ, L., MARTINEK, R. Prostředky automatického řízení 2. Bakalářská práce, VŠB Ostrava, Ostrava 2003

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Jaroslav Balátě, DrSc.**
Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce: **13. února 2007**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2007**

Ve Zlíně dne 29. ledna 2007


prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
děkan




doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Tato elektronická učební pomůcka nazvaná Technické prostředky automatizace je určena zejména studentům studijního programu Procesní inženýrství, studijní obor Technologická zařízení, na UTB ve Zlíně. Obsahuje základní rozdělení některých prvků používaných v automatizaci. Veškeré elektronické pomůcky tohoto typu jsou zpracovávány v různých textových editorech. Jako nejlepší se mi jevil MS Word, který jsem pro tuto práci použil a v druhé části popsal základní funkce, které jsem pro tvorbu elektronické pomůcky využíval.

Klíčová slova: Elektronická učební pomůcka „Technické prostředky automatizace“, textový editor MS Word

ABSTRACT

This electronic learning tool called Technical Means of Automation is suitable primarily for Process Engineering students of Technological Systems Discipline at UTB in Zlin. It covers basic classification of some elements used in automation. All electronic tools of this type are available in various text editors. Personally, I rated MS Word as the best and used it for this work. In Part 2 (or "In the second part...") I described the basic functions that I used for creation of the electronic tool.

Abstrakt ve světovém jazyce

Keywords: Electronic learning tool called Technical Means of Automation, text editor MS Word

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou by sem rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce, panovi prof. Ing. Jaroslavu Balátěmu, DrSc., za obětavý přístup, připomínky, poskytnuté materiály a cenné rady pro tvorbu bakalářské práce.

Souhlasím s tím, že s výsledky mojí práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a ředitele ústavu. V případě publikací budu uvedený jako spoluautor.

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

V Kotvrdovicích, 20.01.2007

.....

Radek Vybíhal

OBSAH

I. TEORETICKÁ ČÁST.....	8
1 VYUŽITÍ TEORIE AUTOMATICKÉHO ŘÍZENÍ PRO PROCESNÍ INŽENÝRSTVÍ.....	9
2 TECHNICKÉ PROSTŘEDKY AUTOMATIZACE	12
2.1 ÚVOD	12
2.1.1 Technický rozvoj technických prostředků automatizace	12
2.1.2 Vývoj řízení výrobních procesů a technických prostředků automatického řízení	12
2.1.3 Kybernetika a řídicí technika	13
2.1.4 Základní funkce a klasifikace technických prostředků automatického řízení.	17
2.1.5 Provozní podmínky a technické požadavky	21
2.2 SNÍMAČE.....	22
2.2.1 Měření	22
2.2.2 Blokové schéma měřicí soustavy.....	22
2.2.3 Snímač jako člen pro získání informace	24
2.2.4 Přehled snímačů a jejich použití.....	30
2.2.5 Měřicí převodníky neelektrických veličin	31
2.2.6 Vývojové směry v oblasti snímačů a měřicích metod	20
2.3 ČLENY K OBNOVĚ A TRANSFORMACI INFORMACE	23
2.3.1 Obecné vlastnosti a úkoly	23
2.3.2 Zesilovače.....	23
2.3.3 Tvarovače signálů	46
2.3.4 Modulátory	47
2.3.5 Převodníky	49
2.4 SERVOMOTORY.....	56
2.4.1 Elektrické servomotory	57
2.4.2 Pneumatické servomotory	59
2.4.3 Hydraulické servomotory.....	61
2.5 REGULAČNÍ ORGÁNY	64
2.6 STAVEBNICOVÉ SYSTÉMY - PŘÍKLADY.....	69
2.6.1 Modulový systém (princip MODIN - ZPA:Závody průmyslové automatizace) 69	
2.6.2 Příklad koncepce centralizovaného řídicího systému (princip ZPA)	73
2.6.3 Příklad koncepce decentralizovaného systému (princip DERIS).....	75
2.6.4 Příklad pneumatického stavebnicového systému	77
2.6.5 Příklad automatického systému řízení budov (topologie METASYS ®).....	79
2.6.6 Historie vývoje automatických regulátorů – od přímých regulátorů k řídicím systémům.....	80

II. PRAKTICKÁ ČÁST.....	81
3 POČÍTAČOVÝ PROGRAM MS WORD	82
3.1 ÚVOD	82
3.1.1 Spuštění aplikace Word, základní obrazovka.....	82
3.2 ZÁKLADY OVLÁDÁNÍ.....	83
3.2.1 Základní jednotky textového dokumentu.....	84
3.2.2 Přesun kurzoru v textu a textu v okně.....	84
3.2.3 Označení textu	85
3.2.4 Roletková menu	86
3.3 PANE LY NÁSTROJŮ	88
3.3.1 Panel : standardní.....	89
3.3.2 Panel : formát	89
3.3.3 Panel : databáze	90
3.3.4 Panel : formuláře.....	90
3.3.5 Panel : kreslení.....	90
3.3.6 Panel : obrázek.....	91
3.3.7 Panel : síť WWW.....	91
3.3.8 Panel : tabulky a ohraničení	91
3.3.9 Panel : Visual Basic	92
3.4 DALŠÍ VOLBY A NASTAVENÍ	92
3.4.1 Písmo.....	92
3.4.2 Odstavce.....	94
3.4.3 Tabulátory	95
3.4.4 Odrážky a číslování	96
3.4.5 Ohraničení a stínování	98
3.4.6 Formátování stránek.....	98
3.4.7 Záhloví a zápatí.....	99
3.4.8 Vkládání; ukládání souboru.....	100
3.4.9 Tisk dokumentu	107
3.4.10 Styly	109
3.4.11 Tabulky	111
3.4.12 Šablony.....	112
3.4.13 Grafika	114
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	115
SEZNAM TABULEK	116
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	117
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ	120
ZÁVĚR.....	122

ÚVOD

Elektronická učební pomůcka Technické prostředky automatizace je určena zejména studentům studijního programu Procesní inženýrství, studijní obor Technologická zařízení, na UTB ve Zlíně. Svým obsahem navazuje na obsah předmětu Řízení technologických procesů – T4RT, který studenti absolvovali ve 4. semestru, a přispívá k sepětí teoretického základu studia s jeho praktickým uplatněním.

Elektronická učební pomůcka je rozdělena na dva hlavní okruhy:

- 1. okruh obsahuje využití z předmětu „Řízení technologických procesů“ z druhého ročníku pro „Procesní inženýrství“.

V této části elektronické učební pomůcky jsou uvedené jen odkazy na doporučenou literaturu (Balátě, J. [2003, resp.2004]. Automatické řízení. BEN-technická literatura, Praha.) a slouží jen pro připomenutí probrané látky ze 4. semestru.

- 2. okruh obsahuje látku z předmětu „Technické prostředky automatizace“, který je stěžejní částí této elektronické učební pomůcky a seznamuje posluchače s problematikou technických prostředků automatického řízení.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VYUŽITÍ TEORIE AUTOMATICKÉHO ŘÍZENÍ PRO PROCESNÍ INŽENÝRSTVÍ

V této kapitole jsou uvedeny odkazy na doporučenou literaturu (Balátě, J. [2003, resp.2004]. Automatické řízení. BEN-technická literatura, Praha.) a slouží pro připomenutí probrané látky ze 4. semestru, předmětu *Řízení technologický procesů – T4RT*

- Linearizacestr. 48
 - linearizace tečnou v rovině.....str. 49
 - linearizace metodou minimálních kvadratických odchylekstr. 54
- Laplaceova transformacestr. 56
 - definiční vztahy.....str. 56
 - základní vlastnosti Laplaceovy transformace.....str. 60
 - Heavisideův rozvojstr. 61
 - způsob použití L transformace.....str. 64
- Popis statických a dynamických vlastností systémustr. 70
 - popis systému lineární diferenciální rovnicí.....str. 72
 - přenos systémustr. 73
 - přechodová funkce a charakteristika systému str. 77
 - impulsová funkce a impulsová charakteristika systémustr. 78
 - kmitočtový přenos.....str. 81
 - amplitudo-fázová kmitočtová charakteristika v komplexní roviněstr. 84
 - kmitočtové charakteristiky v logaritmických souřadnicíchstr. 85
 - vnitřní popis dynamických vlastností systémustr. 94
 - poloha pólu a nul přenosustr. 96
- Typové dynamické členy regulačních obvodů.....str. 97
 - základní dynamické členystr. 98
 - fyzikální realizovatelnost členůstr.101

- dynamické členy s minimální fází	str. 102
- Bloková algebra.....	str. 104
- Regulované soustavy	str. 112
- proporcionální regulované soustavy	str. 113
- integrační regulované soustavy.....	str. 115
- regulované soustavy s neminimální fází	str. 119
- regulované soustavy s dopravním zpožděním	str. 120
- jednoduché metody identifikace regulovaných soustav.....	str. 128
- úprava přenosů regulovaných soustav	str. 138
- Regulátory	str.144
- dynamické vlastnosti spojitých regulátorů	str. 146
- stavitelné parametry regulátorů	str. 151
- význam zpětné vazby u spojitých regulátorů	str. 154
- charakteristika činnosti spojitých regulátorů.....	str. 155
- interakce konstant regulátorů.....	str. 156
- nespojité regulátory	str. 158
- Regulační obvod	str. 164
- Stabilita regulačního obvodu.....	str. 169
- Kritéria stability.....	str.173
- algebraická kritéria stability	str. 173
- kmitočtová kritéria stability.....	str. 179
- Oblast stability regulačního obvodu	str. 204
- oblast stability jednoho nastavitelného parametru.....	str. 204
- oblast stability v rovině dvou nastavitelných parametrů.....	str. 207
- Přesnost regulace	str. 210

- Citlivostní analýza struktury řízení str. 215
 - otevřená struktura – systém ovládání..... str. 215
 - uzavřená struktura – systém regulace str. 216
- Syntéza..... str. 218
- Charakteristika syntézy str. 218
- Volba struktury regulátoru k dané regulované soustavě..... str.221
- Jakost regulačního pochodu str. 222
 - posouzení jakosti regulačního pochodu ze stupně stability..... str. 222
 - metoda kritického zesílení regulátoru (metoda Ziegler-Nicholsova) str.229
 - seřízení regulátoru na základě znalosti přechodové charakteristiky regulované soustavy str. 234
 - seřízení regulátoru podle funkcí standardního tvaru..... str. 236
 - kritérium jakosti regulace podle funkcionálu odchylky (integrální kritéria)..... str. 244
 - seřízení regulátoru podle optimálního modulu str. 259
 - kmitočtovém metody syntézy str. 265
 - seřizování analogových regulátorů metodou požadovaného modelu (metodou inverze dynamiky) str.275

2 TECHNICKÉ PROSTŘEDKY AUTOMATIZACE

2.1 Úvod

2.1.1 Technický rozvoj technických prostředků automatizace

Pro 18. století a začátek 19. století byl charakteristický přechod od ruční práce ke strojové průmyslové výrobě. Technický rozvoj v období mechanizace osvobodil člověka od těžké fyzické práce, avšak ho nezabavoval přímé účasti na průběhu výrobních procesů. Pro vývoj průmyslu byla charakteristická jednak mechanizace procesů, postupné rozčleňování výrobního pochodu na stále jednodušší operace prováděné jednotlivými stroji a nástroji.

V posledních desetiletích se podstatně zrychlilo tempo technického rozvoje a neustále roste. Hlavním článkem a rozhodujícím směrem technického rozvoje je *automatické řízení*. Odstraňuje závislost výrobních pochodů na fyziologických vlastnostech člověka. Ten přestává být přímým účastníkem na průběhu výrobních procesů. Jeho dosavadní manuální a duševní činnost v systémech řízení je přejímána technickými prostředky měření, ovládání, rozhodování a regulace, které souhrnně nazýváme *technické prostředky automatizace*.

2.1.2 Vývoj řízení výrobních procesů a technických prostředků automatického řízení

Úspěšný rozvoj automatizace řízení je podmíněn dostatečným zabezpečením technickými prostředky. Prostředky automatického řízení prodělaly při svém vývoji několik stupňů. Na počátku to byla sporadická měření jednotlivých veličin charakterizujících výrobní proces. Pak následovalo díky rozvoji telemechaniky centrální shromažďování informací z mnoha měřicích míst do dozorny a tak bylo provozním technikům umožněno plně proniknout do průběhu procesu. Dalším stupněm tohoto vývoje byla realizace automatického ovládání a regulace. V posledních desetiletích se k těmto převážně analogovým prostředkům automatického řízení přidaly i prostředky číslicové a v dnešní době se využívají řídicí počítače pro přímé číslicové řízení i pro automatickou optimalizaci průběhu řízených procesů, zpracování dat, zlepšení komunikace mezi strojem a člověkem.

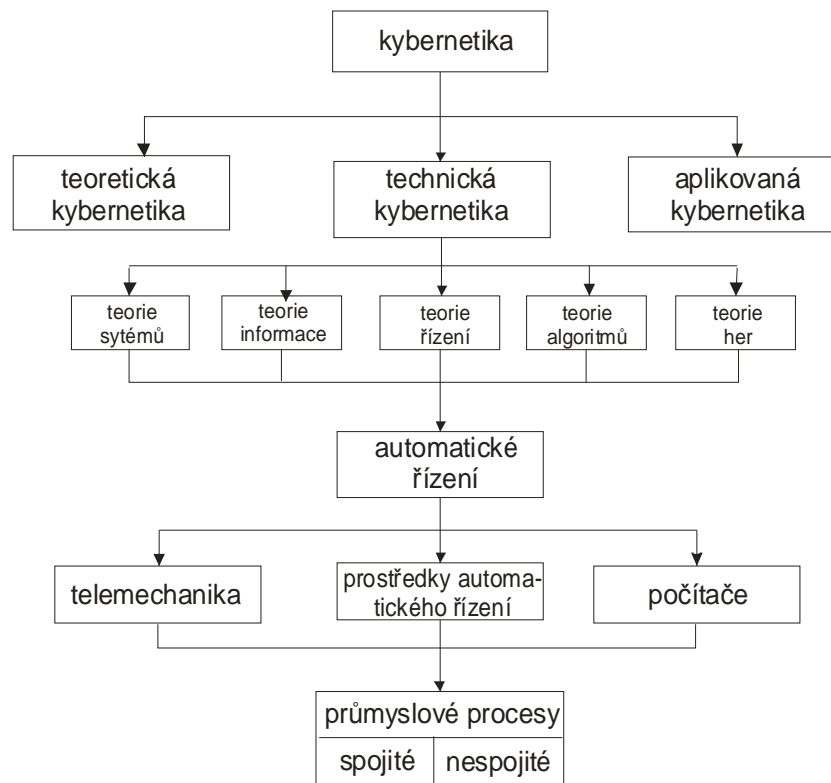
Výrobní procesy byly během technického rozvoje vybavovány různými přístroji pro měření a řízení. Tento stav vynutil snahy k zjednodušování a k jednotnosti. Potíže se zapojováním technických prostředků do řetězů byly překonány a také standardizace byla úspěšná. Byly

dohodnuty jednotné signály a vývoj prostředků je uskutečňován na základě společné koncepce. Vytvořila se systematika vycházející z jednotlivých řešení, která nakonec vedla k realizaci určitých řad přístrojů. Tím byla podstatně usnadněna organizace v projektování a stavbě řídicích celků. V současné době byla překonána i tato koncepce. Dnešní automatizované řídicí systémy se nesestavují pouhým propojením jednotlivých samostatných funkčních bloků nebo členů, ale vytvářejí se jako integrované celky. Dříve byly způsoby a prostředky získávání informace řízení i řídicí počítače a prostředky ke zpracování dat hodnoceny odděleně. Dnes jsou posuzovány a navrhovány jako funkční komponenty určitého automatizovaného řídicího systému, s požadovanými vlastnostmi danými jeho činností. Z toho plynou nové možnosti jak pro další vývoj technických prostředků automatického řízení, tak i pro způsoby jejich projektování.

2.1.3 Kybernetika a řídicí technika

Kybernetika je moderní samostatný vědní obor, který se zabývá zkoumáním a popisem dějů a zákonitostí u hmotných dynamických objektů, se zaměřením na živou i neživou přírodu i na objekty umělé. Zkoumá je jako systémy tvořené soubory prvků, které na sebe vzájemně působí a ovlivňují se. Analyzuje a popisuje jejich vlastnosti a chování z hlediska toku informací mezi prvky, systémy a okolím. Kybernetiku tedy lze definovat jako vědu, která se zabývá studiem chování systémů hlediska jejich informační výměny s okolím a studiem struktur těchto systémů z hlediska informační výměny mezi jejich prvky. Využívá poznatků matematiky, fyziky, biologie a techniky. Je tedy vědou hledající neustále nové vazby mezi různými obory.

Aplikaci kybernetických systémů v technice se věnuje technická kybernetika. Využívá poznatků plynoucích ze systémových souvislostí informačních a řídicích procesů vyskytujících se v přírodě a v živých organismech k vývoji technických prostředků.



Obr. 1 Strukturální rozdělení kybernetiky

Obrázek (Obr. 1) znázorňuje dělení kybernetiky s důrazem na obory, které určujícím způsobem ovlivňují stavbu technických prostředků. Jsou to tyto obory:

- *teorie systémů* - zabývá se analýzou systémů a subsystémů z hlediska jejich dynamických souvislostí, studuje druhy struktur a vztahy mezi systémy a okolím;
- *teorie řízení* - studuje příčiny a vliv poruch v regulovaných soustavách, pro které pak hledá takové řízení, které umožní obnovení jejich porušených rovnovážných stavů;
- *teorie informace* - zabývá se číselným hodnocením množství informace v systému, výběrem informace, přenosem a zpracováním informace;
- *teorie algoritmů* - vyhledává a stanoví takové logické postupy (kroky), které je nutné v informačním procesu daného systému uskutečnit, aby určité vstupní informace byla přiřazena správná informace výstupní;
- *teorie her* - zabývá se vzájemným chováním hmotných dynamických systémů i jejich vztahem k okolí, analyzuje podmínky a možnosti vzniku konfliktních situací mezi nimi.

Kybernetika se tedy zajímá o takové vztahy mezi prvky systému, systémem a okolím, které mají informační obsah. U hmotných kybernetických systémů jsou to podněty, reakce a vazby mezi prvky, které mají vždy signální charakter. Vstupy, výstupy a. vazby mezi prvky jsou pak signálními cestami.

Kybernetické systémy lze klasifikovat z různých hledisek a jejich úplné hodnocení se vymyká rámci učebnice. Zjednodušeně je lze třídit takto:

a) podle druhu podnětů, reakcí a vztahů:

analogové *systémy* - pro zobrazení informace využívají analogového kódu,

diskrétní *systémy* - pro zobrazení informace využívají číslicového kódu.

U diskrétních systémů jsou vazební závislosti mezi prvky nespojitými funkcemi (např. logické funkce)

b) podle chování, tj. podle způsobu, jakým jsou vstupní informace transformovány na výstup:

sdělovací systémy, jejich funkcí je spolehlivý přenos informace,

paměťové systémy - jejich funkcí je schopnost uchování přijaté informace,

dekodéry - uplatňují se jako transformátory kódu.

Pro projektování, vývoj a stavbu technických prostředků automatického řízení, ale i pro pochopení jejich funkce a poslání v rámci automatizovaných systémů řízení je osvojování poznatků technické kybernetiky a využívání jejich metod nezbytné.

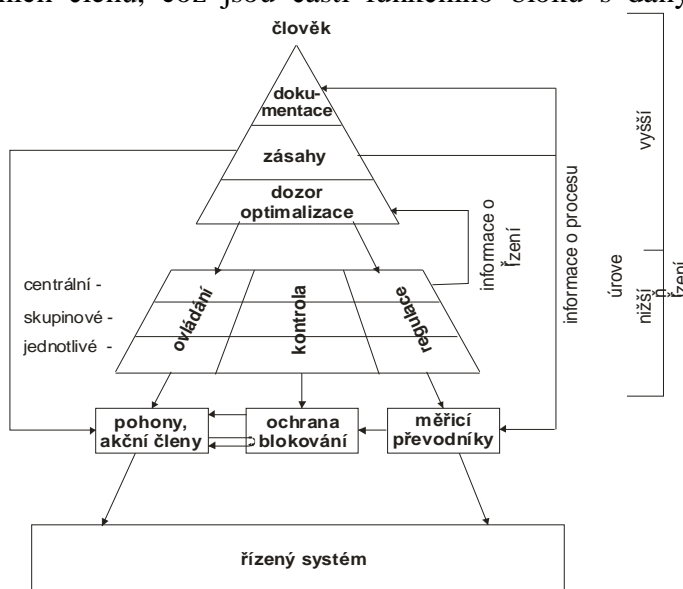
Vymezení základních pojmů

Řízením se rozumí činnost směřující k dosažení vytyčeného cíle podle daného funkčního algoritmu. Název zahrnuje dva základní druhy řízení - ovládání a regulaci (a často i optimalizaci a kontrolu). Ovládání je způsob řízení bez využití informace o výsledku (bez zpětné vazby), regulace je takový způsob řízení, při kterém je informace o výsledku této činnosti využívána. Obojí tuto činnost lze provádět jak s přímou účastí člověka (např. ruční ovládání, ruční regulace), tak bez jeho přímé účasti. Příslušný způsob řízení bez přímé účasti člověka se nazývá automatický (např. automatické ovládání, automatická regulace). Technické vybavení nutné k zajištění této činnosti nazýváme technické prostředky automatického řízení.

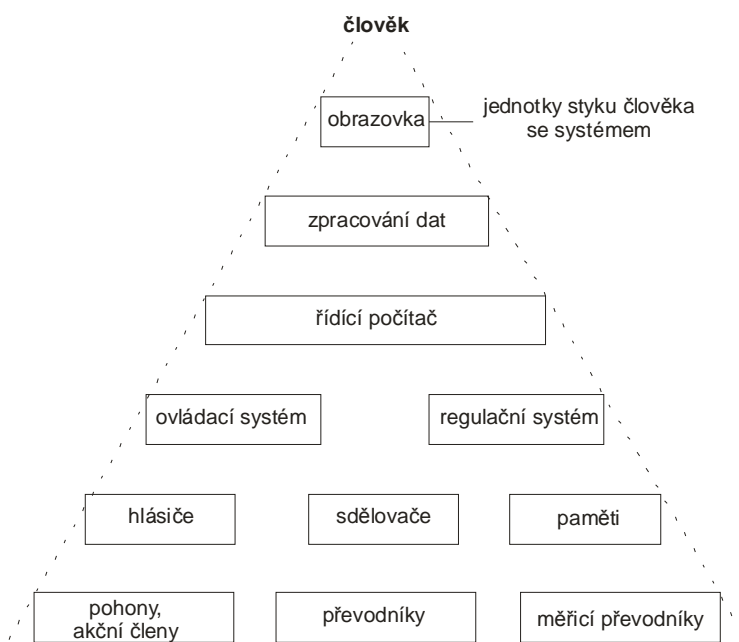
Objekt je reálný celek, určený v čase i v prostoru. Zvolený objekt je identifikován a zkoumán vždy z určitého zájmového hlediska. Daným zájmovým hlediskem je z objektu vymezen systém. Systém je soubor vzájemně závislých prvků (sestavených pro dosažení zadaného cíle a splňujících předepsanou funkci) nebo soubor prvků (mezi nimiž existují funkční vztahy) popsany svou strukturou a vztahem k okolí.

Prvek systému je základní částí systému. Vyznačuje se tím, že z hlediska příslušné rozlišovací úrovně (na níž je definován systém) tvoří nedělitelný celek, jehož strukturu nemůžeme nebo nechceme rozlišovat.

Systém řízení je realizován řídicím systémem. Rozdílný význam těchto pojmů je vysvětlen pomocí obrázků (Obr.2 a Obr.3). Na obrázku (Obr. 2) je systém řízení zobrazen jako pyramida složená ze vzájemně se doplňujících technických prostředků a způsobů řízení. Její základnou je řízený systém, na kterém jsou vybudovány ve vzájemné návaznosti způsoby řízení v určité hierarchii. Vrchol této pyramidy tvoří člověk, který tento systém řízení vytvořil a na jehož funkci zodpovědně dohlíží. Řídicí systém (Obr. 3) lze rovněž znázornit uspořádáním ve tvaru pyramidy sestavené z příslušných funkčních bloků. Na základně, kterou tvoří provozní přístroje určené pro styk s řízeným systémem, jsou v hierarchii plynoucí z jejich funkce a potřeb řízení seřazeny další funkční bloky technických prostředků automatického řízení. Vrcholem této pyramidy je opět člověk, který (je-li to nutné) může ovlivnit řídicí systém. Funkční blok je konstrukčně ucelená samostatná část řídicího systému, vykonávající několik vzájemně souvisejících elementárních funkcí. Skládá se z funkčních členů, což jsou části funkčního bloku s danými strukturami a funkcemi.



Obr. 2 Hierarchická struktura systému řízení



Obr. 3 Řídicí systém

Technické prostředky automatického řízení jsou v této učebnici zaměřeny na řízení průmyslových procesů. Toto omezení účelně vyjadřuje metrologické, funkční i spolehlivostní požadavky. Požadavky na průmyslová a jiná zařízení a jejich řízení se totiž výrobně liší právě z těchto hledisek. Např. součástková základna pro tzv. investiční elektroniku je jiná než součástková základna tzv. spotřební elektroniky; konstrukční řešení průmyslových přístrojů se liší od řešení přístrojů laboratorních. Místo přívlastku "průmyslový" se u pojmu "proces" v literatuře často vyskytují přívlastky "technologický", "technický" nebo "výrobní". Zde používaný pojem průmyslový proces představuje soubor operací, kterými se uskutečňuje nějaká fyzikální nebo chemická přeměna, přitom je však nutné zvláště definovat dopravu hmoty, energie a přenos informace.

2.1.4 Základní funkce a klasifikace technických prostředků automatického řízení

V průběhu posledních tří desetiletí prodělaly technické prostředky automatického řízení rychlý vývoj, který stále pokračuje. Charakteristické znaky současných prostředků jsou:

- systémový návrh s vyřešením vazby na ostatní druhy prostředků, zejména na číslicové počítače,
- jednotné modulové nebo kompaktní konstrukční řešení,
- normalizace technických parametrů a signálů,
- použití mikroelektronických obvodů, nových materiálů a technologií výroby.

Rozdělení technických prostředků vychází z obecného pojmu *informace* a zahrnuje i vyšší řídicí systémy včetně přídatných zařízení. Podle vykonávané funkce rozdělujeme technické prostředky takto:

- *pro získání informace,*
- *pro transformaci a přenos informace,*
- *pro zpracování informace,*
- *pro záznam informace,*
- *pro využití informace,*
- *pro zobrazení informace a styk s operátorem.*

Technické prostředky automatického řízení lze také rozdělit podle fyzikální veličiny, která je nositelem informace - např. *elektrické, optické, pneumatické, hydraulické, mechanické a kombinované.*

V průmyslových aplikacích jsou elektrické prostředky automatického řízení rozšířeny přibližně stejně jako prostředky pneumatické. Se zaváděním vyšších řídicích systémů a mikropočítačové techniky začínají převažovat elektrické prostředky automatického řízení. S velkým rozmachem se začínají prosazovat optoelektronické informační systémy pro přenos a zpracování informace.

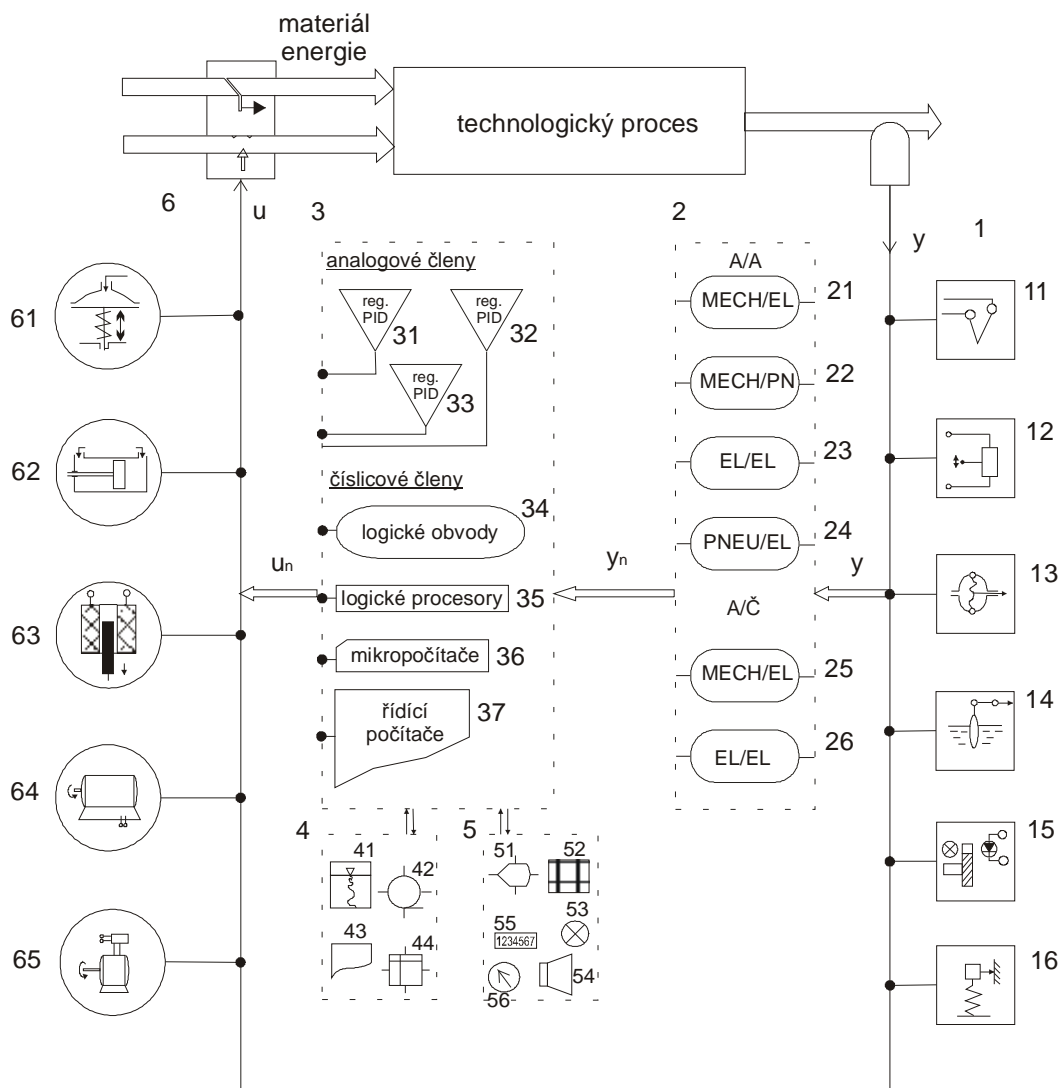
Důležité postavení mezi technickými prostředky automatického řízení mají členy pro sběr informace. Měření je nezbytným předpokladem automatického řízení.

Další technické prostředky umožňují jak realizaci vlastního algoritmu automatického řízení, tak komunikaci mezi člověkem a řídicím systémem (např. zobrazení a záznam informace). Členy pro využití informace zprostředkují akční zásahy do řízeného procesu prostřednictvím akčních orgánů - např. servomotory ovládají regulační ventily nebo klapky.

Přenos informace umožňují technické prostředky, které zajišťují dálkové měření nebo řízení bez nežádoucí ztráty informace a s využitím požadovaného typu signálu.

Podle způsobu zobrazení informace a vlastností měřenosného signálu se technické prostředky dělí na analogové a číslicové. Analogový signál je obvykle představován přímo vhodnou fyzikální veličinou jako je elektrické napětí, tlak, frekvence nebo šířka impulsu. Zpracování, přenos a zobrazení tohoto signálu je dnes velmi dobře propracováno a ověřeno. Charakteristickým znakem číslicového signálu je vyjádření počtu zvolených kvant dané fyzikální veličiny pomocí kódu. Podíl číslicových měřicích a řídicích subsystémů se prudce zvětšuje, především v souvislosti s ekonomickou výhodností nasazení mikroprocesorů, které dovolují podstatně rozšířit funkční možnosti, zvětšit spolehlivost a přesnost a umožňují začlenění číslicového subsystému do hierarchického systému řízení výrobního procesu.

Na obrázku (Obr. 4) je znázorněno rozdělení technických prostředků automatického řízení tak, jak jsou uspořádány v obvyklém řídicím systému.



Obr. 4 Rozdělení technický prostředků automatického řízení

u - akční veličina, y - řízená (výstupní) veličina, y_n , u_n - veličiny s normalizovanou hodnotou signálu;

1 - členy pro získávání informace

11 - měření teploty, 12 - měření posunutí, 13 - měření tlaku, 14 - měření výšky hladiny, 15 - měření otáček, 16 - měření chvění;

2 - členy pro transformaci a přenos informace

A/A - analogově analogové převodníky

21 - mechanicko-elektrický převodník, 22 - mechanicko-pneumatický převodník,

23 - zesilovač, normalizační člen, filtr, 24 - pneumaticko-elektrický převodník;

A/Č - analogově, číslicové převodníky

25 - převod poloha--číslo, 26 - převod analogové hodnoty elektrického napětí na číslo;

3 - členy pro zpracování informace

31 - regulace PID, 32 - poměrová vlečná regulace, 33 - programové řízení,

34 - logické řídicí obvody, 35 - logické procesory, 36 - mikro počítače, 37 - řídicí počítače a systémy;

4 - členy pro záznam informace

41 - zapisovač, 42 - magnetická páska, 43 - tiskárna, 44 - libovolná paměť RAM;

5 - členy pro zobrazení informace a styk s operátorem

51 - abecedně číslicová nebo grafická zobrazovací jednotka, 52 - klávesnice, 53 optická signalizace,

54 - akustická signalizace, 55 - zobrazovací panel, 56 - analogový ukazovací přístroj;

6 - členy pro využití informace

61 - membránový pohon, 62 - pístový dvojčinný pohon, 63 - solenoidový pohon, 64 - elektrický servomotor,

65 - elektrický krokový motor

2.1.5 Provozní podmínky a technické požadavky

Na technické prostředky automatického řízení působí během jejich provozu v prostředí, pro které jsou určeny, souhrn klimatických a mechanických faktorů, které mohou vyvolat poruchu a způsobit narušení provozuschopnosti prostředku.

Mezi klimatické faktory s ovlivňujícím účinkem patří kombinovaná namáhání vlivem teploty, vlhkosti vzduchu, tlaku vzduchu, slunečního záření, prachu, plísni, solného aerosolu, vody a znečištěného ovzduší.

Mezi mechanické faktory patří všechna působení vnějších sil na technický prostředek, projevující se jeho mechanickým namáháním. Patří sem různé náhodné údery, nárazy a překlopení, působící při přepravě nebo v provozu, dále periodické vibrace trvalého charakteru a stálé zrychlení.

Technické požadavky vyjadřující kvalitativní vlastnosti přístrojů a zařízení tvořících měřicí a řídicí systémy lze tedy shrnout takto:

- funkční způsobilost s charakteristickými dílčími vlastnostmi:
- citlivost,
- přesnost,
- spolehlivost,
- životnost,
- odolnost proti otřesům, vibracím, setrvačným silám a jiným mechanickým vlivům,
- odolnost proti škodlivým účinkům prostředí, které svými ovlivňujícími veličinami narušují funkční způsobilost (teplota, vlhkost, rušivé elektrické a magnetické pole, světelné záření atd.),
- snadná montáž a demontáž na místě určení, např. pH instalaci nebo výměně zařízení,
- jednoduchost a snadnost čtení údaje přístroje,
- snadná a nenáročná údržba,
- malá hmotnost, objem a. energetické nároky,
- velikost a tvar upevňovací příruby, přístrojového pouzdra, číselníku, zobrazovací jednotky atd.,

- povrchová úprava a ergonomické řešení;
- malá hlučnost;
- dostupnost a přiměřená cena.

Kromě těchto obecných znaků může být kvalita přístroje nebo zařízení charakterizována dalšími, někdy specifickými znaky, které jsou vyvolány např. neobvyklými pracovními podmínkami nebo zvláštním charakterem prostředí (např. jiskrově bezpečné, nevýbušné provedení atd.).

2.2 Snímače

2.2.1 Měření

Měření jako zdroj informace je podmínkou automatického řízení. Měřicí technika má v automatizaci v podstatě dvojí poslání:

1. Měření je informačním zdrojem o vlastnostech a chování soustavy či technologického procesu, které se mají regulovat, a rovněž popisuje vlastnosti prvků, členů obvodů, regulátorů atd., z nichž se řídicí obvod sestavuje. Bez těchto přesných informací není možné soustavu automatického řízení navrhnout, realizovat, nastavit, provozovat a opravovat. Obdobný úkol mají členy k získávání informace v oblasti výpočetní techniky.

2. Měření je rovněž zdrojem informací o stavu a průběhu celého procesu pH vlastním řízením. Bez těchto informací nemůže automatické řízení vůbec probíhat.

Cílem měření je zjistit velikost (popř. množství) dané fyzikální nebo technické veličiny, což je možné jedině na základě experimentálního porovnání velikostí dané veličiny s některou její hodnotou zvolenou za jednotku. Výsledek měření má tedy kvantitativní charakter.

Stále častěji probíhá měření bez přímé účasti člověka a měření je zprostředkováno soustavami přebírajícími i úkony dříve vyhrazené člověku (např. kvantování, kódování, pomocné výpočty, záznam, atd.). Výsledky měření neslouží pouze jako informace pro člověka, ale využívají se bezprostředně k automatickému řízení.

2.2.2 Blokové schéma měřicí soustavy

Měřicí soustava obsahuje člen pro sběr informace, nazývaný snímač, který převádí vstupní neelektrický signál na výstupní signál, obvykle elektrický. Měřicí soustava dále obsahuje

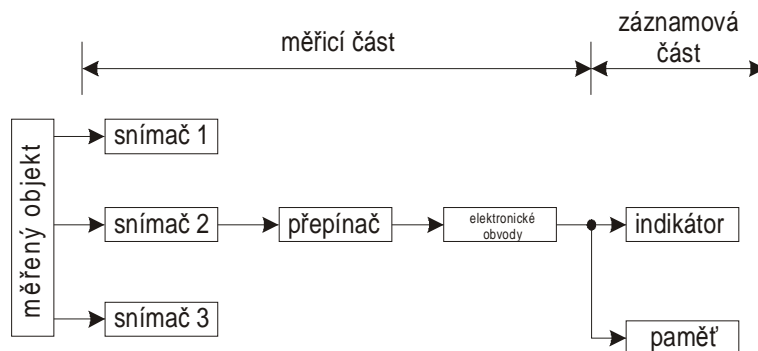
přepínač, který u vícekanálových soustav umožňuje zapojení více snímačů stejných nebo různých neelektrických veličin na jeden elektronický obvod, kde se upravuje elektrický signál na potřebný tvar. Tento obvod může obsahovat zesilovače, generátory, filtry a další obvody pro zpracování signálu. Na výstupu je obvykle vyžadován signál v normovaném tvaru, který je vhodný pro výstupní členy, jako je indikátor (např. zobrazovací jednotka, jehož údaj v analogovém tvaru nebo číslicové formě je vhodný pro zpracování člověkem. Paralelně může být informace zaznamenána v paměti po určitou požadovanou dobu a odtud předávána k dalšímu vyhodnocení.

Vícekanálové měřicí soustavy mohou zpracovávat až stovky údajů od jednotlivých snímačů. Měřené veličiny v číslicovém tvaru po převodu v analogově číslicovém převodníku, který patří mezi elektronické obvody, lze dále vyhodnocovat (hlášení mezí, výběr měřených kanálů, hlídání poruch snímačů, atd. - Obr. 5).

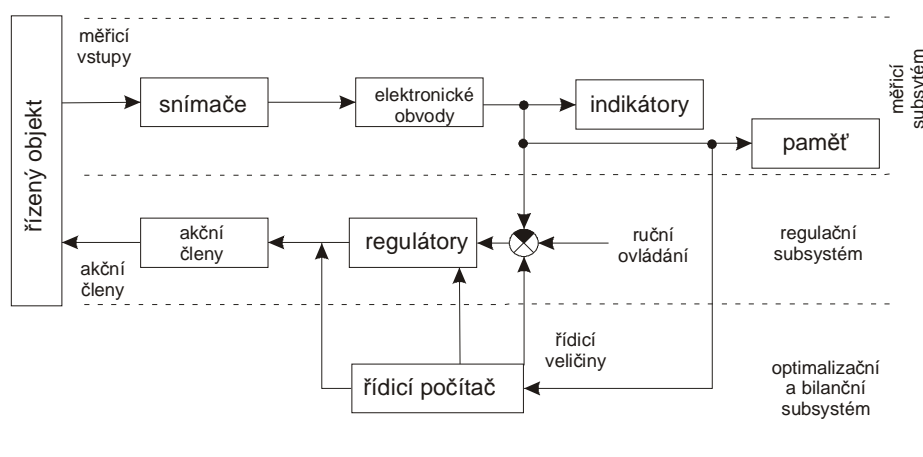
Pro analogové signály se jako paměti používají různé zapisovače nebo měřicí magnetofony, pro číslicové signály polovodičové nebo magnetické paměti (páskové, diskové, bublinové atd.).

Měřicí převodníky se používají nejen pro účely měření; ale také v každém automaticky řízeném systému pro získávání zpětnovazební informace.

Členy pro získávání informace mají tedy nezastupitelné místo v řídicích systémech (Obr. 6). Signál z měřicího kanálu je porovnáván s žádanou hodnotou regulované veličiny a regulační odchylka je zpracovávána regulátorem. Jeho výstupní signál ovládá akční člen zasahující přímo do řízené soustavy. V případě složitějšího výrobního procesu nestačí zpravidla jednoduchá zpětná vazba a používá se řídicí počítač. Ten může buď přebírat funkci regulátoru, nebo řídit Jeho prostřednictvím tak, že vypočítává optimální žádané hodnoty regulované veličiny a na základě porovnání s aktuální hodnotou informace získanou měřicí soustavou určuje regulační odchylku pro vlastní regulátor. Na základě průběžné identifikace řízeného objektu lze popř. přestavovat parametry regulátorů PID.



Obr. 5 Blokové schéma vícekanálové měřicí soustavy



Obr. 6 Blokové schéma automaticky řízené soustavy s počítačem

Z uvedeného popisu vyplývá, že každý řídicí nebo regulační obvod obsahuje *měřicí kanál* (*subsystém*), někdy včetně indikátoru a paměti (např. i zapisovač). *Snímač* je pak jednou ze základních součástí všech těchto měřicích nebo řídicích systémů.

2.2.3 Snímač jako člen pro získání informace

Snímač určuje většinou kvalitu celého měřicího obvodu. Pro jeho konstrukci se využívá mnoha fyzikálních procesů a principů a stále se hledají a zkoušejí nové, které dovolují lépe a snáze kompenzovat parazitní vlivy a rozšiřovat možnosti aplikace snímačů v různých podmínkách provozu, v širokém oboru absolutních velikostí snímaných veličin, při různých velikostech a rychlostech *jejich* relativních změn.

Cena snímače je srovnatelná s cenou zbyvající části měřicího kanálu a při výrazném uplatňování mikroelektronických obvodů pro zpracování a přenos signálů může být vlastní snímač dokonce dražší.

Z hlediska obecného posouzení funkce snímače pro syntézu měřicího kanálu je nutné u snímače znát:

- *informační obsah a informační tok snímače,*
- *energetické poměry,*
- *spolehlivost snímače.*

Informační obsah a informační tok snímače umožňují použít k popisu měření a jeho výsledku metody a prostředky teorie informace. Měříme-li obecnou fyzikální nebo technologickou veličinu $x(t)$, bude měřicí rozsah x_{mr} určen krajními hodnotami veličiny $x(t)$

$$x_{mr} = x_{max} - x_{min} \quad (1)$$

Rozlišovací schopnost přístroje Δx souvisí s jeho třídou přesnosti TP, neboť

$$\Delta x = \frac{2TP}{100} x_{mr} \quad (2)$$

takže počet diskretních stupňů n měřené veličiny $x(t)$ je

$$n = \frac{100}{2TP} + 1 \quad (3)$$

Informační obsah snímače je pak určen vztahem

$$I = \log_2 n \quad (\text{bit}) \quad (4)$$

a po dosazení vztahu (3) nabývá tvaru

$$I = \log_2 \left(\frac{100}{2TP} + 1 \right) \quad (\text{bit}) \quad (5)$$

Pro určení informačního toku analogového snímače měřícího časově proměnnou spojitou veličinu $x(t)$ lze vyjít z Kotelnikovova vzorkovacího teoremu. Sledovanou nestacionární veličinu $x(t)$ můžeme Fourierovým rozvojem rozložit do řady frekvenčních složek f_i a lze předpokládat, že získané spektrum můžeme omezit vhodným výběrem horní frekvenční složky f_h . Potom v časovém intervalu $\langle 0, t \rangle$ je veličina $x(t)$ plně popsána $2tf_h$ vzorky a informační obsah měření je

$$I = 2tf_h \log_2 n \quad (\text{bit}) \quad (6)$$

Pro informační tok \bar{I} snímače dostaneme vztah

$$\bar{I} = \frac{I}{t} = 2f_h \log_2 n \quad (\text{bit} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (7)$$

Mezní frekvenci f_h můžeme zjednodušeně vázat na dobu přechodu T_p snímače, kterou zjistíme vyšetřením přechodové charakteristiky (součet doby průtahu a doby náběhu). Položíme pak

$$f_h = \frac{1}{2T_p} \quad (\text{Hz}) \quad (8)$$

Informační tok snímače (např. analogového s číslicovým výstupem pomocí analogově číslicového převodníku) je dán vztahem

$$\bar{I} = \frac{\log_2 n}{T_p} \quad (\text{bit} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (9)$$

U analogových spojitě pracujících snímačů nahradíme hodnotu n podle vztahu (3)

$$\bar{I} = \frac{1}{T_p} \log_2 \left(\frac{100}{2TP} + 1 \right) \quad (10)$$

Analýza energetických poměrů u snímačů umožňuje zjistit úzkoprofilová místa v přenosové cestě signálu. Lze též zjistit zpětný vliv snímače na měřený objekt, popř. vliv následujícího elektronického obvodu na vlastní snímače. Energie měřeného objektu využitelná pro snímač musí být mnohem větší, než součet energií nutných k funkci snímače, který je s měřeným objektem spojen. Jinak dochází k ovlivnění měřeného objektu nebo děje. Vlastní energetická spotřeba měřicích přístrojů způsobuje jejich oteplení, a tím může docházet i ke snížení přesnosti, popř. spolehlivosti měřicí soustavy.

Spolehlivost snímače je jeho schopnost plnit během stanovené doby požadované funkce při zachování provozních parametrů daných technickými podmínkami. Nejčastěji používané charakteristiky spolehlivosti měřicích soustav a jejich částí jsou:

- pravděpodobnost bezporuchového provozu $R(t)$ nebo pravděpodobnost poruchy $F(t)$,
- hustota pravděpodobnosti poruch $f(l)$,
- intenzita poruch $\lambda(t)$,
- střední doba mezi poruchami (opravitelné soustavy) T nebo střední doba do poruchy (neopravitelné soustavy) T . Poruchou snímače nebo měřicí soustavy je takový stav, kdy dochází v činnosti za stanovených podmínek k větším odchylkám, než dovolují přípustné meze. Příčiny vzniku poruchy mohou být v činnosti přístrojů, tj. mohou

souviset s jejich návrhem, konstrukcí, technologií výroby a s vlastnostmi použitých materiálů (tzv. vnitřní příčiny). Poruchy z vnějších příčin jsou způsobeny neodborným zacházením, nesprávným použitím, nevhodným zapojením, přetěžováním, špatným ošetřováním atd.

Pravděpodobnost *poruchy* lze vyjádřit vztahem

$$F(t) = \frac{n_F(t)}{n} \quad (11)$$

kde $n_F(t)$ je počet případů poruchy vzniklých v intervalu $\langle 0, t \rangle$, n je sledované celkové množství případů (např. snímačů).

Pravděpodobnost bezporuchového provozu je pak dána

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \frac{n_F(t)}{n} = 1 - \int_0^t f(t) dt \quad (12)$$

Hustota pravděpodobnosti poruch je derivace distribuční funkce

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} \approx \frac{n_F(t + \Delta t) - n_F(t)}{n \Delta t} \quad (13)$$

Je to tedy rychlost, s jakou narůstají poruchy z počátečního množství n sledovaného souboru prostředků. Hustota pravděpodobnosti poruch má význam zejména pro výrobce technických prostředků. Uživatele zařízení však zajímají výrobky, které jsou v uvažovaném čase ve stavu funkční způsobilosti. V tomto případě je vhodným ukazatelem spolehlivosti *intenzita poruch* $\lambda(t)$ vyjádřená vztahem

$$I(t) = \frac{dF(t)}{dt \cdot R(t)} = \frac{dn_F(t)}{dt \cdot nR(t)} = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - F(t)} \quad (14)$$

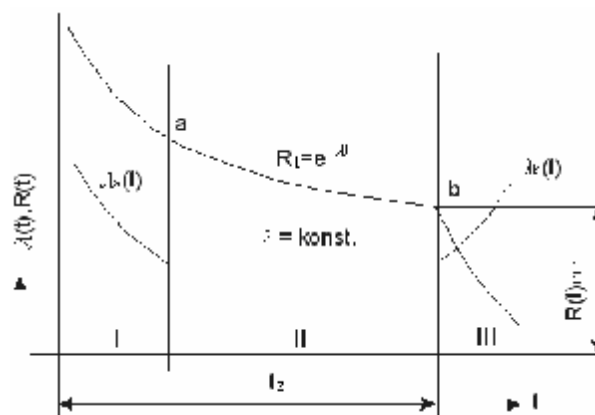
Ze vztahu (12) a (14) plyne že pro $\lambda(t) = \text{konst}$ je

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (15)$$

Střední doba mezi poruchami, někdy označována zkratkou MTBF z angl. Mean Time Between Failures, je určena vztahem

$$\bar{T} = \frac{1}{n_F} \sum_{i=1}^{i=n_F} T_i \quad (\text{h}) \quad (16)$$

kde T_i je doba bezporuchového provozu mezi $(i-1)$ -ní poruchou a i -tou poruchou téhož zařízení a n_f je počet všech poruch jednoho zařízení.



Obr. 7 Grafické znázornění životnosti přístroje (soustavy) s intenzitou poruch $\lambda(t)$.

Oblasti křivky $\lambda(t)$:

- I. období časných poruch
- II. období konstantní intenzity poruchy
- III. období poruch dožitím

Jestliže je známa závislost pravděpodobnosti bezporuchového provozu $R(t)$ na čase, lze jako mezní podmínku životnosti zařízení stanovit minimální hodnotu této pravděpodobnosti $R(t)_{\min}$ a vypočítat *technický život* t_z zařízení (Obr. 7). Např. při exponenciálním rozdělení pravděpodobnosti bezporuchového provozu (tj. $\lambda = \text{konst.}$) bude s využitím vztahu (14) určen technický život

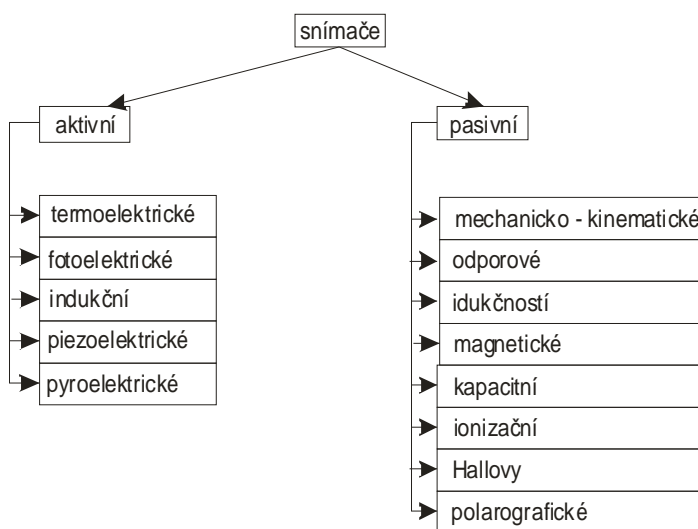
$$t_z = \frac{\ln R(t)_{\min}}{I} \quad (\text{h}) \quad (17)$$

Při výběru snímače požadujeme, aby splňoval určité základní požadavky:

- jednoznačná závislost výstupní veličiny na veličině vstupní, nejlépe lineární závislost,
- vhodný tvar statické charakteristiky s velkou strmostí,
- požadovaná přesnost snímače,
- časová nezávislost parametrů snímače,
- vhodná frekvenční charakteristika (časová konstanta),
- minimální závislost na parazitních vlivech (teplota, vlhkost, tlak, prašnost apod.),
- minimální zatěžování měřeného objektu,

- optimální elektrický výkon snímače,
- jednoduchá konstrukce a údržba,
- dostupnost a cena snímače.

Současné splnění těchto, popř. dalších požadavků je u konkrétního snímače často obtížné a někdy i nemožné. Při kompromisním řešení je nutné zvažovat vlastnosti celého měřicího obvodu z hlediska účelné kompenzace některých nedostatků jednotlivých členů.



Obr. 8 Rozdělení snímačů podle fyzikálního principu

Pro získávání přehledu o vlastnostech snímačů a možnosti jejich porovnání je vhodné rozdělit snímače do dvou základních skupin (Obr. 8):

- aktivní (generátorové) snímače*, které se chovají při působení neelektrické veličiny jako zdroj elektrické energie (např. termoelektrický článek),
- pasivní (parametrické) snímače*, které mění působením neelektrické veličiny některé ze svých parametrů (např. fotorezistor).

Uvedené rozdělení z hlediska využitého principu měření je vhodné pro konstruktéry měřicích členů a subsystémů. Je možné je doplnit rozlišením snímačů podle převodu neelektrické veličiny na výstupní signál v normalizovaném tvaru:

- Vícenásobný převod*, kdy se měřená veličina mění na jinou neelektrickou veličinu a ta je teprve převáděna na elektrický výstupní signál. Je to velmi častý typ snímače se složitým, násobným převodem, např. měření výšky hladiny kapaliny pomocí plováku s mechanickým převodem na odporový snímač s poměrovým magneto elektrickým přístrojem.

2. *Jednoduchý převod*, kdy se měřená neelektrická veličina mění přímo na elektrický signál, např. mechanická deformace odporového tenzometru zapojeného v můstkovém obvodu s výstupním signálem - elektrickým napětím.

Z hlediska uživatele nebo projektanta je účelné rozdělení snímačů podle vstupních neelektrických veličin:

- *snímače mechanicko-kinematických veličin* - délka, *posunutí*, deformace, natočení, síly a krouticí momenty;
- *snímače tepelných veličin* - termodynamická teplota, množství tepla;
- *snímače tlaku kapalina plynů* - přetlak, podtlak, tlakový rozdíl;
- *snímače vlhkosti* - absolutní a relativní vlhkost plynů nebo pevných látek;
- *snímače průtah*, - plynů, kapalin, sypkých hmot;
- *snímače výšky hladiny* - kapalin nebo sypkých hmot v uzavřené nebo otevřené nádobě;
- *snímače rychlosti, zrychlení a otáček* - rychlosti posuvné a otáčivé;
- *snímače složení a koncentrace látek* - analyzátory plynů a pevných látek;
- *snímače fyzikálních vlastností kapalin a pevných látek* - konduktivita, koncentrace vodíkových iontů *pH*, viskozita, koncentrace roztoků; popř. defektoskopie.

Volba snímače při řešení konkrétního problému měřicí techniky představuje často obtížný problém, který v některých případech je nutné řešit na základě poznatků několika technických oborů (elektrotechnika, hydro mechanika, elektronika atd.).

2.2.4 Přehled snímačů a jejich použití

Snímače pro měření neelektrických veličin uskutečňují vzájemné přetváření některých forem energie (mechanické - tj. kinetické nebo potenciální, elektrické, magnetické, tepelné, elektromagnetické, jaderné atd.).

Nejrozšířenějším měronosným signálem pro přenos informace od snímače k řídicímu centru je elektrický signál (napětí nebo proud, jejich fáze, frekvence) nebo pneumatický signál (tlak) a v poslední době i optický signál. Z těchto důvodů se budeme dále zaměřovat většinou na ty snímače, které převádějí měřenou neelektrickou veličinu na normalizovaný elektrický nebo pneumatický signál.

2.2.5 Měřicí převodníky neelektrických veličin

Z hlediska uživatele nebo projektanta měřicích a řídicích systémů je účelné sestavit přehledové tabulky využití typických snímačů včetně jejich zapojení pro hlavní skupiny neelektrických veličin. V tabulkách 1 až 10 jsou naznačeny principy činnosti, charakteristiky a parametry měřicích převodníků pro tyto fyzikální a technické veličiny:

Tabulka 1 Měření posunutí, deformace a rozměrů

Tabulka 2 Měření tlaku

Tabulka 3 Měření teploty

Tabulka 4 Měření vlhkosti

Tabulka 5 Měření průtoků a rychlost proudění

Tabulka 6 Měření výšky hladiny

Tabulka 7 Měření rychlosti, zrychlení a otáček

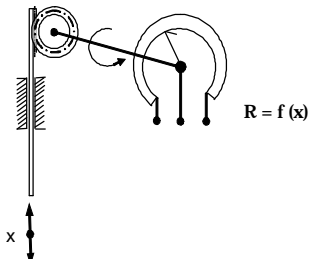
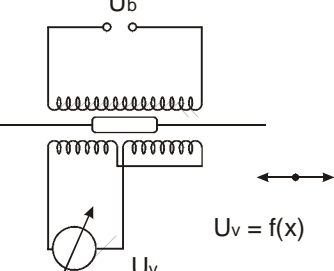
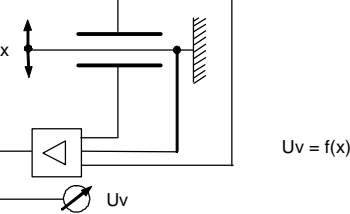
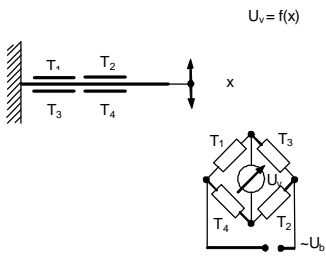
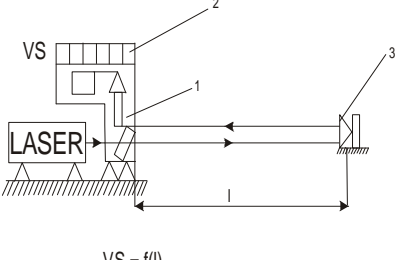
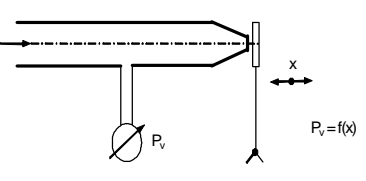
Tabulka 8 Měření sil a kroutících momentů

Tabulka 9 Analýza složení a koncentrace látek

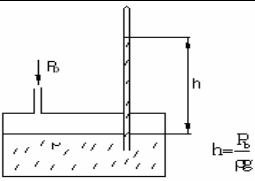
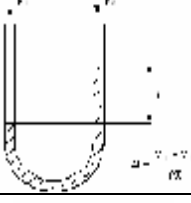
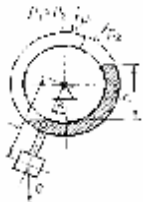
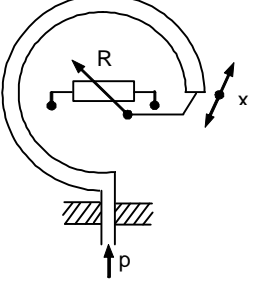
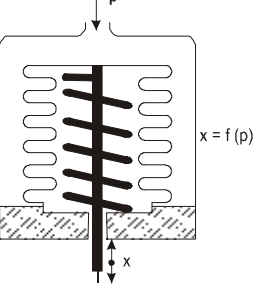
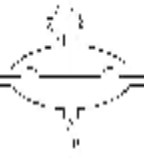
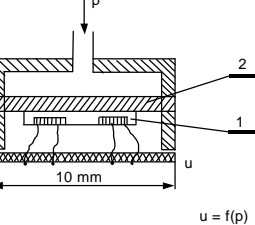
Tabulka 10 Fyzikální vlastnosti kapalin a pevných látek

V každé tabulce je uvedeno šest nebo sedm příkladů použití snímačů pro měření příslušné veličiny. V první polovině tabulky jsou popsány stručně nejrozšířenější typické způsoby měření, v druhé pak méně obvyklé nebo perspektivní metody. Údaje o rozsazích a přesnosti snímačů jsou pouze informativní, konkrétní informace je nutné vyhledat v katalozích výrobců. V charakteristice snímače je zdůrazněn způsob použití, zda jde o metodu vhodnou pro ověřovací nebo laboratorní měření nebo zda je snímač určen pro provozní nasazení při běžném provedení měřicího převodníku.

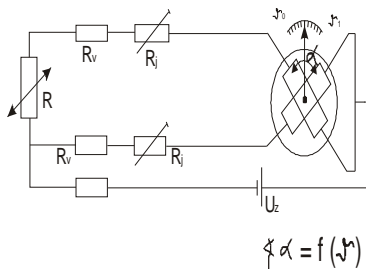
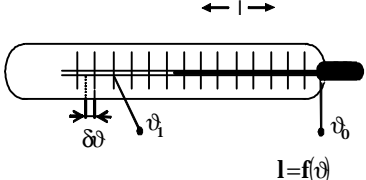
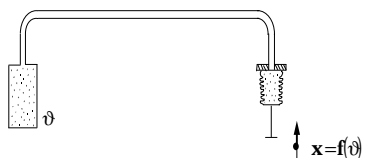
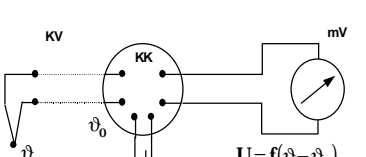
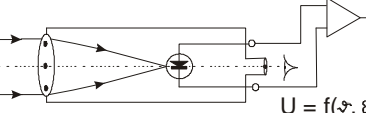
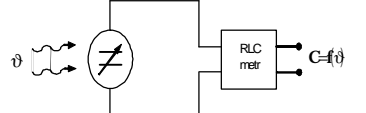
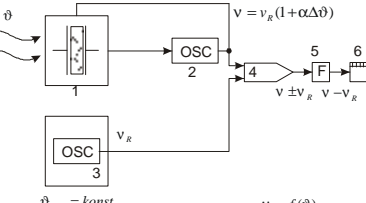
Tabulka 1 Měření posunutí, deformace a rozměrů

Princip činnosti	Charakteristika snímač	Parametry
	<p>Odporový potenciometrický snímač otočný s mechanickým převodem. Vyhodnocení velikosti odporu např. poměrovým magnetoelektrickým přístrojem. Vhodný pro laboratorní i provozní měření a regulační přístroje.</p>	<p>Rozsah: $a = 270^\circ$ nebo víceotáčkové Přesnost: 0,002 až 1%, Teplotní rozsah : -20 až 60°C</p>
	<p>Indukční snímač polohy s otevřeným magnetickým obvodem v diferenčním zapojení. Výchylka je na snímač přenášena mechanickým převodem, statické i dynamické měření. Výstupní napětí je řádově ve voltech</p>	<p>Rozsah: např.: $x = \pm 4 \text{ mm}$ Přesnost 0,80% Budící napětí: $U_b = 7\text{V}/50\text{Hz}$, Teplotní rozsah -20 až 60°C.</p>
	<p>Kapacitní snímač polohy se směnou vzdálenosti desek v diferenčním zapojení. Vhodný pro laboratorní a cejchovací měření s malým ovlivněním objektu, statická i dynamická měření malých posunutí, výchylek a deformací</p>	<p>Rozsah : např.: $x = 3 \text{ }\mu\text{m}$ až 1 mm Přesnost: 0,5 až 1%, Provozní teplota: od -40 až 100°C.</p>
	<p>Tenzometrický odporový snímač deformace na jednostranně vetknutém nosníku pro měření výchylky, síly a chvění. Pro laboratorní a přesná provozní měření statická i dynamická – do 50kHz</p>	<p>Rozsah výchylky /dle konstrukčního řešení deformačního členu/: $x = 3\mu\text{m}$ až 300mm, Přesnost: 1%, provozní teplota 50 až 100°C</p>
	<p>Laserinterferometr pro velmi přesná měření rychlosti a pohybu odražeče (3). Měřicí hlava (1) a vyhodnocovací blok (2) umožňují spolupráci s počítačem při číslicovém výstupním signálu VS. Vhodný pro velmi přesná cejchovní laboratorní i provozní měření (číslicově řízené stroje).</p>	<p>Rozsah délky: $l = 10$ až 105mm. Rozsah rychlosti: $v = 0,1$ až 102 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ Přesnost: $6\cdot 10^{-10}\text{mm}$</p>
	<p>Pneumatický převodník tryska-klapka s napájecím tlakem $p_n=0,14 \text{ MPa}$ pro měření velmi malých posunutí. Výstupní „laděný“ tlak: $p_v=20 \text{ kPa} + 100 \text{ kPa}$. Vhodný pro provozní měření a regulační přístroje a zesilovače výkonu.</p>	<p>Rozsah výchylky klapky: $x = 0$ až 30μm. Přesnost závisí na provedení a dosahuje 1 až 2 %</p>

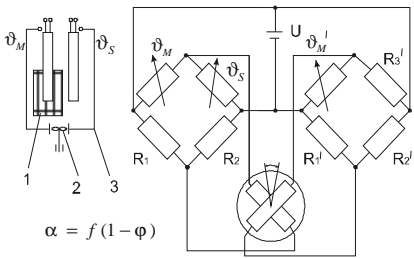
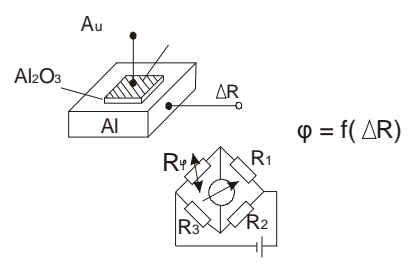
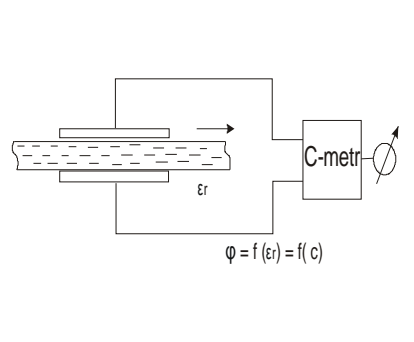
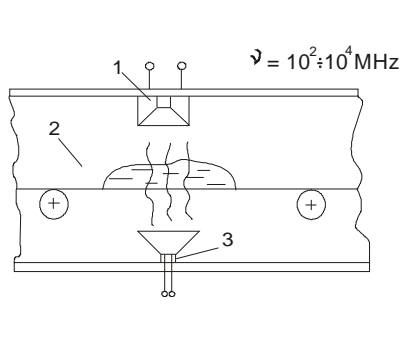
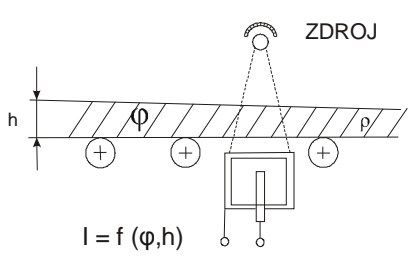
Tabulka 2 Měření tlaku

Princip činnosti	Charakteristika snímač	Parametry
	Nádobkový tlakoměr s přímým sloupcem pro měření absolutního tlaku P_b se rtuťovou náplní. Přesná laboratorní měření, indikace h (stupnice, indukční snímač).	Rozsah: $p_b = 0$ až 100 kPa Časová konstanta: $t = 1$ až 10 s Přesnost: 1-3%
	Diferenční U-tlakoměr pro měření menších podtlaků, přetlaků i diferenciálních tlaků. Náplň – voda, rtuť. Provozní i laboratorní měření statických tlaků	Rozsah (podle délky trubice): $\Delta p = 10$ Pa až 500 kPa. Přesnost (podle odečtu výšky hladiny h) : 0,5 až 2%
	Prstencový tlakoměr s přepážkou a uzavírací kapalinou. Provozní měření statických diferenčních tlaků.	Rozsah: nízkotlaké $\Delta p = 0$ až 2 kPa, vysokotlaké $\Delta p = 0$ až 25 kPa Časová konstanta: $t = 1,6$ s Přesnost: 0,5 až 2%
	Trubicový deformační tlakoměr (s Bourdonovým perem). Snímacím prvkem je trubice zploštělého průřezu, vytvarovaná do kruhového oblouku se středovým úhlem asi 270°. Pevným koncem je spojena s měřeným prostorem, druhý (volný) konec je uzavřen. Výchylky trubice se měří mechanicky, odporovým snímačem. Nerozšířenější provozní tlakoměr, univerzální, volba rozsahů pro statické tlaky.	Rozsah: $p = 0$ až 10^4 Mpa Časová konstanta: $t = 0,1$ až 0,5 s Přesnost: 1,5 až 2%
	Vlnovcový deformační tlakoměr s 10% změnou délky vlnovce (pro max. tlak), výchylka vyhodnocena elektrickým snímačem. Ve funkci snímacího prvku využívá tenkostěnnou trubici válcového tvaru s vyválcovanými vlnami (tzv. vlnovec). V závislosti na použitém materiálu se používá jak pro citlivé přístroje s malými rozsahy (tombak, pakfong), tak i pro vysokotlaké snímače. Provozní měření, registrační a regulační přístroje.	Rozsah: $p = 0,5$ až 200 kPa Časová konstanta: $t < 0,2$ s Přesnost: 1,5 až 2%
	Membránový deformační tlakoměr s kapacitním snímačem (případně indukčním, piezoelektrický). Provozní i laboratorní měření statických i dynamických tlaků.	Rozsah: $\Delta p = 200$ Pa až 20 Mpa Časová konstanta: $t < 10^{-2}$ s Přesnost: 0,1 až 1%
	Membránový deformační snímač s piezorezistivním jevem (difúzní odporové tenzometry v křemíkové destičce 1 jsou v kontaktu s membránou 2), miniaturní. Přesná provozní měření statických i dynamických tlaků.	Rozsah: $p = 0$ až 600 kPa Časová konstanta: $t < 10^{-3}$ s Přesnost: lepší než 0.5%

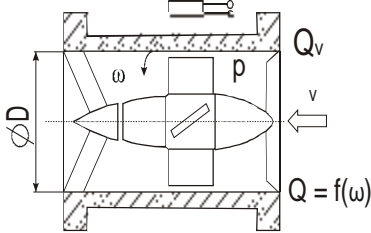
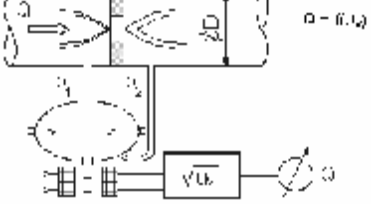
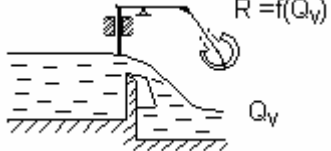
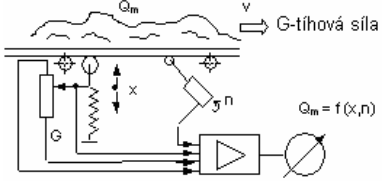
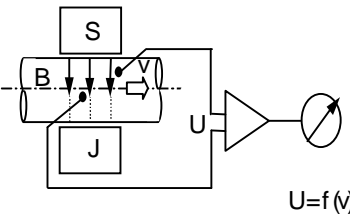
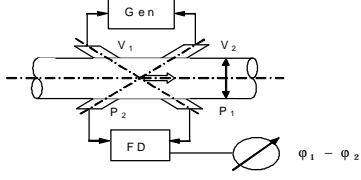
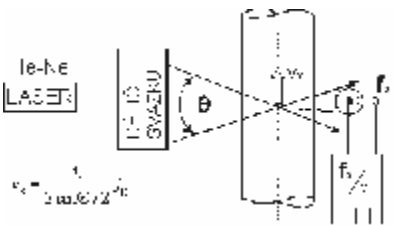
Tabulka 3 Měření teploty

Princip činnosti	Charakteristika snímač	Parametry
 <p>$\zeta \alpha = f(\vartheta)$</p>	<p>Platinový odporový teploměr Pt=100 v tříodičovém zapojení s poměrovým přístroje. Platinová čidla jsou vinutá z odporového drátu nebo jsou vrstvá. Čidla z odporového drátu jsou zhotovena bifilárním vinutím na vnější povrch keramického tělíska, nebo drát je uložen do kapilár nosného tělíska. Na povrchu je čidlo obvykle chráněno keramickým smaltem. Vrstvová čidla jsou většinou vyráběna technologií napařování na keramickou destičku. Pro dlouhodobou stabilitu jsou pokryta speciálními látkami. Jednoduchý a přesný snímač pro povrchová i objemová měření provozní i laboratorní.</p>	<p>Rozsah teplot: -200°C až 900°C</p> <p>Časová konstanta: $t = 1$ až 2 min</p> <p>Přesnost: < 0,1% celé zapojení < 0,3%</p>
 <p>$l = f(\vartheta)$</p>	<p>Dilatační kapalinový rtuťový teploměr s pevně nastavenými doteky. Je principiálně založena na závislosti objemové roztažnosti kapalin účinkem teplotních změn. Jednoduchý a přesný snímač pro povrchová i objemová měření provozní i laboratorní, kontrolní a cejchovní měření snímačů, dvupolohová regulace.</p>	<p>Rozsah teplot (pro rtuť): -30°C až 600°C</p> <p>Časová konstanta: $t = 0,1$ až 1 min</p> <p>Přesnost: $\frac{1}{2}$ nejmenšího dílku stupnice = SU</p>
 <p>$x = f(\vartheta)$</p>	<p>Dilatační plynový tlakový teploměr / dusík, helium/ Velká představující síla, vhodné pro registrační a regulační pneumatické systémy</p>	<p>Rozsah teplot (pro rtuť): -50°C až 550°C</p> <p>Časová konstanta: $t = 1$ až 2 min</p> <p>Přesnost: $\pm 0,1$ až 1%</p>
 <p>$U = f(\vartheta - \vartheta_0)$</p>	<p>Termoelektrický teploměr a kompenzačním vedením /KV/ a kompenzační krabicí /KK/. Je jednoduchý, univerzální, spolehlivý a přesný. Určený pro provozní i laboratorní měření.</p>	<p>Rozsah teplot -200°C až 1400°C (pro kovové termočlánky)</p> <p>Časová konstanta: $t = 0,1$ až 3 min</p> <p>Přesnost: $\pm 0,1$ až 3%</p>
 <p>$U = f(\vartheta, \epsilon)$</p>	<p>Radiační pyrometr s fotodetektozem světelného záření / $l = 0,6$ až 2 m / od měřeného předmětu s teplotou povrchu ϑ. Bezdotykové přesné měření. Nutnost určení ϵ /emisivita/. Vhodné pro provozní orientační měření.</p>	<p>Rozsah teplot (např.): 200°C až 1400°C</p> <p>Časová konstanta: $t = 10^{-2}$ až 10^{-1} s</p> <p>Přesnost: lepší než $\pm 0,1$ až 3%</p>
 <p>$C = f(\vartheta)$</p>	<p>Pyroelektrický teplotní článek s měřením energie infračerveného záření v rozsahu 0,5 až 1000 μm. Speciální bezdotyková měření s malou časovou konstantou.</p>	<p>Rozsah teplot -50°C až 600°C</p> <p>Časová konstanta: $t = 10^{-4}$ až 10^{-1} s</p> <p>Přesnost: lepší než 0,5%</p>
 <p>$v = f(\vartheta)$</p>	<p>Piezoelektrický krystalový teploměr s vysokou citlivostí / 10^{-2} až 10^{-4}°C / .Využívá teplotní závislosti rezonančního kmitočtu krystalu křemene. Dobrá linearita, kmitočtový výstup. Cejchovní a přesná laboratorní i provozní měření.</p> <p>1 -krystal Si jako snímač, 2 -oscilátor řízený krystalem, 3 -oscilátor v termostatu, 4 – směšovač, 5 -nízkofrekvenční filtr, 6 - čítač a zobrazovač</p>	<p>Rozsah teplot -80°C až 250°C</p> <p>Přesnost: lepší než 0,1%</p> <p>Rezonanční kmitočet: $\nu = 20$ až 50 MHz</p> <p>Teplotní součinitel: $a_n = 30$ až $90 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$</p>

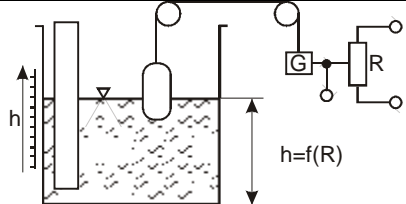
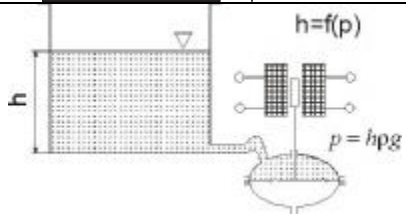
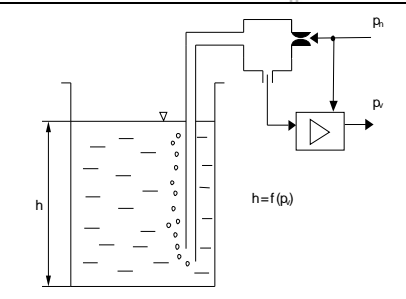
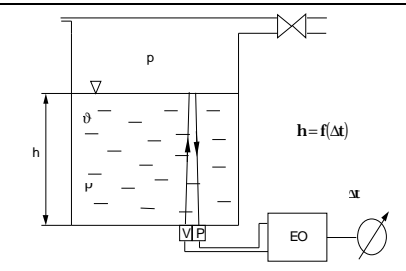
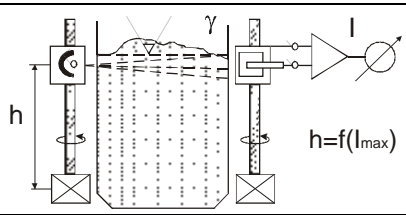
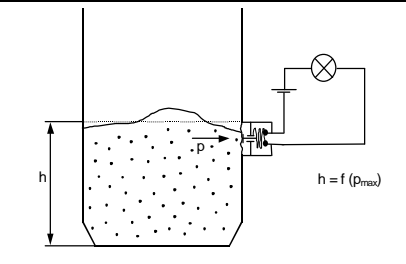
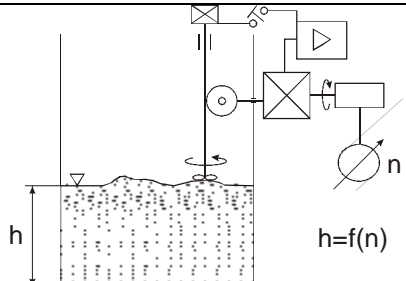
Tabulka 4 Měření vlhkosti

Princip činnosti	Charakteristika snímač	Parametry
 <p>$\alpha = f(1 - \varphi)$</p>	<p>Psychometrický snímač – má tři teploměry (jeden zvlhčovaný vodou – 1, dva suché – 2, ventilátor – 3). Vyhodnocení můstkové s poměrovým přístrojem, měří se přímo relativní vlhkost. Provozní a laboratorní měření, rychlost proudění $v > 2,5 \text{ m.s}^{-1}$.</p>	<p>Rozsah: $\varphi = 10$ až 100%</p> <p>Teplota: -5 až 120°C</p> <p>Přesnost: $\pm 3\%$</p>
 <p>$\varphi = f(\Delta R)$</p>	<p>Hydrometrická sonda Al_2O_3 vykazuje vliv změny φ na elektr. odpor (pórovitý kysličník hlinitý absorbuje vlhkost). Vyhodnocení můstkovým zapojením, nutnost čištění povrchu snímače ohřevem. Provozní měření, kontrolní měření a signalizace</p>	<p>Rozsah: $\varphi = 5$ až 100%</p> <p>Přesnost: $\pm 3\%$</p> <p>Časová konstanta: $t < 1 \text{ s}$</p>
 <p>$\varphi = f(\epsilon_r) = f(c)$</p>	<p>Kapacitní dielektrický vlhkoměr pro pórovitý materiál (papír, dřevo,...). Vyhodnocení kapacitní můstkovým nebo rezonančním obvodem. Provozní měření s dobrými dynamickými vlastnostmi.</p>	<p>Rozsah: $\varphi < 20\%$ - konduktometrie $\varphi > 30\%$ kapacitní měřič</p> <p>Přesnost: 1 až 3%</p> <p>Časová konstanta: $t = 10^{-2}$ až 10^{-1} s</p>
 <p>$\nu = 10^2 \div 10^4 \text{ MHz}$</p>	<p>Vysokofrekvenční vlhkoměr založený na útlumu a odrazu elektromagnetických vln ve vlhkém materiálu. Obsahuje: 1 – generátor s anténou, 2 – měřicí prostor, 3 – přijímač. Bezdotykové měření, široký rozsah, dobré dynamické vlastnosti, složitá aparatura. Perspektivní metoda pro provozní měření.</p>	<p>Rozsah: $\varphi = 3$ až 100%</p> <p>Přesnost: 1 až 3%</p> <p>Časová konstanta: $t = 10^{-2}$ až 10^{-1} s</p>
 <p>$I = f(\varphi, h)$</p>	<p>Ionizační absorpční vlhkoměr využívá pohltivosti záření β nebo γ při měnící se tloušťce nebo hustotě materiálu. Relativní vlhkost je funkcí měrné hustoty materiálu ρ. Provozní měření pro objemové materiály (např. koks...)</p>	<p>Rozsah: $\varphi = 5$ až 100%</p> <p>Přesnost: 1 až 5%</p> <p>Časová konstanta: $t = 10^{-1}$ až 10 s</p>

Tabulka 5 Měření průtoků a rychlost proudění

Princip činnosti	Charakteristika snímač	Parametry
	<p>Axiální Woltmannova turbínka využívající silového účinku proudu tekutiny k roztočení. Necitlivost pro malá průtočná množství Q_v. Měření otáček mechanické nebo elektrické, provozní měření.</p>	<p>Rozsah: 1:10 ($fD = 15 \text{ mm}$) 1:40 ($fD = 200 \text{ mm}$)</p> <p>Provozní tlak: $p = 1,5 \text{ až } 30 \text{ MPa}$</p> <p>Přesnost: $\pm 0,5\%$.</p> <p>Teplota: do 500°C</p>
	<p>Škrťící orgán -clona- s vyhodnocením diferenčního tlaku membránovým tlakoměrem s indukčním snímačem a vyhodnocovacím obvodem. Rozšířené provozní měřidlo, spolehlivé.</p>	<p>Rozsah: $fD = 50 \text{ až } 800 \text{ mm}$, $v = 0,7 \text{ až } 3,5 \text{ m.s}^{-1}$.</p> <p>Přesnost: $\pm 1 \text{ až } 3\%$.</p> <p>Vliv teploty: $1\% / 10^\circ\text{C}$</p>
	<p>Přepad – průřezové měřidla pro otevřený kanál, výška hladiny na přepadu se měří např. plovákem s odporovým snímačem</p>	<p>Rozsah: /dle volby přepadu/.</p> <p>Přesnost: 3 až 5%</p>
	<p>Pásové váhy pro syké materiály s deformačním snímačem tíhové síly G odpor. snímačem a měřením rychlosti pásu v otáčkoměrem s tachodynamem. Provozní měření univerzální.</p>	<p>Rozsah: /dle volby pásu a rychlosti/.</p> <p>Přesnost: 1 až 5%.</p>
	<p>Indukční průtokoměr pro vodivé kapaliny. Napětí na elektrodách se indukuje vlivem pohybu vodiče (kapaliny) v magnetickém poli. Bezdotykové provozní měření univerzální.</p>	<p>Rozsah: $fD = 3 \text{ až } 200 \text{ mm}$.</p> <p>Měrný odpor: $R < 10^4 \Omega$.</p> <p>Přesnost: $\pm 0,5 \text{ až } 1\%$.</p> <p>$V_{\min} = 0,5 \text{ až } 1 \text{ m.s}^{-1}$</p>
 <p>P1,P2 – přijímač V1,V2 – vysílač Gen – ultrazvukový generátor FD – fázový detektor</p>	<p>Fázový (impulsní) ultrazvukový průtokoměr měří okamžitou rychlost průtoku v které je úměrný rozdíl v_x, které je úměrný rozdíl fází $j_1 - j_2$ ve dvou větvích UZ průtokoměru. Bezdotykové měření. Laboratorní a přesné provozní měření</p>	<p>Rozsah pro kapaliny a plyny: $fD = 20 \text{ až } 300 \text{ mm}$, $v_x = 0,1 \text{ až } 30 \text{ ms}^{-1}$.</p> <p>Přesnost: 1 až 2%.</p> <p>Vliv teploty, koncentrace a znečištění</p>
	<p>Laserový Dopplerův anemometr měří vektor rychlostí proudění na základě detekce frekvenčního zdvihu f_D mezi dopadajícím a rozptýleným laser. zářením. Frekvenční výstup, bezdotykové měření. Laboratorní a výzkumná měření rychlosti profilů a průtoků v širokém rozsahu.</p>	<p>Rozsah: 1:20 pro $v_x = 0,01 \text{ až } 100 \text{ m.s}^{-1}$.</p> <p>Dopplerův frekvenční zdvih $f_D = 100 \text{ kHz}/1\text{m.s}^{-1}$.</p> <p>Přesnost: $\pm 0,1\%$</p>

Tabulka 6 Měření výšky hladiny

Princip činnosti	Charakteristika snímač	Parametry
	<p>Přímé metody měření výšky hladiny</p> <ul style="list-style-type: none"> - průhledový stavoznak tvořený spojenou nádobou s nádrží s odečtem h - plovákový snímač na lanku s odporovým snímačem <p>Provozní měření</p>	<p>Rozsah: $h = 0,1$ až 40 m</p> <p>Přesnost: 1 až 2%.</p>
	<p>Hydrostatický stavoznak převádí výšku hladiny h na tlak p, měřený například membránovým tlakoměrem s indukčním snímačem.</p> <p>Provedení měření neklidných kapalin s $r = \text{konst.}$, měření univerzální.</p>	<p>Rozsah: $h = 0,1$ až 10 m.</p> <p>Přesnost: $\pm 2\%$</p>
	<p>Nepřímé měření výšky hladiny provzdušňováním, kdy tlak vzduchu p_v je úměrný výšce hladiny h k překonání hydrostatického tlaku kapaliny.</p> <p>Provozní měření vroucích kapalin, agresivních kapalin.</p>	<p>Rozsah: $h = 0,5$ až 10 m.</p> <p>Přesnost: 1 až 3%</p>
	<p>Ultrazvukový hladinoměr impulsní s teplotní kompenzací / i pro syké hmoty/. Výška hladiny h závisí a je úměrná době průchodu Δt kapalinou. Bezkontaktní měření provozní a laboratorní v tlakových nádobách a výbušném prostředí.</p>	<p>Rozsah: $h = 1$ až 30 m.</p> <p>Přesnost: $\pm 2\%$.</p> <p>$r = 0,5$ až $2,5$ g/cm³,</p> <p>$u = -200^\circ\text{C}$ až 600°C,</p> <p>$p_{\text{max}} = 300$ Mpa</p>
	<p>Radioizotopový ionizační hladinoměr provádí měření výšky hladiny h nebo signalizaci na základě absorpce záření g v materiálu.</p> <p>Provozní měření v zásobnících s pevným nebo pohyblivým zářičem.</p>	<p>Rozsah: $h = 1$ až 50 m.</p> <p>Přesnost: 1 až 5%</p>
	<p>Membránový indikátor výšky hladiny h, spínáný tlakem h syké hmoty.</p> <p>Univerzální provozní měření suchých sykých hmot se signalizací v diskretních hladinách.</p>	<p>Rozsah /dle počtu snímačů/.</p> <p>Přesnost /dle rozměrů membrány/: asi 3%</p>
	<p>Hladinoměr vrtulový – má otočnou část brzděnou sykým materiálem na dosažené hladině s možností svislého pohybu vrtulky.</p> <p>Provozní měření v zásobnících a bunkrech univerzální.</p>	<p>Rozsah: $h = 3$ až 20 m.</p> <p>Přesnost: 0,5 až 2%</p>

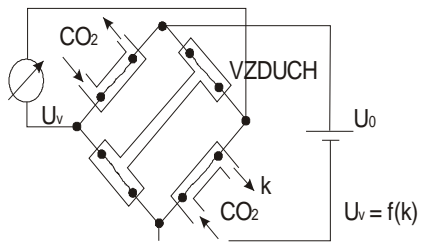
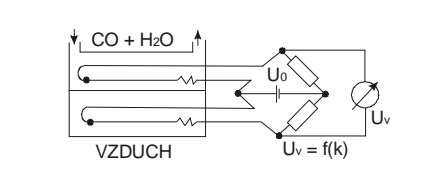
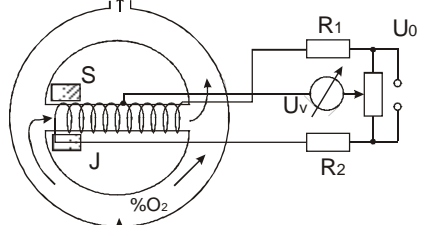
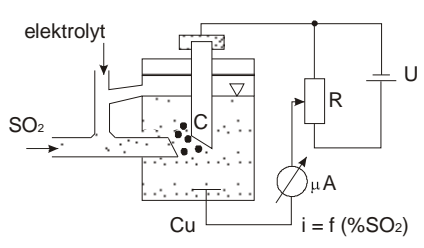
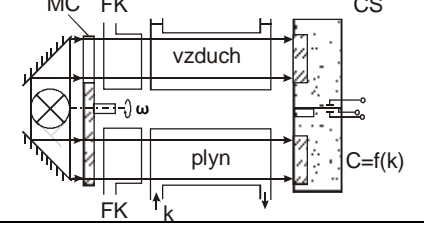
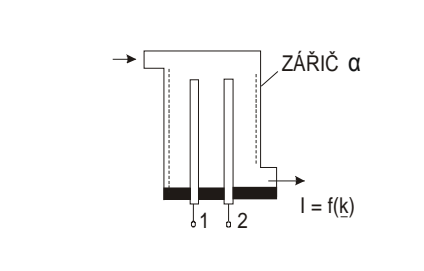
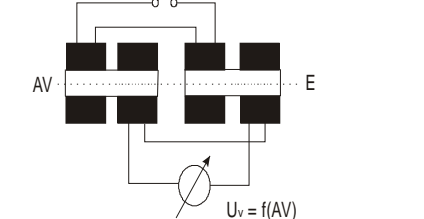
Tabulka 7 Měření rychlosti, zrychlení a otáček

Princip činnosti	Charakteristika snímač	Parametry
	<p>Absolutní elektrodynamický snímač rychlosti a chvění. Cívka <u>1</u> upevněná na membráně kmitá v poli permanentního magnetu <u>2</u> a je brzděna tlumícím kroužkem <u>3</u>. Laboratorní a cejchovní měření amplitudy rychlosti, pracuje rovněž jako snímač chvění</p>	<p>Citlivost: 30 mV/mm.s⁻¹. Přesnost: 1%. Rezonanční kmitočet: 5kHz Kmitoč. rozsah: 5 až 2000 Hz Provozní teplota: -20 až 200°C</p>
	<p>Absolutní tenzometrický snímač amplitudy výchylky a zrychlení. Můstkové zapojení tenzometrů na nosníku v ohybu. Provozní i laboratorní měření amplitudy výchylky <u>x</u>, zrychlení <u>a</u>, univerzální použití.</p>	<p>Rezonanční kmitočet: 2 kHz Kmitočtový rozsah: 0 až 1500 Hz. Přesnost: 1%. Teplota: do 200°C</p>
	<p>Absolutní piezoelektrický snímač amplitudy zrychlení. Výstupní impedance kapacitní se složitějšími vyhodnocovacími obvody. Rozšířený provozní i laboratorní snímač.</p>	<p>Rezonanční kmitočet: 80 kHz. Kmitočtový rozsah: 3 až 25000 Hz. Přesnost: 1%. Maximální teplota: 260°C</p>
	<p>Generátorový snímač otáček elektrodynamický: - tachodynamo - tachogenerátor - velmi časté provozní měření</p>	<p>Rozsah / dle typů /: např. 0 až 5000 min⁻¹ Přesnost: 0,1 až 1%</p>
	<p>Fotoelektrický impulsní snímač otáček (např. odrazový). Bezkontaktní metoda pro laboratorní a přesné provozní měření. Univerzální metoda</p>	<p>Rozsah / dle typů /: 0 až 10³ min⁻¹ Přesnost: 0,1 až 1%</p>
	<p>Tlakový pneumatický impulsní snímač otáček s pneumatickým počítadlem, tlakových impulsů P₁. Speciální provozní měření se zvláštními nároky na prostředí (např. výbušné, ...).</p>	<p>Rozsah: např. 0 až 1000 s⁻¹. Přesnost: 0,1 až 1%</p>
	<p>Stroboskopický otáčkoměr s impulsní výbojkou napájenou z frekvenčně řízeného generátoru impulsů, s proměnnou frekvencí záblesků <u>f_v</u>. Cejchovní a kontrolní měření provozní i laboratorní univerzální.</p>	<p>Rozsah: n = 10 až 1000 min⁻¹. Přesnost: 0,1%</p>

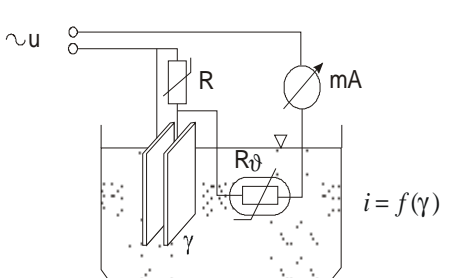
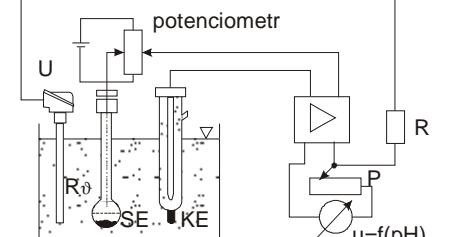
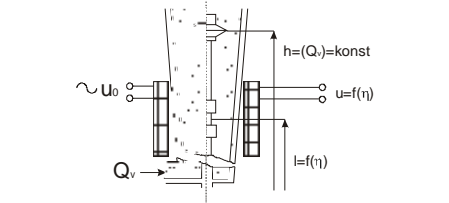
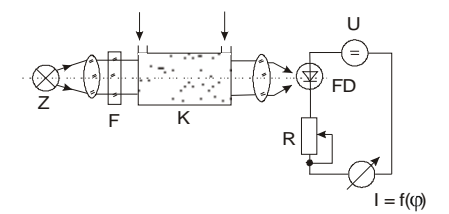
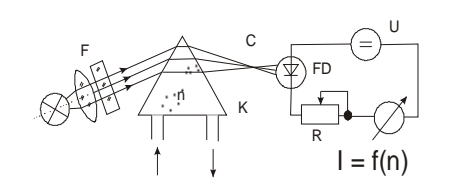
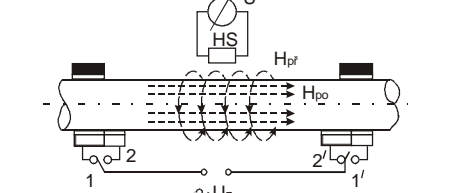
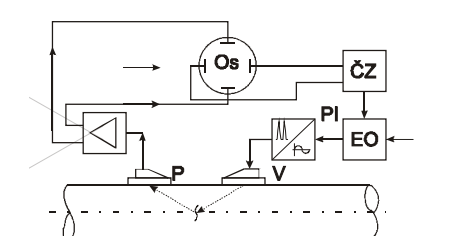
Tabulka 8 Měření sil a kroutících momentů

Princip činnosti	Charakteristika snímač	Parametry
	Indukčnostní pasivní snímač síly (dynamometr) s otevřeným magnetickým obvodem. Spolehlivý, přesný pro provozní i kontrolní měření.	Rozsah (dle volby deformačního členu) $F = 10 \text{ N až } 10 \text{ MN}$. Přesnost: 0,1 až 1%
	Piezoelektrický snímač pro tlakové i tahové síly s malými rozměry, vhodný především pro dynamická měření. Univerzální, jednoduchý, provozní i laboratorní měření.	Rozsah síly: $F = 1 \text{ kN až } 10^6 \text{ kN}$. Mezní kmitočet 30 kHz . Přesnost: 0,1 až 2%
	Tenzometrický dynamometr s pružinovým deformačním členem (dvojitý nosník). Provozní i kontrolní měření, spolehlivý, vliv teploty na přesnost měření	Rozsahy – dle volby deformačního členu $F = 5 \text{ a } 8 \text{ MN}$ Přetížitelnost: 50%. Přesnost: 0,04 až 0,5%
	Magnetoelastický dynamometr transformátorového typu s teplotní kompenzací a diferenčním zapojením. Jednoduchý, robustní s velkou hystezí, vhodný pro provozní měření.	Rozsah $F = 10 \text{ N až } 10 \text{ MN}$ Přetížitelnost: 100% . Přesnost: 0,5 až 3%
	Fotoelektrický torzní dynamometr – měření vzájemné pootočení dvou clon pomocí světelného zdroje a fotodetektoru. Není nutný přenos údaje z hřídele. Jednoduché a spolehlivé provozní měření.	Rozsah kroutícího momentu: $5 \text{ až } 3000 \text{ Nm}$. Přesnost: $\pm 3\%$
	Tenzometrický odporový snímač kroutícího momentu s bezkontaktním indukčním výstupem a kapacitním výstupem. Úplný můstek je tvořen tenzometry nalepenými pod úhlem 45° k ose hřídele. Přesné provozní a kontrolní měření.	Rozsah otáček: $0 \text{ až } 6000 \text{ min}^{-1}$. Kroutící moment: $0,01 \text{ kNm až } 50 \text{ kNm}$. Přesnost: $\pm 0,2 \text{ až } 0,5\%$
	Kapacitní snímač kroutícího momentu a torzních kmitů s hřebenovými elektrodami, které mění při zkrutu vzájemnou plechu elektrod. Přesné provozní a laboratorní měření s bezkontaktním přenosem signálů z hřídele.	Rozsah otáček: $0 \text{ až } 10000 \text{ min}^{-1}$. Úhlové zrychlení: $e_{max} = 10^4 \text{ rad.s}^{-1}$. Přesnost: 0,2 až 0,5%. Úhel zkrutu: $j = \pm 2\%$

Tabulka 9 Analýza složení a koncentrace látek

Princip činnosti	Charakteristika snímač	Parametry
	<p>Tepelně vodivostní analyzátor koncentrace plynů $k(\%)$, např. CO_2, H_2, SO_2, NH_3, CH_4 s můstkovým zapojením. Plyn proudící konstantní rychlostí ochlazuje žhaven Pt-drát v kyvetě podle své koncentrace vzhledem k referenčnímu plynu. Provozní měření spalin</p>	<p>Rozsah (pro CO_2): 0 až 20% Čitlivost: $1^\circ\text{C}/4\% \text{CO}_2$ Přesnost: $\pm 0,5$ až 3%</p>
	<p>Analyzátor koncentrace spalitelných plynů ($\text{CO} + \text{H}_2$) využívá katalytického spálení složek plynu nažhaveném Pt drátu při zvýšení jeho teploty vzhledem ke vzduchu. Provozní měření kouřových plynů.</p>	<p>Teplota Pt drátu: 400 až 800°C Přesnost: 1 až 3% Časová konstanta: $t = 0,5$ až 2 min</p>
	<p>Termomagnetický analyzátor koncentrace O_2 využívá termomagnetického proudění O_2 měřeným termoanemometry zapojenými do můstku. Provozní analyzátor kouřových plynů, atd...</p>	<p>Teplota Pt vnutí: 100°C Mag. pole: 1,5T Koncentrace: 0 až 10% O_2 Čitlivost: $1\text{mV}/1\% \text{O}_2$</p>
	<p>Polarografický analyzátor s tuhými elektrodami – např. pro SO_2 ve spalinách. Koncentrace je úměrná proudu mezi elektrodou uhlíkovou C a měděnou Cu, zprostředkovaným elektrolýzou roztoku a reakcí SO_2 na H_2SO_4. Provozní měření</p>	<p>Rozsahy: 0 až 0,001% SO_2 0 až 20% SO_2 Přesnost: 0,1 až 1% Časová konstanta: $t = 10$ min</p>
	<p>Selektivní absorpční infraanalyzátor plynů (např. CH_4, CH_2, CO,...) s pozitivní filtrací (FK) a kapacitním diferenčním snímačem záření (CS) s modulací clonou MC. Velmi citlivá, ale náročná metoda</p>	<p>Rozsah – dle volby náplně snímače CS Přesnost: 0,01 až 0,5%</p>
	<p>Ionizační analyzátor plynů – např. Cl, SO_2, NH_3, C_2H_6, vzácné plyny... Měřený plyn způsobuje změny ionizačního proudu mezi elektrodami 1-2 v závislosti na jeho koncentraci. Jednoduché provozní měření.</p>	<p>Rozsahy: 0 až 0,01% 0 až 20% Přesnost ± 2 až 5%</p>
	<p>Indukční analyzátor pevných látek s vířivými proudy, závislými na vodivosti a tím i na složení analyzovaného vzorku (AV). Diferenční zapojení sekundární cívky umožňuje porovnání s etalonem E. Laboratorní měření – obsah C v oceli.</p>	<p>Rozsahy – dle volby etalonu Přesnost: 3 až 5%</p>

Tabulka 10 Fyzikální vlastnosti kapalin a pevných látek

Princip činnosti	Charakteristika snímač	Parametry
	<p>Konduktometrický snímač el. vodivosti γ kapalin s teplotní kompenzací sériovým odporem R_γ s průběžnou registrací vodivosti proudících roztoků. Provozní i laboratorní měření</p>	<p>Rozsah vodivosti: do $50 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ do $5 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$ Přesnost: 2 až 3% Max. teplota provozní: 60 až 80°C Kmitočet napětí: 50 až 80 Hz</p>
	<p>Měřič koncentrace volných vodíkových iontů – pH metr se skleněnou (SE) kalomelovou elektrodou (KE), teplotně kompenzovaný odporovým teploměrem R_θ, nutnost čistit elektrody od nánosů. Provozní laboratorní měření.</p>	<p>Rozsah: 0,5 až 12 pH Odpor: 10+300MΩ Citlivost: 60 mV/1pH Přesnost: 0,05 + 0,5 pH</p>
	<p>Plovákový viskozimetr – se dvěma plováky, horní udržuje průtok $Q_v = \text{konst.}$ a spodní plovák měří dynamickou viskozitu η. Vyhodnocení \perp indukčním snímačem. Přesná provozní a laboratorní měření</p>	<p>Rozsah dle volby nádoby a plováků Přesnost: 2 až 5 % dle cejchování</p>
	<p>Kolorimetrický analyzátor koncentrace roztoků δ, prašnosti v plynu, ... Intenzita světla dopadajícího na fotodetektor FR závisí na propustnosti zkoumané látky. Jednoduché provozní měření, nejčastěji ve dvoukyvetovém provedení</p>	<p>Rozsah dle volby zdroje \underline{Z}, filtru \underline{F}, kyvety \underline{K}. Přesnost: 2 až 5 %</p>
	<p>Refraktometrický analyzátor roztoků využívá změny indexu lomu n s koncentrací látky. Odchylky světelného svazku se projeví na cloně \underline{C} a tím na osvětlení FD. Jednoduché provozní měření</p>	<p>Rozsah dle volby kyvety a rozmezí: N= 1,3 až 1,7 Přesnost: 1 až 3 %</p>
	<p>Magnetická defektoskopie zjišťuje nehomogenity materiálu v podélném mg. Poli (cívky 1-1) nebo příčném poli (kontakty 2-2). Rozptylové mg. pole H_{PO} nebo $H_{PŘ}$ se zjistí např. Halloovým snímačem. Provozní měření.</p>	<p>Rozsah – vhodné pro předměty konstantního průřezu tyče, ...) Citlivost na tvar, polohou a hloubku vady \underline{y} Přesnost 1+5%</p>
	<p>Ultrazvukový defektoskop impulsní odrazový s vysílačem \underline{V} a přijímačem \underline{P} ultrazvukového vlnění. Zobrazení druhu a polohy vady na osciloskopu O, s časovou základnou $\underline{ČZ}$, elektronickými obvody EO a převodníkem impulsů PI. Provozní a kontrolní měření jednoduché a univerzální.</p>	<p>Frekvence ultrazvuku: $\underline{v} = 50+100 \text{ Khz}$ Přesnost: 3 + 5%</p>

Složitější měřicí systémy nelze popisovat v tabulkách detailně a mnohé z nich jsou podrobněji uvedeny v aplikacích v dalších kapitolách. Princip činnosti je znázorněn schématicky, bez podrobného rozkreslení pouze tak, aby jej bylo možné stručně charakterizovat, včetně typického uspořádání nebo zapojení do vyhodnocovacího obvodu.

Mnoho snímačů nebo měřicích systémů může pracovat jak v provozním nasazení jako součást rozsáhlejšího řídicího systému, např. v rámci automatizovaného systému řízení technologického procesu, tak pro kalibrování nebo testování v kontrolní laboratoři. V tom případě se od sebe liší konstrukčním nebo výrobním provedením, které má vliv na třídu přesnosti přístroje, a tím rovněž na převažující způsob použití. Jako příklad lze uvést měření tlaku trubicovým deformačním tlakoměrem s třídou přesnosti $TF = 1,0$ pro kalibrační měření a s třídou přesnosti $TF = 2,5$ pro běžná provozní měření.

2.2.6 Vývojové směry v oblasti snímačů a měřicích metod

Prudký rozvoj mikroelektroniky, který nastal v 70. letech, se odrazil nejen v generačním členění prostředků pro zpracování informace - ve výpočetních prostředcích, ale i v oblasti měřicí techniky. Zvládnutí nových technologických postupů nutných k efektivní výrobě polovodičových součástek velmi velké integrace a extrémní požadavky některých oblastí vědy a techniky (kosmický výzkum) umožnily, popř. vynutily i zdokonalování a vývoj nových snímačů.

Hromadné využívání dostupných mikroelektronických obvodů umožňuje radikálně změnit koncepcí sběru, předzpracování a přenosu informace pro potřeby identifikace zkoumaných procesů a objektů, popř. řízení ve zpětnovazebním obvodu.

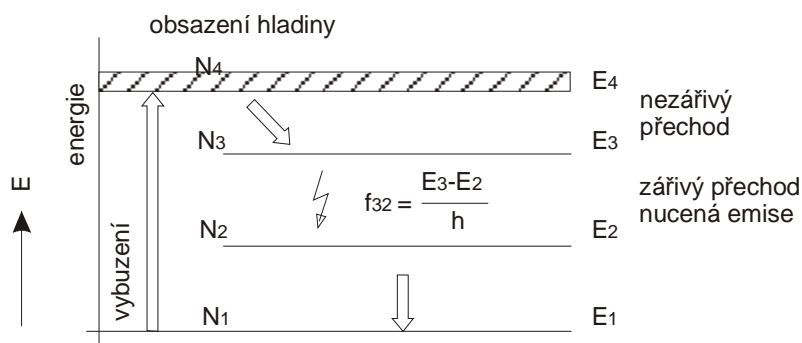
Digitalizace snímačů a jejich elektronických obvodů se začíná objevovat v některých oblastech jako nový trend, umožňující výhodnější zpracování výstupních signálů a jejich snazší přenos i v prostředí s vysokou hladinou rušení. Jako příklad lze uvést krystalové piezoelektrické teploměry, membránové tlakoměry s difúzními tenzometrickými rezistory v křemíkové membráně a s vyhodnocovacím obvodem vestavěným ve snímači atd.

Miniaturizace souvisí přímo s předchozím trendem a navazuje na pronikavé zmenšování rozměrů, hmotnosti a příkonů některých členů řídicích obvodů - např. mikropočítač může být v jednom pouzdře integrovaného obvodu včetně analogově číslicového převodníku, základní operační paměti atd. Analogové procesory v integrovaném provedení umožňují programově řízené číslicové zpracování vstupních signálů s jejich opětovným převodem na analogový výstupní signál v reálném čase. Tak je možné realizovat matematické operace

vyhrazené dříve jen větším počítačům (číslicová filtrace signálů, korelační funkce, rychlá Fourierova transformace atd.) přímo v měřicím obvodu.

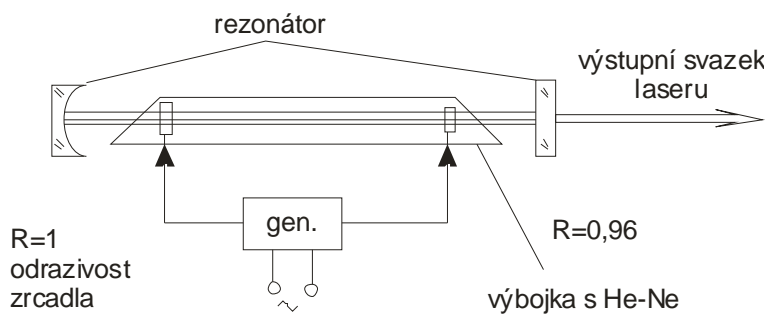
Objevem *laseru*, tj. kvantového generátoru světelného záření s mimořádnými vlastnostmi (r. 1960) získala měřicí technika další možnost realizovat efektivně některé nové nebo dříve nerealizovatelné měřicí metody. Vznik a generování laserového záření jsou spojeny s pojmem nucené, stimulované emise záření, která vzniká v atomových soustavách určitých látek za podmínky inverze v obsazení energetických hladin jednotlivých atomů.

V rovnovážném stavu je na základní energetické hladině E_1 počet atomů N_1 , který je podle Maxwelllova- Boltzmannova rozdělení větší než na hladinách E_2 až E_4 (Obr. 9). Podaří-li se dosáhnout toho, že za jistých fyzikálních podmínek bude na některé vyšší energetické hladině větší počet atomů než na nižší, může dojít k nucené emisi spojené s vyzářením kvanta záření. Vhodnou konfigurací laserové sestavy, tj. výběrem příslušného aktivního prostředí, způsobem jeho vybuzení, umístěním do rezonátoru dosáhneme toho, že přes ztráty v rezonátoru můžeme část záření vzniklého nucenou emisí vyvést mimo jako laserový svazek světla.



Obr. 9 Princip činnosti čtyřhladinového plynového laseru

Principiální schéma typického plynového helium-neonového laseru (He-Ne), používaného pro potřeby měření, je na obrázku (Obr. 10).



Obr. 10 Konstrukční schéma plynového He-Ne laseru

Laser má tři hlavní části

- a) vlastní aktivní materiál, kde dochází k zesílení a generování záření na základě nucené emise, zde to je výbojová trubice se směsí plynů He, Ne,
- b) zdroj energie pro vybuzení atomů aktivního materiálu do vyšších energetických hladin pro dosažení inverze v obsazení hladin, která je podmínkou stimulované emise. V našem případě je to vysokonapěťový generátor, který prostřednictvím doutnavého výboje v plynu nepružnými srážkami elektronů a iontů pracovního plynu He vybuzuje atomy Ne.
- c) rezonátor - tvořený dvojicí zrcadel ve vhodné konfiguraci, realizující zpětnou vazbu pro nasazení oscilací s možností generování optického záření na vlnové délce λ odpovídající rozdílu energetických hladin vlastního atomového systému a parametrům rezonátoru..

V tabulce č. 10 je uveden přehled hlavních typů laserů podle druhu aktivní látky (v pevné, plynné, kapalně fázi) pro porovnání fyzikálních a technických parametrů, jako je vlnová délka, režim provozu, výkon, způsob vybuzení, zdroj energie atd.

Široký sortiment laserů s aktivním materiálem v pevné, kapalně nebo plynné fázi, pracujících na různých vlnových délkách s požadovanými zářivými výkony a pracovními režimy, umožňuje volit vhodný typ laseru pro dané potřeby a měřicí metodu. Jedinečné vlastnosti laserového záření, jako je koherence, vysoká plošná hustota zářivého toku při velmi malé rozbíhavosti svazku, jej předurčují jako významnou součást měřicích systémů. Možností aplikací laserů v oblasti sběru informace je velmi mnoho. Patří k nim:

- měření délek, rozměrů a rychlostí,
- měření rychlosti proudění tekutin,
- měření malých deformací, posunutí pomocí holografické interferometrie,
- vytyčování směru a roviny pro kontrolní účely k měření přímočarosti, rovinnosti apod.,
- měření složení a koncentrace plynů i aerosolů,
- přenos informace v prostoru nebo světlovodem,
- záznam, uchování a výběr informace z vhodného média.

Pozornost, která je této oblasti věnována, naznačuje, že optoelektronické informační systémy pro sběr, přenos i zpracování informace budou stále výrazněji ovlivňovat měřicí i řídicí systémy. V neposlední řadě má výrazný vliv na rozvoj součástek pro sběr informace *zvládnutí nových technologií a materiálů*. To souvisí nejen s miniaturizací snímačů, ale především se zvětšováním jejich užité hodnoty a s racionalizací výroby. Jako příklad lze uvést využití vakuové tenkovrstvé technologie pro zdokonalení dynamických vlastností a citlivosti některých snímačů (plošné termoelektrické články, fóliové tenzometry, magnetické vrstvy, průhledné vodivé elektrody atd.).

Uvedené trendy potvrzují, že vývoj, snímačů a měřicích metod směřuje k neustálému zdokonalování funkčních a provozních parametrů, při zlepšování technickoekonomických ukazatelů.

2.3 Členy k obnově a transformaci informace

2.3.1 Obecné vlastnosti a úkoly

Zpracování a přenos informace se děje vždy v reálných a nikoli v ideálních obvodech, a proto při tom dochází ke ztrátám energie a ke statickému i dynamickému zkreslení tvaru a průběhu signálu. Ve většině případů by dosáhlo zkreslení signálu bez příslušného "ošetření" nepřijatelných hodnot. Proto je třeba informaci proti těmto vlivům zabezpečit. Toto zabezpečení či "ošetření" signálu závisí jednak na signálu (druh energie, spojitý či nespojitý signál, informační parametr), jednak na vzdálenosti přenosu a na velikosti rušení a konečně také na požadované minimální kvalitě či přesnosti přenosu.

Při přenosu informace od zdroje (čidla apod.) až k místu využití je často třeba transformovat tuto informaci do různých forem tak, aby se informace formou přizpůsobila systému (převodníky A/D, D/A) nebo aby se optimálně využilo vlastností přenosové trasy (bezdrátový přenos, optický přenos apod.), popřípadě aby se přešlo na jednotnou formu při zpracování několika různých informací (unifikovaný signál).

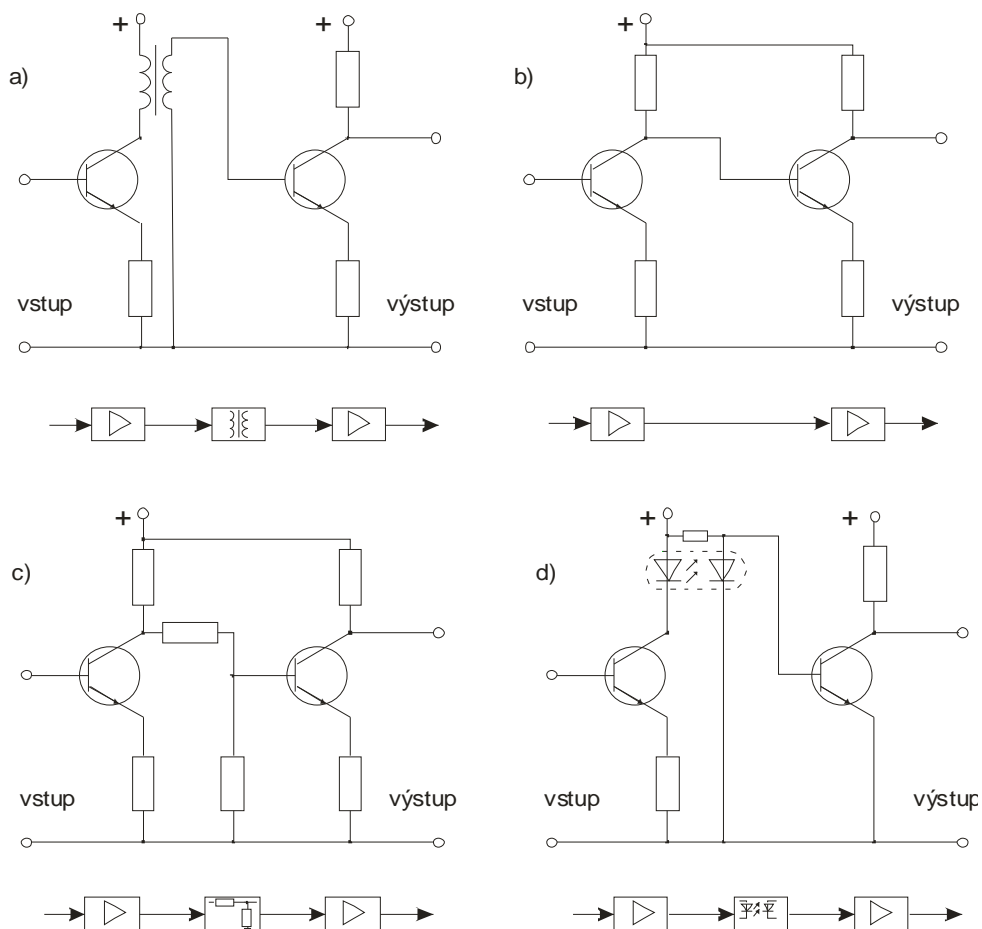
2.3.2 Zesilovače

Jedná se o elektronické obvodové systémy, které se používají k zesílení slabých elektronických signálů. Při zesilování se zvětšuje pouze amplituda signálu, tvar a frekvence zůstávají nezměněny.

Zesilovač je aktivní nelineární čtyřpól, tvořený zesilovacím prvkem (např. tranzistorem) a pomocnými obvody (složenými z obvodových součástek), které slouží k nastavení a

stabilizaci pracovního bodu. Na vstupu zesilovače je připojen zdroj zesilovaného signálu a na jeho výstupu zátěž.

Při zesilování malých signálů můžeme pohyb pracovního bodu po nelineární charakteristice tranzistoru považovat za pohyb po přímkách (tzv. linearizace) a zesilovač řešíme jako lineární čtyřpól pomocí linearizovaných rovnic. Při zesilování velkých signálů se pracovní bod pohybuje po větších úsecích charakteristik, linearizace není možná a proto se musí použít řešení grafické.



Obr. 11 Vazby mezi zesilovacími stupni zesilovače nebo elektrickými obvody

a) vazba transformátorová, b) vazba přímá (galvanická), c) vazba odporová, d) vazba optoelektronická

Nejdůležitějšími představiteli vazeb mezi zesilovacími stupni jsou vazba přímá, odporová, transformátorová a optoelektronická (Obr. 11). Vazba transformátorová a optoelektronická patří mezi vazby s galvanickým oddělením. U vazby transformátorové se přenos realizuje pomocí elektromagnetické energie, u optoelektronické vazby se využívá světla světelné emisní diody a fotorezistoru. Tato vazba má kromě jiných předností i tu, že umožňuje přenos signálu pouze jedním směrem.

2.3.2.1 Operační zesilovače

Pod pojmem operační zesilovače se rozumí stejnosměrný širokopásmový zesilovač s velkým zesílením. Použití vhodné zpětné vazby nám umožňuje realizovat různé přenosové funkce, jak lineární, tak nelineární.

Podle své struktury je operační zesilovač několikastupňový stejnosměrný zesilovač diferenčního typu. Veškeré rušivé vlivy vyskytující se u stejnosměrných zesilovačů jsou pomocí různých korekcí a zpětných vazeb potlačeny na minimum, ale ne zcela odstraněny. V aplikačních zapojeních se k operačnímu zesilovači přidávají další aktivní i pasivní součástky, to celé pak nazýváme operační sítí. Operační zesilovače umožňují konstruovat obvody nejen pro matematické operace pro které byly určeny, ale umožňují vyrábět i kvalitní zesilovače různého určení, oscilátory, regulátory, klopné obvody apod. Zapojení s operačními zesilovači pronikají i do sdělovací techniky při konstrukci modulátorů, demodulátorů a směšovačů. Své použití nacházejí i v číslicové technice jako Č/A nebo A/Č převodníky...

Rozdělení operačních zesilovačů :

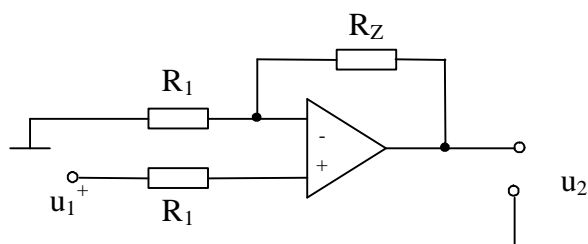
- 1) **univerzální OZ** – jsou určeny pro běžné použití v zařízeních, na které nejsou kladeny nadměrné požadavky ohledně kvality. Jejich parametry lze označit jako průměrné. Do této skupiny patří např. zesilovače MAA 741, MAA 748, MAC 155,...
- 2) **přístrojové OZ** – jsou určeny pro měření malých napětí, mají velké zesílení a malé zbytkové napětí. Jsou na ně kladeny velké nároky i ohledně časové stability parametrů. používají se v měřicí technice a patří sem např. zesilovače WSH 526, WSH 530, HA 2905, AD 515L
- 3) **širokopásmové a rychlé OZ** – jsou určeny ke zpracování vysokých frekvencí (20 až 700 MHz) a impulsů, mají vysoký mezní kmitočet. Do této skupiny patří např. zesilovače MAC 157, WSH 115, WSH 217, CA 3100, HA 2525
- 4) **OZ pro velká výstupní napětí** – umožňují dosáhnout na výstupu napětí až stovek voltů \pm (30 až 150 V), ostatní parametry odpovídají skupině 1. Do této skupiny patří v zahraničí vyráběný zesilovač LM 344.

- 5) **speciální OZ** – do této skupiny patří tzv. mikropříkonové, které se vyznačují velmi malou spotřebou. Dále sem patří operační zesilovače, jejichž výstupní výkon je větší než 1 W a výstupní proud je větší než 100 mA. Do této skupiny patří např. zesilovače TDA 2030, TDA 2040, LM 380...

Základní zapojení s operačními zesilovači (OZ):

1) Neinvertující zesilovač:

- vhodný pro vysokoimpedanční napěťové zdroje

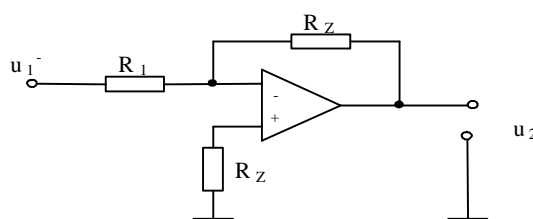


Obr. 12 Neinvertující zesilovač

Výstupní napětí je dáno vztahem:
$$u_2 = u_1^+ \left(1 + \frac{R_Z}{R_1} \right) \quad (18)$$

2) Invertující zesilovač:

- mění nám znaménko výstupního signálu
- snižuje nám vstupní impedanci

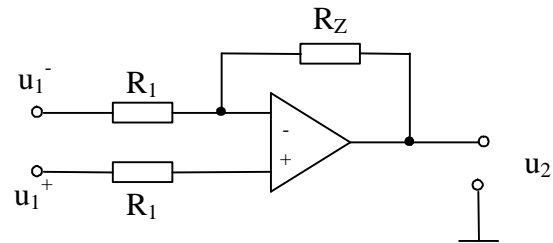


Obr. 13 Invertující zesilovač

Výstupní napětí je dáno vztahem:
$$u_2 = -\frac{R_Z}{R_1} u_1^- \quad (19)$$

3) Diferenční

- zesiluje diferenci (rozdíl napětí)

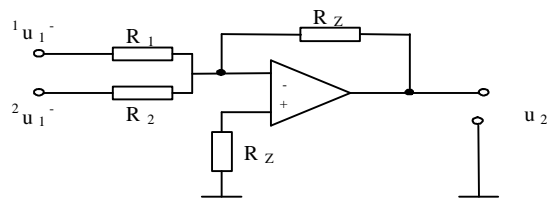


Obr. 14 Diferenční zesilovač

Výstupní napětí je dáno vztahem:
$$u_2 = \frac{R_Z}{R_1} (u_1^+ - u_1^-) \quad (20)$$

4) Sumátor

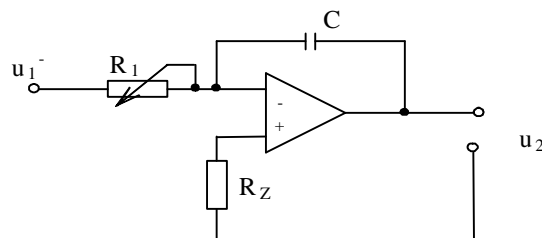
- sčítání napětí



Obr. 15 Sumátor

Výstupní napětí je dáno vztahem:
$$u_2 = - \left(\frac{R_Z}{R_1} u_1^- + \frac{R_Z}{R_2} u_1^- \right) \quad (21)$$

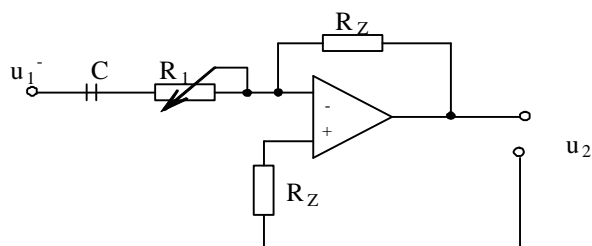
5) Integrátor



Obr. 16 Integrátor

Výstupní napětí je dáno vztahem:
$$u_2 = - \frac{1}{R_1 C} \int_0^t u_1^-(t) dt \quad (22)$$

6) Derivátor



Obr. 17 Derivátor

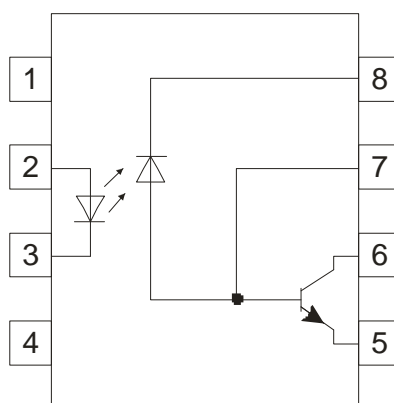
Výstupní napětí je dáno vztahem:
$$u_2 = -\frac{du_1^-}{dt} \cdot \frac{-R_Z}{R_1} \cdot C \quad (23)$$

Jak je patrné, lze prostřednictvím operačních zesilovačů realizovat funkci regulátoru PID nebo kterékoliv jeho složky, lze rovněž ukázat vhodnost operačních zesilovačů pro funkce: sčítačky, odečítačky, násobičky analogových signálů a dalších obvodů uskutečňujících matematické operace.

2.3.2.2 Oddělovací zesilovače

Oddělovací zesilovače mají za úkol oddělit dva obvody tak, aby přenos informace byl možný pouze jedním směrem. Svými vlastnostmi se podobají operačním zesilovačům. Jejich použitím se obvody jimi oddělené nemohou zpětně ovlivňovat. Výsledný přenos není tudíž zatížen chybami zpětného, ovlivnění a platí pravidla algebry přenosů.

Dokonalými oddělovacími zesilovači jsou optoelektronické vazební členy, které se používají pouze pro nespojité signály, nejčastěji k oddělení periferních obvodů od centrálních jednotek (Obr. 18).



Obr. 18 Optoelektronický oddělovací člen HP 6N135

2.3.2.3 Výkonové zesilovače

Výkonové zesilovače mají za úkol zesílit signál tak, aby jeho výkon byl dostatečný pro přenos nebo pro ovládání koncového zařízení (spojitě nebo nespojitě) nebo pro ukazování či zápis. Typické jsou např. výkonové zesilovače pro zesílení signálu operačních zesilovačů, zesilovače pro servopohony, pro ovládání relé, stykačů, solenoidových ventilů apod. Zesilovače mohou být podle účelu spojité nebo nespojitě. Nespojitě zesilovače mohou ovládat podstatně vyšší výkony.

2.3.2.3.1 Elektrické výkonové zesilovače

Elektrické výkonové zesilovače jsou *elektromechanické, elektronické a magnetické*. Jejich zesílení $A = 10$ až 10^5 .

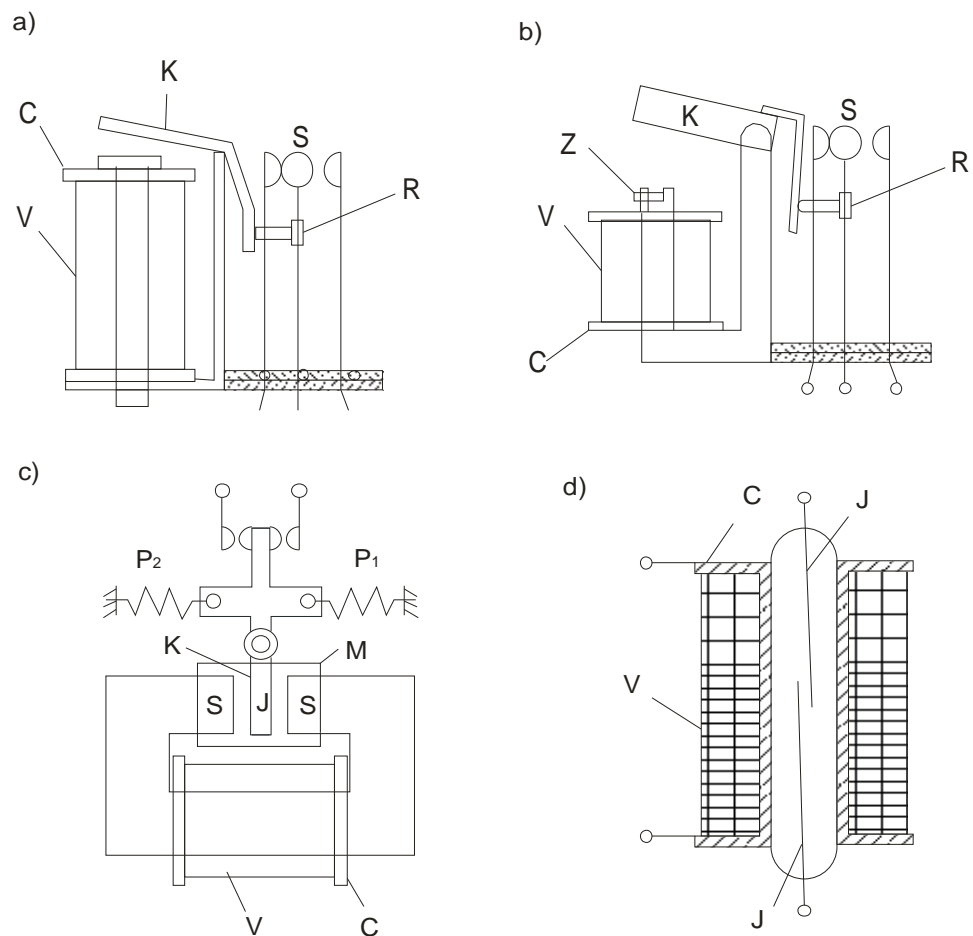
A. Elektromechanické zesilovače se dělí na elektromechanická relé a točivé zesilovače.

a) Elektromechanická relé jsou nejjednodušší dvoupolohové elektrické zesilovače. Zesílení signálu se podle Obr. 20 dosahuje proto, že pro ovládání cívky stačí poměrně malé napětí U_1 a proud I_1 zatímco kontakty relé jsou schopné spínat v obvodu spotřebiče mnohem větší napětí U_2 a proud I_2 , Výkonové zesílení je pak

$$A = \frac{U_2 I_2}{U_1 I_1} = \frac{220 * 6}{24 * 0,3} = 183 \quad (24)$$

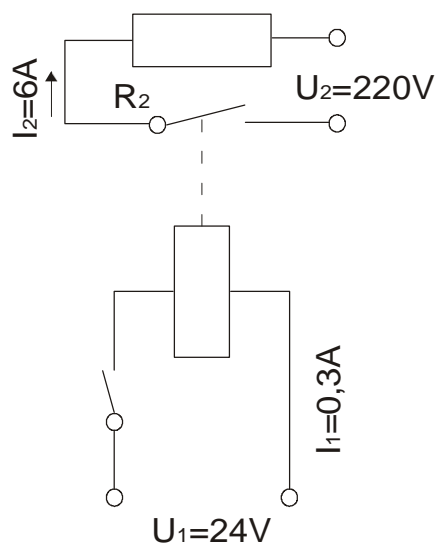
U nejcitlivějších relé bývá toto zesílení až několik tisíc

Podle druhu ovládacího proudu cívky se relé dělí na *stejnoseměrná* a *střídavá*, která se od sebe liší konstrukcí magnetického obvodu. Podle konstrukce se pak relé dělí na *elektromagnetická, polarizovaná, magnetoelektrická* apod. Na obrázku (Obr. 19a) je příklad elektromagnetického relé stejnosměrného a na obrázku (Obr. 19b) střídavého.



Obr. 19 Různé typy elektromechanických relé

a) elektromagnetické stejnosměrné, b) elektromagnetické. střídavé, c) stejnosměrné polarizované, d) jazýčkové
 S - svazek kontaktů, K - kotva, C, V – kostra a vinutí cívky, Z - závit nakrátko, P - pružiny, M – trvalý magnet, J - jazýčky, B - baňka, R - izolační rozpěrka



Obr. 20 Reléový zesilovač

Skládají se z elektromagnetu, kotvy a svazku kontaktů. Při průchodu proudem cívkou elektromagnetu se pohyblivá kotva K přitáhne k jádru a současně přes izolační rozpěrku spojí kontakty. U stejnosměrného relé je jádro, kotva i **jho** z plného materiálu, u střídavého relé je magnetický obvod složen z tenkých plechů pro omezení vířivých proudů. Aby se kotva vlivem střídavé magnetizace nechvěla, má jádro závit nakrátko Z, který vlivem fázového posunutí indukovaného proudů udržuje magnetický tok, i když hodnota proudů prochází nulou.

Napětí, při kterém relé zapíná, je vždy větší než napětí, při kterém vypíná, protože v zapnutém stavu má magnetický obvod menší magnetický odpor vlivem menší vzduchové mezery, a proto pro dosažení magnetického toku nutného pro udržení kotvy v přitažené poloze postačí menší proud a tím i napětí na cívce. Poměr obou napětí se nazývá *přidržený poměr*, bývá asi 0,8 a zamezuje vypínání zapnutého relé při malém kolísání napětí na cívce.

K elektromagnetickým relé patří i *jazyčkové relé*, u něhož (Obr. 19d) magnetické pole cívkou napájené stejnosměrným proudem působí na dva permalloyové pásky zatavené v protilehlých koncích skleněné baňky s ochrannou atmosférou. Oba pásky (jazyčky) se na svých koncích překrývají a je mezi nimi malá vzduchová mezera. Konce jazyčků jsou upraveny např. pozlacením jako kontakty. Zapnutím proudů do cívkou se pásky k sobě přitlačí, vypnutím proudů se opět vlastní pružností od sebe oddělí. Relé vyniká malými rozměry, velkou životností i vysokou spolehlivostí. Do jedné baňky lze umístit i více kontaktních dvojic.

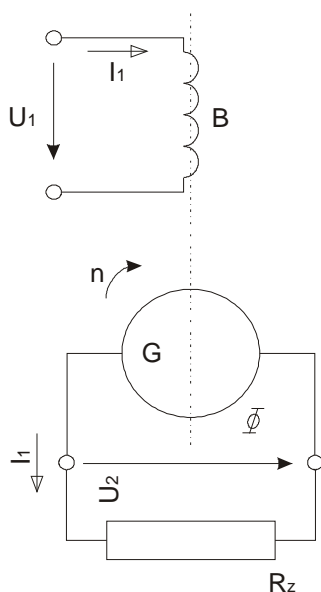
Na obrázku (Obr. 19c) je tzv. *polarizované relé*, které má pomocí trvalého magnetu M předmagnetizovány (polarizovány) kotvu a pólové nástavce. Působí-li na kotvu řídicí síla pružin P_1 a P_2 , může být kotva v klidovém stavu uprostřed mezi kontakty a podle polarity proudů v cívce se pak překládá na jednu nebo druhou stranu. Bez těchto pružin je klidová poloha kotvy v jedné z krajních poloh. Výhodou relé na (Obr. 19c) je mžikové zapnutí a vypnutí, které brání opalování kontaktů.

b) Točivé zesilovače se používají hlavně k regulaci otáček elektromotorů velkých výkonů, u obráběcích strojů a ve válcovnách ocele.

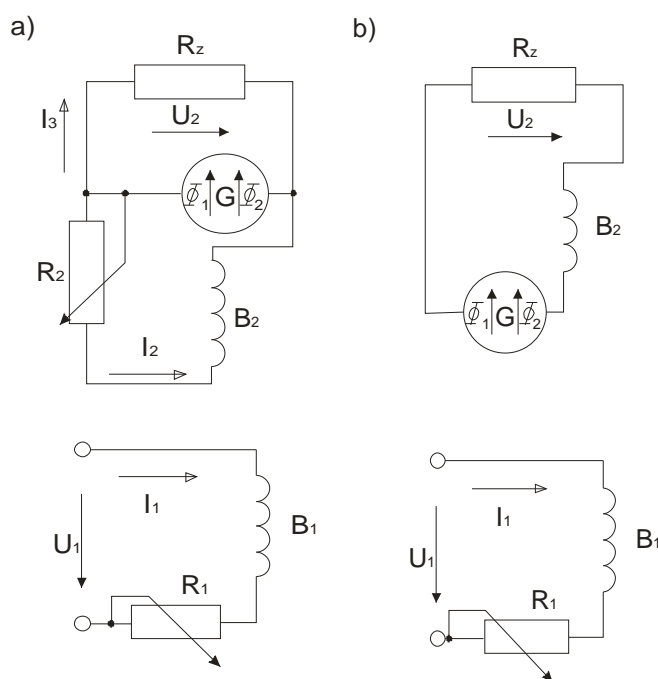
Nejjednodušším zesilovačem je *dynamo s cizím buzením*. Podle obrázku (Obr. 21) je výkon dynama $U_1 I_1$ v určitých mezích úměrný budicímu výkonu $U_1 I_1$. Činitel úměrnosti (zesílení) je asi 100. Pro zvětšení tohoto zesílení se dynamo opatří dalším budicím vinutím B_2 , které se připojí buď paralelně, nebo sériově ke kotvě, a vznikne tak podle obrázku (Obr.

22) rotační zesilovač s vlastním buzením, který se nazývá *regulex*, je-li přídatné budící vinutí připojeno ke kotvě paralelně, nebo *rototrol*, je-li připojeno v sérii.

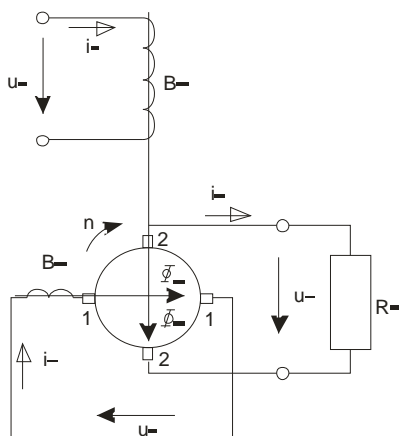
Zvětšení zesílení se dosáhne také dvěma stupni - zařazením dvou dynam do série. Nevýhodou je velká cena dvou strojů a velký obestavěný prostor. Dva zesilovací stupně v jednom stroji uskutečňuje točivý zesilovač *amplidyn* podle obrázku (Obr. 23).



Obr. 21 Dynamo s cizí buzením jako zesilovač

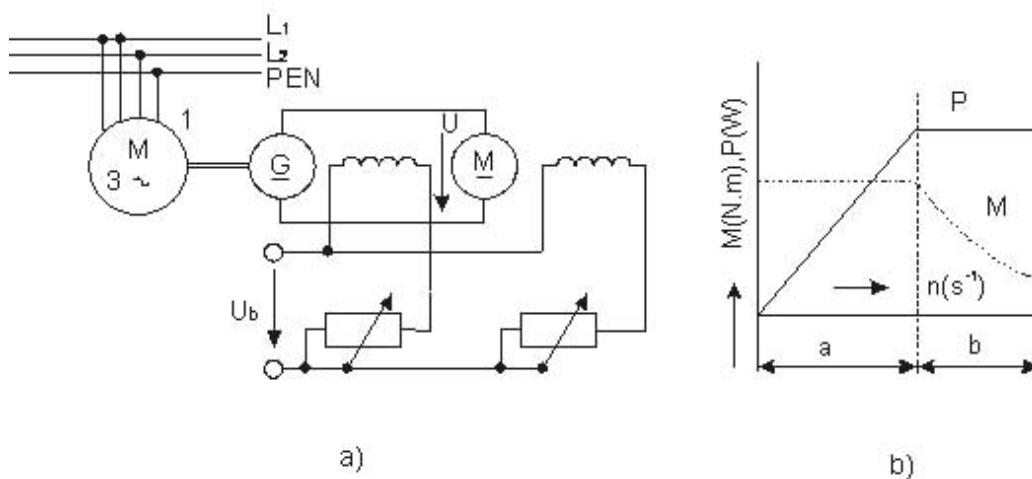


Obr. 22 Zesilovače s vlastním buzením: a) regulex, b) rototrol



Obr. 23 Amplidyn

Budicí proud i_1 vytváří v kotvě magnetický tok Φ_1 , který indukuje do otáčející se kotvy napětí u_2 na kartáčích 1. Na toto napětí je připojeno další budicí vinutí B_2 , ve kterém vlivem proudu i_2 vznikne magnetický tok Φ_2 . Tento tok indukuje v téže kotvě napětí u_3 na kartáčích 2, které způsobí vznik proudu i_3 v zátěži R_z . Výstupní výkon $u_3 i_3$ bývá až 10 000krát větší než příkon $u_1 i_1$. Výkon bývá několik desítek kilowattů.



Obr. 24 Schéma Ward-Leonardova soustrojí

a) schéma soustrojí, b) diagram regulace otáček 1 - trojfázový elektromotor; 2 - dynamo; 3 - stejnosměrný motor s cizím buzením; M - krouticí moment, P - výkon, n - otáčky motoru 3; U - napětí kotvy; U_b - budicí napětí

Dalším typem točivého zesilovače je *Ward-Leonardovo soustrojí* (Obr. 24). Na rozdíl od předchozích typů točivých zesilovačů není výstupním signálem tohoto zesilovače elektrický signál, ale signály mechanické - otáčky a krouticí moment. Soustrojí se proto

používá přímo k pohonu strojů s proměnnými otáčkami nebo proměnnou rychlostí. Soustrojí se skládá z motorgenerátoru, který má poháněcí trojfázový elektromotor 1 a dynamo 2. Poháněným strojem je stejnosměrný elektromotor 3 s cizím buzením. Oblast regulace otáček se skládá podle (Obr. 24b) ze dvou úseků. V prvním úseku (*a*) se otáčky regulují buzením dynama 2, přičemž se elektromotor 3 budí maximálním proudem. V této oblasti se mění výstupní napětí U dynama 2, a tím i otáčky a výkon poháněcího motoru 3, zatímco krouticí moment motoru 3 zůstává vlivem stálého buzení motoru 3 konstantní. Ve druhém úseku (*b*) se otáčky zvyšují zmenšováním budicího proudu motoru 3. Moment motoru proto klesá, zatímco jeho výkon zůstává konstantní.

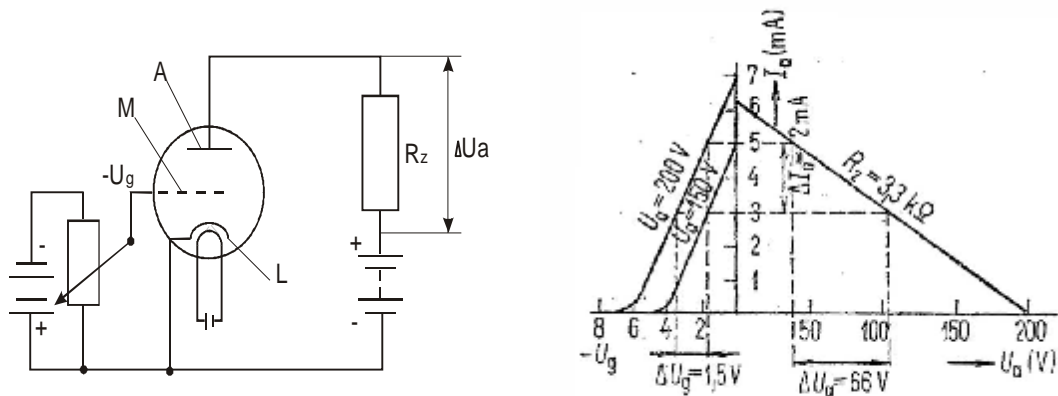
U točivých zesilovačů se využívá pouze prosté zesílení. Jako regulátory mají proto pouze proporcionální funkci. V současné době jsou však stále častěji nahrazovány polovodičovými zesilovači s tyristory a triaky.

B. Elektronické zesilovače můžeme podle druhu zesilovacích součástek rozdělit na elektronkové a polovodičové.

a) **Elektronkové zesilovače** používají jako aktivních zesilovacích součástek vakuových elektronek. Podle druhu napětí nebo proudu, které zesilují, je dělíme na *stejnosměrné* a *střídavé*.

Nejjednodušší zesilovací elektronkou je *trioda*, která má tři elektrody. Žhavená katoda teplem uvolňuje (emituje) elektrony, ty jsou přitahovány anodou připojenou podle Obr. 25 na zdroj, anodového napětí. Elektronům stojí v cestě řídicí mřížka, která část elektronů odpuzuje zpět směrem ke katodě, protože je připojena na mřížkové napětí, které je pólováno obráceně než napětí anodové.

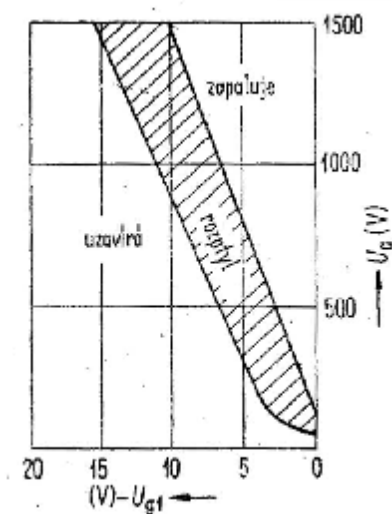
Charakteristika triody je na Obr. 25, kde je současně znázorněn i princip zesílení. Anodový proud I_a je tím větší, čím je větší anodové napětí a čím je menší záporné mřížkové napětí (předpětí). Změna mřížkového napětí U_g o velikosti několika voltů, jehož záporný pól je připojen k mřížce a kladný ke katodě, vyvolá proto i změnu anodového proudu. Poměr velikosti změny anodového proudu k velikosti změny mřížkového napětí, kterým byla tato změna vyvolána, se nazývá *strmost* elektronky a bývá několik miliampérů na volt. Anodové napětí velikosti několika desítek až několika stovek voltů je kladným pólem připojeno k anodě, záporným ke katodě.



Obr. 25 Schéma zapojení elektronového zesilovače a jeho charakteristika

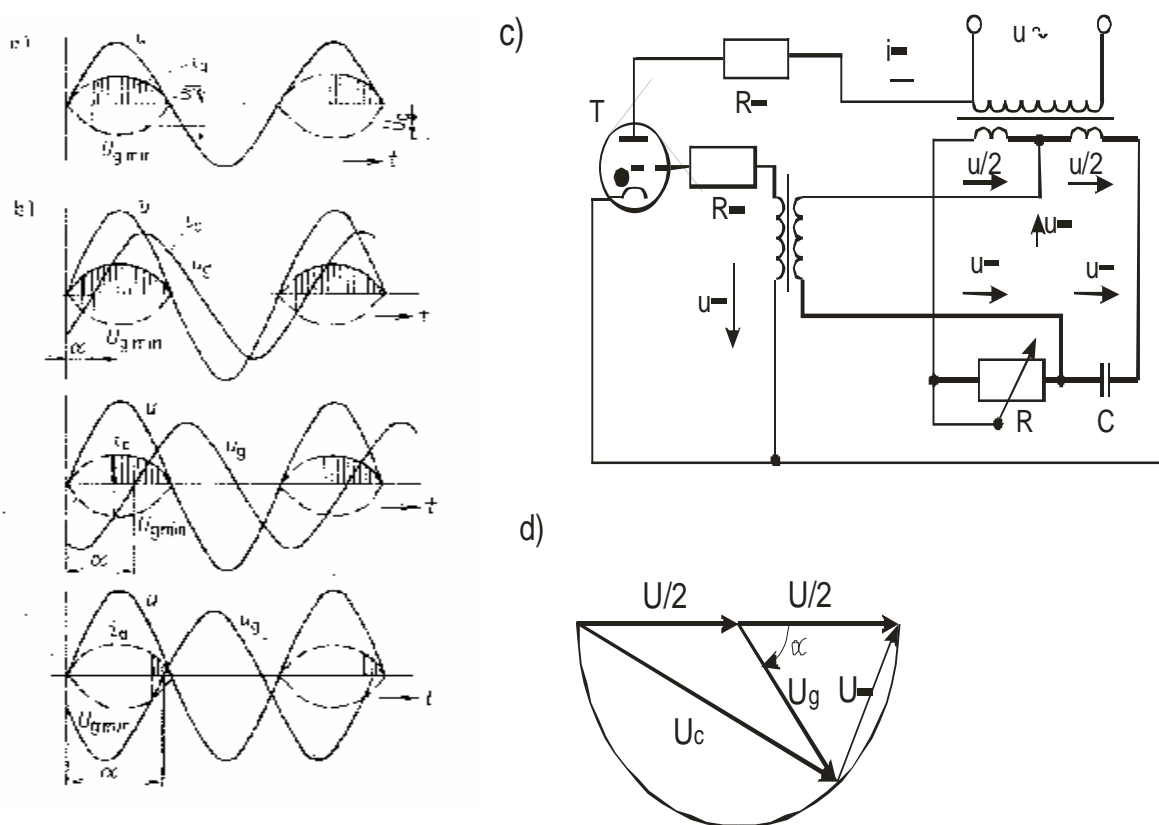
Elektronka je proto řízena napětím na mřížce. Zapojíme-li do anodového obvodu zatěžovací rezistor s velkým odporem R_z , vyvolá na něm změna proudu ΔI_a změnu napětí ΔU_a , která je několikanásobně větší než změna napětí ΔU_g .

Mezi elektronky patří i tyratrony. Na rozdíl od elektronek používaných k zesilování napětí se tyratrony uplatňují při řízení velkých proudů a výkonů. Baňka tyratronu se po vyčerpání vzduchu naplní některým ze vzácných plynů nebo parami rtuť. Plynová náplň dává tyratronu jiné vlastnosti, patrné ze zapalovací charakteristiky tyratronu na obrázku (Obr. 26).



Obr. 26 Zapalovací charakteristika tyratronu

Při snižování záporného předpětí mřížky se anodový proud nemění plynule, nýbrž při určitém mřížkovém předpětí tyatron náhle "zapálí" a anodovým obvodem prochází anodový proud mnohem větší než u vakuových elektronek, protože dochází k ionizaci plynové náplně tyatronu. Úbytek napětí na zapáleném tyatronu je asi 10 V, takže anodový proud je omezen pouze zatěžovacím rezistorem R_z . U zapáleného tyatronu již není možné ovlivnit velikost anodového proudu mřížkovým předpětím. Přerušeni anodového proudu se proto dosáhne pouze přerušeni anodového obvodu nebo poklesem anodového napětí na nulu. Proto se tyatron používá především pro řízení střídavého proudu, u kterého napětí klesne na nulu v každé půlperiodě. Tyatron se pak může použít k plynulému řízení střední hodnoty tyatronem usměrněného střídavého proudu, a to posunutím bodu zapálení tyatronu na sinusovce anodového napětí; posunutí se uskutečňuje změnou velikosti nebo fáze mřížkového předpětí.



Obr. 27 Různé způsoby řízení tyatronu

a) stejnosměrným mřížkovým předpětím, b) fázovým posunem střídavého mřížkového napětí, c) napájení mřížkového obvodu tyatronu z fázového můstku, d) fázorový diagram fázového můstku u , i_a - anodové napětí a proud, u_g - mřížkové předpětí

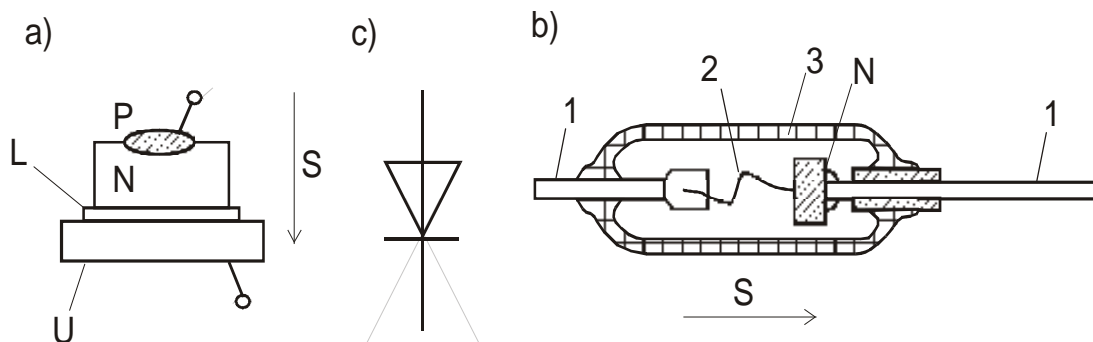
Řízení tyatronu změnou velikosti mřížkového předpětí je znázorněno na obrázku (Obr. 27a), ze kterého je patrné, že řízení je možné pouze v první čtvrtině sinusovky, protože ve druhé čtvrtině již tyatron hoří sám, takže změna proudu může být uskutečněna pouze v rozsahu od 50 do 100 %. Přesnějšího řízení proudu v rozsahu od nuly do 100 % se dosáhne podle obrázku (Obr. 27b) změnou fáze mřížkového napětí např. pomocí fázového můstku. Z fázového diagramu na obrázku (Obr. 27d) je patrné, že úhel α mřížkového napětí se může měnit téměř v mezích 0 až 180 °, a zapálit tak tyatron v libovolném bodě celé první půlperrody sinusovky anodového napětí.

Výhodou elektronkových zesilovačů je velký vstupní odpor, který se uplatňuje hlavně při zpracování signálů ze snímačů vysokým vnitřním odporem, např. elektrod pro měření pH a ionizačních komor pro měření jaderného záření. Nevýhodou elektronek v porovnání s polovodiči je především nízká spolehlivost, omezená životnost a změny jejich parametrů, které jsou způsobeny postupným zhoršováním vakua, vyčerpáním katody, popř. přerušením žhavicího vlákna katody. Vysoké napájecí napětí a žhavení katody kladou větší nároky na napájecí zdroj, způsobují velký ztrátový výkon, který se mění v teplo. To vše vyžaduje velký obestavěný prostor a znesnadňuje miniaturizaci elektronkových zařízení.

b) Polovodičové zesilovače používají polovodičové součástky - tranzistory a diody.

Polovodiče tvoří přechod mezi vodiči s velkou konduktivitou a izolanty s velmi malou konduktivitou. Polovodič vznikne přidáním určitých prvků do velmi čistého germania, křemíku aj., které samy o sobě mají malou elektrickou vodivost. Přidáním prvku s nadbytkem volných elektronů dostaneme polovodič s vodivostí N (negativní, způsobenou pohybem volných elektronů), přidáním prvku, který ve své krystalové mřížce má neobsazená místa pro elektrony, získáme polovodič s vodivostí P (pozitivní, způsobenou pohybem elektronů krystalické mřížky). Oblasti vodivosti P i N se vytvářejí na jedné germaniové nebo křemíkové destičce (substrátu).

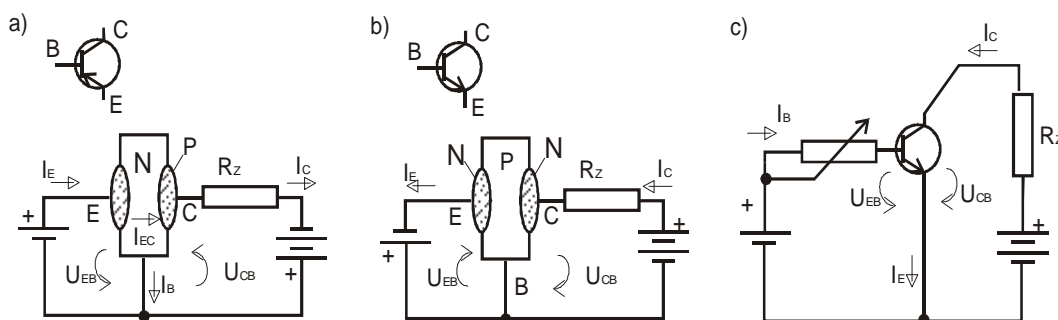
Při styku oblasti P a oblasti N vznikne na přechodu usměrňovací efekt, který je základem funkce polovodičové *usměrňovací diody* na Obr. 28. Elektrony při tom přecházejí z oblasti N do oblasti P, takže v tzv. *přímém směru* má dioda malý odpor, v opačném *zpětném směru* velký odpor.



Obr. 28 Polovodičové usměrňovací diody a jejich schematická značka

a) plošná dioda, b) hrotová dioda, c) schematická značka

N, P - oblasti vodivosti (germanium, indium), L - antimonová pájka, U - kovová podložka, S - přímý směr,
1 - přívody, 2 - skleněné pouzdro, 3 - wolframový drát



Obr. 29 Různé typy tranzistorů a jejich schématické značky a zapojení

a) tranzistor PNP, b) tranzistor NPN, c) zapojení tranzistoru NPN,

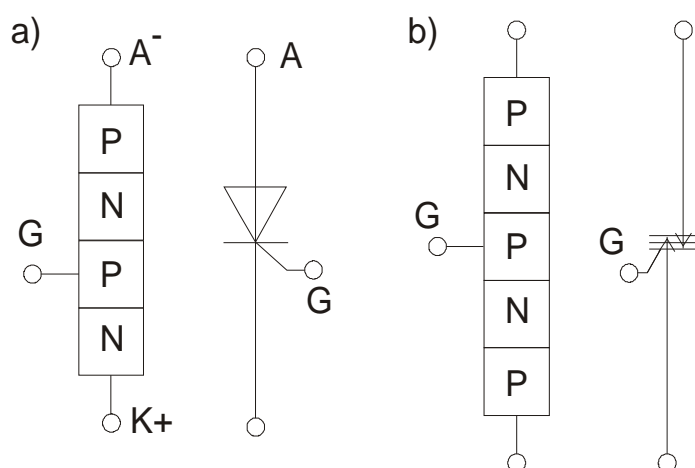
P, N - oblasti vodivosti, E - emitor, C - kolektor, B - báze, U_{EB} - napětí emitor-báze, U_{CB} - napětí kolektor-báze, U_{CE} - napětí kolektor-emitor, I_E, I_B, I_C - proud emitoru, báze a kolektoru, I_{EC} - proud tekoucí z emitoru do kolektoru

Jsou-li oblasti P a N uspořádány podle Obr. 29, vznikne zesilovací součástka - *tranzistor* PNP nebo NPN, který má tři elektrody: bázi B, emitor E a kolektor C. Tranzistor je možné zapojit se společnou bází, emitorem nebo kolektorem. Nejčastěji se zapojuje se společným emitorem podle Obr. 29, kdy jsou jeho zapojení i funkce porovnatelné se zapojením vakuové triody. Zesílení tranzistoru vzniká tím, že malý proud, který proudí do báze vlivem napětí U_{EB} , vyvolá úměrně velký proud mezi kolektorem a emitorem zapojenými v obvodu napětí U_{CE} společně se zatěžovacím rezistorem R_z . Tranzistor je proto řízen proudem do báze. Proudové zesílení tranzistoru, které se označuje h_{21} nebo β a bývá několik desítek až několik stovek, se nazývá *proudový zesilovací činitel*.

Diody i tranzistory jsou tedy germaniové nebo křemíkové podle materiálu substrátu. Pro automatizační prostředky se vesměs používají křemíkové polovodiče, protože mohou pracovat při vyšší okolní teplotě i přes 100 °C, a proto jsou spolehlivější. Nejvyšší teplota

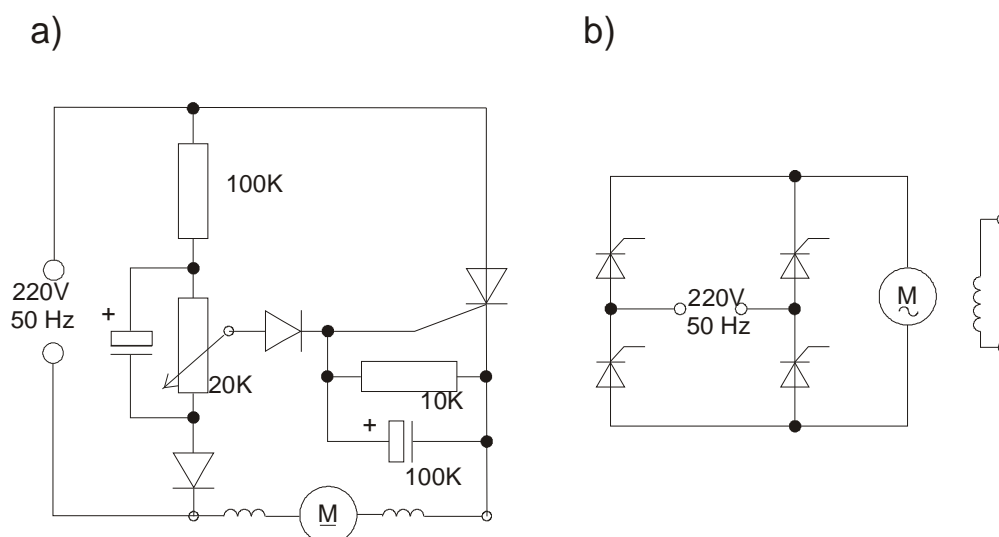
okolí je omezena teplotou vlastního substrátu, která může být u křemíku až 200 °C, kdežto u germania pouze 90 °C.

Proti elektronkám mají tranzistory výhodu ve vyšší spolehlivosti, v mnohem menších rozměrech, v malém ztrátovém výkonu, protože nepotřebují) žhavení, v menším pracovním napětí a v nižší ceně. Nevýhodou tranzistorů proti elektronkám je malý vstupní odpor (kromě zvláštních typů), větší změna jejich vlastností s teplotou a větší zpoždění (opět kromě zvláštních typů).



Obr. 30 Polovodičové spínače

a) tyristor, b) triak



Obr. 31 Využití tyristoru pro řízení otáček univerzálních elektromotorku

a) v jednoduchém zapojení, b) v můstkovém zapojení

Jsou-li polovodičové oblasti P a N zařazeny do série podle Obr. 30a, vzniká *tyristor*. Z obrázku je patrné, že to jsou dvě diody zapojené proti sobě, takže mají v obou směrech

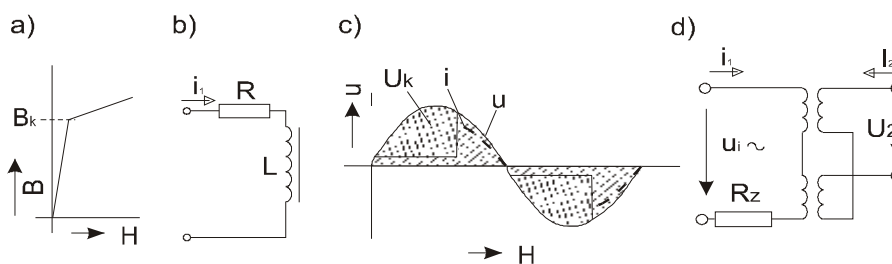
mezi anodou A a katodou K velký odpor. Přivedením napětí na třetí elektrodu G klesne odpor v přímém směru jako u dvou plošných diod zapojených v sérii a zůstane velký odpor ve zpětném směru (tzv. *zpětně závěrný tyristor*). Pokud proud procházející tyristorem neklesne pod hodnotu tzv. *vratného proudu*, nezanikne ani při poklesu napětí na elektrodě G na nulu. Tyristor "zhasne" (přejde z *propustného* do *blokovacího stavu*) pouze při poklesu tohoto proudu (vlivem poklesu anodového napětí) pod hodnotu vratného proudu nebo krátkodobým přepólováním anodového napětí.

Tyristor se proto chová jako tyatron, který jsme již poznali, má však proti němu určité přednosti. Jsou to: velký rozsah spínaných napětí od 20 V do 1000 V i více, rozsah spínaného proudu od 1 A do několika stovek ampérů, větší účinnost, menší úbytek napětí, kratší spínací doba, velké rozmezí pracovních teplot, okamžitá schopnost provozu - odpadá žhavení, velká spolehlivost, malé rozměry i hmotnost.

Tyristory se používají pro řízení stejnosměrného proudu, nejčastěji však jako řízené usměrňovače střídavého proudu, které přecházejí z propustného do blokovacího stavu při každém průchodu napětí, nulou a znovu se "zapalují" jedním nebo více impulsy. V této funkci je možné je použít i pro regulaci otáček univerzálních elektromotorků, např. podle Obr. 31a. Protože proud motorkem má v tomto zapojení nejvýše polovinu efektivní hodnoty střídavého proudu, používá se často podle Obr. 31b můstkové zapojení čtyř tyristorů, využívajícího řízení proudu v obou polaritách, a to zejména pro velké proudy a výkony.

Souměrným řazením oblastí P a N podle Obr. 31 vznikne souměrný polovodičový spínač neboli *triak*. Vzhledem ke své symetrii spíná při přivedení řídicího napětí na třetí elektrodu G proud- v obou směrech. Proto se používá pro řízení velikosti střídavého proudu, hlavně pro regulaci otáček sériových střídavých elektromotorků, pro regulaci osvětlení atd. Schéma zapojení je podobné jako na Obr. 31a, zátěží však prochází střídavý proud.

Společnou nevýhodou tyristorů i triaků danou velkou rychlostí jejich spínání je ostrá hrana průběhu spínaného proudu, která v napájecí síti vyvolává velký obsah vyšších harmonických, a tím i rušení rozhlasového a televizního vysílání i různých jiných zařízení připojených na síť. Proto se tyristorová a triaková zařízení opatřují filtry nebo se používá zvláštní zapojení řídicího obvodu, které spíná triak pouze při průchodu napětí nulou. Tím se velikost střídavého proudu řídí spínáním celých period. Zapojení řídicího obvodu je však poměrně složité, a proto se vyrábí jako integrovaný obvod.



Obr. 32 Zapojení magnetických zesilovačů

a) magnetizační křivka, b) přesytky, c) průběh proudu a napětí přesytkou, d) kompenzace indukovaného napětí u dvou přesytek

C. Magnetické zesilovače řídí velikost proudu změnou indukční reaktance, a proto s větší účinností než při změně odporu např. u reostatů. Základem magnetických zesilovačů je *přesytka*, tj. tlumivka se železným jádrem ze speciálního materiálu, pracující částečně v oblasti přesyčení. Její vlastnosti jsou znázorněny na Obr. 32. Je-li obvod složený z přesytky L a pracovního rezistoru R připojen na zdroj střídavého napětí u , pak při jeho sinusovém průběhu podle Obr. 32 nejprve prochází malý magnetizační proud. Při dalším průběhu napětí u materiál jádra dosáhne při tzv. kritickém napěťovém množství (které je dáno integrálem napětí podle času) bodu B_k na magnetizační křivce. Indukční reaktance přesytky prudce poklesne a proud v obvodu bude určen pouze okamžitou hodnotou napětí u a odporu R až do průchodu napětí nulou, kdy se celý pochod opakuje. Vidíme, že průběh řízeného proudu je podobný jako při řízení tyratronem a triakem.

U magnetických zesilovačů samo střídavé napětí u k přesyčení jádra nestačí, a proto tlumivkou prochází zanedbatelný magnetizační proud. Aby došlo k přesyčení, musí na jádro působit další magnetomotorické napětí. Toho se dosáhne dalším (řídícím) vinutím připojeným na zdroj stejnosměrného napětí U_2 . Řídícím vinutím prochází proud I_2 , jehož velikost určuje okamžik přesyčení jádra, a tím i střední velikost pracovního proudu I_1 . Protože by se v řídícím vinutí (jako u transformátoru) indukovalo střídavé napětí, které by se přes zdroj napětí U_z uzavíralo nakrátko, používá se buď tlumivky, nebo dvou přesytek (Obr. 32d), jejichž řídící vinutí jsou zapojena v sérii proti sobě, takže napětí indukovaná v obou vinutích se navzájem ruší. Přesytka s tlumivkou v řídícím vinutí se nazývá *transduktor*. Popsaný magnetický zesilovač je zesilovač s tzv. nuceným buzením. Existují ještě jiná zapojení magnetických zesilovačů, která např. využívají kladné vnitřní zpětné vazby, a dosahují tak výkonového zesílení 10^4 až 10^6 .

Výhodou magnetických zesilovačů proti zesilovačům elektronickým je větší účinnost, jednoduchost, nízká cena (pro vyšší výkony), velká spolehlivost a životnost. Nevýhodou je velká hmotnost, velká spotřeba mědi nebo hliníku na vinutí, velké zkreslení sinusového průběhu proudu i_l , a tím vznikající velký počet harmonických a větší zpoždění, které (jak plyne z principu funkce) je nejméně jedna půlperioda. Proto se magnetické zesilovače pro rychlé obvody napájejí střídavým napětím s vyšší frekvencí, např. 400 Hz.

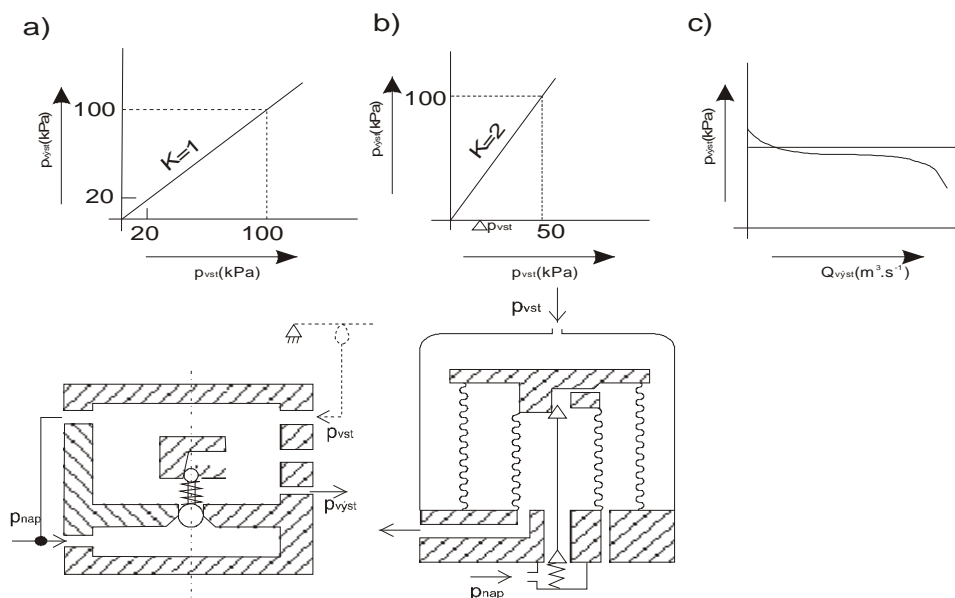
Pro svoje nevýhody ve velké hmotnosti, značných rozměrech a velké spotřebě vzácných kovů jsou magnetické zesilovače vytlačovány polovodičovými.

2.3.2.3.2 Pneumatické výkonové zesilovače

Pneumatické výkonové zesilovače se používají jednak pro výkonové zesílení všech signálů vystupujících ze systému klapka-tryska, jednak pro výkonové zesílení signálů pro pohony, především pístové (v tomto případě tvoří konstrukční celek s korektory). Nespojité zesilovače se v konvenční pneumatické regulaci nepoužívají.

Výkonové zesilovače určené k zesilování výstupního signálu systému klapka-tryska lze rozdělit do dvou skupin, a to na:

- zesilovače s tlakovým zesílením rovným **1** a průtokovým zesílením větším než **1**,



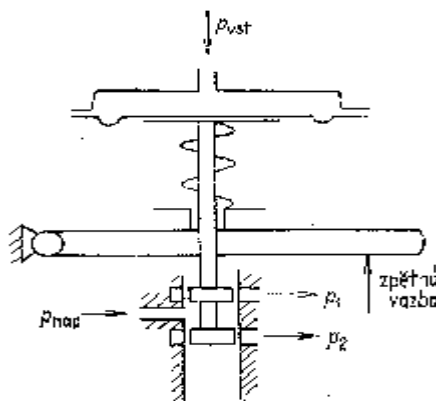
Obr. 33 Pneumatické výkonové zesilovače

- a) membránový zesilovač, tlakové zesílení 1, zesílení průtoku až 10, statická charakteristika,
 b) vlnovcový zesilovač, tlakové zesílení až 20, zesílení průtoku až 20, statická charakteristika
 c) zatěžovací charakteristika výkonového zesilovače

- zesilovače s tlakovým i průtokovým zesílením větším než 1. Podstatné je, že rozsah výstupního signálu je u obou zesilovačů stejný, a to 20 až 100 kPa. Na obrázku (Obr. 33) jsou znázorněny konstrukce obou typů, přičemž ve verzi s tlakovým zesílením jsou použity jako konstrukční prvek membrány, ve verzi se zesílením větším než 1 jsou použity vlnovce.

Průtok vzduchu u těchto zesilovačů je řádově několik desítek litrů za minutu a je dán charakteristikou dvoukuličkového či dvoukuželového ventilku, což obvykle postačuje požadavkům plnění potrubí i plnění komor menších membránových ventilů nebo přijímacích vlnovců přístrojů. Frekvence těchto systémů je maximálně asi do 10 Hz.

Výkonové zesilovače určené k napájení pohonů, především pístových, jsou obvykle tvořeny šoupátkem, které dává dostatečně velké zesílení průtoku, který je hlavním činitelem rozhodujícím o dynamice pohonu. Šoupátko dává rovněž diferenční výstupní signál potřebný pro pístové pohony (Obr. 34). Tyto zesilovače také několikanásobně zvětšují i tlak výstupního signálu, který rozhoduje o ovládací síle pohonu. Tlakový rozsah výstupního signálu již není unifikovaný, ale je podstatně větší. Maximální frekvence se pohybuje řádově v hertzech.



Obr. 34 Pneumatický výkonový zesilovač se šoupátkem

Ve *fluidikových systémech* se obvykle výkonové zesilovače liší od ostatních typů především dostatečně dimenzovanými kanály, a to bez ohledu na to, zda jde o zesilovače spojité či nespojité. Jejich vnější vzhled je však na první pohled těžko rozeznatelný např. od operačního zesilovače. Maximální frekvence těchto zesilovačů je podstatně vyšší a pohybuje se ve stovkách hertzů až do několika kilohertzů. Dosahovaná zesílení jsou řádově 10^3 , dosahované výstupní výkony od několika wattů do několika kilowattů, podle typu a konstrukce.

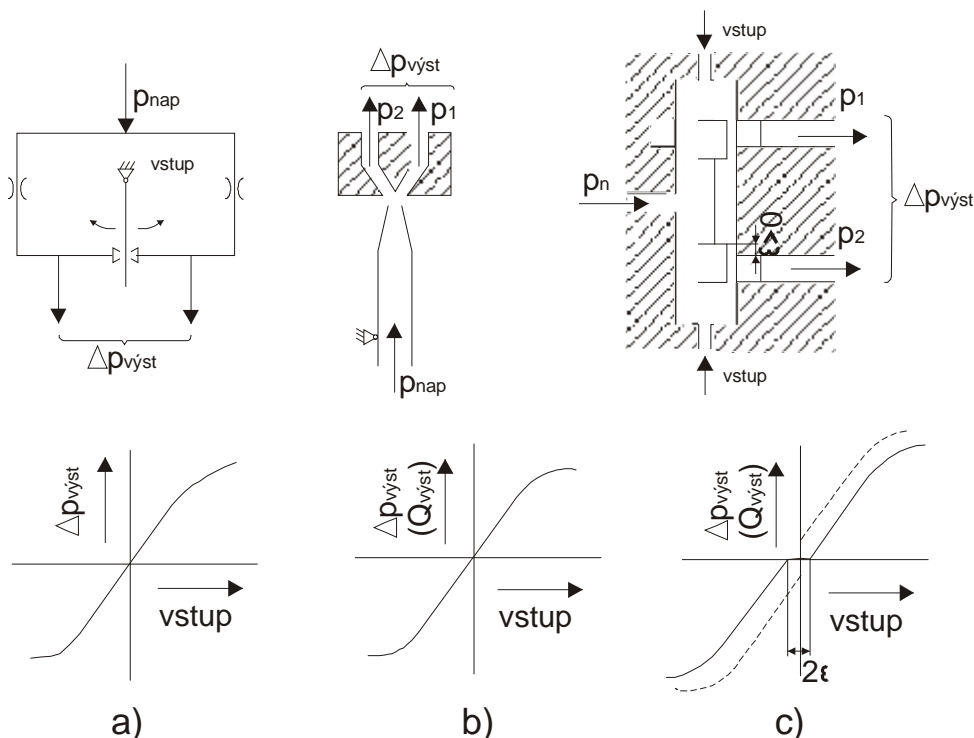
2.3.2.3.3 Hydraulické výkonové zesilovače

Hydraulické zesilovače jsou regulátory proudu kapaliny. Jejich provozní spolehlivost je nejméně taková jako u elektrických zesilovačů. Jejich stavební objem vztažený na výkon je podstatně menší a dosahuje $1 \cdot 10^{-3} \text{ N.W}^{-1}$ tíhy na jednotku výkonu. Tato hodnota se vztahuje zvláště na vysokotlakou hydrauliku, která dnes pracuje v rozmezí tlaků 20 až 40 MPa a v některých případech dosahuje hodnoty až 200 MPa.

Regulace proudu kapaliny se u základních systémů děje:

- škrcením - vytvořením tzv. *servoventilu*,
- regulací zdvihového objemu regulačních čerpadel,
- využitím hydrodynamických zákonů proudění (fluidika).

Dosahovaná výkonová zesílení se pohybují řádově až do 10^6 , takže např. výstupním signálem 50 mW je možné ovládat výstupní výkon 50 kW i více. Omezen je minimální výstupní výkon, který nemůže být menší než několik wattů.



Obr. 35 Hydraulické zesilovací členy (rozvody) s charakteristikami

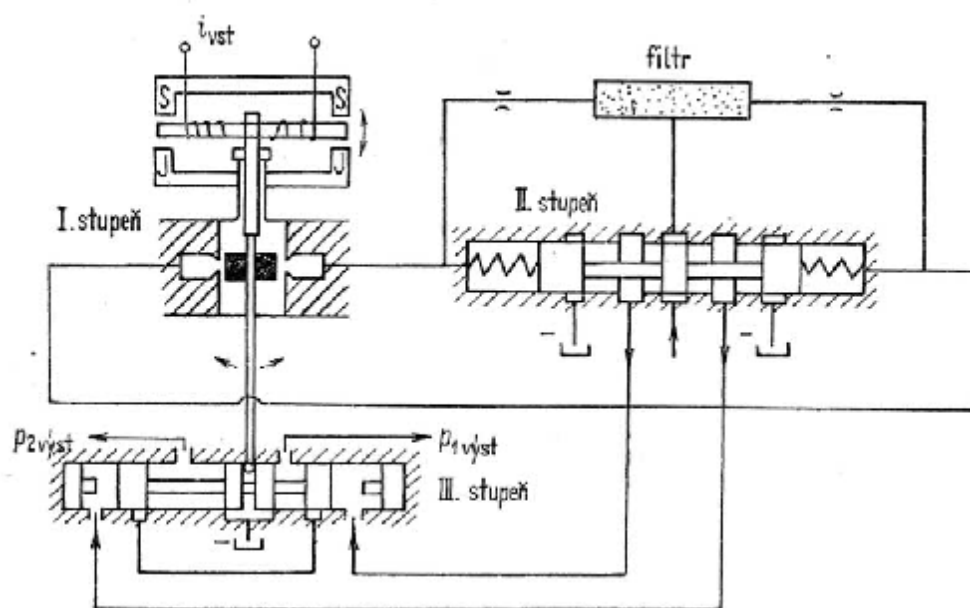
a) dvoutrýskový, b) s vychylovací tryskou (Askania), c) šoupátkový

Hydraulické výkonové zesilovače bývají konstrukčně spojeny se vstupní jednotkou - převodníkem - a tvoří pak elektricko-hydraulický nebo pneumaticko-hydraulický

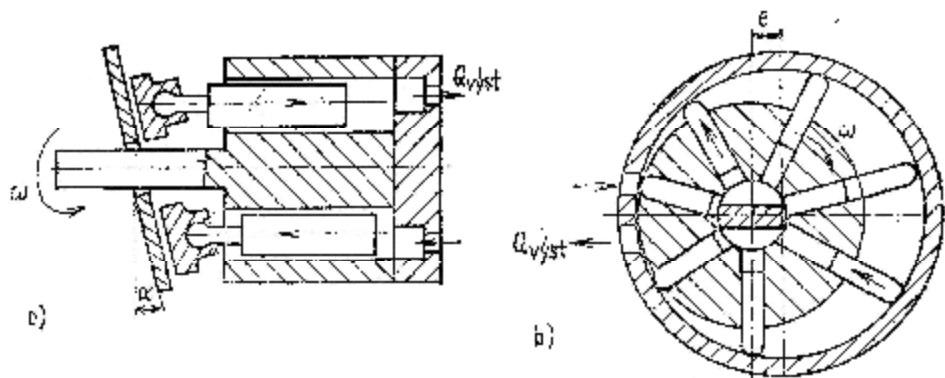
servoventil. Na Obr. 35 jsou znázorněny obvyklé hydraulické zesilovací členy - rozvody. Zesílení tryskového rozvodu (Askania - Obr. 35b) je asi 100 při výstupním výkonu 100 W, dvoutryskového rozvodu (Obr. 35a) asi 780 při výstupním výkonu asi 39 W, šoupátkového rozvodu (Obr. 35c) asi 430 při výstupním výkonu až 100 kW. Pro veliké výkony jsou zesilovače konstruovány jako několika.stupňové (Obr. 36). Zpětné vazby jsou v zesilovačích realizovány mechanicky, tlakově nebo elektricky. Časové konstanty systému s elektrickou zpětnou vazbou dosahují hodnot kolem 10^{-3} s a jsou téměř o jeden řád lepší než u systémů s mechanickou zpětnou vazbou. Také přesnost kolem 2 μm a hystereze 0,005 % jsou podstatně lepší.

Regulační čerpadla, tj. čerpadla s regulovatelným zdvihovým objemem (Obr. 37) na jednu otáčku, odpovídají analogicky elektrickým generátorům s konstantním napětím a proměnným proudem. Řízení průtoku přímou regulací zdvihu regulačního čerpadla umožňuje regulaci průtoku s malými ztrátami. Celková účinnost zařízení, tj. čerpadla a připojeného hydromotoru, se pohybuje kolem 85 %. Pro dobré čerpadlo můžeme uvažovat zesílení průtoku kolem 5000, tj. o jeden řád vyšší než u servoventilu. Hystereze se pohybuje okolo 0,01 %, časová konstanta regulace zdvihu $T = 0,025$ s, linearita je asi 1 %. Frekvence se pohybuje řádově v desítkách hertzů.

Na *fluidikové hydraulické zesilovače* se vztahuje to, co bylo řečeno o pneumatických fluidikových zesilovačích.



Obr. 36 Třístupeňový elektricko-hydraulický zesilovač



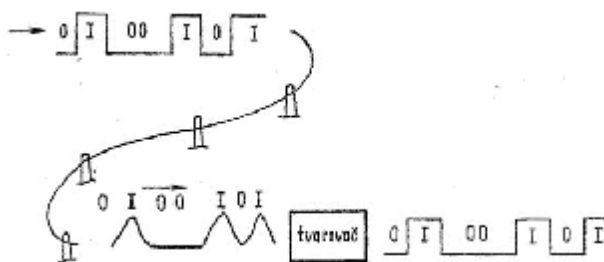
Obr. 37 Čerpadlo s regulovatelným zdvihovým objemem

- a) axiální čerpadlo, množství lze regulovat změnou úhlu α nebo otáček ω ,
 b) křídlové čerpadlo, množství lze regulovat změnou excentricity e nebo otáček ω

2.3.3 Tvarovače signálů

Používají se zásadně v diskretních přenosových vedeních a slouží k obnově původně pravoúhlého tvaru diskretního signálu, který se v důsledku frekvenčně závislého útlumu a skupinového zpoždění silně deformuje a tlumí po průchodu určitou vzdáleností. Protože pro přenos informace v diskretním tvaru na větší vzdálenosti se používá pouze elektrický nebo optický signál, jsou tvarovače signálů zařízení výlučně elektronická nebo optoelektronická. Na Obr. 38 je znázorněn signál před průchodem a po průchodu tvarovačem. Tvarovač signálů jednak obnoví původní pravoúhlý tvar signálu, jednak jeho amplitudu. Tvarovače musí být na vedení rozmístěny v takových vzdálenostech, aby se amplituda signálu po projití této vzdálenosti nezmenšila pod hodnotu vstupní citlivosti tvarovače. Vstupní citlivost tvarovače je záměrně zmenšena, aby se předešlo reagování tvarovače na náhodný vstupní šum.

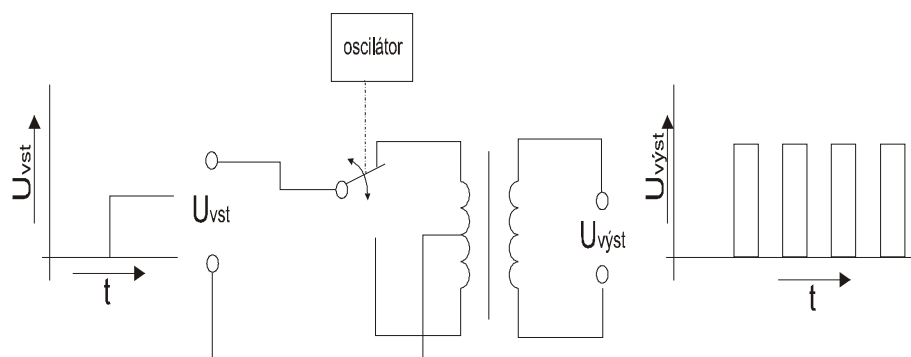
Konstrukčně jsou tvarovače řešeny jako klopný obvod s omezením výstupní amplitudy na velikost danou amplitudou přípustnou pro vedení.



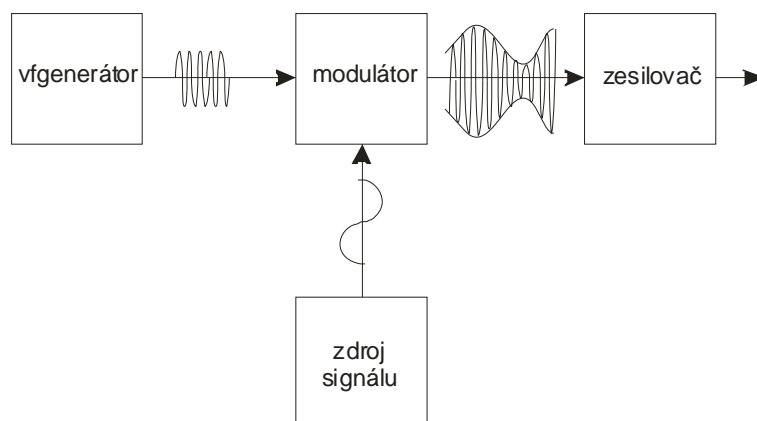
Obr. 38 Činnost tvarovače signálů na vedení

2.3.4 Modulátory

V mnoha případech, zvláště při měření, se požaduje vysoké a přesné zesílení malých stejnosměrných napětí (řádově milivoltů) a proudů (řádově nanoamperu až pikoampérů). Přímé zesílení těchto malých stejnosměrných hodnot je často velice obtížné nebo nemožné z důvodu konečné hodnoty driftu stejnosměrných zesilovačů. U střídavých zesilovačů je drift zanedbatelný. Proto převedením těchto malých stejnosměrných hodnot na střídavý signál s proměnnou amplitudou se tomuto problému vyhneme. Jindy opět vyjádříme nízkofrekvenční signál pomocí vysokofrekvenčního, abychom umožnili přenos nebo lépe využili vlastností přenosového kanálu. Tento postup nazýváme modulace a odpovídající prostředky modulátory. Střídavou nízkofrekvenční (u stejnosměrného signálu) nebo vysokofrekvenční složku nazýváme nosná (složka, frekvence). Ta může mít průběh harmonický nebo nespojitý. Nespojitý průběh získáme použitím elektromechanických nebo elektronických přerušovačů, harmonický průběh použitím harmonických oscilátorů. Informaci nízkofrekvenčního signálu můžeme vyjádřit změnou amplitudy, informaci vysokofrekvenčního signálu změnou frekvence či fáze.



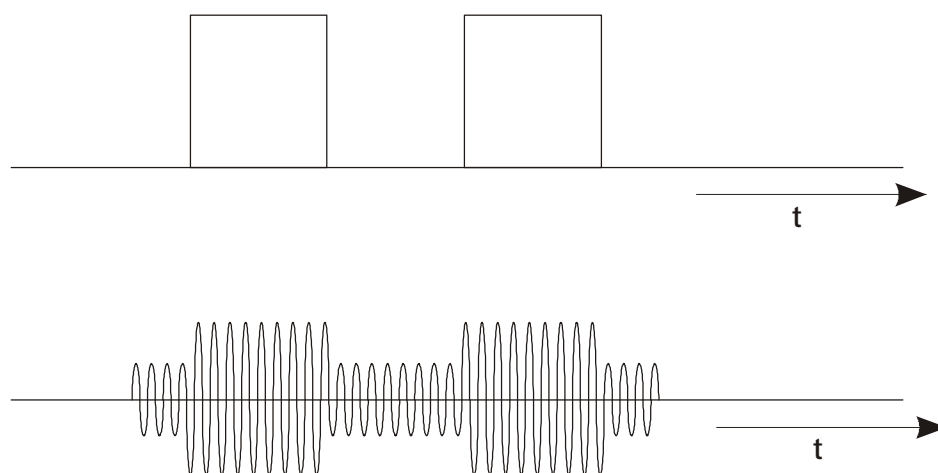
Obr. 39 Princip činnosti elektromechanického přerušovače



Obr. 40 Blokové schéma modulátoru

Na obrázku (Obr. 39) je znázorněn princip přerušovače s následnou transformací původně konstantního stejnosměrného signálu. Přerušovací frekvence je u starších elektromechanických přerušovačů dána elektromechanickým oscilátorem (Wagnerovo kladívko), u elektronických přerušovačů je bezkontaktný přepínač řízen elektronickým oscilátorem. Na obrázku (Obr. 40) je schéma amplitudové modulace nosné frekvence nízkofrekvenčním signálem.

Zcela speciální typ modulátorů jsou tzv. modemy. Jejich zvláštnost spočívá v tom, že neprovádějí převod spojitého stejnosměrného signálu na střídavý, ale převod signálu nespojitého (Obr. 41) na střídavý. Důvodem není nízká úroveň nespojitého signálu, ale analogový charakter spoje. Název modem vznikl spojením modulátor a demodulátor.



Obr. 41 Princip modulace nespojitého signálu

Modemy se od sebe liší jednak přenosovou rychlostí, která může být 200, 600, 1 200, 2400, 4800, 9 600 bit/s, jednak způsobem modulace signálu a způsobem zabezpečení spolehlivosti přenosu signálu. Modulace souvisí s přenosovou rychlostí. Pro nejnižší rychlosti je to modulace binárně frekvenční nebo amplitudová, pro vyšší frekvenční nebo fázová, pro nejvyšší kombinovaná několikastupňová amplitudově fázová. Úroveň zabezpečení spolehlivosti přenosu rovněž roste s rychlostí. Pro nízké rychlosti přenosu je to zabezpečení paritou, pro vysoké rychlosti některým ze složitějších způsobů zabezpečení.

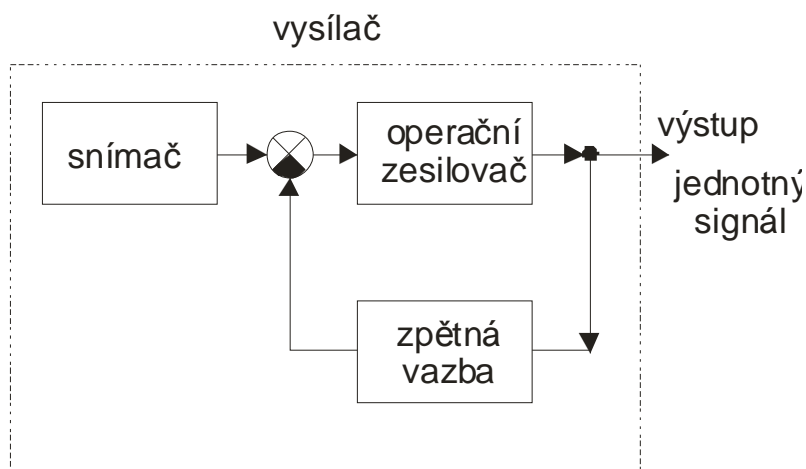
2.3.5 Převodníky

Převodníky jsou obecně zařízení sloužící k převodu signálů z jedné energetické úrovně na druhou, z jednoho druhu energie na druhý, z jednoho informačního parametru na druhý, popř. z průběhu spojitého na nespojitý či naopak. Základními stavebními prvky převodníků jsou operační zesilovače s příslušnou zpětnou vazbou a výkonový zesilovač u převodníků převádějících pouze úroveň signálů. U mezi systémového převodníku (různé energie) je nezbytný převodový člen umožňující přechod z jednoho druhu energie na druhý.

2.3.5.1 Převodníky přirozeného signálu na jednotný

Tyto převodníky se nazývají obvykle vysílače měřené veličiny. Jsou tvořeny vlastním čidlem příslušné fyzikální veličiny a operačním zesilovačem s odpovídající zpětnou vazbou, pomocí níž se upraví zisk a linearita zesilovače tak, aby rozsah výstupního signálu odpovídal rozsahu jednotného signálu systému, pro který je převodník určen. Obvykle se zpětná vazba nazývá podle nositele informace, který ji realizuje. Např. zpětná vazba proudová, napěťová, silová, výchylková apod. Blokové schéma vysílače je na Obr. 42. Podle druhu přirozeného signálu a požadovaného druhu výstupního signálu je třeba někdy použít pomocný mezipřevod. Např. při převodu teploty na pneumatický signál se používá mezipřevod na sílu (méně často na výchylku) apod.

Výsledné statické i dynamické vlastnosti vysílače určují vlastnosti samotného čidla a charakter zpětné vazby. U mechanických zpětných vazeb dáváme přednost zpětné vazbě silové před výchylkovou, neboť je lepší jak po statické stránce (menší nelinearity, vyšší přesnost), tak i po stránce dynamické (menší časové konstanty, větší frekvenční rozsah).



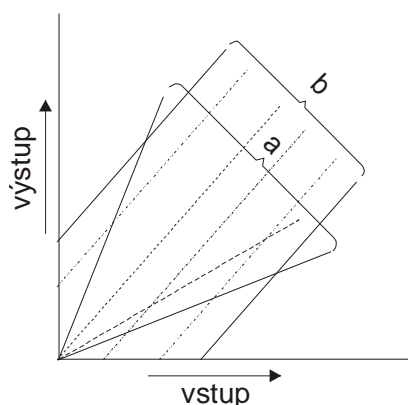
Obr. 42 Blokové schéma vysílače měřené veličiny

Vysílače měřených veličin jsou konstrukčně značně rozmanité, neboť pro každou fyzikální veličinu i pro každý její rozsah, popř. pro každý druh jednotného signálu musíme mít jiný operační zesilovač, mezipřevod nebo alespoň jinou zpětnou vazbu. Změny rozsahu vstupního signálu (přizpůsobení - při zachování rozsahu výstupního signálu) jsou v určité míře umožněny změnou nastavení zpětné vazby. Na obrázku (Obr. 43) jsou naznačeny možné změny statické charakteristiky vysílače:

a - změnou zesílení zpětné vazby,

b - změnou předpětí zpětné vazby (přičtením konstanty v obvodu zpětné vazby).

Obě změny je možné provést současně, ovšem v omezeném rozsahu, a tak optimálně přizpůsobit převodník měřenému objektu.



Obr. 43 Charakteristika vysílače nebo převodníku

a - změna charakteristiky, kterou je možné způsobit změnou zesílení zpětné vazby,

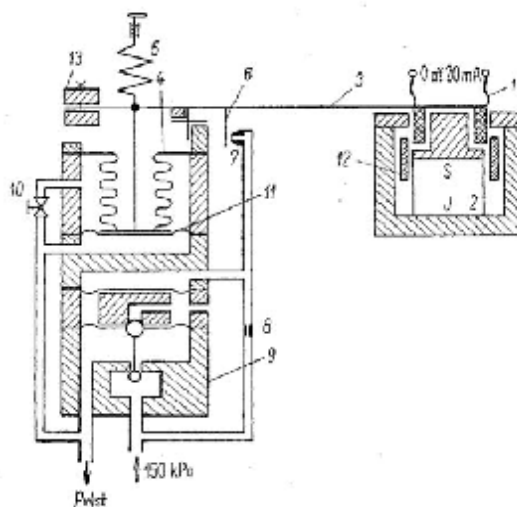
b - změna charakteristiky, kterou je možné způsobit změnou předpětí zpětné vazby

2.3.5.2 Mezisystémové převodníky

Mezisystémové převodníky se od předchozích liší v tom, že se používají k převodu jednotného signálu jednoho systému na jednotný signál systému jiného. Jde o převod pneumatického unifikovaného signálu na některý z elektrických jednotných signálů, nejčastěji 0 až 20 mA (ss), některého z elektrických jednotných signálů na pneumatický unifikovaný signál 20 až 100 kPa. Tato zařízení jsou konstruována obvykle jako samostatné jednotky s výjimkou elektricko-pneumatických korektorů. Převodníky elektricko-hydraulické a pneumaticko-hydraulické jsou již obvykle konstrukčně zabudovány v hydraulických jednotkách, které tvoří uzavřený kompaktní celek i se zdrojem tlakové kapaliny a nejsou budovány stavebnicově.

2.3.5.2.1 Elektricko-pneumatické převodníky

Elektricko-pneumatické převodníky se konstruují většinou na základě silového vyrovnání elektrické a pneumatické soustavy např. podle obrázku (Obr. 44). Vstupní signál převodníku - jednotný elektrický signál (např. 0 až 20 mA) se zavádí do cívky 1 elektrodynamické soustavy s trvalým magnetem 2. Síla působící na cívku vyvolá na páce 3 moment, který je vyvážen momentem síly působící na zpětnovazební vlnovec 4, vystavený tlaku výstupního vzduchu $P_{výst}$. Moment síly daný základním tlakem 20 kPa je vyvážen tlakem pružiny 5. Při zvětšení vstupního proudu se zvětší i síla působící na cívku 1. Páka 3 se pohne směrem vzhůru a klapka 6 pneumatické soustavy se přiblíží k trysce 7. Tak stoupne tlak ve vstupní komoře pneumatického zesilovače 9, a tím i na jeho výstupu. Již malé stoupenutí tlaku $P_{výst}$, který zpočátku působí na celou plochu membrány 11, stačí vrátit páku 3 zpět, avšak tlakový vzduch proudí přes škrticí ventil 10 na druhou stranu membrány, jejíž plocha je zmenšena o plochu vlnovce 4, tak dlouho, až se tlaky na obou stranách membrány vyrovnají. Tlak výstupního vzduchu proto pomalu stoupá, až se ustálí na konečné hodnotě odpovídající velikosti vstupního proudu.



Obr. 44 Elektricko-pneumatický převodník

1,2 - cívka a magnet elektrodynamické soustavy, 3 - páka, 4 - zpětnovazební vlnovec, 5 - vyvažovací pružina, 6, 7, 8 - klapka, tryska a clona pneumatické soustavy, 9 - pneumatický zesilovač, 10 - škrticí ventil, 11 - membrána, 12 - bočník magnetu, 13 - závaží

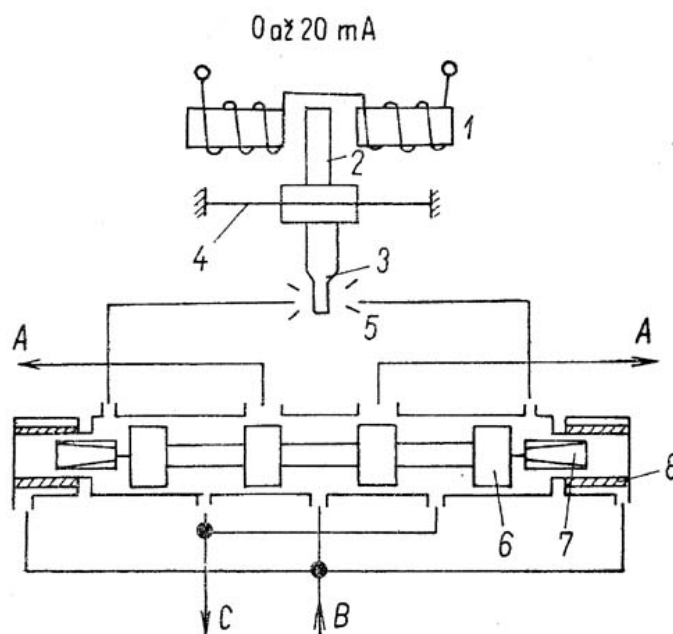
Škrticí ventil 10 tvoří s vlnovcovou komorou pneumatický člen RC, zapojený tak, že tlumí kmity páky 3, která je vzhledem ke své značné hmotnosti i délce náchylná ke kmitání. Rozsah převodníku - jeho zesílení - se nastavuje bočníkem 12 magnetu 2, který upravuje velikost magnetického toku v mezeře magnetu působící na cívku 1.

2.3.5.2.2 Elektricko-hydraulické převodníky

Na rozdíl od elektricko-pneumatických převodníků, které se někdy zařazují i do jiných míst řetězce regulátorů, např. mezi elektrický snímač a pneumatický ústřední člen regulátoru, se elektricko-hydraulické převodníky zařazují výlučně před servomotor.

Moderní elektricko-hydraulický převodník je na obrázku (Obr. 45). Je to hydraulická analogie Wheatstonova můstku. Vstupní elektromechanický převodník je elektromagnetická soustava skládající se z cívek 1 a kotvy 2. Proměnné hydraulické odpory dané průměry trysek 5 a jejich vzdáleností od klapky 3 tvoří dvě větve hydraulického Wheatstonova můstku. Od čerpadla proudí olej k tryškám přes filtry 8 a výřezy v pístcích 7. Tyto výřezy jsou další dva proměnné odpory v protilehlých větvích. Rozdílem tlaku oleje před pístkem a za pístkem jsou oba pístky neustále přitlačovány k šoupátku 6, které je druhým stupněm zesilovače.

Na rozdíl od elektricko-pneumatického převodníku, který se napojuje na ústřední rozvod stlačeného vzduchu, mívá elektricko-hydraulický převodník vlastní olejovou stanici, která je někdy konstrukčně spojena s převodníkem i servomotorem.

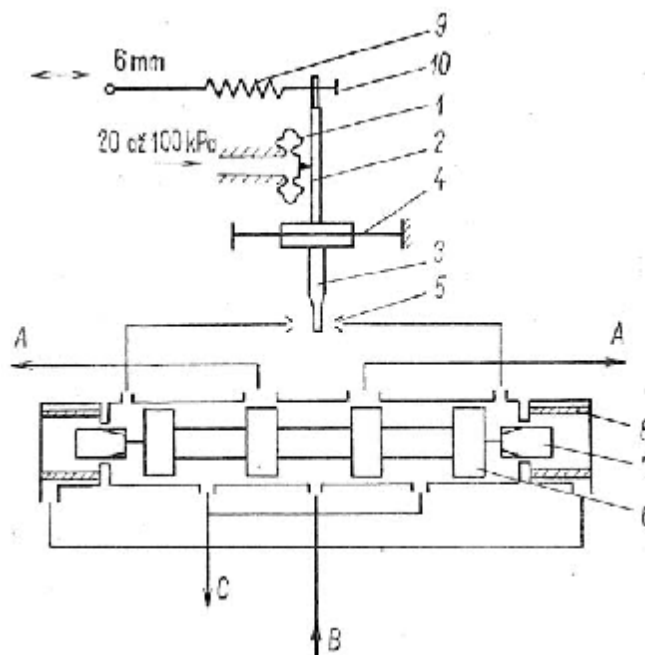


Obr. 45 Elektricko-hydraulický převodník

1 - cívky elektromagnetické soustavy, 2 - kotva, 3 - klapka, 4 - ocelová membrána, 5 - tryska, 6 - šoupátko, 7 - písty, 8 - filtr, A - k servomotoru, B - od čerpadla, C - do odpadu

2.3.5.2.3 Další typy mezisystémových převodníků

Kromě elektricko-pneumatického převodníku se někdy používá i převodník pneumaticko-elektrický, chceme-li pneumatický signál dále zpracovat elektricky. Tento převodník však není konstruován zvlášť, nýbrž použije se snímač tlaku vhodného rozsahu s elektrickým výstupním signálem.



Obr. 46 Pneumaticko-hydraulický převodník

1 - snímač tlaku, 2 - páka, 3 - klapka, 4 - ocelová membrána, 5 - trysky, 6 - šoupátko, 7 - clona, 8 - filtr, 9 - zpětnovazební pružina, 10 - seřizovací šroub, A - k servomotoru, B - od čerpadla, C - do odpadu

Funkční schéma pneumaticko-hydraulického převodníku je na obrázku (Obr. 46). Od elektricko-hydraulického převodníku na obrázku (Obr. 45) se liší jen mechanickým převodníkem, který je konstruován pro pneumatický vstupní signál 20 až 100 kPa. Převodník je vybaven zpětnou vazbou od polohy servomotoru. Vstupní signál zpětné vazby, pohyb 6 mm, se mění na sílu pomocí pružiny 9. Základní polohu servomotoru lze seřídít šroubem 10.

2.3.5.2 A/D převodník

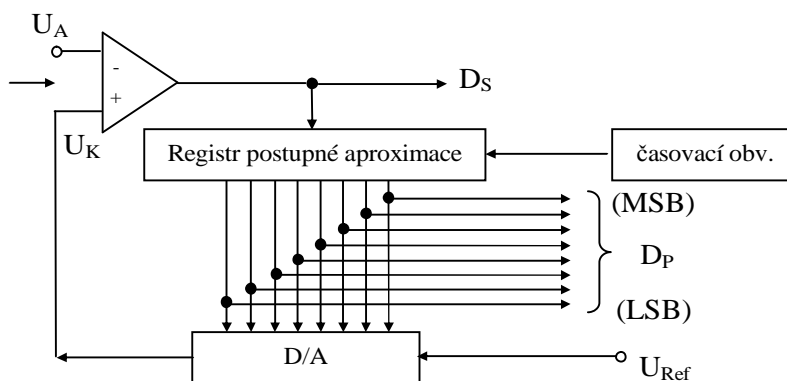
Převádí spojitý napěťový nebo proudový elektrický signál do binárního tvaru *D*. Známý jsou tři základní typy převodníků tohoto typu a sice: kompenzační, s dvojitou integrací a paralelní.

2.3.5.2.1 Kompenzační A/D převodník

Porovnává a kompenzuje vstupní napětí U_A napětím kompenzačním U_K , jehož zdrojem je D/A převodník, řízený logickým obvodem LO (aproximační registr). Převod je ukončen, je-li splněna podmínka: $U_A - U_K$ je menší než hodnota napětí U_A odpovídající bitu LSB. Činnost aproximačního registru je řízena komparátorem K, který rozhoduje o změně znaménka pro připočtení napěťové úrovně odpovídající dalšímu - nižšímu dvojkovému řádu v následném kroku (změna znaménka napětí U_K). „Náplní práce“ jednoho kroku je tedy porovnání U_A s U_K , a generování příslušného „pokynu“ pro LO. Doba a sekvenci těchto kroků určuje časovací obvod.

Paralelní číslicový signál se tedy na výstupu aproximačního registru mění krok po kroku v průběhu celého převodu až do splnění výše uvedené podmínky. Pak převodník „ohlásí“ platnost výstupních dat na některém „pinu“.

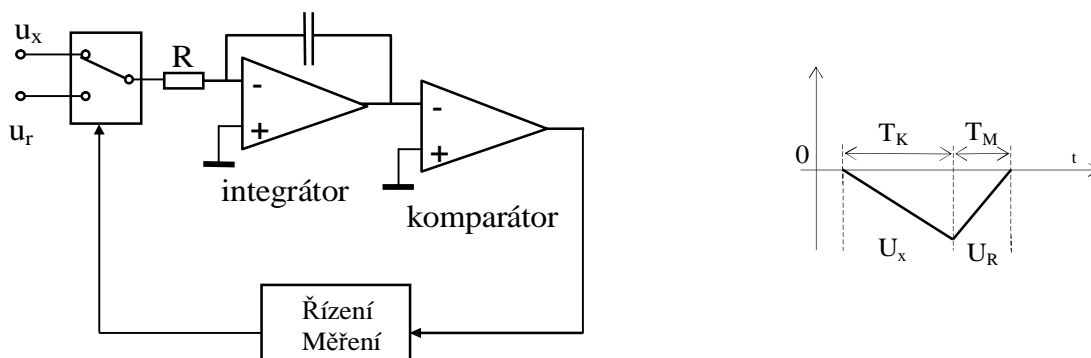
Výstup komparátoru K (signál D_s) pak v průběhu převodu poskytuje sériová data v rytmu taktovací frekvence časovacího obvodu f . Postup komparace je od MSB k LSB, jako první jde z komparátoru po lince sériových dat D_s nejvýznamnější bit.



Obr. 47 Kompenzační převodník A/D

2.3.5.2.2 Integrační převodník s dvojnásobnou integrací

Na integrátor se připojí samostatně u_x a u_r . Integrátor se v obou případech nechá po dobu $T_K = konst.$ nabít, poté se s křivkou se známou směrnicí vybíjí po dobu T_M , jež je závislá na velikosti náboje. Doba se opět převede na počet impulsů. Porovnáním doby vybití pro u_x a u_r lze stanovit u_x .



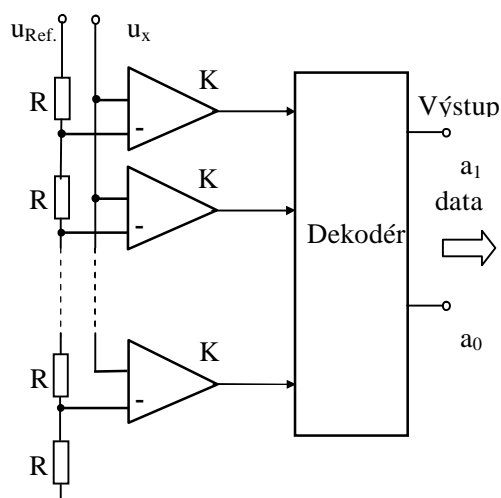
Obr. 48 Integrovní převodník s dvojnásobnou integrací

2.3.5.2.3 Paralelní A/D převodník

Je užíván pro převod zejména rychlých dějů. Mezi svorku referenčního napětí U_{ref} a společný vodič je zapojen odporový dělič, který vytváří napěťové úrovně odpovídající vahám dvojkového čísla.

Na vstupy komparátorů je přivedeno jednak napětí měřené - U_x , jednak příslušná komparační úroveň podle váhy dvojkového čísla. Pro $U_x = 0$, je na všech výstupech komparátorů napětí = 0 V. Při zvětšování U_x se postupně překlápí K_1 až K_n a na jejich výstupech se objevují postupně logické 1. Pro $U_x = U_{x \max}$ je log. 1 na všech výstupech. Dekodér pak převádí vstupní binární údaje do požadovaného kódu (BCD a pod.). Délka převodu je dána dobou přeběhu komparátorů z jedné krajní úrovně do druhé a časem pro zpracování dat dekodérem.

Nevýhodou zapojení je větší množství komparátorů pro vícebitový převodník.



Obr. 49 Paralelní A/D převodník

2.3.5.3 D/A převodník

Zajišťují převod vstupní číslicové informace (dat) D paralelního datového slova v binárním tvaru na výstupní analogové napětí U_A nebo na proud I_A , podle vztahu: $U_A = U_{ref} \cdot D$ nebo $I_A = I_{ref} \times D$, kde U_{ref} a I_{ref} jsou hodnoty referenčního stálého napětí resp. proudu. Hodnota D se vyjadřuje ve dvojkové soustavě jako:

$$D = \sum_{i=1}^{i=n} a_i \cdot 2^{-i} \quad (25)$$

,kde n je dvojkový řád slova D a a_i nabývá hodnot 0 nebo 1 podle hodnoty bitu příslušné váhy ve slově.

D/A převod je vlastně přiřazení části referenčního napětí každému bitu číslicového údaje podle jeho dvojkové váhy. Největší váhu má bit označovaný MSB (main significant bit), nejmenší LSB (least significant bit). Relativní statická chyba převodu má být zpravidla menší než 1/2 LSB.

Doba převodu T_p je dána max. dobou potřebnou k ustálení analogového výstupu na úroveň odpovídající vstupu.

D/A převodníky jsou paralelní, sériové nepřímé atd. Lze je realizovat jak obvodově, tak programově.

2.4 Servomotory

Motory, které se používají jako pohony regulačních orgánů, nazýváme servomotory. Jsou zařazeny mezi ústřední člen regulátoru a regulační orgán. Vstupní člen servomotoru musí být proto přizpůsoben výstupnímu signálu ústředního členu, výstupní člen pak regulačnímu orgánu. Konstrukce regulačních orgánů je však rozmanitá a servomotory se jí musí přizpůsobit. U regulací neelektrických veličin je vazba mezi regulačním orgánem a servomotorem vždy mechanická, např. táhlem, pákovým převodem apod. Podle spojení s regulačním orgánem se postupně vyvinuly tyto druhy servomotorů:

1. pákové servomotory s otočným pohybem výstupní páky podle Obr. 51, Obr. 52b se používají ve spojení s pákovými regulačními orgány,
2. servomotory s přímočarým pohybem výstupního táhla podle Obr. 51a, Obr. 52a se používají k přímému spojení s regulační kuželkou ventilů,

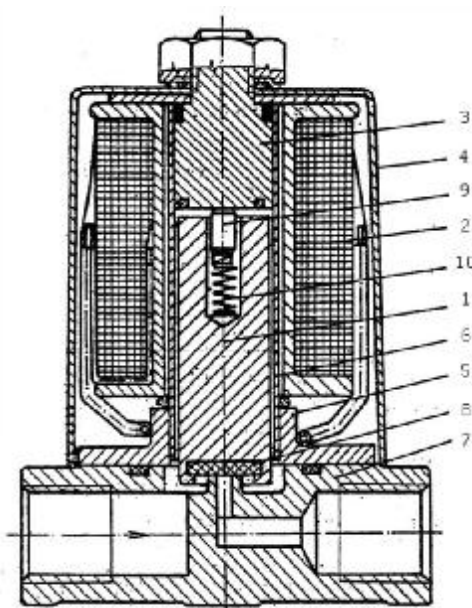
- servomotory s otočným pohybem výstupní matice se podle Obr. 51b používají k ovládní potrubních šoupátek.

Podle druhu pomocné energie můžeme servomotory rozdělit na elektrické, pneumatické a hydraulické.

2.4.1 Elektrické servomotory

Nejjednodušším elektrickým servomotorem je elektromagnet. Používá se k dvou-polohovému ovládní kuželek ventilů, brzd apod.

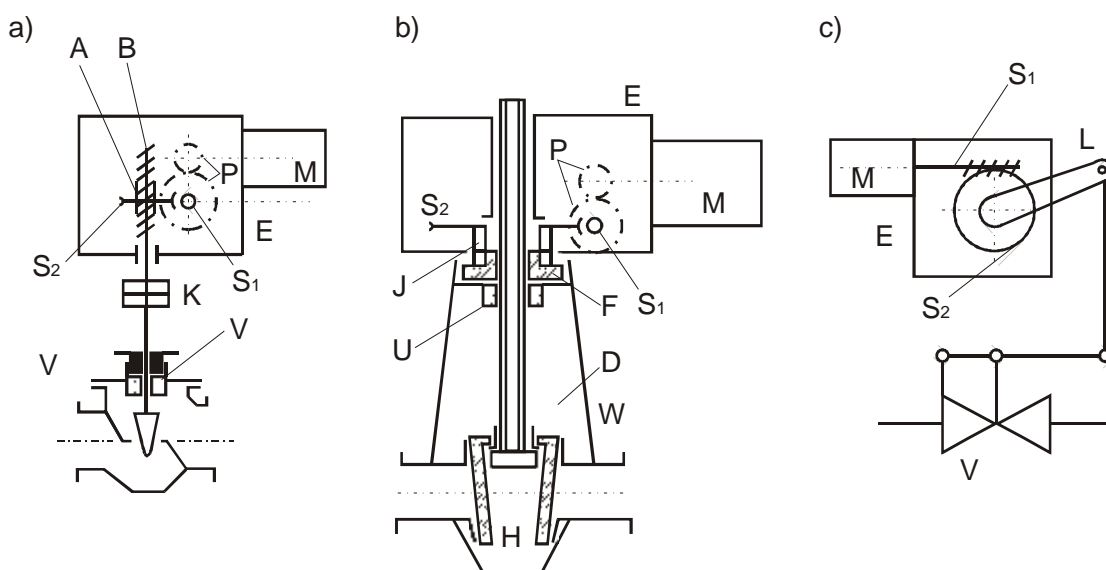
Solenoidový ventil je na obrázku (Obr. 50). Kuželka 1 tohoto ventilu je tlačena vlastní tíhou do sedla, a uzavírá tak průtok tekutiny. Zavedeme-li do cívky solenoidu elektrický proud, je kuželka z měkkého železa vtažena do cívky 2. Tím uvolní sedlo ventilu a ventilem může protékat tekutina. Po přerušení proudu spadne kuželka vlastní tíhou do sedla, a uzavře tak průtočný průřez. Magnetický tok se uzavírá přes kuželku 1, pólový nástavec 3, kryt ventilu 4 a přírubu 5. Těsnicí trubka 6 musí být z nemagnetického materiálu. Tyto jednoduché ventily se používají do světlosti kolem 10 mm. Pro větší světlosti se používají tzv. rozdílové ventily, u kterých solenoid otevírá pouze pomocný ventil hlavního pístu. Pohyb pístu, který uzavírá sedlo ventilu, pak obstarává řízená tlaková tekutina.



Obr. 50 Solenoidový ventil

1 - kuželka, 2 - cívka, 3 - pólový nástavec, 4 - kryt ventilu, 5 - příruba, 6 - těsnicí trubka, 7 - těleso ventilu, 8 - dosedací plocha kuželky, 9 - středící trn, 10 - přítlačná pružina

Pro plynulé ovládání regulačních orgánů se používají elektromotory, které spolu s různými převody ozubenými koly tvoří servomotory, a to přímočaré, pákové a otočné. Na obrázku (Obr. 51) jsou schematicky nakresleny všechny tři typy servomotorů s typickými regulačními orgány. Na obrázku (Obr. 51b) je servomotor s otočným pohybem výstupní objímky J, která zapadá do matice F ovládaného šoupátka. Otáčením objímky a matice v jednom nebo druhém smyslu se zašroubovává nebo vyšroubovává vřeteno šoupátka D opatřené závitem a spojené se srdcem šoupátka H, a tím otevírá nebo zavírá šoupátko.



Obr. 51 Elektrické servomotory

a) servomotor s přímočarým pohybem, b) servomotor s otočným pohybem, c) pákový servomotor
 E - servomotor, M - elektromotor, P - převodové soukolí, S₁ - šnek, S₂ - Šnekové kolo, K - otočná spojka, V - ventil, W - šoupátko, U - ucpávka, H - srdce šoupátka, D - dřík s vnějším závitem, F - matice šoupátka s vnitřním závitem, J - výstupní objímka servomotoru, L - výstupní páka servomotoru, A - matice s vnitřním závitem, B - hřídel s vnějším závitem ukončený otočnou spojkou K

Servomotory jsou opatřeny asynchronními elektromotory nakrátko, jednofázovými nebo trojfázovými podle požadovaného výkonu. Dále jsou opatřeny ručním kolem pro nouzové ruční ovládání a potenciometrem nebo indukčním snímačem pro zpětné hlášení polohy. Dalším příslušenstvím jsou koncové spínače pro odpojení elektromotoru v koncové poloze servomotoru.

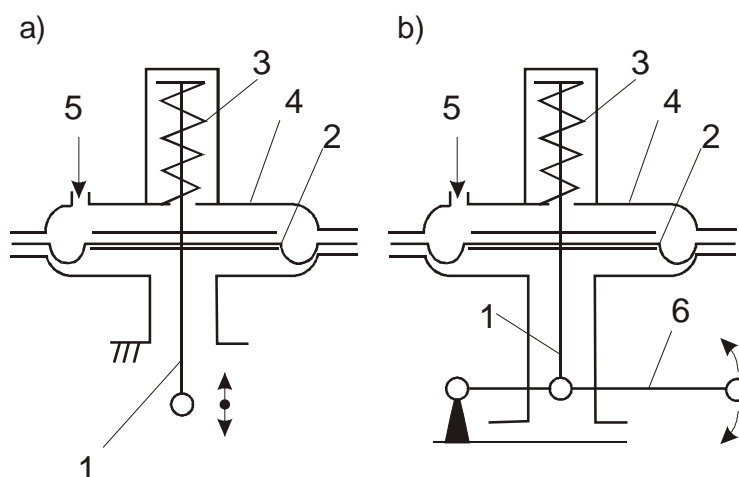
Pro řízení jednofázových asynchronních elektromotorů se používají pomocná relé, která jsou obvykle umístěna přímo v regulátoru, pro řízení trojfázových elektromotorů se používají stykače umístěné ve zvláštních skříních. Protože kontakty relé i stykačů trpí častým spínáním, používají se pro řízení motorů i složité bezkontaktní zesilovače s triaky, avšak vzhledem k jejich vysoké ceně pouze pro důležité regulační obvody.

Pro spojitě řízení servomotorů elektronických regulátorů se používají elektronické zesilovače s triaky nebo tyristory a zvláštní dvoufázové elektromotory nakrátko.

Výhodou elektrických servomotorů je, že energie pro jejich pohon je k dispozici z veřejné elektrické sítě, že jsou samosvorné - toho se u jiných druhů servomotorů dosahuje obtížně (použijí-li se v ozubených převodech šnek a šnekové kolo) - a že je lze přímo řídit počítači. Nevýhodou je jejich vyšší cena i hmotnost v porovnání s pneumatickými servomotory stejného výkonu a dále to, že při výpadku sítě přestanou okamžitě pracovat. Pro výbušná prostředí se musí vyrábět ve zvláštním provedení.

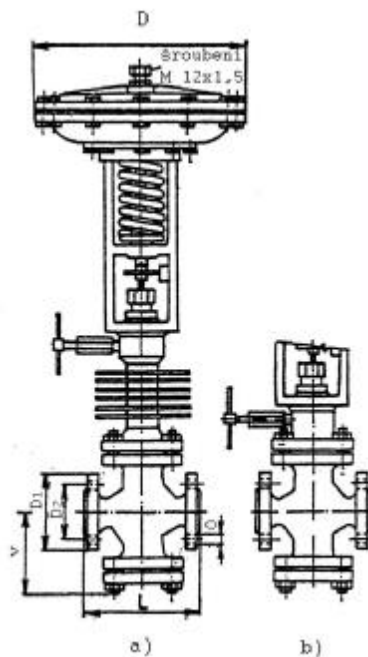
2.4.2 Pneumatické servomotory

Pneumatické servomotory pro automatické regulátory se nejčastěji vyrábějí jako membránové. U nich se jednoduše dosáhne proporcionální funkce, takže mohou být přímo řízeny jednotným pneumatickým signálem. Proto u sebe nepotřebují další zesilovač ani rozvod a mohou se jednoduše připojit jedním pneumatickým potrubím. Princip konstrukce i funkce membránového servomotoru je na obrázku (Obr. 52). Spojením membránového servomotoru s regulačním ventilem vznikne membránový regulační ventil (Obr. 53). Zvláštním typem jednoduchého pneumatického membránového servomotoru je servomotor s odvalovací membránou, který je na obrázku (Obr. 56). Jeho zdvih je několikanásobkem zdvihu normálního membránového servomotoru, má však menší průměr pístu a membrány, a proto i menší přestavnou sílu.



Obr. 52 Pneumatické membránové servomotory

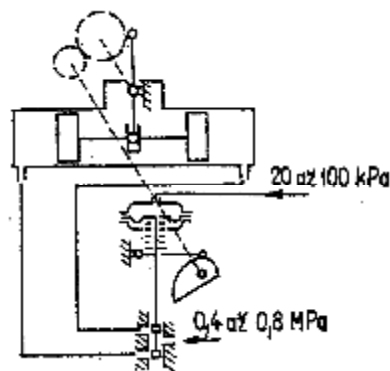
a) servomotor s přímočarým pohybem, b) pákový servomotor,
1 - táhlo, 2 - gumotextilní membrána, 3 - vyrovnávací pružina, 4 - membránová komora, 5 - přívod tlakového vzduchu, 6 - páka



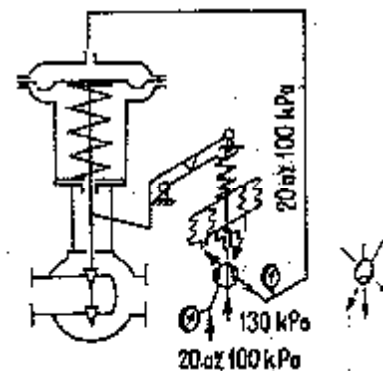
Obr. 53 Membránový regulační ventil

a) provedení s chladičem, b) provedení bez chladiče

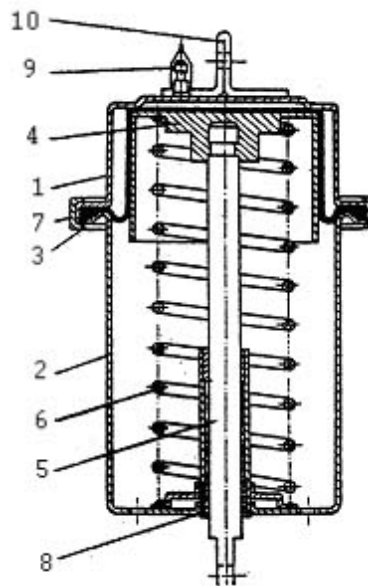
Pístové pneumatické servomotory se používají převážně pro dvoupolohové řízení. Pro spojitě řízení musí být opatřeny pevnou zpětnou vazbou a rozvodem. Používají se v přímočarém i pákovém provedení (pákové provedení je na obrázku (Obr. 54)). Také membránové pneumatické servomotory používají pro větší přestavné síly a přesnější řízení pevnou zpětnou vazbu s rozvodem a zesilovačem, která se nazývá korektor (Obr. 55).



Obr. 54 Pístový pneumatický servomotor s korektorem



Obr. 55 Schéma regulačního membránového ventilu s korektorem



Obr. 56 Lehký pneumatický servomotor s odvalovací membránou

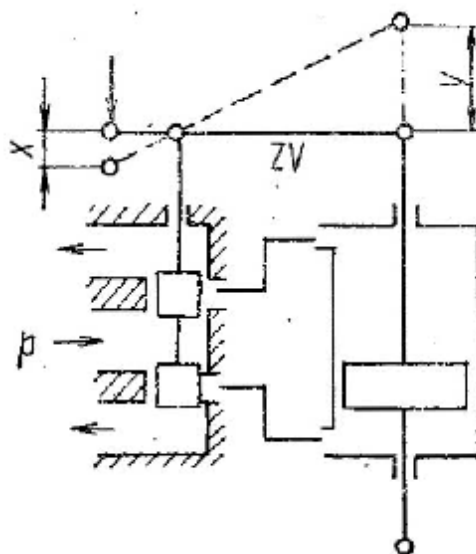
1 - víko, 2 - válec, 3 - odvalovací membrána, 4 - píst, 5 - táhlo, 6 - kompenzační pružina, 7 - spojovací objímka, 8 - vedení táhla, 9 - přívod tlakového vzduchu, 10 - montážní oko

Výhodou pneumatických servomotorů je jejich konstrukční a výrobní jednoduchost, a tím i nízká cena. Mohou se používat i ve výbušném prostředí a při stejném výkonu mají menší hmotnost než elektrické servomotory. Jejich nevýhodou je, že nejsou samosvorné, tj. že při výpadku napájecího vzduchu se přestaví do otevřené nebo zavřené polohy. To může být někdy naopak jejich výhodou. Pro svou funkci potřebují zdroj tlakového vzduchu. Protože se tento zdroj doplňuje zásobníkem stlačeného vzduchu, mohou pneumatické systémy pracovat po určitou dobu i po výpadku energie pro pohon kompresoru.

2.4.3 Hydraulické servomotory

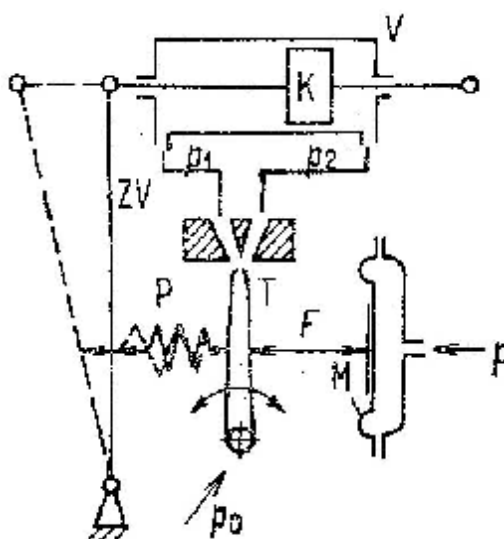
Hydraulické servomotory se nejčastěji používají pro dvupolohové řízení. Pro spojité řízení musí být opatřeny pevnou zpětnou vazbou. Protože se v těchto případech používají jako výkonové členy pro elektronické systémy, používají se pro zpětnou vazbu elektrické členy, např. selsyny, indukční snímače apod. Vzhledem ke špičkovým parametrům hydraulických servomotorů se používají pouze pro speciální účely. Nejvíce se rozšířily u těžkých mechanismů, např. u stavebních strojů, a u obráběcích strojů, kde se využívá jejich velké přestavné síly a rychlosti. Často se používají jako koncové členy elektronických systémů číslicově řízených obráběcích strojů.

U starších hydraulických servomotorů se nejčastěji používal šoupátkový rozvod pracovní kapaliny.



Obr. 57 Pístový hydraulický servomotor se šoupátkovým rozvodem a pevnou zpětnou vazbou

Dalším velmi používaným rozvodem byl tryskový rozvod (Obr. 58). Z trysky T proudil tlakový olej proti dvěma kuželovitě se rozšiřujícím kanálkům, ve kterých se rychlost oleje přeměnila na tlak. Byla-li tryska přesně uprostřed, byly tlaky v obou kanálcích stejné.



Obr. 58 Tryskový hydraulický rozvod v uspořádání proporčního regulátoru tlaku

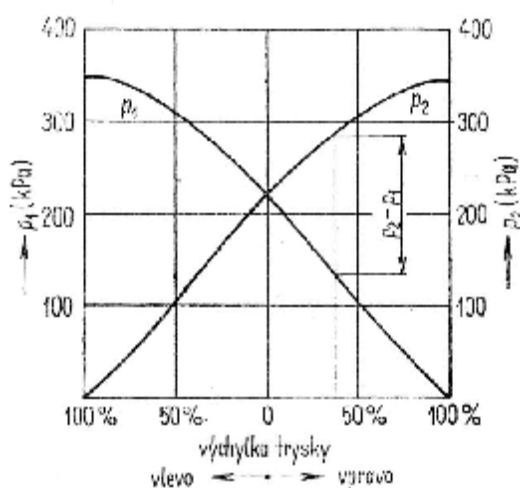
p_0 – tlakový olej na vstupu rozvodu, p_1, p_2 – tlaky v přívodních potrubích hydraulického silového válce, V – silový válec, K – píst, ZV – pevná zpětná vazba, T – tryska, M – membrána snímače tlaku, F – přestavující síla snímače tlaku, P – řídicí pružina

Vychýlila-li se na jednu nebo druhou stranu, změnily se tlaky podle diagramu na obrázku (Obr. 59). Vznikl rozdíl tlaků $p_1 - p_2$ který působil na obě strany pístu hydraulického silového válce. Píst se pohyboval tak dlouho, dokud se tlaky v obou kanálcích nevyrovnaly, neboli dokud se tryska nevrátila do střední polohy, Proto i tento rozvod měl integrační charakter.

Zesilovače výkonu se u těchto rozvodů montovaly buď přímo k trysce, nebo do potrubí. Zesilovače byly šoupátkové, při rozdílné velikosti tlaků p_1 a p_2 od tryskového rozvodu se šoupátko pohybovalo nalevo nebo napravo a přepouštělo tlakový olej na jednu nebo druhou stranu pístu servomotoru.

Dnes se hydraulické servomotory používají pouze jako koncové členy především elektronických regulátorů. Pro převod elektrického signálu na hydraulický je nutný elektricko-hydraulický převodník.

Hydraulický systém pohonu regulačních orgánů vyžaduje stabilizaci napájecího tlaku oleje např. přepouštěním oleje redukčním ventilem, který je součástí olejové stanice zahrnující ještě olejovou nádrž, čerpadlo s elektromotorem a olejový filtr. Někdy tyto stanice mají ještě rezervní čerpadlo, popř. i tlakový zásobník oleje, je-li nutné, aby hydraulický obvod pracoval i po výpadku čerpadla.



Obr. 59 Průběh tlaků v přívodních potrubích silového válce s tryskovým hydraulickým rozvodem na výchylce trysky; $p_0 = 400$ kPa

2.5 Regulační orgány

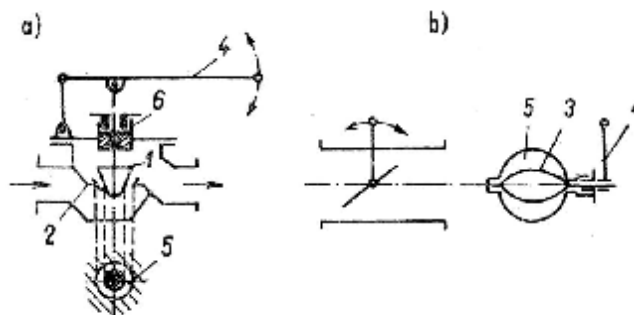
Regulační orgány neelektrických akčních veličin řídí vždy průtok nějaké látky. Můžeme je rozdělit na dva hlavní druhy. Jsou to:

- a) regulační orgány pro všeobecné použití,
- b) speciální regulační orgány.

Speciální regulační orgány jsou zpravidla součástí regulované soustavy a jsou konstruovány výhradně pro jeden účel, např. rozváděcí kola vodních turbín. Jiné typy těchto regulačních orgánů řídí průtok nepřímo, např. lze řídit průtok uhlí do mlýna řízením výšky vrstvy na dopravníku, popř. se může řídit otáčkami elektromotoru i rychlost dopravníku atd.

Regulační orgány pro všeobecné použití řídí průtok tekutiny. Jsou v zásadě dvojího druhu (Obr. 60):

- a) regulační ventily pro řízení průtoku kapalin a plynů,
- b) regulační klapky pro řízení průtoku plynů.



Obr. 60 Regulační orgány pro řízení průtoku tekutin

a) regulační ventil, b) regulační klapka. 1 – kuželka, 2 – sedlo, 3- klapka, 4- ovládací páka, 5 – průtočný průřez, 6 – ucpávka

Změny v průtoku tekutiny se dosáhne regulačním ventilem změnou průtočného průřezu mezi regulační kuželkou a sedlem ventilu zasouváním kuželky do sedla např. pomocí pákového převodu.

Pro průtok tekutiny regulačním ventilem lze použít vztah

$$Q_v = a_v S \sqrt{2 * \frac{P_1 - P_2}{r_1}} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

$$Q_m = \alpha_v S \sqrt{2 \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1}} \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}) \quad (26)$$

kde

Q_v je objemový průtok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$),

Q_m hmotnostní průtok ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$),

α_v průtokový činitel ventilu (-),

S volná průtočná plocha (m^2),

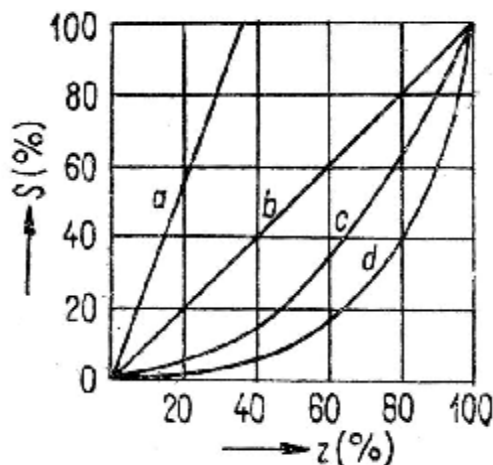
$\Delta p = p_1 - p_2$ tlakový rozdíl na regulačním ventilu (Pa),

ρ_1 hustota protékajícího média ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$),

v_1 měrný objem protékajícího média ($\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$).

Je to rovnice pro průtok zúženým průřezem. V případě použití pro regulační ventil se plocha S průtočného průřezu mění se zdvihem z kuželky ventilu. Závislost této plochy na zdvihu kuželky se nazývá konstrukční charakteristika ventilu.

Různé druhy regulačních obvodů vyžadují pro svůj účel použití různé tvary charakteristik regulačních ventilů. U většiny případů se vystačí se čtyřmi základními typy charakteristik podle obrázku (Obr. 61).



Obr. 61 Základní typy charakteristik regulačních ventilů

a) rychle otvírací, b) lineární, c) parabolická, d) ekviprocentní (logaritmická), S – průtočná plocha, z – zdvih kuželky

Nejčastěji se používá charakteristika lineární a ekviprocentní. Rychle otevírací charakteristiku má obyčejný uzavírací ventil, který se používá pouze pro dvoupolohovou regulaci.

U regulačního ventilu s lineární charakteristikou odpovídá stejné procentní změně zdvihu stejná procentní změna průtočné plochy v kterékoliv oblasti charakteristiky

$$S = k_1 z \quad (27)$$

Parabolická charakteristika má tvar

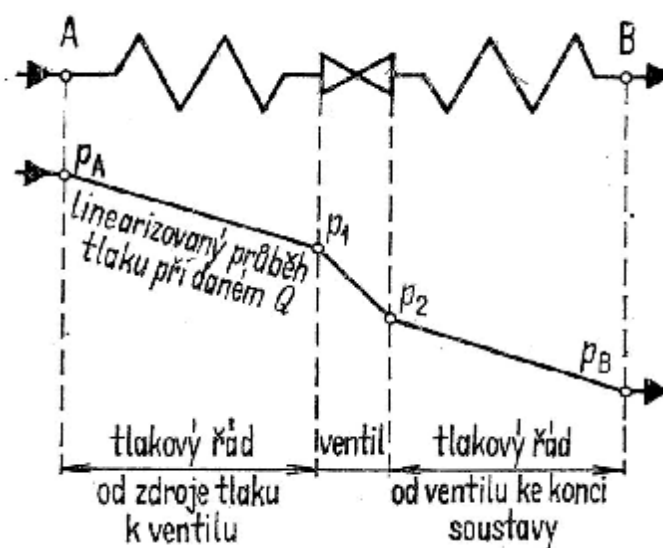
$$S = k_2 z^2 \quad (28)$$

U ekviprocentní charakteristiky je úměrná změně zdvihu kuželky

$$\frac{\Delta S}{S} = \Delta k_3 z \quad (29)$$

Ekviprocentní charakteristikou regulačního ventilu lze vyrovnávat průběh zesílení některých soustav, které při nízkém výkonu (zatížení) bývá větší a při vysokém výkonu (zatížení) bývá menší.

Kromě konstrukční charakteristiky ventilu je důležité zvolit také jeho správnou *světlost*, která se určuje na základě největšího požadovaného průtoku Q_{max} , při zvolené tlakové ztrátě na ventilu Δp a průtočném průřezu S_{max} .



Obr. 62 Tlakové poměry v potrubím řádu

p_A – tlak zdroje, p_1 – tlak před ventilem, p_2 – tlak za ventilem, p_B – tlak na konci soustavy

Pro správnou funkci regulačního ventilu, a tím i celého regulačního obvodu je nutné, aby tzv. "tlakový parametr p " byl větší nebo se rovnal 0,6. Tento parametr lze vyjádřit podle obrázku (Obr. 62) vztahem

$$p = \frac{p_1 - p_2(\text{přř macimá l n í m } Q)}{p_A - p_B(\text{přř nulovém } Q)} \geq 0,6 \quad (30)$$

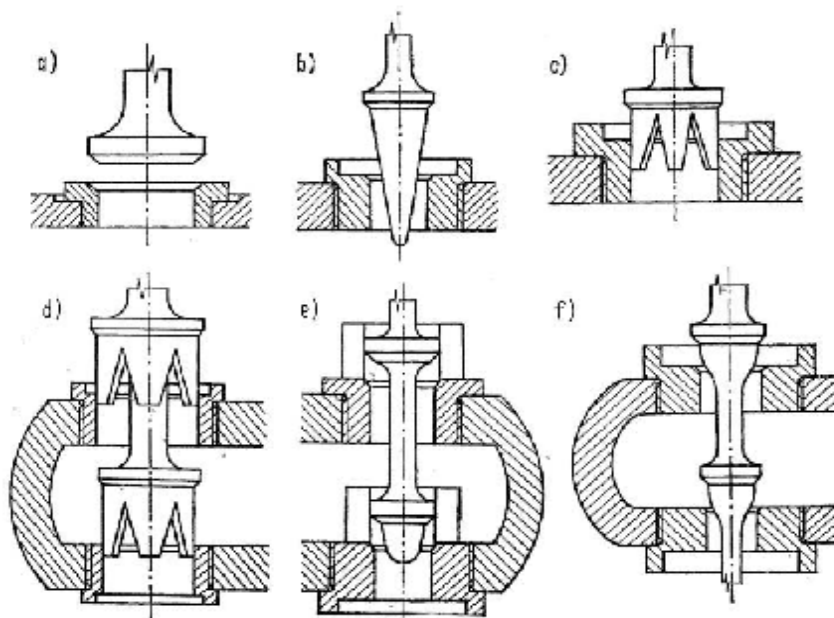
Pokud tento požadavek nebude splněn, je nutné počítat s horšími vlastnostmi celého regulačního (řídícího) systému.

Dále je nutné, aby tlaková ztráta při Q_{\max} byla

$$p_1 - p_2 \geq 0,01 \text{MPa} \quad (31)$$

Žádaný průběh konstrukční charakteristiky se dosahuje nejčastěji tvarem kuželky. Příklady konstrukce jsou na obrázku (Obr. 63). Ventily jsou jednosedlové nebo dvousedlové. U jednosedlových ventilů působí na kuželku ventilu při velkých světlostech a tlakových rozdílech velké osové síly, na které musí být dimenzován servomotor ventilu. Proto se v těchto případech volí vždy ventily dvousedlové, tlakově odlehčené.

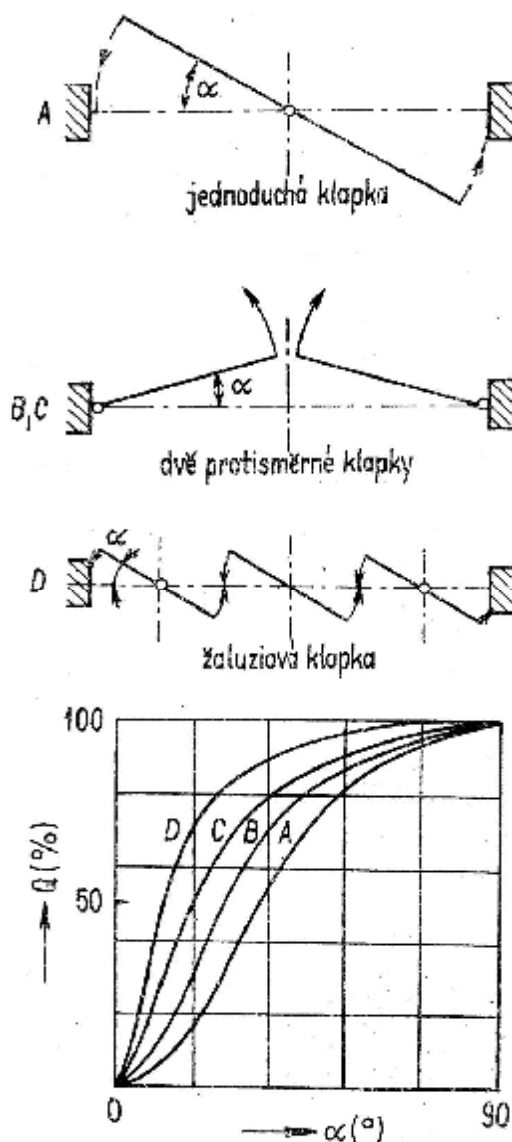
Regulační ventily obvykle v uzavřené poloze netěsní, propouštějí maximálně 5 % z maximálního průtočného množství.



Obr. 63 Různé tvary kuželek regulačních ventilů

a) rychle otvírací ventil, b) jednosedlový ventil s lineární charakteristikou, c) jednosedlový ventil s válcovou kuželkou, d) dvousedlový ventil s válcovou kuželkou, e) dvousedlový ventil s parabolickou charakteristikou, f) dvousedlový ventil s ekviprocentní charakteristikou

Regulační klapkou se průtočný průřez mění otáčením jednoho nebo více listů klapky v tělese. Schémata hlavních konstrukcí klapek jsou na obrázku (Obr. 64) i s jejich průtočnými charakteristikami. Závislost průtoku, na úhlu otevření klapky není příliš výhodná a není ji možné jednoduše měnit konstrukční úpravou klapky. Regulační klapky jsou oblíbeny hlavně pro svoji jednoduchost a používají se pro regulaci průtoku plynů o tlaku nejvýše několika megapascalů. Žaluziové klapky se používají u čtyřhranných kanálů větších průřezů, protože vyžadují menší ovládací moment. Jejich průtočná charakteristika je ještě méně příznivá než u klapek jednolistových.



Obr. 64 Různé tvary regulačních klapek a jejich průtočné charakteristiky

α – úhel natočení, Q - Průtok

2.6 Stavebnicové systémy - příklady

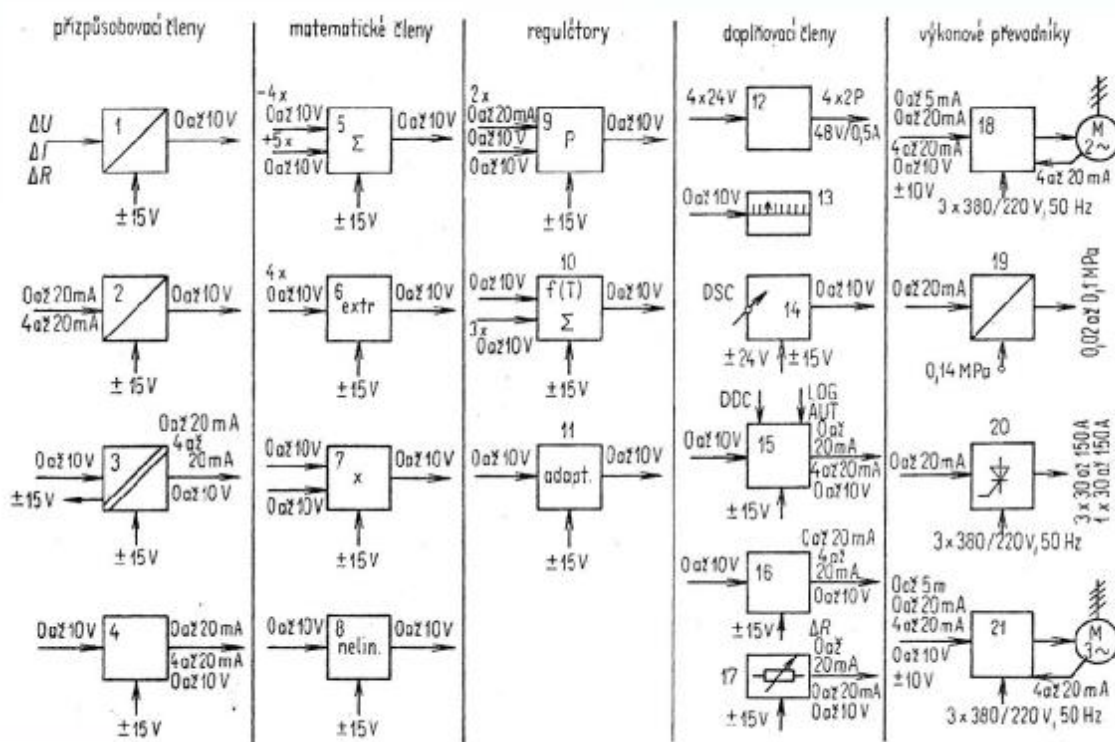
V International Electrotechnical Commission (IEC), ve které je zastupena i ČR, jsou automatizační prostředky rozpracovány v technickém výboru – technical Committee (TC) 65 a systémové problémy v podvýboru SC 65A. V pracovní skupině WG 4 byly navrženy tyto jednotné signály

4 až 20 mA	+1 až +5 V	0 až +10 V
0 až 20 mA	0 až +5V	-10 až +10 V

Druhem proudového a napěťového signálu a velikostí jeho amplitudy však ještě není u elektrických přístrojů jednoznačně zajištěna možnost jejich vzájemného spojení. U elektrických signálů na rozdíl od signálů pneumatických musí být stanoven ještě dovolený zatěžovací odpor, to je nejvyšší zatěžovací odpor u proudových signálů a nejmenší zatěžovací odpor u napěťových signálů. Podle toho je nutné volit i vstupní odpory jednotlivých přístrojů, popř. počet přístrojů, které lze zapojit na výstup přístroje vysílajícího jednotný signál.

2.6.1 Modulový systém (princip MODIN - ZPA:Závody průmyslové automatizace)

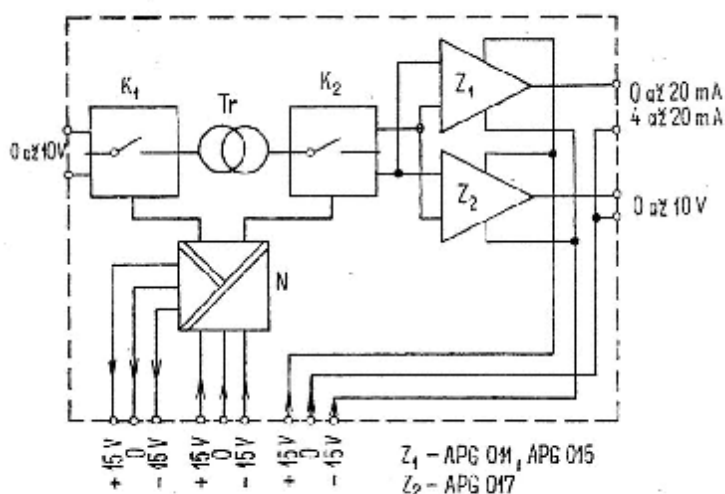
Struktura modulového systému elektrických analogových přístrojů automatizačních prostředků je na obrázku (Obr. 65). Také tento systém se skládá z pěti skupin přístrojů, z nichž výkonové převodníky jsou tytéž, které se používají pro kompaktní systém a přizpůsobovací členy používají stejné stavebnicové moduly, ze kterých jsou sestavovány i kompaktní přístroje této skupiny.



Obr. 65 Struktura modulového regulačního systému

1 - převodník přirozených signálů snímačů, 2 - převodník jednotných signálů, 3 - člen s galvanickým oddělením, 4 - převodník jednotných signálů s výkonovým zesílením, 5 - sčítací člen, 6 - člen pro výběr extrémní velikosti signálu, 7 - násobící člen, 8 - nelineární člen, 9 - proporcionální regulátor, 10 - časový člen, 11 - adaptivní člen, 12 - reléový člen, 13 - ukazovací přístroj, 14 - ovládač regulátoru, 15 - koncový člen, 16 - pomocný člen, 17 - zdroj jednotného signálu, 18 - ovládač spojitě řízených servomotorů, 19 - elektricko-pneumatický převodník, 20 - spojitý výkonový zesilovač, 21 - ovládač nespojitě řízených servomotorů

Člen 1 má dvě provedení. První z nich odpovídá funkčně členu 1 kompaktního systému. Druhé provedení spolu s členem galvanického oddělení 3 pak funkčně odpovídá členu 2 kompaktního systému. Člen s galvanickým oddělením je principiálně znázorněn na obrázku (Obr. 66). Galvanicky odděluje vstupní obvod od výstupního obvodu a od napájecího obvodu. Aby mohl být popř. galvanicky oddělen i aktivní vstupní obvod, má člen vyvedené i galvanicky oddělené napájecí napětí $\pm 15V$. Převodník se skládá z napájecího zdroje a oscilátoru (N), který kromě zajištění galvanicky odděleného napájení $\pm 15V$ řídí tranzistorové spínače K_1 a K_2 na vstupu a výstupu oddělovacího transformátoru. Na výstupu je možné si zvolit kterýkoliv z jednotných signálů.



Obr. 66 Základní schéma členu s galvanickým oddělením vstupního obvodu a výstupního obvodu

K_1, K_2 - bezkontaktné prepínače, Tr - oddelovací transformátor, Z_1, Z_2 - operační zesilovače, N - napáječ

Mezi přizpůsobovací členy patří i převodníky jednotných signálů 2 a 4, které zajišťují převod mezi různými druhy jednotných signálů. Převodník 4 zajišťuje i výkonové zesílení výstupního signálu pro napájení většího počtu přístrojů.

Druhou skupinu struktury tvoří opět matematické členy. Protože modulový systém je určen k vytváření složitějších rozvětvených a víceparametrových (mnohorozměrových) obvodů, je tato skupina zastoupena bohatěji než u kompaktního systému:

- sčítač 5 obsahuje čtyři samostatné invertující pětivstupové sčítače, které také mohou být zapojeny jako dva sčítače a dva odčítače s pěti vstupy neinvertujícími a čtyřmi vstupy invertujícími.
- člen pro výběr extrémní velikosti signálu 6 se používá pro výběr nejmenšího nebo největšího signálu z počtu nejvíce čtyř signálů na vstupu.
- násobící člen 7 tvoří čtyřkvadrantová násobička dvou napěťových signálů.
- nelineární člen 8 slouží pro vytváření nelineární statické funkční závislosti mezi výstupním a vstupním signálem. Převodní charakteristika je aproximována šesti přímkovými úseky s nastavitelnými souřadnicemi krajních bodů úseček.

Ústřední skupinu tvoří opět regulátory. Protože jde o modulový systém, stačí pro vytváření všech požadovaných kombinací pouze dva členy. Je to proporcionální člen 9 a časový člen 10.

- Proporcionální regulátor se používá pro porovnávání velikosti regulované veličiny a velikosti její žádané hodnoty. Na jeho výstupu je proto regulační odchylka. Regulátor má nastavitelné zesílení (potenciometrem P_4) a vnitřní polarizaci P_5 , která může sloužit jako žádaná hodnota regulované veličiny.

Regulátor má tři vstupy, z nichž dva mohou být i proudové, jejich vliv lze nastavit pomocí potenciometru P_1 , P_2 a P_3 . Výstupní signál je pouze napěťový.

- Časový člen podle se vyrábí ve dvou variantách lišících se pouze délkou nastavitelných časových konstant. Přenos časového členu je P, PD, PI nebo PZ (proporcionální se zpožděním 1. řádu). Člen má navíc třívstupový invertor Z_2 , který dovoluje zadávání počátečních podmínek při integrování, dosažení čistého derivačního přenosu a dosažení přenosu PID pouze pomocí dvou členů. Časová konstanta je nastavitelná buď do 200 s, nebo do 1600 s.
- Adaptivní člen 11 je určen jako doplněk k časovým členům pro dosažení adaptivity regulátoru. Může se zapojit za proporcionální člen 9, kdy zpracovává regulační odchylku. Zapojíme-li na výstup adaptivního členu např. integrační regulátor, zachovává optimální průběh regulačního pochodu pro změny zesílení soustavy až 1 : 40.

Čtvrtou skupinu struktury tvoří *doplňovací členy*, které umožňují realizaci různých složitých regulačních obvodů s přepínáním signálů a zásahy hierarchicky vyšších systémů řízení. Patří sem i ukazovací přístroje a různá tlačítka a signalizační jednotky pro sestavování pultů a tabel mozaikovým způsobem. Tento systém obsahuje různé typy ovládacích, ukazovacích a signalizačních prvků, z nichž některé jsou určeny i pro analogové obvody.

- Reléový člen 12 se čtyřmi hermeticky uzavřenými relé se používá hlavně pro přepínání napěťových signálů.
- Ukazovací přístroj 13 se používá pro ukazování jednotného proudového signálu O až 10 V, O až 20 mA nebo 4 až 20 mA. Stupnice může být kalibrována přímo ve fyzikální veličině, kterou jednotný signál představuje.

- Ovladač regulátoru 14 je část spojitého regulátoru v kompaktním provedení s potenciometrem žádané hodnoty, přístrojem pro měření regulační odchylky a další mechanickou výbavou spojitého kompaktního regulátoru. Má čelní rozměr 80 x 160 mm a montuje se do mozaikových pultů a tabel. Používá se pro řízení a kontrolu regulačního obvodu s modulovým regulátorem libovolného přenosu, pro řízení počítačem DSC apod.
- Koncový člen 15 tvoří koncový stupeň regulátoru. Obsahuje jednak koncovou analogovou část regulátoru, jednak soustavu pomocných relé, která umožňuje různá nadřazená řízení regulačního obvodu včetně přímého číslicového řízení počítačem DDC.
- Pomocný člen 16 se používá k rozdělování signálu z koncového členu na několik servomotorů. Umožňuje ruční ovládání každého servomotoru zvlášť nebo současné ovládání všech servomotorů ručně, počítačem nebo automatickým regulátorem přes koncový člen. U každého servomotoru umožňuje nastavení zdvihu a posunutí nulové polohy.
- Zdroj jednotného signálu 17 slouží ke generování jednotných signálů 0 až 20 mA, 4 až 20 mA, 0 až 10 a -10 až +10 V. Další provedení je pouze s potenciometrem. Má čelní rozměr 80x160 mm a konstrukční provedení do mozaikových pultů a tabel.

Pro napájení modulových regulátorů se používá síťový zdroj AUE-003 jako ústřední zdroj pro jednu přístrojovou skříň nebo napájení z akumulátorové baterie ± 24 V. Pro stabilizaci na pájecího napětí se používá buď ústřední stabilizátor AUS-003 pro celou skříň, nebo podružné stabilizátory AUS-002 pro každou kazetu

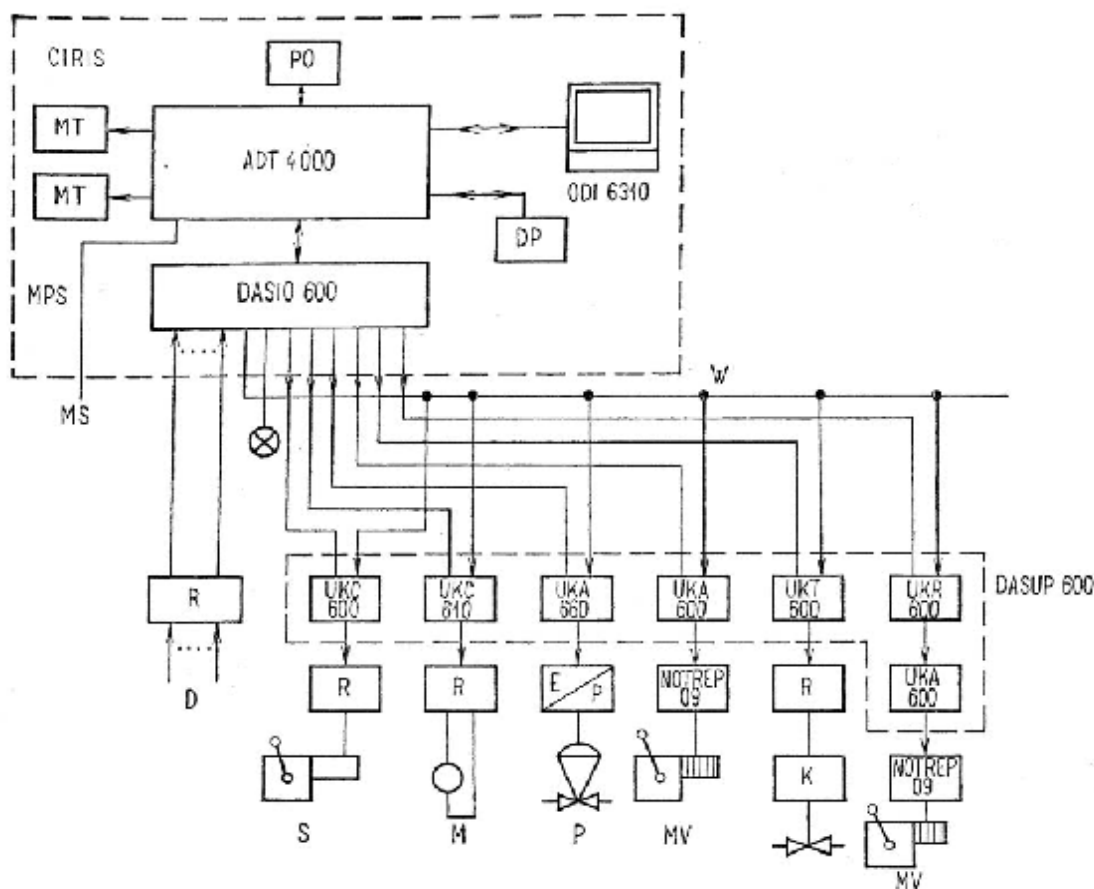
2.6.2 Příklad koncepce centralizovaného řídicího systému (princip ZPA)

Pro styk s řízeným procesem i pro některé signalizační funkce používající řídicí počítače tzv. *vstupní/výstupní stranu*, někdy nazývanou *jednotka pro styk s prostředím*.

Snímače a vysílače kontrolovaných veličin mohou být na vstupní svorky této jednotky připojeny přímo bez mezičlánků. Výstupní signály však nemohou být většinou zavedeny přímo do silové části zařízení (s výjimkou např. signálních žárovek), nýbrž musí vést přes výkonový zesilovač, přepínač ručního a automatického řízení a některý druh ručního řízení pro případ výpadku počítače. U zdvojených systémů musí jít signál přes přepínač, ruční

nebo automatický, řízený kontrolním programem. Vzhledem ke skutečnosti, že li všech subsystémů je použita jednotná výstupní jednotka, mohla být pro všechny subsystémy řídicích systémů ZPA vyvinuta jednotná řada přístrojů tzv. provozní úrovně - DASUP 600.

Tento soubor přístrojů zajišťuje spojení mezi jednou nebo dvěma výstupními jednotkami DASIO 600 a silovou částí řízeného technologického zařízení. Všechny přístroje DASUP 600 mají dva řídicí vstupy, přizpůsobené k připojení na jednotku DASIO 600, přepínané signálem *W* z vyhodnocovací desky kontrolního programu.



Obr. 67 Diskově orientovaný řídicí systém s přístroji provozní úrovně

CIRIS - diskově orientovaný systém, DASUP 600 - soubor přístrojů provozní úrovně, ADT 4000 - centrální jednotka, PO - panel operátora, MT - mozaiková tiskárna,

ODI 6310 - obrazovková zobrazovací jednotka, DP - disková paměť"

DASIO 600 - stavebnice vstupních a výstupních stran - jednotka pro styk s prostředím, MPS - kanál meziprocesorového styku, MS - k hierarchicky nižšímu systému,

R - ranžirovací rozváděč, D - snímače a vysíláče, S - elektrický servomotor,

P - pneumatický servomotor, MV - servomotor MODACT VARIANT, K - servomotor KLIMACT, E/P - elektricko-pneumatický převodník, NOTREP 09 - tyristorový ovládač servomotorů

Dále mají přímo na přístroji tlačítka nebo ovládače pro ruční řízení a přepínač ručně-automaticky.

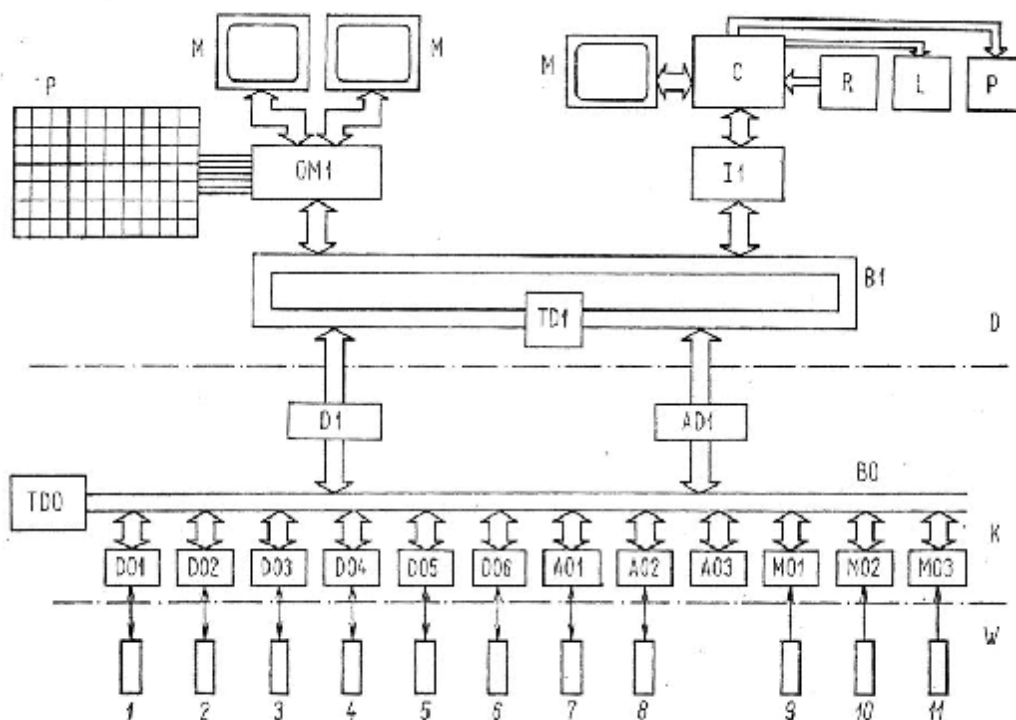
Každý přístroj má vyvedeno dálkové ovládání ze stavebnice MOZAIKA, které může, ale nemusí být použito. Každý přístroj vydává zpět do nadřazeného subsystému signál READY, je-li připraven k automatickému řízení, tzn. je-li připojen na napájecí napětí a oba přepínače ručně-automaticky jsou v poloze pro automatické řízení.

Na obrázku (Obr. 67) je znázorněno začlenění souboru DASUP 600 do klasického řídicího počítače, kterým je diskově orientovaný systém CIRIS. Systém je vhodný pro procesy, u nichž je menší riziko při výpadku počítače. Jinak by nadřazený systém musel být zdvojen.

2.6.3 Příklad koncepce decentralizovaného systému (princip DERIS)

Centralizované systémy mají dva hlavní nedostatky, které se uplatňují tím více, čím větší technologické zařízení řídí. Je to především nebezpečí rozpadu systému při poruše počítače, popř. nutnost zabezpečení provozu zálohovými analogovými regulátory a logickými automaty nebo ručním řízením, pokud je to vůbec možné. Druhou nevýhodou je velké množství kabelů, které je zapotřebí pro spojení všech přístrojů z provozu s ústředním počítačem centrálně přijímajícím, zpracovávajícím a vydávajícím data. Rozsah kabeláže je u většího elektrárenského bloku několik set kilometrů.

Decentralizované systémy využívají několikastupňového řízení již při řízení vlastních technologických procesů. Jsou tvořeny soustavou řídicích členů do značné míry autonomních, které si samy mezi sebou mohou předávat informace, a to v číslicovém tvaru. U popisovaného systému DERIS tvoří tuto soustavu přístroje provozní úrovně, skládající se z členů pro vstup analogových i dvouhodnotových signálů, analogového regulátoru, logických členů pro řízení motorů, servomotorů, elektromagnetů, atd. (Obr. 68). Signály se tak rozdělí na část, která se přenáší mezi členy jedné úrovně, a část, která se přenáší do vyšší úrovně řízení nebo do jiných částí pro zpracování informace.



Obr. 68 Blokové schéma decentralizovaného systému DERIS

M - obrazkové zobrazovací jednotky, P - ovládací pult se signalizací a ručním ovládáním, OMI, I1 - přenosové členy, C - nadřazený počítač, R - snímač děrné pásky, L - děrovač děrné pásky, P - tiskárna, BO, BI - sběrnice, TDO, TDI - řídicí členy sběrnic, D1 - nadřazený logický automat a spojovací člen sběrnic, AD1 - nadřazený analogový regulátor, skupinový automat a spojovací člen sběrnic, DO1 až DO6 - koncové členy B diskretním způsobem ovládání, AO1, AO2 - koncové členy s analogovým způsobem ovládání, AO3 - analogový regulátor, MO1 až MO3 - členy pro analogové a dvouhodnotové vstupní signály, 1 - motor 220 V, 2 - motor 3 X 380 V, 3 - elektromagnet, 4 - spínače vn, 5 - servomotor 6 - servomotor 220 V, 7 - servomotor MODACT VARIANT, 3 X 380 V, 8 - servomotor 220 V nebo 3 X 380 V, 9 - analogové snímače, 10 - dvouhodnotové snímače, 11 - analogové snímače pro nastavení mezí, D - dozor, K - pracovní prostor dozor, W - provoz

Rozdělením signálů klesne jejich množství přenášené v jedné úrovni a je pak možné upustit od paralelního přenosu signálů mnoha kabely a přejít na sériový přenos jedním vodičem při čistě sériovém kódu nebo jedním vícežilovým kabelem při sériově paralelním kódu. Přístroje jedné úrovně jsou pak spojeny společnou sběrnicí, kterou se přenášejí signály nutné pro vazbu přístrojů jedné skupiny. U přístrojů úrovně O jsou to vstupní a výstupní signály pro příčné vazby, blokovací signály, signalizace mezí atd. a signály předávané vyšší úrovni řízení nebo sledování provozu.

Většina decentralizovaných systémů pracuje s jednou sběrnicí, na kterou jsou připojeny přes stanici OM1 sledovací a ovládací prvky nebo přes člen n nadřazený počítač. Sběrnice BI pracuje rychleji, než sběrnice B0 připojená k provozním přístrojům, a jednodušeji dovoluje připojit záložní nadřazený počítač přes druhou stanici n. Sběrnice jsou řízeny

členy TD1 a TD0 a pro spojení obou sběrnic jsou použity spojovací členy DI a ADI, které mají také funkci nadřazeného analogového regulátoru nebo logického členu.

Při sériově paralelním kódu se pro přenos signálu po jedné sběrnici používá vícežilový kabel, při čistě sériovém kódu koaxiální kabel, popř. kabel ze skleněných vláken.

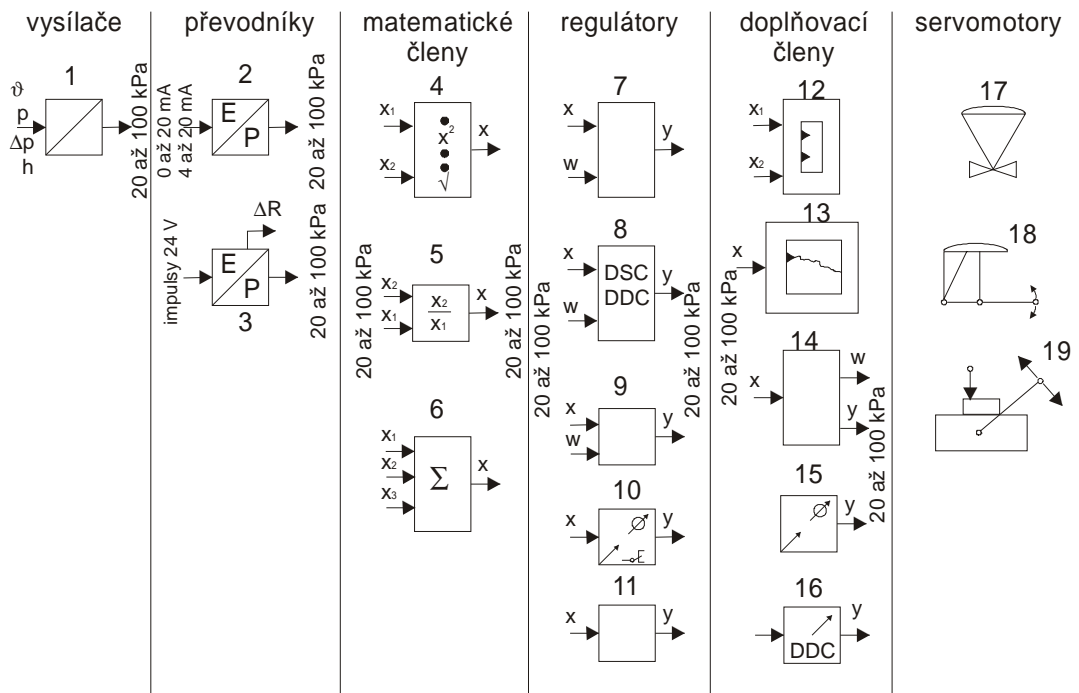
2.6.4 Příklad pneumatického stavebnicového systému

U pneumatických regulačních systémů se jednotný signál po několika pokusech s tlaky řádu stovek pascalů a řádu stovek kilopascalů brzy ustálil na dnešním rozsahu 20 až 100 kPa. Pneumatické systémy byly až do rozšíření elektronických systémů a regulátorů v posledních letech nejvíce rozšířenými spojitými provozními regulátory. Bylo to pro jejich jednoduchost, nízkou cenu, spolehlivost, malé nároky na údržbu a zejména na kvalifikaci údržbářů v porovnání s požadovanou kvalifikací údržbářů elektronických systémů. Ještě dnes mají pneumatické regulátory dominantní postavení např. v chemickém průmyslu pro svou přirozenou nevybušnost a odolnost proti korozi.

První pneumatické regulační systémy byly budovány s regulátory zabudovanými do ukazovacích nebo zapisovacích přístrojů včetně prvků pro ruční řízení servomotorů, které však byly někdy montovány odděleně. Základem moderních regulačních systémů bývá kompaktní regulátor zajišťující obvykle i poměrovou a vlečnou regulaci. Regulátor bývá doplněn ukazovacími i zapisovacími přístroji jednotné konstrukce, vysílači regulovaných veličin, zejména tlaku, tlakového rozdílu a výšky hladiny, matematickými členy pro zajištění některých aritmetických operací a pneumatickými servomotory a regulačními membránovými ventily. Často bývá členem systému i programátor, tj. generátor spojitého pneumatického signálu libovolného průběhu, který se používá pro programovou regulaci. Není nutné, aby řady snímačů a servomotorů u každého výrobce byly úplné, protože jednotný signál umožňuje sestavit regulátor z přístrojů různých výrobců.

Stavebnice pneumatických regulačních systémů často obsahují elektricko-pneumatické převodníky pro mezisystémový styk s elektronickými systémy, zejména s elektrickými snímači. Tak se výrazně rozšiřuje oblast použití pneumatických regulátorů, popř. se umožňuje jejich spolupráce s řídicími počítači.

Na obrázku (Obr. 69) je struktura pneumatického regulačního systému 3. generace, ve které jsou uvedené přístroje rozděleny ve směru toku signálu do šesti skupin.

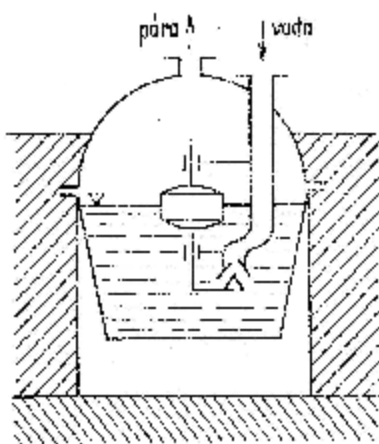


Obr. 69 Struktura pneumatického regulačního systému

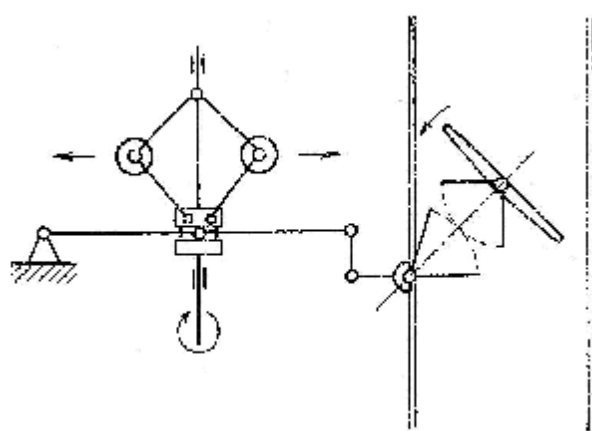
1 — vysílače regulovaných veličin, 2,3 — elektricko-pneumatické převodníky, 4, 5, 6 — počítací, poměrový a sčítací člen, 7 — kompaktní regulátor, 8 — kompaktní regulátor pro spojení s počítačem, 9 — „slepý“ regulátor, 10 — regulátor pro venkovní montáž, 11 — vestavný regulátor, 12 — dvojitý ukazovací přístroj, 13 — zapisovač, 14 — ovládač „slepých“ regulátorů, 15 — ovládač servomotorů, 16 — ovládač servomotoru pro spojení s počítačem DDC, 17 — membránový regulační ventil, 18 — membránový servomotor, 19 — pístový servomotor s pevnou zpětnou vazbou

2.6.6 Historie vývoje automatických regulátorů – od přímých regulátorů k řídicím systémům

První regulátory použité v praxi byly: automatický regulátor hladiny I. V. Polzunova z roku 1765 (Obr. 71) a regulátor otáček parního stroje J. Watta z roku 1784 (obr. Obr. 72). Jsou to *přímé regulátory* (nepotřebují pomocnou energii) a jsou proporcionální. O jejich vtipné konstrukci svědčí to, že se používají téměř ve stejném provedení dodnes. Dále se dodnes používají přímé regulátory tlaku a teploty.



Obr. 71 Regulátor hladiny I. V. Polzunova z roku 1765



Obr. 72 Regulátor otáček J. Watta z roku 1784

Přímé regulátory jsou oblíbeny pro svou nízkou cenu, jednoduchost a malou poruchovost. Jsou konstruovány jako proporcionální s neměnným zesílením. Proto je jejich použití omezeno na jednoduché případy integračních (astatických) nebo proporcionálních se setrvačností 1. řádu (jedno kapacitních) soustav bez dopravního zpoždění nebo tam, kde nevádí trvalé kolísání regulované veličiny v přijatelných mezích. Použijí-li tyto regulátory pro soustavy s vyšším řádem setrvačnosti, působí většinou jako dvoupolohové regulátory.

S rozšířením požadavků na regulaci dalších veličin, na větší přesnost regulace a na složitější funkce regulátoru (PID) se přešlo na nepřímé regulátory využívající zesilovačů (pro svoji funkci potřebují pomocnou energii). Podle druhu této energie vznikly regulátory hydraulické, pneumatické, elektrické, případně kombinované pomocí mezisystémových převodníků.

V současné době jsou k dispozici řídicí systémy centralizované i decentralizované s možností přenosu dat (měření i řízení) do značných vzdáleností (viz 2.6.5).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 POČÍTAČOVÝ PROGRAM MS WORD

Vzhledem k tomu, že jsem tuto práci vytvářel v prostředí MS Word, považoval jsem za vhodné popsat funkce tohoto programu, kterého jsem využil.

3.1 Úvod

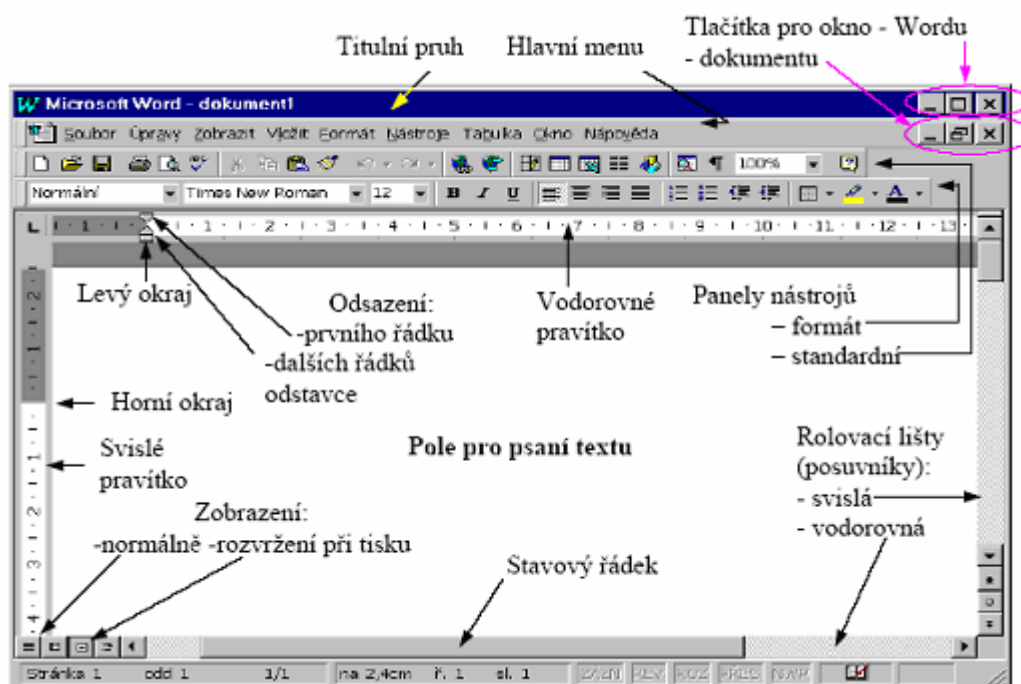
Zpracování textu na počítači patří k nejčastějším úlohám, ke kterým jsou počítače využívány. Oproti psaní textu na psacím stroji má práce na počítači celou řadu výhod. Největší bude asi ta, že text může být před vytisknutím na tiskárně podle potřeby upravován a opravován, aniž bychom museli celou stránku (případně celý dokument) znovu opsat, jak to bylo nutné při psaní na psacím stroji. Textové programy dávají celou řadu možností různých úprav a formátování textu, které je třeba se naučit využívat.

MS Word je graficky orientovaný textový procesor, který má jednoduché ovládání pomocí ikon. Může se propojit s jinými dokumenty i z jiných aplikací, dokáže pracovat s tabulkami, uspořádat text do více sloupců, pro kontrolu správnosti napsaného textu má zabudovanou kontrolu pravopisu. Ovládání je možné buď myší nebo pomocí klávesnice.

3.1.1 Spuštění aplikace Word, základní obrazovka

Nejobvyklejší způsob je spuštění aplikace Word z dílčí nabídky *Programy - Start*. Další možnost je klepnutí na ikonu Word v panelu zástupců Microsoft Office (je-li nainstalován).

Je-li uložený textový soubor ve Wordu, stačí poklepat na ikonu tohoto souboru. Po spuštění se na obrazovce otevře základní okno. Vnější vzhled a ovládací prvky okna jsou stejné jako u běžného okna ve Windows.



Obr. 73 Dokument 1

3.2 Základy ovládání

Při práci s Wordem je třeba si uvědomit jednu základní věc. Pokud je text formátován pomocí mezerníku např. odsazení prvního řádku nebo celého odstavce, sloupečky, apod., vypadá text stejně nebo velmi podobně, jako když k tomu použijeme odpovídajících nástrojů Wordu (nastavení odsazení textu, tabulátory). Změní se-li velikost okraje dokumentu, typ nebo velikost písma, se toto pracné formátování „rozjede“. Proto se nepoužívají pro formátování textu mezery.

Pokud je psán text a poslední slovo se nevejde na poslední řádek, přesune se automaticky i s kurzorem na další řádek. Klávesa <Enter> se používá jen na konci odstavce.

Na obrazovce sou dva kurzory: **textový a kurzor myši**. Textový kurzor má podobu blikající svislé čárky a ukazuje místo, kam se bude psát text nebo vkládat symbol, číslo stránky, datum, obrázek apod. Kurzor myši má tři různé podoby. V oblasti textu má tvar velkého písmene „I“, vlevo před textem v tzv. *vyznačovacím pruhu* šipky směřující vpravo a v ostatních částech (menu, panely nástrojů, pravítka, posuvníky) šipky směřující vlevo.

3.2.1 Základní jednotky textového dokumentu

- **ZNAK:** je nejmenší jednotkou textu, může to být písmeno, číslice, interpunkční nebo matematický znak, mezera, nový řádek, tabulátor apod.
- **SLOVO:** je ukončeno mezerou, případně znakem nového řádku nebo tabulátorem nebo jiným znakem kromě písmen číslic.
- **ŘÁDEK:** je ukončen buď automaticky za posledním slovem, které se vešlo na řádek nebo znakem nového řádku.
- **ODSTAVEC:** je ukončen znakem nového řádku.
- **STRÁNKA:** je ukončena za posledním řádkem, který se ještě na stránku vešel nebo znakem „konec stránky“.
- **ODDÍL:** část dokumentu, ve které jsou nastaveny stejné atributy, jako
 - okraje, orientace stránky, rozměry papíru,
 - počet novinových sloupců,
 - formát, umístění a číslování stránek,
 - obsah a umístění záhlaví a zápatí a další.

3.2.2 Přesun kurzoru v textu a textu v okně

Přesun kurzoru pomocí myši: Nastavíme kurzor myši na místo, kam chceme přemístit textový kurzor a klepneme levým tlačítkem.

Přesun kurzoru pomocí klávesnice:

Ø kurzorové šipky	o jeden znak nebo řádek ve směru šipky
Ø <Ctrl> + šipka vlevo/vpravo	o jedno slovo doleva/doprava
Ø <Ctrl> + šipka nahoru/dolů	o jeden odstavec nahoru/dolů
Ø <Home>	na začátek řádku
Ø <End>	na konec řádku
Ø <PgUp>, <PgDn>	o obrazovku nahoru, dolů
Ø <Ctrl> + <PgUp>	na začátek obrazovky
Ø <Ctrl> + <PgDn>	na konec obrazovky
Ø <Ctrl> + <Home>	na začátek dokumentu
Ø <Ctrl> + <End>	na konec dokumentu
Ø <Shift> + <F5>	na místo, kde jsme naposledy editovali

Tyto možnosti je dobré si postupně osvojit, protože nám usnadní a zrychlí práci.

3.2.3 Označení textu

Chceme-li provádět změny v určité části textu, změnu typu nebo velikosti písma, vymazání, kopírování nebo přesun textu, musíme si předem tuto část textu označit, aby bylo zřejmé, které části textu se požadovaná změna týká. Označený text se zobrazí v inverzních barvách. Pro zrušení označení stačí kliknout tlačítkem myši kamkoliv do textu.

Způsoby označení textu pomocí myši:

- Ø Kurzor myši nastavíme na začátek bloku textu, který chceme označit, stlačíme levé tlačítko myši, podržíme a přejedeme na konec označovaného bloku, tlačítko pustíme.
- Ø Pro označení větší bloku textu, který se nevejde na obrazovku, může se vyskytnout problém s určením druhého konce bloku, kdy nám po najetí myši k okraji obrazovky začne text rychle utíkat. V tom případě můžeme postupovat tak, že textový kurzor nastavíme na začátek bloku, posuneme text rolovací lištou tak daleko, až se na obrazovce objeví místo, kde má blok končit, podržíme tlačítko <Shift> a klepneme na konec bloku myší. Tento způsob lze samozřejmě použít i u menších bloků.

Další možnosti označení:

- Ø poklepání na slovo – celého slova
- Ø poklepání 3 x v textu – celého odstavce
- Ø klepnutí ve vyznačovacím pruhu (vlevo před textem) – celého řádku
- Ø potažení myši se stlačeným tlačítkem ve vyznačovacím pruhu – více řádků
- Ø poklepání ve vyznačovacím pruhu – celého odstavce
- Ø <Shift> + klepnutí ve vyznačovacím pruhu – od polohy textového kurzoru
- Ø <Ctrl> + klepnutí ve vyznačovacím pruhu (nebo poklepání 3 x) – celého dokumentu
- Ø <Ctrl> + <Shift> + F8 – svislé bloky (poloha textového kurzoru určuje jeden roh označovaného bloku tvaru obdélníku, klepnutím do protějšího rohu označíme celý požadovaný blok)

Označení textu pomocí klávesnice:

- Ø Stisknutím klávesy <Shift> a přesunutím kurzoru pomocí kláves, označí se text mezi počáteční a konečnou polohou kurzoru. Celý dokument se vybere pomocí <Ctrl>+A.

3.2.4 Roletková menu

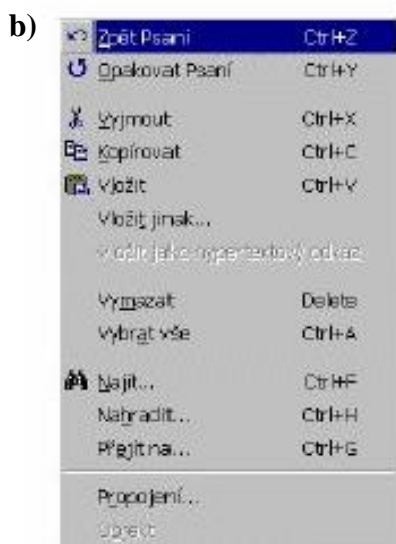
Ovládá se pomocí myši i klávesnice. Klepnutím na kteroukoliv položku menu se otevře příslušné menu. Přejedeme-li myší vodorovně, otevře se vždy to menu, na které bude ukazovat kurzor myši (otevřeme-li jiné menu, než potřebujeme, nemusíme je zavírat klepnutím do textu a otvírat jiné). Pohybujeme-li se svisle po menu, vybírají se postupně jednotlivé položky. Volbu vybrané položky potvrdíme klepnutím. Je-li u některé položky černá šipka, otevře se ještě další podmenu. Pro otevření menu pomocí klávesnice stlačíme levý <Alt> + podtržené písmeno. Levou a pravou kurzorovou šipkou se pohybujeme vodorovně po položkách menu, šipkami dolů a nahoru vybíráme položky otevřeného menu, volbu (případně otevření podmenu) potvrdíme tlačítkem <Enter>. V tomto odstavci je uveden pouze stručný přehled jednotlivých menu, podrobnější vysvětlení a použití jejich položek je v dalších kapitolách.

Menu : soubor



Otevření nového prázdného dokumentu
 Otevření uloženého dokumentu
 Zavření dokumentu
 Uložení dokumentu
 Uložení s možností změny názvu a složky
 Zadáání verze dokumentu
 Kontrola a nastavení parametrů vzhledu stránky
 Zobrazení celé zmenšené stránky na obrazovce
 Otevření okna pro tisk
 Odeslání faxem /prezentace v PowerPointu
 Informační okno s vlastnostmi dokumentu
 Seznam naposledy otevřených dokumentů
 Ukončení aplikace Word

Menu : úpravy



Zrušení naposledy provedené operace
 Opětne provedení zrušené operace
 Přemístit text do schránky
 Zkopírovat text do schránky
 Vložit obsah schránky
 Umožňuje provést změny ve způsobu vložení textu
 Vymazání označeného textu
 Označení celého dokumentu
 - vyhledání textu
 Otevření okna pro - nahrazení textu
 - přechod na zadanou stránku

Menu : formát

Otevře okno pro nastavení formátu – písma
 - odstavce
 - odrážek a číslování

Otevře okno Ohraničení a stínování

Otevře okno Sloupce

Otevře okno pro nastavení a volbu tabulátorů

Iniciála na začátku textu

Změna směru textu

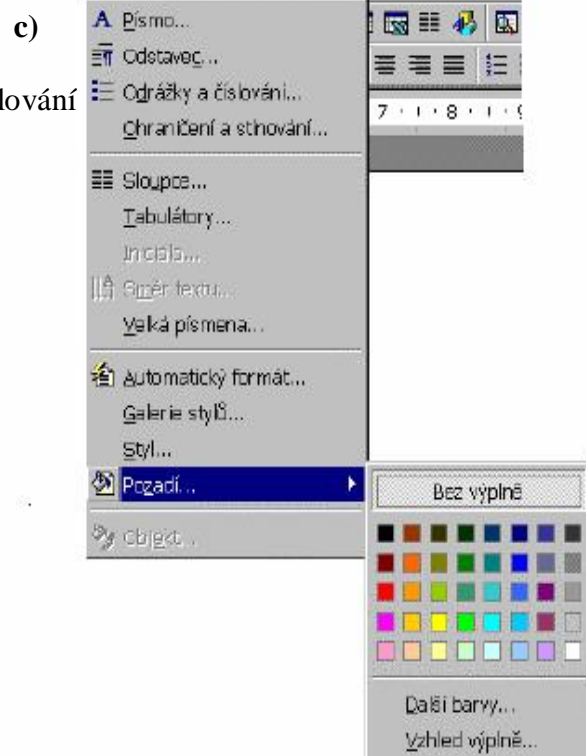
Změna malých písmen na velká a obráceně

Možnost automatického formátování

Přehled stylů

Nastavení stylu

Nastavení barvy nebo výplně pozadí

**Menu Nástroje**

Kontrola pravopisu

Nastavení jazyka, výběr tezauru

Zobrazení statistických údajů textu

Jen z textu s nastavenou angličtinou

Kontrola a nastavení automatických oprav

Nastavení sledování změn při úpravách

Možnost uzamčení změn heslem

Vytvoření dokumentu hromadné korespondence

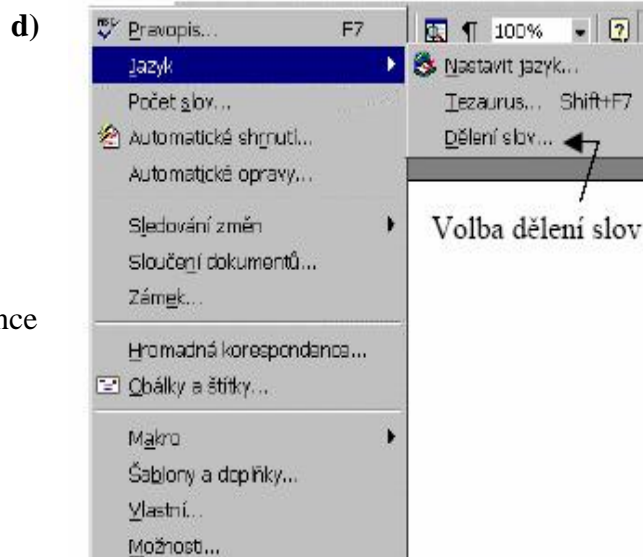
Tisk obálek a štítků

Vytváření maker


Práce se šablonami a doplňky

Vlastní úprava panelů nástrojů

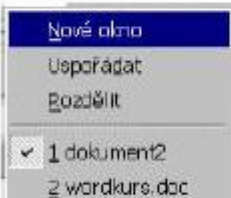
Nastavení různých možností Wordu



Menu Tabulka

- e)  Vytváříme-li novou tabulku, je na místě položky Vložit řádky volba Vložit tabulku a ostatní položky, sloužící k úpravě tabulky, jsou neaktivní (nezvýrazněné).
- Abecední seřazení obsahu označených buněk
Vložení vzorce
Rozdělení tabulky
Přepínač skrytí/zobrazení pomocné mřížky

Menu Okno

- f)  Otevření nového okna se stejným dokumentem
Uspořádání otevřených oken nad sebou
Rozdělení okna
- Seznam otevřených dokumentů, aktivní je zatrhnutý

Menu Nápověda

- g)  Otevření okna s rejstříkem a obsahem

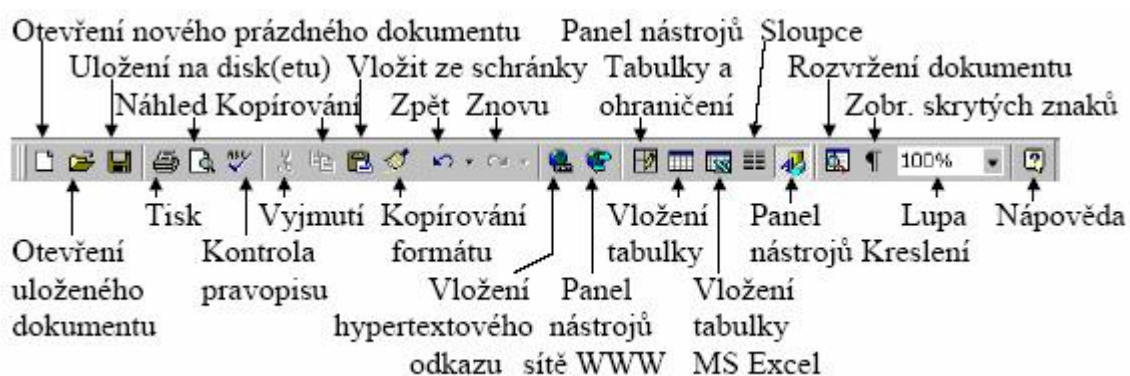
Obr. 74 Menu : a) soubor, b) úpravy, c) formát, d) nástroje, e) tabulka, f) okno, g) nápověda

3.3 Panely nástrojů

Pod hlavním menu jsou zpravidla zobrazeny panely *Standardní* a *Formát*. Zobrazení

nebo zrušení zobrazení těchto nebo dalších panelů nástrojů nastavíme pomocí menu *Zobrazit/Panely nástrojů*. Některé panely můžeme otevřít nebo zavřít také z panelu *Standardní (Síť WWW, Tabulky a ohraničení, Kreslení)*. Některé ikony na panelech nástrojů odpovídají příslušným položkám v menu. Ukážete-li kurzorem myši na ikonu, zobrazí se u kurzorové šipky popisek s funkcí této ikony. Otevřeme-li další panel nástrojů, zobrazí se buď pod zobrazenými panely, panel *Kreslení* zpravidla dole na obrazovce a některé panely uprostřed obrazovky jako okno s titulním pruhem, za který můžeme panely posouvat. Panely v horní nebo dolní části obrazovky můžeme přemístit pomocí levého okraje. Nyní popíšu nejdůležitější panely nástrojů, které jsou k dispozici.

3.3.1 Panel : standardní



Obr. 75 Panel standardní

Většinu operací z tohoto panelu se nachází v menu *Soubor* a *Úpravy*. Před položkami menu je zobrazena stejná ikona jako na panelu, vpravo je uvedena (pokud existuje) klávesová zkratka. Ikony pro vyjmutí a kopírování se aktivují až po označení textu.

3.3.2 Panel : formát



Obr. 76 Panel formát

Pro volbu stylu, typu a velikosti písma, barev a ohraničení si otevřu pod menu malou černou šipkou vpravo vedle příslušné ikony.

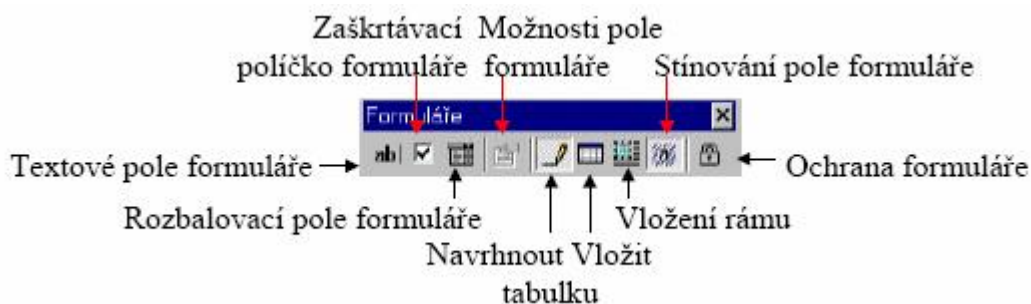
3.3.3 Panel : databáze



Obr. 77 Panel databáze

Tento panel poslouží především při práci s hromadnou korespondencí.

3.3.4 Panel : formuláře



Obr. 78 Panel formuláře

Panelu *Formuláře* využijí při vytváření formulářů.

3.3.5 Panel : kreslení



Obr. 79 Panel kreslení

Pomocí panelu *Kreslení* lze do textu nakreslit a různě upravit obrazce, které jsou buď přímo na panelu nebo v nabídce *Automatické tvary*.

3.3.6 Panel : obrázek



Obr. 80 Panel kreslení

Pracovat s tímto panelem mohou až při vložení obrázku.

3.3.7 Panel : síť WWW



Obr. 81 Panel síť WWW

Tento panel slouží k práci s Internetem a je obdobou ovládacího panelu programu Internet Explorer.

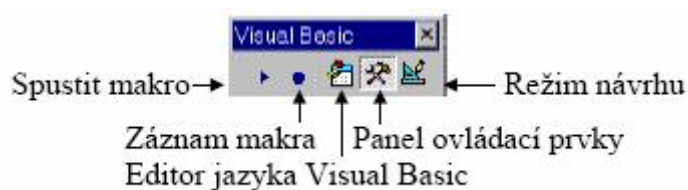
3.3.8 Panel : tabulky a ohraničení



Obr. 82 Panel tabulky a ohraničení

Funkce tohoto panelu používám při vytváření a úpravě tabulky. Neaktivní ikony se zvýrazní až při umístění kurzoru do tabulky.

3.3.9 Panel : Visual Basic



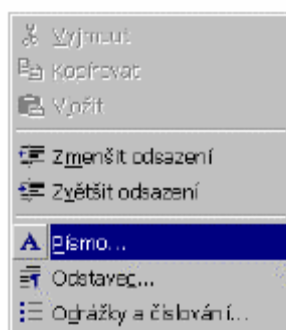
Obr. 83 Panel Visual Basic

Tento panel slouží pro práci s makry, jak vyplývá s funkce jeho ikon.

- Ø Poslední položka v panelech nástrojů je panel *Vlastní*. S jeho pomocí si mohou vytvořit panel nástrojů podle vlastních potřeb.

3.4 Další volby a nastavení

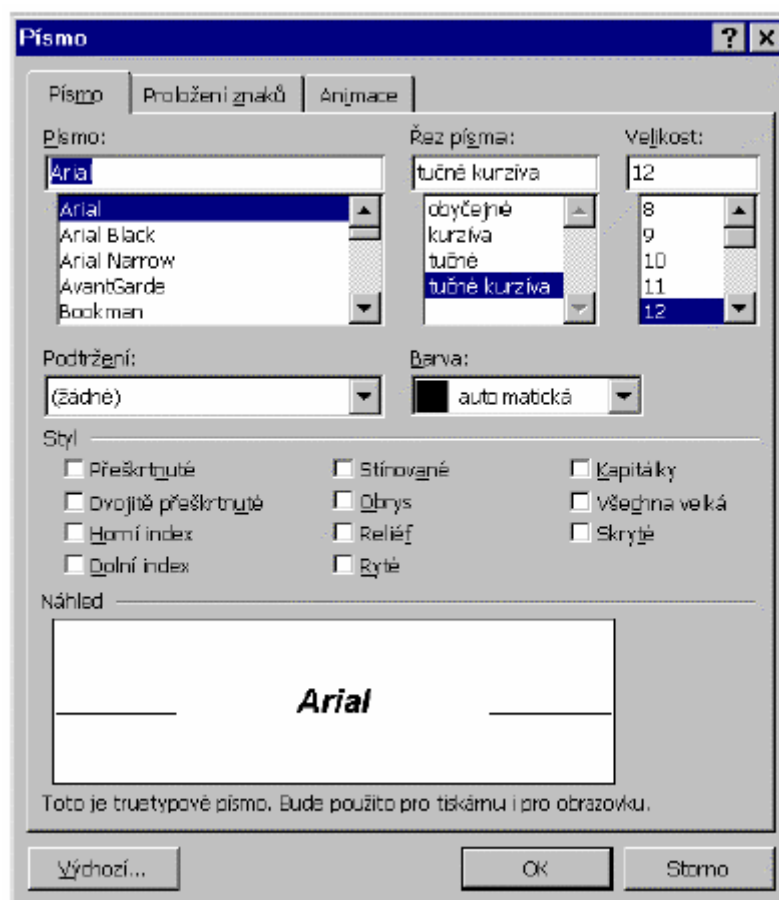
V této kapitole jsou obrázky oken, která se otevrou při volbě z roletkových menu a jejich popis. Další možnost otevření některých oken je z menu, které se otevře klepnutím pravým tlačítkem v oblasti textu.



Obr. 84 Další volby a nastavení

3.4.1 Písmo

Nastavení některých vlastností písma je na panelu *Formát*, tyto a ještě další vlastnosti se mohou nastavit také v okně *Písmo*, otevřeném z menu *Formát* nebo z nabídky na předcházejícím obrázku.



Obr. 85 Písmo

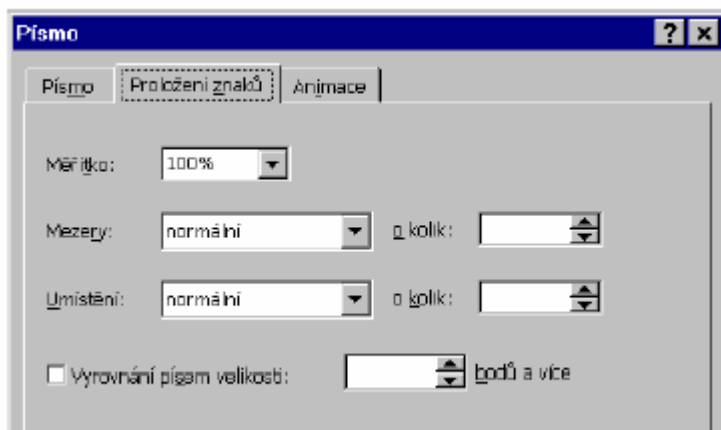
V horní části okna nastavím typ, řez, velikost, podtržení a barvu písma, což lze provést i na panelu Formát. Ve střední části okna je 11 možností volby stylu písma zaškrtnutím příslušného čtverečku. Z popisu u čtverečku je vcelku jasné, o jaký styl písma jde; bližší vysvětlení budou zřejmě potřebovat *Kapitálky*: Tato volba změní vybraný text napsaný malými písmeny na text napsaný velkými písmeny, přičemž zmenší jejich velikost.

Formátování Kapitálky nemá vliv na čísla, interpunkční znaménka, velká písmena a na jiné než abecední znaky. Jak bude zvolené písmo vypadat, vidím v náhledu ve spodní části okna. Tlačítko *Výchozí* umožňuje změnit výchozí písmo podle nově nastaveného v šabloně *Normal.dot*.

Má-li se nastavené změny uplatnit na označeném textu nebo pokračovat v psaní tímto písmem, je třeba okno *Písmo* zavřít tlačítkem OK, jinak použít tlačítko Storno. Klepne-li se v okně na kterýkoliv objekt pravým tlačítkem myši, zobrazí se dotaz : Co je to? a po klepnutí na něj levým tlačítkem se otevře rámeček s vysvětlením. To platí u všech oken.

V horní části okna pod titulním pruhem jsou tři záložky: *Písmo*, *Proložení znaků* a *Animace*.

V záložce *Proložení znaků* máme možnost rozšířit mezery mezi znaky, aniž bych mezi ně vkládal mezery mezeríkem.

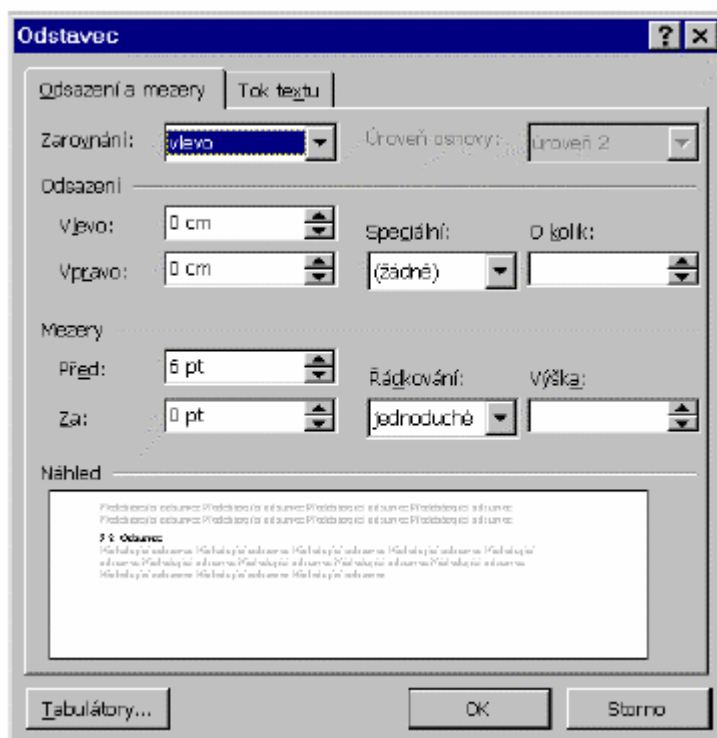


V kolonce o kolik nastavím pomocí horní šipky např. 5 pt (jak bude písmo vypadat, ukazuje náhled) a stlačím OK.

Volba Umístění umožňuje text posunout nahoru nebo dolů.

Obr. 86 Písmo-proložení znaků

3.4.2 Odstavce



Otevření: Stejně jako u panelu Písmo.

Zarovnání: Všechny čtyři možnosti nastavení obsahuje také panel nástrojů Formát
Odsazení: Celého odstavce
Vlevo: (též na panelu Formát–zmenšit, zvětšit odsazení)

Vpravo:

Speciální: 1. ř. a předsazení

Mezery: Rozumí se svisle –
Před a Za: odstavcem.3 pt je asi 1mm

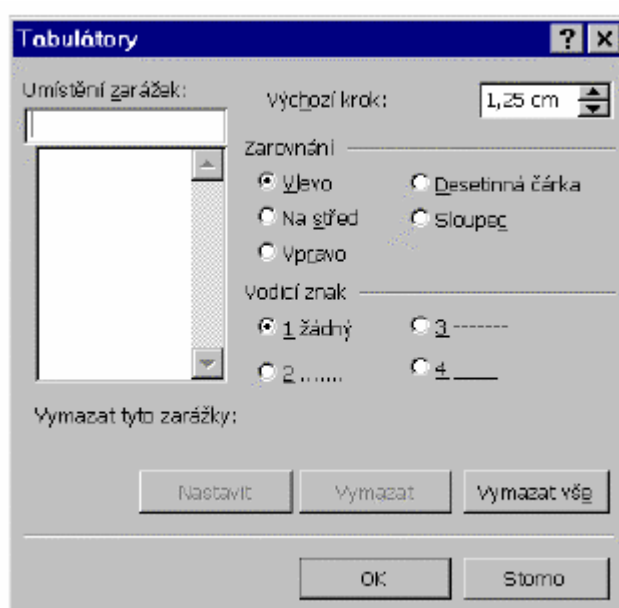
Možnost nastavit: Řádkování a Výška řádku.

V Náhledu se opět ukáže, jak bude upravený text vypadat.

Obr. 87 Odstavec

3.4.3 Tabulátory

Použití tabulátorů je obdobné jako u psacího stroje. Nejprve je třeba nastavit tabulátorové zarážky, na které pak můžeme přesunout textový kurzor tlačítkem Tab. Při přechodu na nový řádek (automaticky nebo tlačítkem Enter) se nastavené zarážky automaticky přenesou.



Obr. 88 Tabulátory

Do řádku *Umístění zarážek* zapíše vzdálenost zarážky od levého okraje v cm a stlačím *Nastavit*. Potřebuji-li některou zarážku zrušit, vyberu ji ze seznamu zarážek a zvolíme *Vymazat*. Text pod zarážkou lze zarovnat podobně jako text odstavce. Navíc je zde možnost zarovnání podle desetinné čárky. K tabulátoru lze přidat *Vodící znak* – buď žádný nebo další tři možnosti (např. tečky – jako v obsahu).

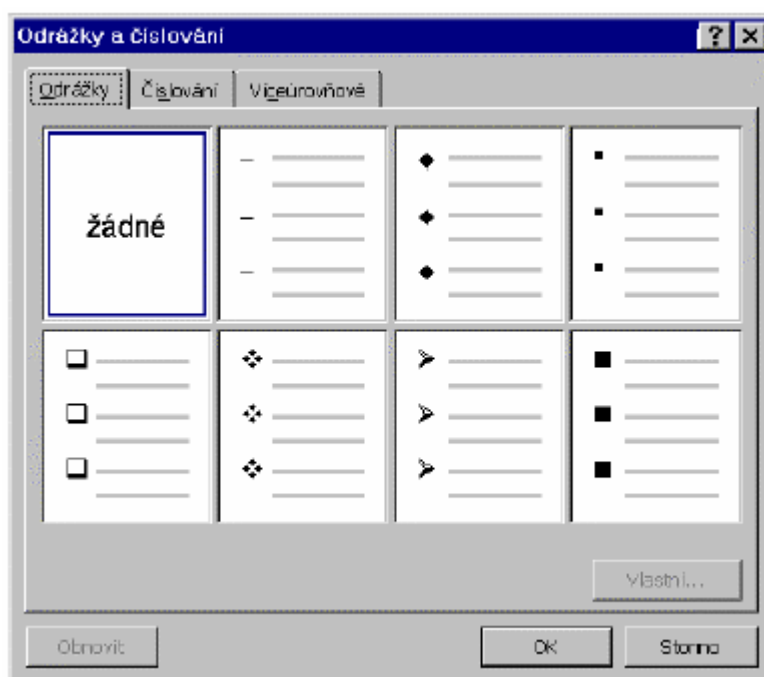
Není-li nastavena žádná zarážka a stlačím klávesu tabulátoru, posune se kurzor na nejbližší zarážku nastavenou pomocí hodnoty *Výchozí krok*. Tabulátorové zarážky lze nastavit ještě jiným způsobem, přímo na pravítku, na kterém se zobrazí také zarážky, nastavené v okně *Tabulátory*. Tvar zarážky se liší podle toho, jak se bude text pod zarážkou zarovnávat. Typ zarážky lze zvolit v levém horním rohu, ze kterého vycházejí pravítka. Původně je zde levá zarážka (pro zarovnání textu vlevo) . Klepnu-li na ni, změní se na zarážku pro zarovnání na střed , po dalším klepnutí na pravou zarážku a nakonec na

číslnou zarážku • , která umožňuje zarovnání čísel podle desetinné čárky.

Klepnu-li po zvolení příslušné zarážky ve spodní polovině pravítka v místě, kam chci umístit zarážku, objeví se zde značka zarážky. Chci-li zarážku posunout, stačí na ni ukázat, stlačit a podržet levé tlačítko myši a vodorovně posunout myši na požadované místo. Současně se zarážkou se pohybuje svislá čárkovaná čára, abych viděl v celém textu na obrazovce, kam zarážku nastavuji. Chci-li zarážku odstranit, stačí na ni ukázat a posunout ji mimo pravítko, nejlépe dolů a pustit tlačítko myši. Na pravítku lze nastavit také levý a pravý okraj dokumentu. Okraje jsou znázorněny rozhraním mezi šedou a bílou částí pravítka. Ukážu-li do tohoto místa, změní se kurzor na dvousměrnou vodorovnou šipku. Po stlačení levého tlačítka myši je možno vodorovným posunem okraje zmenšovat a zvětšovat.

3.4.4 Odrážky a číslování

Volí se, na panelu *Formát*. Nevyhovuje-li tvar odrážky nebo způsob číslování, může se provést změna v okně *Odrážky a číslování*, které se otvírá z menu *Formát*. V okně mám na výběr záložky *Odrážky*, *Číslování* a *Víceúrovňové*.

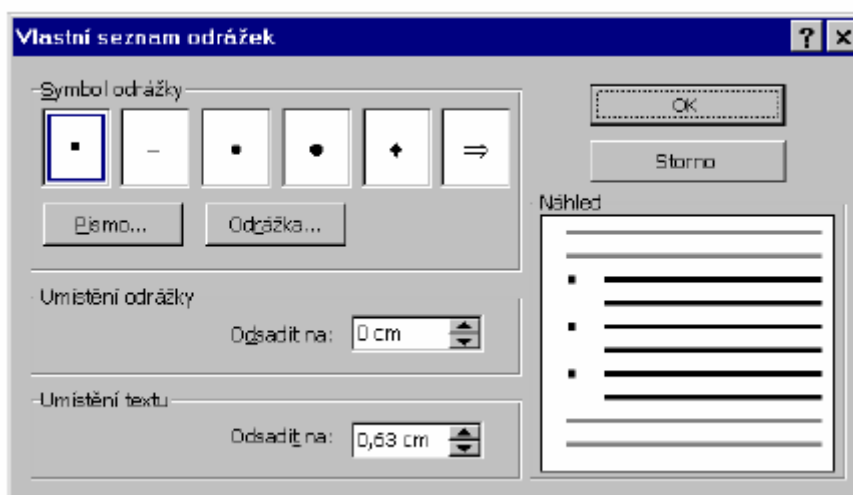


Obr. 89 Odrážky a číslování

Nevyberu-li si z nabízených možností, mohu si vytvořit vlastní odrážky nebo číslování klepnutím na tlačítko *Vlastní*. Toto tlačítko je však aktivní pouze v případě, že nemám vybranou volbu žádné.

V okně *Vlastní seznam odrážek*, které se mi otevře, když jsem měl zvolenou záložku *Odrážky*, mám možnost si vybrat ze šesti odrážek. Nevyhovuje-li mi ani jedna z nich, klepnu na tlačítko *Odrážka....* Otevře se mi okno *Symbol*, ve kterém mám možnost si požadovanou odrážku vybrat. Dále mám možnost klepnutím na tlačítko *Písmo* otevřít okno *Písmo*, ve kterém mohu změnit velikost odrážky nebo řez písma.

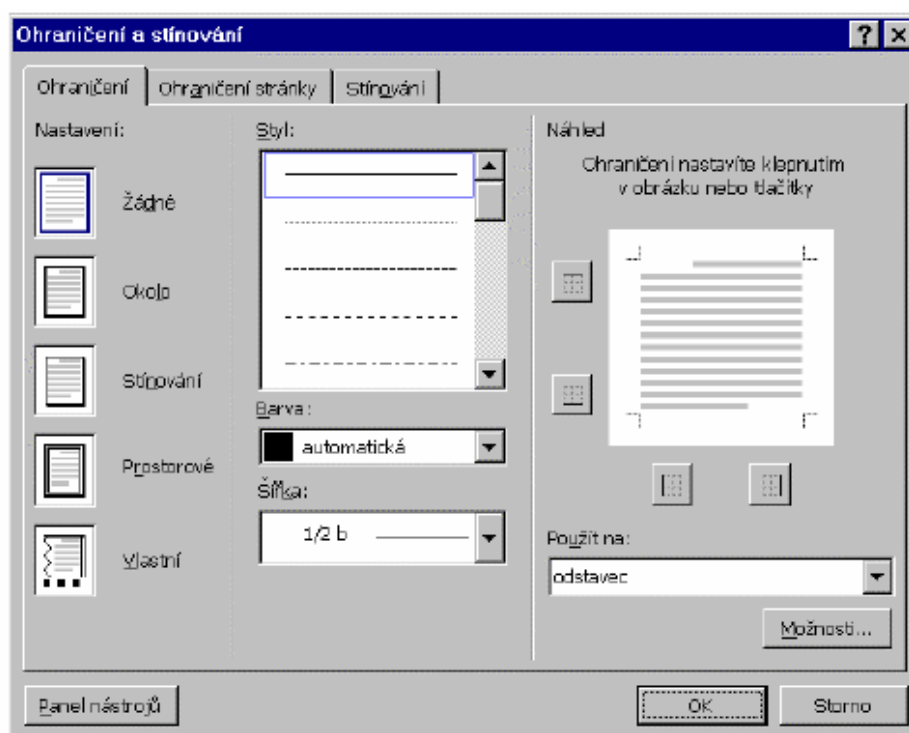
Další možnosti nastavení jsou: *Umístění odrážky* a *Umístění textu* nastavením odsazení odrážky od okraje dokumentu a odsazení textu od odrážky. Jak bude odsazený text vypadat, ukazuje opět *Náhled*.



Obr. 90 Vlastní seznam odrážek

Píšu-li text, ve kterém chci mít odrážky / číslování, klepnu na ikonu *Odrážky a číslování*, případně vyberu odrážku / způsob číslování v okně *Odrážky a číslování*. Na začátku řádku, na kterém mám kurzor, se objeví nastavená odrážka / číslování. Po dopsání odstavce a stlačení tlačítka <Enter> se na dalším řádku opět objeví další odrážka / číslování. Pro ukončení buď klepnu znovu na ikonu *Odrážky / Číslování* nebo stlačím ještě jednou <Enter>, chci-li vynechat prázdný řádek. Je-li text již napsaný, stačí označit odstavce, u kterých chci mít odrážky / číslování a klepnout na ikonu *Odrážky / Číslování*.

3.4.5 Ohraničení a stínování



Obr. 91 Ohraničení a stínování

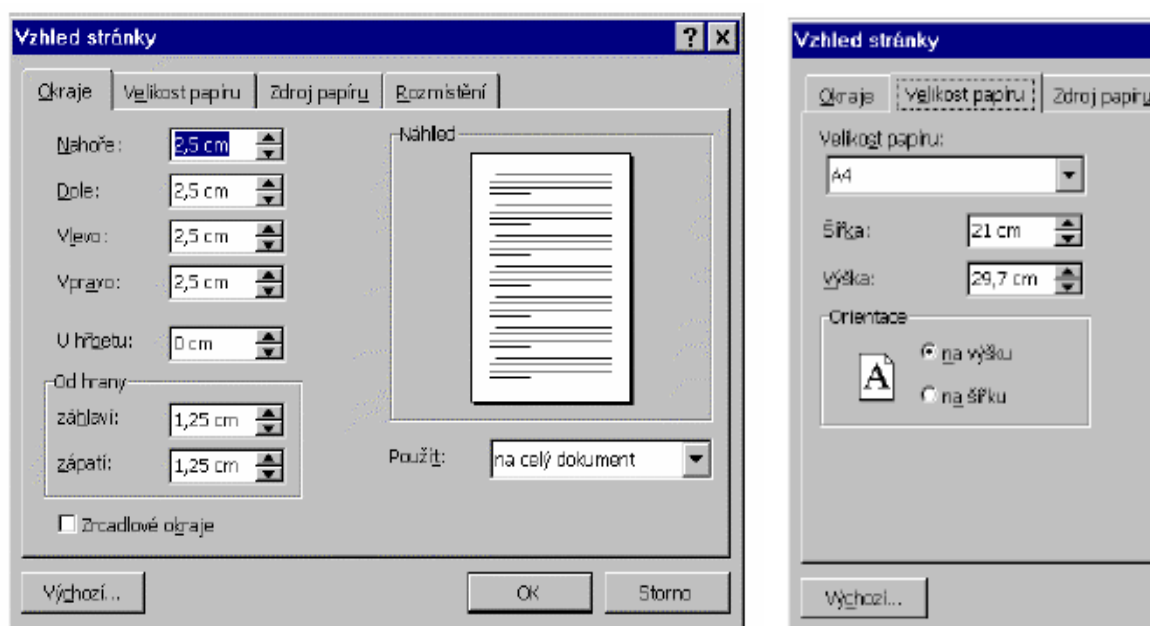
Některé volby v tomto okně (menu *Formát*) jsou stejné jako na panelu *Tabulky a ohraničení* který otevřu z panelu *Formát*.

Je možno ohraničit odstavec, označený text nebo celou stránku. *Možnosti...* otevřou okno pro nastavení vzdálenosti ohraničení od textu.

3.4.6 Formátování stránek

Vlastnosti formátu stránky nastavím v okně *Vzhled stránky*, které otevřu stejně nazvanou položkou v menu *Soubor* nebo poklepáním na vodorovné pravítko.

V záložce *Okraje* mohu zkontrolovat, případně nastavit, všechny vzdálenosti textu od okraje papíru, případně zvětšit vzdálenost *U hřbetu*, budu-li se text tisknout oboustranně.



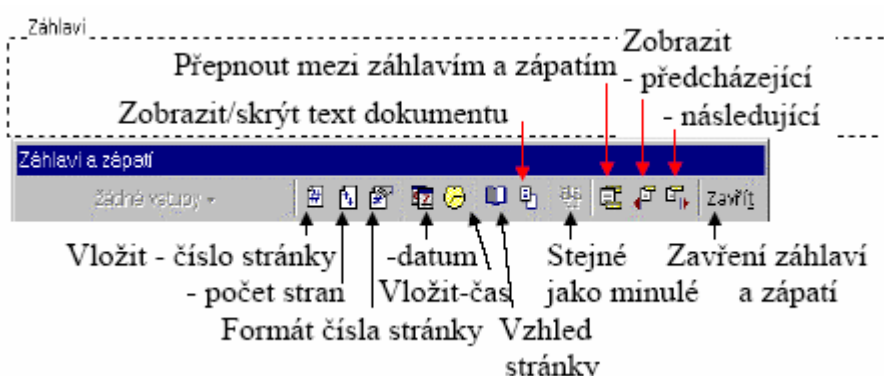
Obr. 91 Vzhled stránky

Mohu také nastavit vzdálenost záhlaví a zápatí od hrany papíru. Pro oboustranný tisk lze zvolit *Zrcadlové okraje*. Všechna tato nastavení mohu použít buď na celý dokument nebo od tohoto místa dále, tzn., že od tohoto místa bude začínat další oddíl. Dále mám možnost pomocí záložky *Velikost papíru* nastavit formát papíru. Nejběžnější formát je A4, který může být orientován buď na výšku nebo na šířku. Zobrazení zvoleného nastavení ukazuje *Náhled*. Nastavení okrajů lze provést i na pravítku – levý a pravý na vodorovném, horní a dolní na svislém – potažením rozhraní mezi šedou a bílou částí pravítka myší ve směru dvousměrné šipky, v kterou se při ukázání na rozhraní změní kurzor.

3.4.7 Záhloví a zápatí

Nahoře a dole na stránce mohu vložit text, který se zobrazí na každé stránce dokumentu (případně oddílu), aniž bych musel text znovu opisovat. Tento text však musím vložit do *Záhlaví* nebo *Zápatí*. Abych to mohl provést, musím si zobrazit - výběrem v menu *Zobrazit - Záhloví a zápatí*. Se zobrazením oblasti záhlaví, ohraničené čárkovanou čarou, se zobrazí panel *Záhloví a zápatí*. Aby se text hlavního dokumentu odlišil od textu v záhlaví a zápatí, tento text zešedne. Až zavřu záhlaví a zápatí, naopak zašedne text v záhlaví a v zápatí.

Mám-li zvolené zobrazení *Normálně*, při zavření záhlaví a zápatí se text záhlaví a zápatí vůbec nezobrazí. Přepnu-li na stránkové zobrazení, text záhlaví a zápatí se zobrazí. Po zapsání textu do záhlaví se přepnu do zápatí – buď ikonou na panelu Záhlaví a zápatí nebo kurzorovou šipkou dolů. Do zápatí často vkládám číslo stránky, jehož formát je možno upravit pomocí *Formát čísla stránky*. Vkládám-li datum a nevyhovuje mi jeho formát, mohu si vybrat jiný v menu *Vložit / Datum a čas...* Chci-li pracovat se záhlavím nebo se zápatím, ve kterém už je zapsaný text, mohu ho otevřít poklepnutím na tento text. Podobně do hlavního dokumentu se mohu vrátit poklepnutím na jeho text.



Obr. 93 Záhlaví a zápatí

3.4.8 Vkládání; ukládání souboru

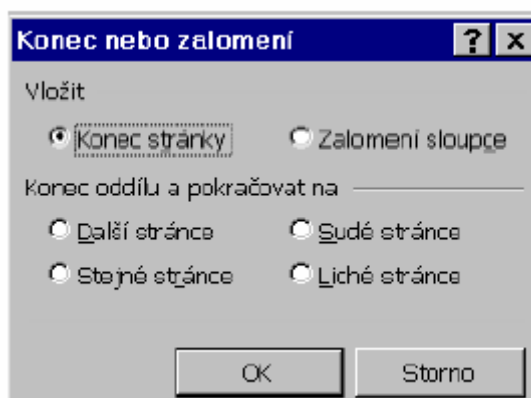
Tato kapitola se týká menu *Vložit* s položkami pro vložení různých objektů do textového dokumentu a způsobů uložení souboru v menu *Soubor*.

- **Vložit Konec**

Tato volba umožňuje vložit *Konec* nebo zalomení. Mohu zvolit buď *Konec stránky* nebo pokud mám text uspořádaný do sloupců *Zalomení sloupce* nebo *Konec oddílu* se čtyřmi možnostmi pokračování dalšího oddílu.

Obvykle se stává, že text kapitoly nekončí až na konci stránky a následující kapitola má pokračovat na další stránce. V takovém případě není vhodné vyplnit zbytek stránky prázdnými řádky, ale vložit znak *Konec stránky*. Pak se nemůže stát, že v případě přidání řádků do kapitoly se přesunou prázdné řádky za koncem kapitoly na další stránku nebo naopak při vymazání několika řádků přeskočí nadpis následující kapitoly dolů na předcházející stránku. Vložený znak konce stránky se posouvá po volné části stránky podle

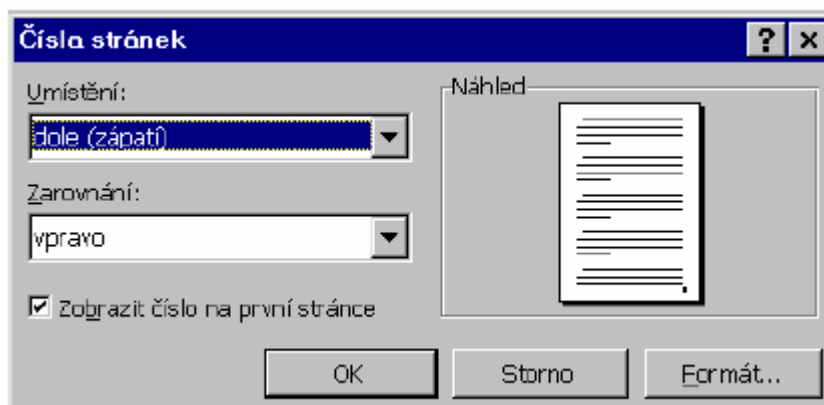
toho, jak přibývají nebo ubývají řádky před ním. Vložení konce stránky se tedy využije nejčastěji, další volby najdou uplatnění již méně často.



Obr. 94 Konec nebo zalomení

- **Vložit Číslo stránek**

Kromě možnosti vložení čísel stránek z panelu *Záhlaví a zápatí* je lze vložit z menu *Formát*. V okně *Číslo stránek* mohou volit *Umístění do záhlaví* nebo do *zápatí*, *Zarovnání*, zda *Zobrazit číslo na první stránce* a také jak upravit jeho *Formát...* Pro kontrolu umístění čísla stránky mám opět k dispozici *Náhled*.

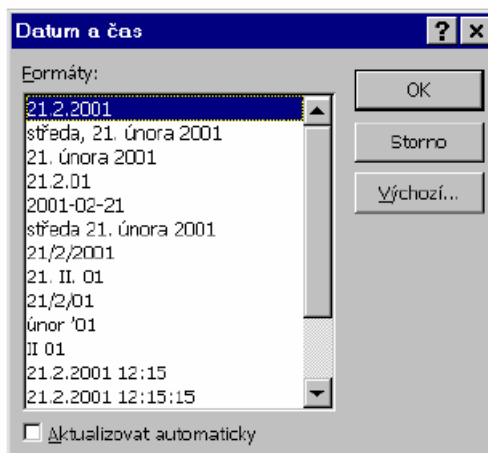


Obr. 95 Číslo stránek

- **Vložit Datum a čas**

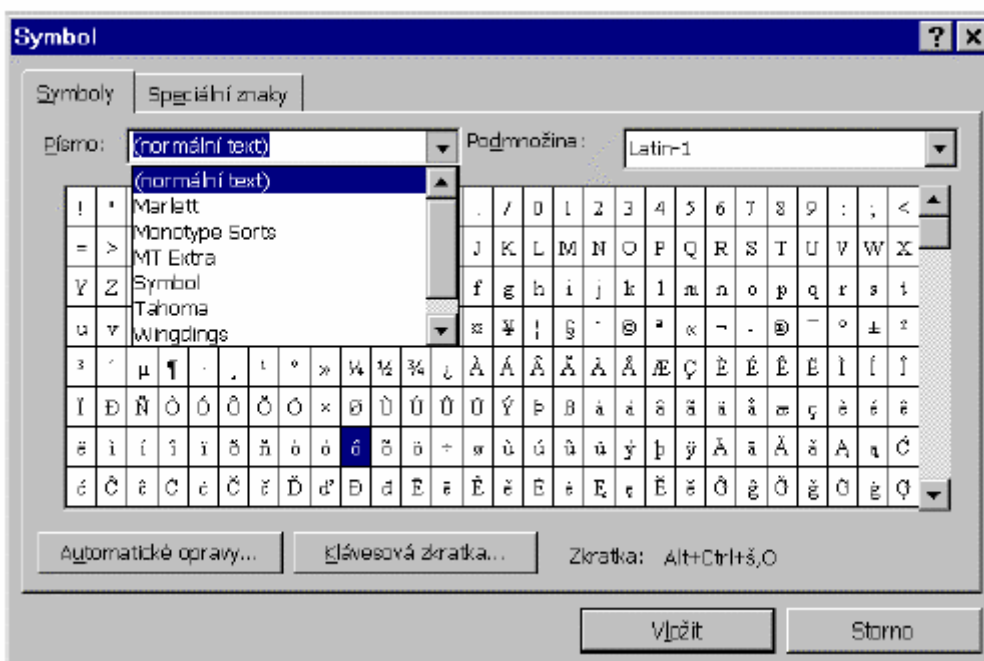
Rovněž vložení datumu a času je možno provést nejen z panelu *Záhlaví a zápatí*, ale také z menu *Formát*. Jak je vidět v okně *Datum a čas*, jsou v něm nabídnuty pro vložení různé

tvary datumu a času, a to jak samostatně, tak společně. Jediná volba, kterou zde mohou zatrhnout, je *Aktualizovat automaticky*.



Obr. 96 Datum a čas

- **Vložit *Symbol***



Obr. 97 Symbol

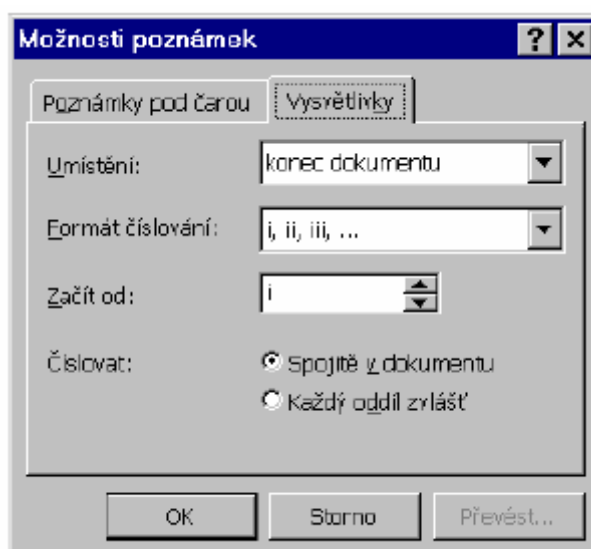
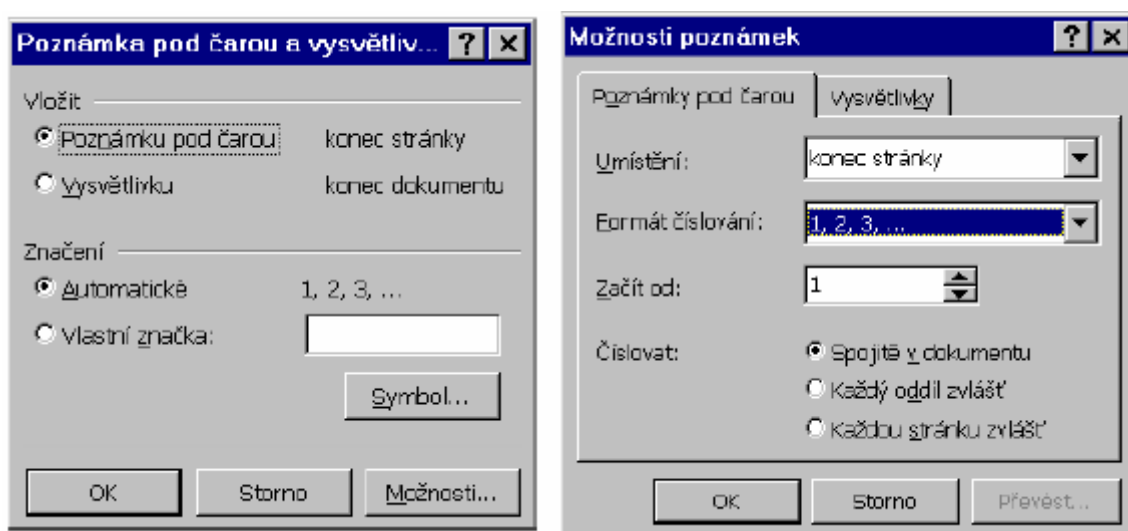
Pomocí této volby mohou vkládat různé symboly nebo písmena s diakritickými znaménky, která nemám na klávesnici. V okně *Symbol* mám k dispozici volbu několika sad písma, pomocí níž si zvolím sadu, ve které se nachází symbol, který chci vložit. Na obrázku je

otevřený normální text, ve kterém je vybrané písmeno ô. Potřebuji-li některý symbol vkládat častěji, může mu být přiřazena *Klávesová zkratka*....

- **Vložit Poznámka pod čarou**

Touto volbou otevřu okno *Poznámka pod čarou a vysvětlivky*. Jak je z okna patrné, poznámku pod čarou vkládám na konec stránky a vysvětlivku na konec dokumentu. Mohu si zvolit *Značení Automatické* nebo *Vlastní značku*, pro kterou si mohu zvolit *Symbol*.

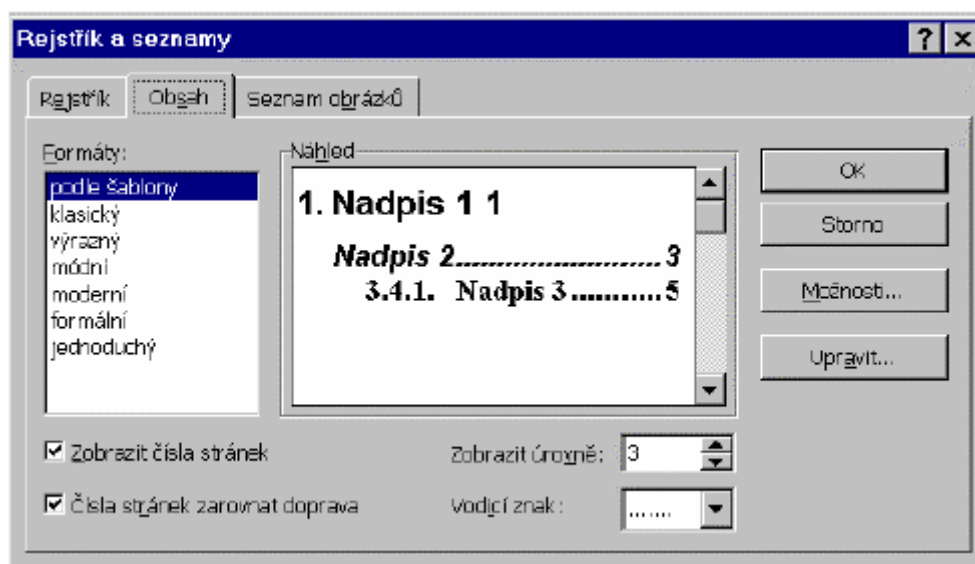
Tlačítkem *Možnosti...* otevřu okno *Možnosti poznámek*, ve kterém mohu nastavit další možnosti pro *Poznámky pod čarou* nebo pro *Vysvětlivky*.



Obr. 98 Poznámky

- **Vložit Rejstřík a seznamy**

Možnost vložit *Rejstřík*, *Obsah* nebo *Seznam obrázků* ušetří hodně práce s jejich sestavením. Je však třeba, abych v dokumentu měl pro položky těchto seznamů určený příslušný styl jako rejstřík, nadpis nebo obrázek.

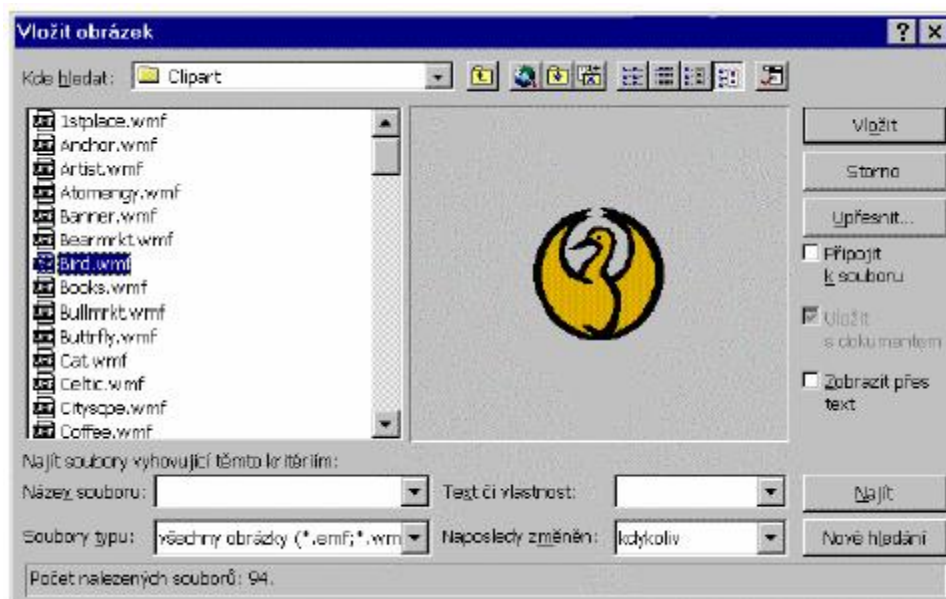


Obr. 99 Rejstřík a seznamy

Vkládám-li např. *Obsah*, vezmou se v úvahu všechny řádky odstavce, u kterého je použit styl *Nadpis* do úrovně zadané v kolonce *Zobrazit úroveň*. Dále mohou zatrhnout volby *Zobrazit čísla stránek*, *Čísla stránek zarovnat doprava* a zvolit *Vodící znak*. Dále si mohou vybrat různé *Formáty* obsahu. Pokud mi nevyhovuje navržený vzhled obsahu, mohu jeho jednotlivé úrovně *Upravit*

- **Vložit Obrázek**

Vložit mohu buď *Klipart* nebo *obrázek Ze souboru*. Kliparty jsou připravené obrázky zpravidla na optickém disku nebo některé mohou být k dispozici na pevném disku. V kolonce *Kde hledat* zvolím disk a složku, ve které se nachází obrázek, který chci vložit. Dole v kolonce *Soubory typu* se automaticky nastaví všechny obrázky. Pokud se chci podívat na všechny vybrané typy, které přicházejí v úvahu, klepnu na tlačítko *Upřesnit*. Mám-li nahoře ze čtveřice tlačítek zvolen *Náhled*, zobrazí se vlevo seznam obrázkových souborů ve složce a vpravo vybraný obrázek.



Obr. 100 Vložit obrázek

Obrázek lze do textu vložit dvěma způsoby: buď celý obrázek nebo jen odkaz na něj. Ve druhém případě musím mít zatržený čtvereček *Připojit k souboru*. První způsob má tu výhodu, že se nemusím o původní obrázek již starat, ale nevýhodu, že se hodně zvětší velikost souboru.

Pokud takto vložím do textu více obrázků, může pak výsledný soubor být několikanásobně větší než bez obrázků. Připojení obrázku k souboru naopak zvětší velikost souboru jen málo, ale v případě, že přesunu nebo zkopíruji samotný soubor do jiné složky, objeví se mi po jeho otevření místo obrázku jen rámeček s malou ikonkou v levém horním rohu. Proto je vhodné v takovém případě mít vkládané obrázky uložené ve stejné nebo podřízené složce a kopírovat nebo přesouvat je společně se souborem, ke kterému jsou připojené.

- **Vložit Soubor**

Vložení souboru se provede obdobně jako vložení obrázku ze souboru. Je však třeba si uvědomit, že takto lze vložit *textový* soubor. Které typy souborů přicházejí v úvahu, se mohou podívat otevřením nabídky **Soubory typu** v okně *Vložit soubor*. Kromě volby všechny soubory (*.*) budou v okně zobrazeny konkrétní typy textových souborů. Volba všechny soubory (*.*) umožní zobrazit textové soubory těch typů, které v seznamu nejsou. Aby se text takového souboru správně převedl a zobrazil ve Wordu, musí být nainstalovaný převaděč pro daný typ souboru, tzv. filtr. Kdybych jako soubor vložil obrázek (přesně: soubor typu obrázek – GIF, JPG aj.), převede se na nesrozumitelný text.

- **Uložení souboru**

Vložení souboru mi umožní spojit text ze dvou případně z více souborů do jednoho.

Další využití této možnosti může být v případě, že chci ve Wordu pracovat s textem,

vytvořeným jiným textovým programem. Vhodnější než pouhé otevření tohoto souboru ve Wordu je následující postup:

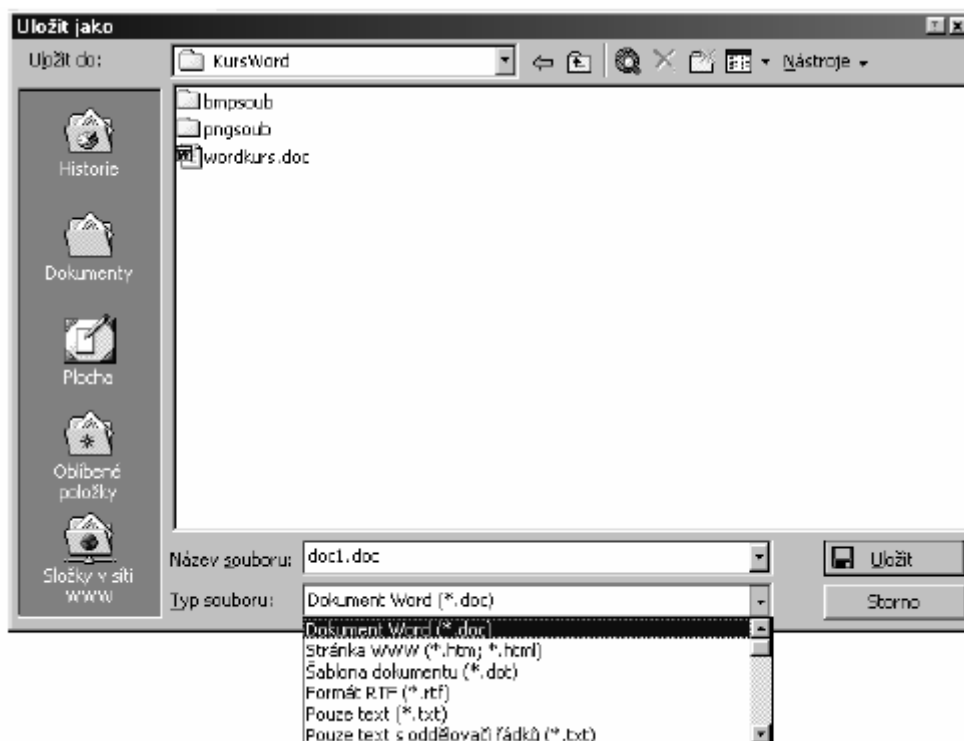
1. Volbou *Uložit jako* v menu *Soubor* uložím prázdný dokument s původním názvem *dokument1*, který se otevřel při spuštění Wordu.

1.1. V kolonce *Typ souboru* zvolím buď dokument Word (*.doc) nebo formát RTF (Rich text format).

1.2. V kolonce *Název souboru* změním navržený název *doc1.doc* na název, pod kterým chci mít soubor uložený.

1.3. V kolonce *Uložit do* vyberu disk a složku, do které chci soubor uložit.

2. Předcházející kroky mi zajistí, že se již dále nemusím starat o typ a název souboru a o složku, do které soubor uložím. Do takto připraveného dokumentu mohu nyní vložit textový soubor jiného typu volbou *Vložit/Soubor*. V kolonce *Soubory typu* zvolím příslušný typ souboru, případně zadám všechny soubory (*.*)

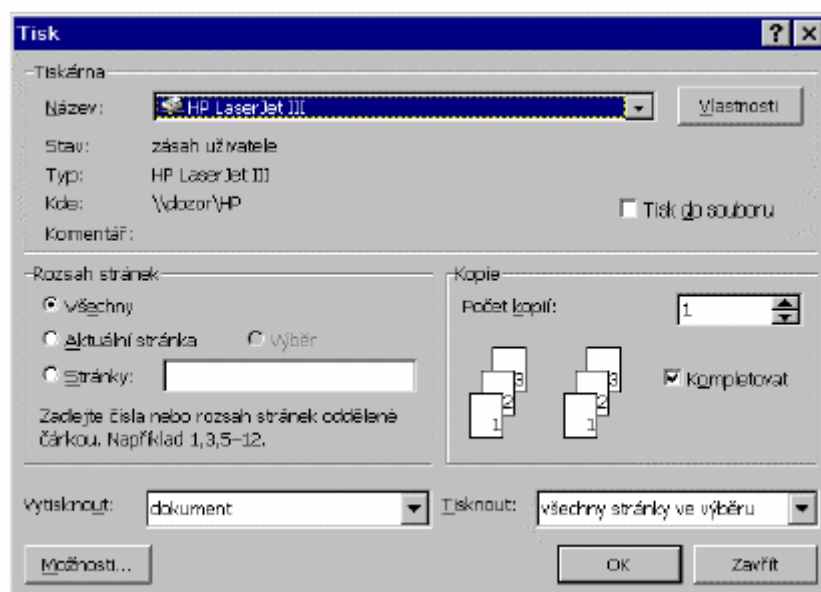


Obr. 101 Uložit jako

Tento postup je vhodné dodržet i při vytváření nového dokumentu hned po otevření Wordu. Volbu *Uložit jako* musím stejně při prvním ukládání dokumentu použít, protože při volbě *Uložit* se dokument uloží do složky *Dokumenty* na disku C: pod názvem *doc1.doc*. Udělám-li to hned na začátku práce, mohu pak již při dalších ukládáních použít volbu *Uložit* v menu *Soubor* nebo bez otvírání menu použít klávesovou zkratku <Ctrl>+S nebo klepnout na ikonu *diskety* na panelu *Standardní*.

3.4.9 Tisk dokumentu

Tisk otevřeného dokumentu mohu spustit buď klepnutím na ikonu tiskárny na panelu *Standardní* nebo výběrem položky *Tisk* v menu *Soubor*, která otevře okno *Tisk*. V tomto okně mám možnost nastavit několik parametrů pro tisk. Především mohu vybrat tiskárnu, pokud je na počítači nainstalováno více tiskáren. Dále mám možnost vytisknout celý dokument nebo jen aktuální stránku. To je ta, na které se nachází textový kurzor, nemusí být vždy zobrazena na obrazovce! Nebo si zvolit rozsah stránek, které chci vytisknout. Další volba je počet kopií.

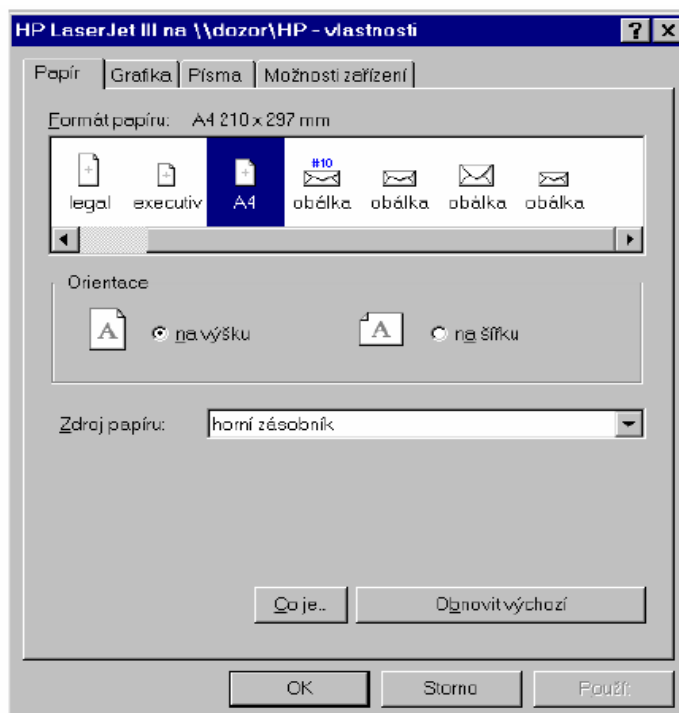
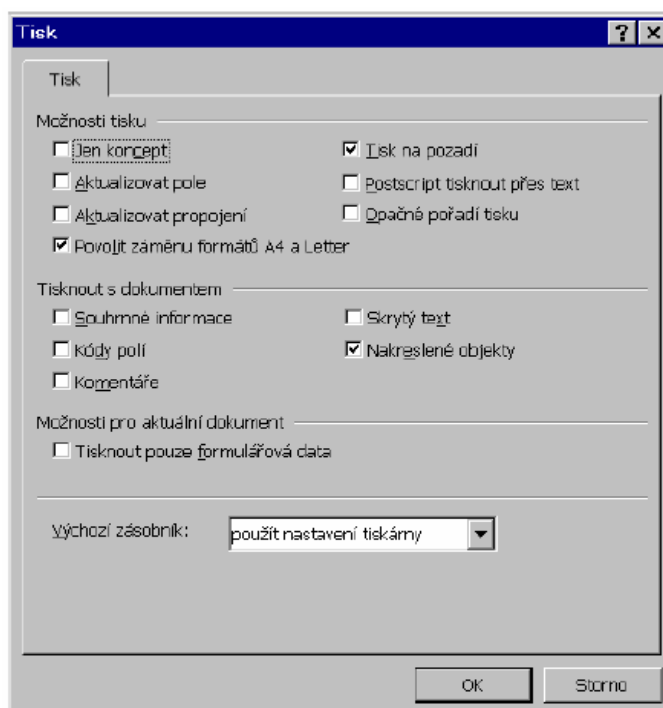


Obr. 102 Tisk

Ve spodní části okna jsou volby, co z dokumentu chci vytisknout a zda chci tisknout všechny stránky ve výběru, případně liché nebo sudé stránky.

Pro kontrolu, eventuálně nastavení tiskárny, mohu pomocí tlačítek *Možnosti* a *Vlastnosti* otevřít další okna *Tisk možnosti tisku* a *Vlastnosti tiskárny*. Parametry v těchto oknech jsou

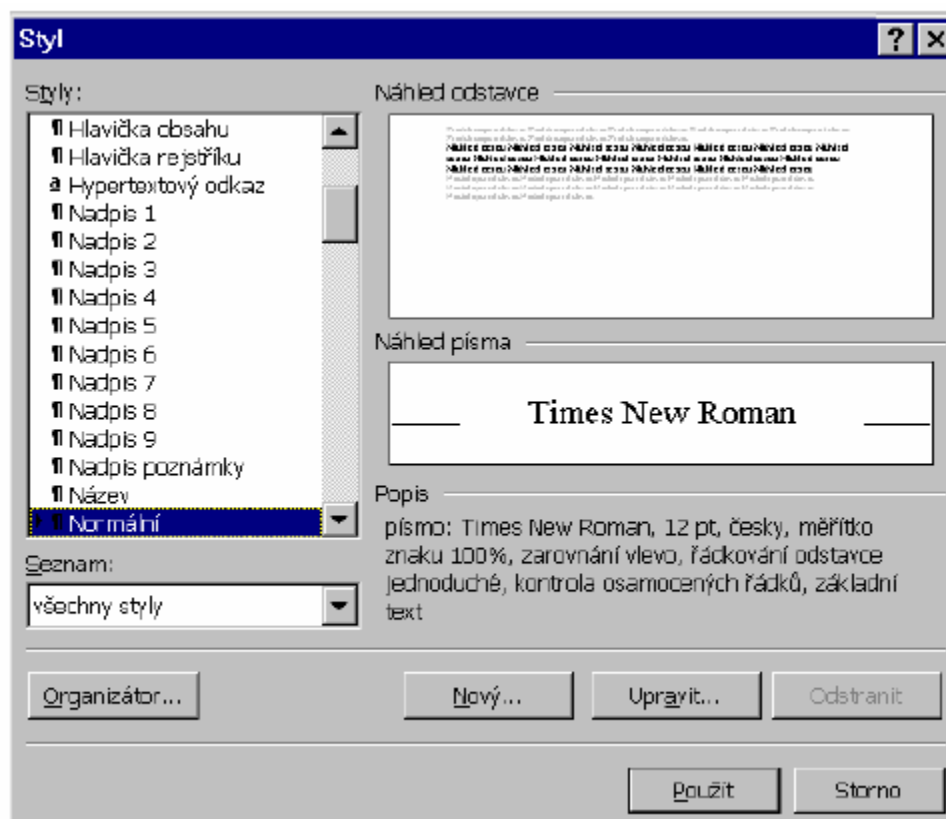
patříčně nastavené a není na nich třeba nic měnit. Některé vlastnosti a možnosti se mohou lišit podle konkrétního typu tiskárny.



Obr. 103 Nastavení tisku

3.4.10 Styly

Text každého odstavce má určitý vzhled daný nastavením písma a parametrů odstavce. Toto nastavení tvoří *styl* odstavce. Chci-li však styl upravit nebo vytvořit nový, je třeba otevřít okno *Styl* v menu *Formát*. Vybraný *Seznam stylů* vidím vlevo v okně *Styly*: (jsou vybrané všechny styly). Jak který styl vypadá, ukazuje vpravo *Náhled odstavce* a *Náhled písma*, pod kterými je slovní popis. Mám možnost vytvořit *Nový...* styl, *Upravit...* nebo *Odstranit existující*. Volbou *Upravit...* otevřu okno *Úprava stylu*.

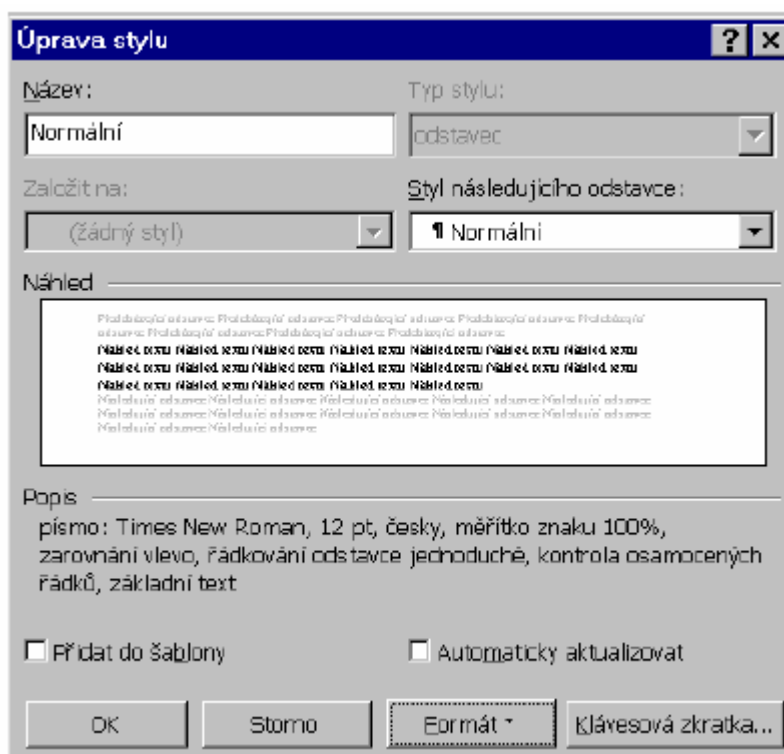


Obr. 104 Styly

V okně *Úprava stylu* si klepnutím na tlačítko *Formát* otevřu pro úpravu a nastavení jednotlivých parametrů stylu nabídku :

- Písmo
- Odstavec
- Tabulátory
- Ohraničení
- Jazyk
- Rám
- Číslování

Volba z této nabídky otevře okno již známé z nastavování odpovídajících parametrů, nyní se však jedná o nastavení stylu. Okna zavírám tlačítkem OK, okno *Styl* tlačítkem *Použít*.



Obr. 105 Úprava stylu

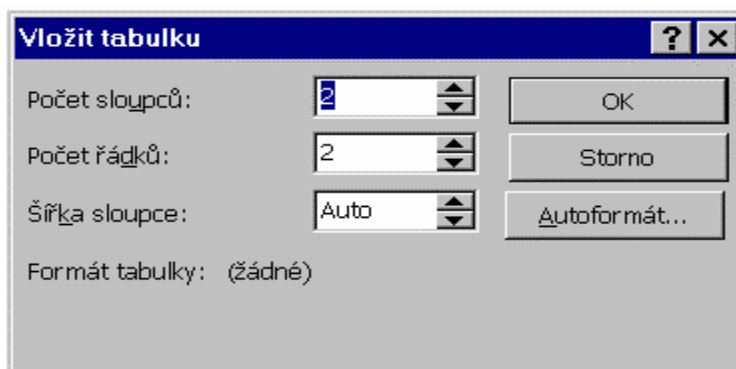
3.4.11 Tabulky

Při vytváření tabulky nejprve vloží tabulku, potom ji vyplním a nakonec upravím její vzhled. Práci s tabulkou začínám volbou *Vložit tabulku*, kterou najdu buď v menu *Tabulka* nebo jako ikonu na panelu nástrojů *Standardní*. Při vkládání tabulky je třeba zadat její velikost, to je počet sloupců a řádků. Vkládám-li tabulku pomocí ikony, určím ji přejetím zobrazené sítě tabulky myši se stlačeným levým tlačítkem v okně *Vložit tabulku* zadám hodnoty číselně. V okně navíc mám volby *Šířka sloupce* a *Autoformát...*

Nechám-li šířku sloupce *Auto*, bude tabulka na celou šířku dokumentu, rozdělená na zadaný počet stejně širokých sloupců. Pomocí *Autoformátu* mohu zvolit různý vzhled tabulky. Vkládám-li tabulku ve spodní části stránky, může se stát, že poslední řádky přejdou na další stránku. Pokud nechci, aby byla tabulka rozdělená, mám v podstatě tři možnosti:

- zkrátit text stránky, např. umazáním přebytečných prázdných řádků;
- přesunout několik řádků, které jsou před tabulkou, za tabulku;
- není-li možná nebo vhodná ani jedna z předcházejících možností, lze celou tabulku přesunout na další stránku vložení znaku *Konec stránky* před tabulku.

- **Vyplnění tabulky** : je dalším krokem při jejím vytváření. Zde je třeba si uvědomit, že v každé buňce je možno nastavit jiné písmo. Většinou bývá stejné v celém řádku nebo sloupci. Abych mohl provést nastavení najednou, označím celý řádek klepnutím ve vyznačovacím pruhu nebo sloupec klepnutím nad sloupcem v místě, kde se kurzor změní na malou svislou šipku. Písmo nastavím v okně *Písmo* nebo na panelu *Formát*. Po této přípravě postupně vyplňuji do buněk tabulky příslušné údaje.

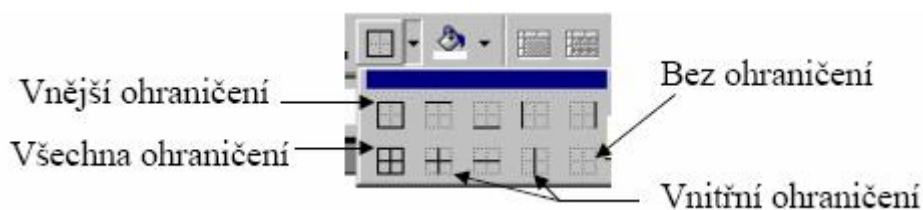


Obr. 106 Tabulka

- **Pohyb po tabulce:** je možný pomocí kurzorových šipek, pomocí kláves <Tab> a <Shift>+<Tab> a myši. Pokud je tabulka prázdná, přemístím kurzor do sousední buňky šipkou v příslušném směru. Vyplňuji-li tabulku po řádcích nebo po sloupcích, nemusím přechytávat na myš. Je-li v buňce zapsaný text, šipkami vlevo a vpravo se posunuji v tomto textu po jednom znaku. Klávesou <Tab> se posouvám o jednu buňku ve směru od začátku ke konci tabulky, tlačítka <Shift>+<Tab> umožňují pohyb v opačném směru. Do libovolné buňky přemístím kurzor klepnutím myši do této buňky.
- **Úprava vzhledu tabulky:** spočívá v jejím orámování, nastavení šířky a výšky sloupců, zarovnání obsahu buněk (vodorovně, svisle), případně nastavení formátu odstavce, písma, vystředění tabulky a barevné vyplnění (stínování) buněk – ikona nádoby s barvou na panelu

Tabulky a ohraničení.

Pro orámování tabulky použijí panel nástrojů *Tabulky a ohraničení*. Důležité je si uvědomit, že tabulku nebo její část, kolem nebo ve které chci udělat čáry, musím mít označenou. Na panelu nastavím styl a tloušťku čáry. Dále si otevřem nabídku pro volbu, kde chci čáru udělat:

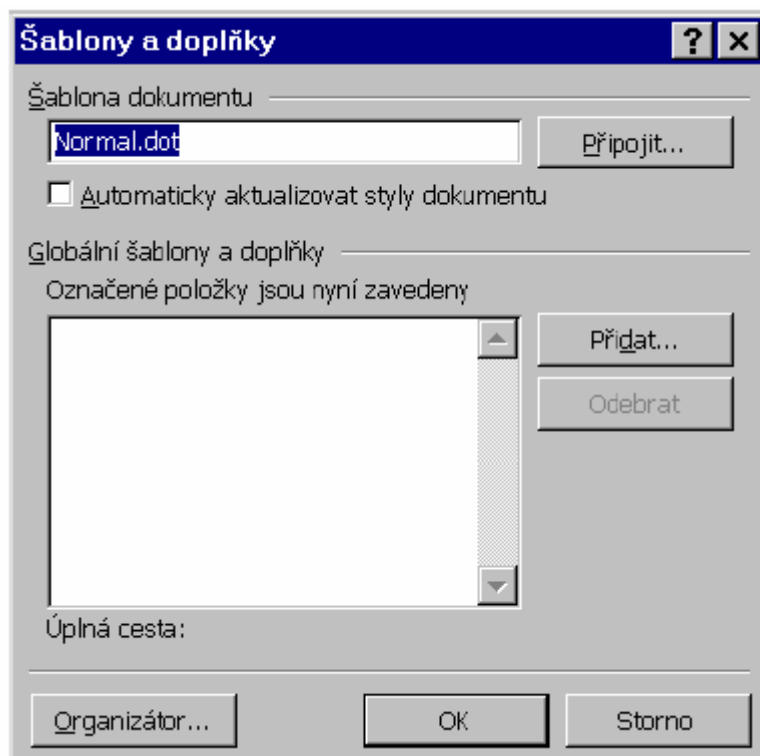


Obr. 107 Ohraničení tabulky

3.4.12 Šablony

Po otevření Wordu, na obrazovce se zobrazí menu a panely nástrojů (zpravidla *Standardní* a *Formát*) a provede se základní nastavení formátů písma, odstavce apod. Jak a co se má při otevření nastavit, je zadáno v normální šabloně *Normal.dot*. Normální šablona je víceúčelová šablona používaná pro všechny typy dokumentů. Po spuštění programu Word nebo po klepnutí na tlačítko *Nový* je vytvořen nový prázdný dokument založený na normální šabloně. Tuto šablonu je možné upravit a změnit tak výchozí formátování nebo

obsah dokumentu. Word dále používá normální šablonu k ukládání běžně používaných položek automatického textu, maker, panelů nástrojů, vlastních nastavení nabídek a klávesových zkratk. Vlastní položky uložené v normální šabloně jsou k dispozici ve všech dokumentech.



Obr. 108 Šablony a doplňky

Normální šablona se obvykle ukládá do složky *Šablony* nebo na místo definované v položkách *Uživatelské šablony* nebo *Šablony skupiny* na kartě *Umístění souborů* (nabídka *Nástroje*, příkaz *Možnosti*). Nemůže-li Word normální šablonu najít na žádném z těchto míst ani ve složce programu Word, vytvoří novou normální šablonu se standardními formáty dokumentu pro program Word, se standardním nastavením nabídek, panelů nástrojů a klávesových zkratk. Je-li Word napaden virem, je tento virus zpravidla umístěn v normální šabloně jako makro. V takovém případě je odstranění viru celkem snadné: Stačí smazat šablonu *Normal.dot* a Word si vytvoří novou, která pochopitelně už virus neobsahuje. Při práci na dokumentu jsou za normálních okolností k dispozici pouze ty položky automatického textu, makra, vlastní panely nástrojů, nastavení nabídek a klávesové zkratky, které jsou uloženy v šabloně k dokumentu připojené nebo v normální šabloně. Chci-li používat položky uložené v jiné šabloně, mohu tuto šablonu načíst jako globální šablonu.

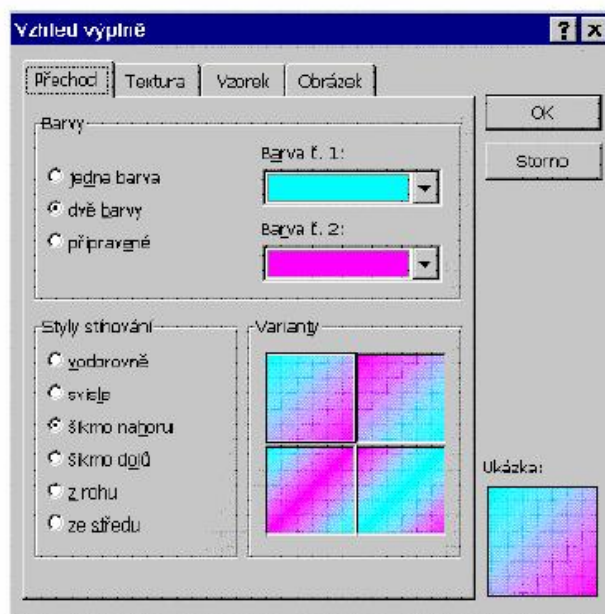
3.4.13 Grafika

Při použití grafiky ve Wordu je třeba si uvědomit, že Word je program pro zpracování textu a možnosti práce s grafikou jsou zde vlastně navíc. Proto možnosti vytváření a úpravy grafických objektů zde nejsou takové, jako v programech určených speciálně pro grafiku (Malování, MS Photo Editor, CorelDraw). Do textu mohou vložit obrázek a provést na něm jisté úpravy. Může to být buď klipart, obrázek ze scanneru nebo stažený z Internetu.

Vložený obrázek mohou upravit pomocí panelu *Obrázek*. Nakreslit určité tvary a obrazce umožňuje panel *Kreslení*.

Nakreslený tvar mám možnost upravit pomocí okna *Formát automatického tvaru*, který otevřu buď poklepáním na upravovaný tvar nebo klepnutím pravým tlačítkem na tento tvar a v nabídce, která se otevře, vybrat poslední položku *Formát automatického tvaru*....

Mám-li se nakreslit obdélník nebo čtverec, klepnu v otevřeném panelu *Kreslení* na *Obdélník*. Kurzorem myši, který se změnil na křížek, ukážu na místo, kde má být jeden roh obrazce, se stlačeným levým tlačítkem potáhnu do protějšího rohu a pustím. Má-li být nakreslený obrazec čtverec, upravím jeho rozměry v okně *Formát automatického tvaru* tak, aby výška a šířka byly stejné. Toto okno obsahuje pro úpravy formátu nakreslených tvarů záložky *Barvy a čáry*, *Velikost*, *Pozice*, *Obtékání*, *Obrázek* a *Textové pole*.



Obr. 109 Vzhled výplně

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BALÁTĚ, J. *Automatické řízení*. 1. vyd. Praha: BEN, 2003. 664 s. ISBN 80-7300-020-2.
- [2] BALÁTĚ, J. a kol. *Technické prostředky automatického řízení*. 1. vyd. Praha: SNTL/ALFA, 1986.
- [3] SMUTNÝ, L., KLEČKA, R. *Prostředky automatického řízení 1*. Bakalářská práce, VŠB Ostrava. Ostrava 2004
- [4] SMUTNÝ, L., MARTINEK, R. *Prostředky automatického řízení 2*. Bakalářská práce, VŠB Ostrava, Ostrava 2003
- [5] BEZDĚK M., *Elektrotechnika I.*, učební texty pro střední školy, vyd. České Budějovice: KOPP, 2003
- [6] MS Word – *Nápověda pro MS Word*

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Měření posunutí, deformace a rozměrů	31
Tabulka 2 Měření tlaku	11
Tabulka 3 Měření teploty	12
Tabulka 4 Měření vlhkosti.....	13
Tabulka 5 Měření průtoků a rychlost proudění	14
Tabulka 6 Měření výšky hladiny	15
Tabulka 7 Měření rychlosti, zrychlení a otáček.....	16
Tabulka 8 Měření sil a kroutících momentů.....	17
Tabulka 9 Analýza složení a koncentrace látek.....	18
Tabulka 10 Fyzikální vlastnosti kapalin a pevných látek.....	19

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Strukturální rozdělení kybernetiky.....	14
Obr. 2	Hierarchická struktura systému řízení.....	16
Obr. 3	Řídicí systém.....	17
Obr. 4	Rozdělení technický prostředků automatického řízení.....	20
Obr. 5	Blokové schéma vícekanálové měřicí soustavy.....	24
Obr. 6	Blokové schéma automaticky řízené soustavy s počítačem.....	24
Obr. 7	Grafické znázornění životnosti přístroje (soustavy) s intenzitou poruch $\lambda(t)$	28
Obr. 8	Rozdělení snímačů podle fyzikálního principu.....	29
Obr. 9	Princip činnosti čtyřhladinového plynového laseru.....	21
Obr. 10	Konstrukční schéma plynového He-Ne laseru.....	21
Obr. 11	Vazby mezi zesilovacími stupni zesilovače nebo elektrickými obvody.....	24
Obr. 12	Neinvertující zesilovač.....	26
Obr. 13	Invertující zesilovač.....	26
Obr. 14	Diferenční zesilovač.....	27
Obr. 15	Sumátor.....	27
Obr. 16	Integrátor.....	27
Obr. 17	Derivátor.....	28
Obr. 18	Optoelektronický oddělovací člen HP 6N135.....	28
Obr. 19	Různé typy elektromechanických relé.....	30
Obr. 20	Reléový zesilovač.....	30
Obr. 21	Dynamo s cizí buzením jako zesilovač.....	32
Obr. 22	Zesilovače s vlastním buzením: a) regulex, b) rototrol.....	32
Obr. 23	Amplidyn.....	33
Obr. 24	Schéma Ward-Leonardova soustrojí.....	33
Obr. 25	Schéma zapojení elektronkového zesilovače a jeho charakteristika.....	35
Obr. 26	Zapalovací charakteristika tyatronu.....	35
Obr. 27	Různé způsoby řízení tyatronu.....	36
Obr. 28	Polovodičové usměrňovací diody a jejich schematická značka.....	38
Obr. 29	Různé typy tranzistorů a jejich schématické značky a zapojení.....	38
Obr. 30	Polovodičové spínače.....	39
Obr. 31	Využití tyristoru pro řízení otáček univerzálních elektromotorku.....	39
Obr. 32	Zapojení magnetických zesilovačů.....	41
Obr. 33	Pneumatické výkonové zesilovače.....	42
Obr. 34	Pneumatický výkonový zesilovač se šoupátkem.....	43
Obr. 35	Hydraulické zesilovací členy (rozvody) s charakteristikami.....	44
Obr. 36	Třístupňový elektricko-hydraulický zesilovač.....	45
Obr. 37	Čerpadlo s regulovatelným zdvihovým objemem.....	46
Obr. 38	Činnost tvarovače signálů na vedení.....	46
Obr. 39	Princip činnosti elektromechanického přerušovače.....	47
Obr. 40	Blokové schéma modulátoru.....	47
Obr. 41	Princip modulace nespojitého signálu.....	48
Obr. 42	Blokové schéma vysílače měřené veličiny.....	49
Obr. 43	Charakteristika vysílače nebo převodníku.....	50
Obr. 44	Elektricko-pneumatický převodník.....	51
Obr. 45	Elektricko-hydraulický převodník.....	52
Obr. 46	Pneumaticko-hydraulický převodník.....	53
Obr. 47	Kompenzační převodník A/D.....	54

Obr. 48 Integrační převodník s dvojnásobnou integrací	55
Obr. 49 Paralelní A/D převodník	55
Obr. 50 Solenoidový ventil.....	57
Obr. 51 Elektrické servomotory.....	58
Obr. 52 Pneumatické membránové servomotory.....	59
Obr. 53 Membránový regulační ventil	60
Obr. 54 Pístový pneumatický servomotor s korektorem.....	60
Obr. 55 Schéma regulačního membránového ventilu s korektorem.....	60
Obr. 56 Lehký pneumatický servomotor s odvalovací membránou	61
Obr. 57 Pístový hydraulický servomotor se šoupátkovým rozvodem a pevnou zpětnou vazbou.....	62
Obr. 58 Tryskový hydraulický rozvod v uspořádání proporcionálního regulátoru tlaku.....	62
Obr. 59 Průběh tlaků v přívodních potrubích silového válce s tryskovým hydraulickým rozvodem na výchylce trysky; $p_0 = 400$ kPa.....	63
Obr. 60 Regulační orgány pro řízení průtoku tekutin	64
Obr. 61 Základní typy charakteristik regulačních ventilů	65
Obr. 62 Tlakové poměry v potrubím řádu.....	66
Obr. 63 Různé tvary kuželek regulačních ventilů.....	67
Obr. 64 Různé tvary regulačních klapek a jejich průtočné charakteristiky.....	68
Obr. 65 Struktura modulového regulačního systému.....	70
Obr. 66 Základní schéma členu s galvanickým oddělením vstupního obvodu a výstupního obvodu	71
Obr. 67 Diskově orientovaný řídicí systém s přístroji provozní úrovně	74
Obr. 68 Blokové schéma decentralizovaného systému DERIS.....	76
Obr. 69 Struktura pneumatického regulačního systému	78
Obr. 70 Topologie systému automatického řízení budov METASYS®	79
Obr. 71 Regulátor hladiny I. V. Polzunova z roku 1765.....	80
Obr. 72 Regulátor otáček J. Watta z roku 1784.....	80
Obr. 73 Dokument 1	83
Obr. 74 Menu : a) soubor, b) úpravy, c) formát, d) nástroje, e) tabulka, f) okno, g) náповěda	88
Obr. 75 Panel standardní	89
Obr. 76 Panel formát	89
Obr. 77 Panel databáze.....	90
Obr. 78 Panel formuláře	90
Obr. 79 Panel kreslení	90
Obr. 80 Panel kreslení	91
Obr. 81 Panel síť WWW	91
Obr. 82 Panel tabulky a ohraničení.....	91
Obr. 83 Panel Visual Basic.....	92
Obr. 84 Další volby a nastavení.....	92
Obr. 85 Písmo	93
Obr. 86 Písmo-proložení znaků	94
Obr. 87 Odstavec.....	94
Obr. 88 Tabulátory	95
Obr. 89 Odrážky a číslování	96
Obr. 90 Vlastní seznam odrážek	97
Obr. 91 Ohraničení a stínování	98
Obr. 91 Vzhled stránky	99
Obr. 93 Záhloví a zápatí	100

Obr. 94 Konec nebo zalomení	101
Obr. 95 Číslo stránek	101
Obr. 96 Datum a čas	102
Obr. 97 Symbol	102
Obr. 98 Poznámky	103
Obr. 99 Rejstřík a seznamy	104
Obr. 100 Vložit obrázek	105
Obr. 101 Uložit jako	106
Obr. 102 Tisk	107
Obr. 103 Nastavení tisku	108
Obr. 104 Styly	109
Obr. 105 Úprava stylu	110
Obr. 106 Tabulka	111
Obr. 107 Ohraničení tabulky	112
Obr. 108 Šablony a doplňky	113
Obr. 109 Vzhled výplně	114

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

Δ	-	přírůstek difference
	-	systematická chyba
Δx	-	rozlišovací schopnost přístroje
A	-	zesílení
D	m	průměr
	m	tloušťka, vzdálenost
F	N	síla
	-	pravděpodobnost poruchy
	-	funkce
f	Hz	frekvence
	-	hustota pravděpodobnosti poruch
	-	funkce
h	J.s	Planckova konstanta
	-	rozsah
I	A	elektrický proud
	bit	informační obsah
	-	operátor
n	-	počet diskretních stupňů měřené veličiny
	s ⁻¹	otáčky
p	Pa	tlak
	-	Laplaceův operátor
	kg.m.s ⁻²	hybnost
Q_m	kg. s ⁻¹	hmotnostní průtok

Q_v	$m^3 \cdot s^{-1}$	objemový průtok
R	Ω	elektrický odpor
	m	poloměr
	-	pravděpodobnost bezporuchového provozu
S	m^2	průřez, plocha
T	s	časová konstanta
	h	střední doba mezi poruchami
t_z	h	tecnický život zařízení
U	V	elektrické napětí
v	s^{-2}	rychlost
α	rad	úhel natočení
	-	elektromagnetické záření
	-	činitel fázového posunutí
α_v	-	průtokový činitel ventilu
β	rad	úhel natočení
γ	-	elektromagnetické záření
	-	spektrální citlivost
ε	$C^2 \cdot N^{-1} \cdot m^{-2}$	permitivita
	$rad \cdot s^{-2}$	úhlové zrychlení
λ	m	vlnová délka
	h^{-1}	intenzita poruch
ρ	$kg \cdot m^{-3}$	hustota
τ	s	časová konstanta
φ	rad	úhel natočení

ZÁVĚR

Mým úkolem bylo vytvořit elektronickou učební pomůcku nazvanou „Technické prostředky automatizace“, která má být určena především studentům studijního programu „Procesní inženýrství“, kteří studují obor „Technologická zařízení“, na UTB ve Zlíně. Seznam a výběr prvků používaných v automatizaci, kterým je tato elektronická pomůcka věnována byla vybrána za pomoci mého vedoucího práce pana prof. Ing. Jaroslava Balátě, DrSc., který mi pomohl získat cenné informace a poskytl důležité materiály ze kterých mohla tato elektronická pomůcka být vytvořena. Nejvíce jsem pracoval s literaturou *Technické prostředky automatického řízení*. Odtud pochází nejvíce obrázků, schémat zapojení a teorie.

Tato elektronická pomůcka svým obsahem navazuje na obsah předmětu Řízení technologických procesů, který studenti absolvovali ve 4. semestru, a přispívá k sepětí teoretického základu studia s jeho praktickým uplatněním.

Je rozdělena do dvou základních okruhů :

1. okruh obsahuje využití z předmětu „Řízení technologických procesů“ z druhého ročníku pro „Procesní inženýrství“. V této části elektronické učební pomůcky jsou uvedené jen odkazy na doporučenou literaturu (Balátě, J. [2003, resp.2004]. Automatické řízení. BEN-technická literatura, Praha.) a slouží jen pro připomenutí probrané látky ze 4. semestru.
2. okruh obsahuje látku z předmětu „Technické prostředky automatizace“, který je stěžejní částí této elektronické učební pomůcky a seznamuje posluchače s problematikou technických prostředků automatického řízení.

Vzhledem k tomu, že jsem tuto práci vytvářel především v textovém editoru MS Word, rozhodl jsem se, že druhou část této práce, nazvanou jako „Praktická část“ věnuji několik stránek tomuto editoru, v němž jsem popsal především ty funkce které jsem více, či méně používal. Tyto funkce jsou platné pro MS Word 97, 2000, XP.

Dále pro zpracování jsem používal programy: Malování, Corel Draw, MS Photo Editor.