

	str.
ÚVOD	
1. Základní pojmy	4
1.1. Měření	4
1.2. Měrové jednotky	4
1.3. Měřicí přístroje a soustavy	5
1.4. Označování měřicích a akčních členů	9
2. Vyhodnocování výsledků měření	12
2.1. Vyhodnocování opakovaných měření	12
2.1.1. Chyby měření	12
2.1.1.1. Rozdělení chyb	12
2.1.1.2. Chyby výsledku měření	15
2.1.1.3. Chyby početního výsledku	15
2.1.2. Interval spolehlivosti	17
2.1.2.1. Interval spolehlivosti střední hodnoty	17
2.1.3. Testování hypotéz	19
2.1.3.1. Test významnosti střední hodnoty	20
2.1.3.2. Test významnosti rozdílu dvou středních hodnot	21
2.1.3.3. Test významnosti rozdílu dvojic měření	21
2.1.3.4. Grubbsův test	22
2.2. Vyhodnocování závislosti měřených veličin	23
2.2.1. Vyhodnocování závislosti měřených veličin analýzou rozptylu	23
2.2.1.1. Jednofaktorová analýza rozptylu	24
2.2.1.2. Dvoufaktorová analýza rozptylu	29
2.2.2. Vyhodnocování závislosti měřených veličin regresní a korelační analýzou	31
2.2.2.1. Regresní analýza	32
2.2.2.2. Korelační analýza	36
3. Vlastnosti měřicích přístrojů	40
3.1. Statické vlastnosti	40
3.1.1. Citlivost přístroje	40
3.1.2. Konstanta přístroje	41
3.1.3. Přesnost přístroje	42
3.1.3.1. Třída přesnosti měřicího přístroje	44
3.1.4. Pohyblivost měřicího přístroje	45
3.1.5. Reverzibilita přístroje	45
3.1.6. Spolehlivost přístroje	45
3.1.6.1. Pravděpodobnost správné činnosti přístroje	46
3.1.6.2. Střední doba bezporuchové činnosti přístroje	46
3.1.7. Životnost měřicího přístroje	47
3.2. Dynamické vlastnosti	47
3.2.1. Přenos měřicí soustavy	47
3.2.2. Dynamické charakteristiky statických soustav	49
3.2.3. Dynamické chyby	51
4. Principy snímačů měřených veličiny	53
4.1. Aktivní snímače	54
4.1.1. Termoelektrické snímače	54
4.1.2. Piezoelektrické snímače	56
4.1.3. Indukční snímače	58

	str.
4.1.3.1. Elektromagnetické snímače	59
4.1.3.2. Elektrodynamické snímače	60
4.1.4. Pyroelektrické snímače	61
4.1.5. Hallovy snímače	62
4.1.6. Potenciometrické snímače (snímače pH)	63
4.2. Pasivní snímače	64
4.2.1. Odporové snímače	64
4.2.1.1. Odporové snímače kontaktní	64
4.2.1.2. Odporové snímače využívající stykového odporu	64
4.2.1.3. Odporové snímače polohy - měřicí potenciometry	65
4.2.1.4. Odporové snímače deformací - tenzometry	67
4.2.1.5. Odporové snímače tepelné	68
4.2.2. Indukční snímače	70
4.2.2.1. Indukční vysílače s malou vzduchovou mezerou	71
4.2.2.2. Transformátorové indukční vysílače	71
4.2.2.3. Selsynové vysílače	72
4.2.3. Kapacitní snímače	73
4.2.4. Vodivostní snímače	73
4.2.5. Fotoelektrické snímače	75
5. Elektrické obvody pro zpracování signálů snímačů	76
5.1. Analogové zpracování signálů snímačů	76
5.1.1. Typické metody zmenšení chyb snímačů	76
5.1.1.1. Metoda kompenzačního snímače	76
5.1.1.2. Metoda diferenčního snímače	77
5.1.1.3. Metoda kompenzace neelektrické veličiny zavedením záporné zpětné vazby	78
5.1.1.4. Korekce dynamické chyby snímače	80
5.1.2. Měřicí obvody odporových snímačů	81
5.1.2.1. Nevyvážené a vyvážené můstky odporových snímačů teploty	81
5.1.2.2. Měřicí obvody tenzometrů	84
5.1.2.3. Měřicí obvody odporových snímačů polohy	86
5.1.3. Měřicí obvody termoelektrických snímačů	87
5.1.3.1. Přímé spojení termočlánku s vyhodnocovacím přístrojem	87
5.1.3.2. Kompenzační obvody termočlánků	88
5.1.4. Měřicí obvody indukčních vysílačů	89
5.1.5. Měřicí obvody kapacitních snímačů	90
5.2. Číslíkové zpracování signálů snímačů	91
5.2.1. Číselní převodníky	92
5.2.2. Integrovaný převodník A/Č	93
5.2.3. Kompenzační převodník A/Č	94
6. Měření technologických veličin	96
6.1. Měření tlaku	96
6.1.1. Přístroje pro měření absolutního tlaku čili vakuometry	97
6.1.1.1. Hydrostatické vakuometry	97
6.1.1.2. Tepelné vakuometry	98
6.1.1.3. Ionizační vakuometry	98
6.1.2. Přístroje pro měření přetlaku a diferenčního tlaku	100
6.1.2.1. Neelektrické manometry	100
.1. Hydrostatické manometry	100
.2. Deformační manometry	104
.3. Mechanické manometry	107
6.1.2.2. Elektrické manometry	110

	str.
6.2. Měření teploty	111
6.2.1. Dotykové teploměry	112
6.2.1.1. Mechanické teploměry	113
.1. Dilatační teploměry	114
.2. Teploměry založené na teplotní změně tlaku nebo objemu	115
6.2.1.2. Elektrické teploměry	117
.1. Odporové teploměry	117
.2. Termoelektrické teploměry	121
6.2.2. Bezdotykové měření teploty	125
6.2.2.1. Radiační čili úhrnné pyrometry	126
6.2.2.2. Spektrální pyrometry	127
.1. Jasový pyrometr	128
6.2.2.3. Barvové pyrometry	129
6.2.2.4. Fotoelektrické pyrometry	130
6.2.2.5. Termovize	131
6.3. Měření výšky hladiny	132
6.3.1. Mechanické hladinoměry	133
6.3.1.1. Stavoznaky	133
6.3.1.2. Plovákové hladinoměry	133
6.3.1.3. Hladinoměry s vrtulkou	135
6.3.2. Silové hladinoměry	136
6.3.2.1. Hladinoměry s ponorným tělesem	136
6.3.2.2. Hydrostatické hladinoměry	137
6.3.2.3. Provdušňovací hladinoměry	140
6.3.2.4. Hladinoměry se zvonem	141
6.3.3. Hladinoměry využívající záření	141
6.3.3.1. Fotoelektrické hladinoměry	141
6.3.3.2. Hladinoměry využívající radioaktivní záření	142
6.3.4. Elektrické hladinoměry	143
6.3.4.1. Hladinoměry s elektrodami	143
6.3.4.2. Kapacitní hladinoměry	144
6.3.4.3. Ultrazvukové hladinoměry	145
6.4. Měření průtoku	145
6.4.1. Objemové průtokoměry	147
6.4.1.1. Objemové průtokoměry kapalin	148
6.4.1.2. Objemové průtokoměry plynů	150
6.4.2. Průtokoměry založené na měření tlakové diference vznikající na zúžení nebo zakřivení proudu tekutiny	152
6.4.2.1. Průřezové průtokoměry	152
6.4.2.2. Výtokové průtokoměry	161
6.4.2.3. Kolenové průtokoměry	162
6.4.2.4. Kapilární průtokoměry	163
6.4.2.5. Plovákové průtokoměry	164
6.4.2.6. Průtokoměry náporové (targetové)	168
6.4.3. Rychlostní sondy	169
6.4.4. Rychlostní průtokoměry	171
6.4.4.1. Lopatkové průtokoměry	171
6.4.4.2. Axiální průtokoměry	172
6.4.5. Indukční průtokoměry	173
6.4.6. Ultrazvukové průtokoměry	174
6.4.6.1. Fázová metoda	175
6.4.6.2. Impulzová metoda	176
6.4.6.3. Amplitudová metoda	177
6.4.7. Tepelné průtokoměry	177

6.4.7.1.	Žárové anemometry	177
6.4.7.2.	Thomassovy průtokoměry	179
6.4.8.	Značkovací průtokoměry	179
6.4.9.	Vírové průtokoměry	180
6.4.9.1.	Průtokoměr Rotaflux	181
6.4.9.2.	Průtokoměr Vortexmeter	182
6.4.9.3.	Průtokoměr Swirlmeter	182
6.5.	Měření vlhkosti	184
6.5.1.	Psychrometrická metoda	185
6.5.2.	Kondenzační metoda	185
6.5.3.	Hygrometrická metoda	188
6.5.4.	Coulometrická metoda	189
6.5.5.	Sorpční metody	189
7.	Analyzátory plynů a kapalin	191
7.1.	Rozdělení analyzátorů	191
7.2.	Doplňkové zařízení analyzátorů	192
7.3.	Analyzátory plynů	193
7.3.1.	Automatické hustoměry plynů	194
7.3.1.1.	Statické metody měření hustoty	
7.3.1.2.	Dynamické metody měření hustoty	195
7.3.2.	Analyzátory plynů založené na měření tepelné vodivosti plynů	196
7.3.3.	Analyzátory založené na měření reakčního tepla	198
7.3.4.	Analyzátory plynů založené na magnetické susceptibilitě plynů	200
7.3.5.	Analyzátory plynů založené na absorpci elektromagnetického záření	201
7.3.5.1.	Analyzátory založené na absorpci infračerveného záření	202
7.4.	Analyzátory kapalin	205
7.4.1.	Automatické hustoměry kapalin	205
7.4.1.1.	Hustoměry založené na principu vážení	206
7.4.1.2.	Hustoměry založené na měření vztlaku	206
7.4.1.3.	Hustoměry založené na měření hydrostatického tlaku	207
7.4.1.4.	Hustoměry založené na absorpci radioaktivního záření	208
7.4.2.	Automatické viskozimetry kapalin	208
7.4.2.1.	Kapilární viskozimetry	210
7.4.2.2.	Tělískové viskozimetry	210
7.4.2.3.	Rotační viskozimetry	213
7.4.3.	Automatické refraktometry	215
7.4.3.1.	Refraktometry založené na měření změny směru světelných paprsků	217
7.4.3.2.	Refraktometry založené na měření mezního úhlu	218
7.4.4.	Analyzátory založené na měření elektrolytické vodivosti	219
7.4.4.1.	Elektrodové konduktometry	219
7.4.4.2.	Bezelektrodové konduktometry	220
7.4.5.	Automatické pHmetry	221
7.4.6.	Plynová chromatografie	222
7.4.6.1.	Volba optimálních podmínek při plynové chromatografii	223
7.4.6.2.	Stavební prvky plynových chromatografů	223
8.	Pneumatické vysílače	224
8.1.	Princip konstrukce pneumatických členů	224
8.2.	Ústřední pneumatický zesilovač	225
8.3.	Pneumatický zesilovač výkonu	226
8.4.	Princip konstrukce pneumatických proporcionálních vysílačů	227
8.4.1.	Pneumatické proporcionální vysílače na principu vyrovnání výchylek	227
8.4.2.	Pneumatické proporcionální vysílače na principu vyrovnání momentů	229

	str.
8.5. Pneumatické vysílače technologických veličin	229
8.5.1. Pneumatické vysílače na principu vyrovnání výchylek	229
8.5.1.1. Pneumatický vysílač teploty	230
8.5.1.2. Pneumatický vysílač tlaku	230
8.5.1.3. Pneumatický vysílač hladiny	231
8.5.2. Pneumatické vysílače na principu vyrovnání momentů	232
8.5.2.1. Pneumatický vysílač teploty	232
8.5.2.2. Pneumatický vysílač tlaku	234
8.6. Elektricko pneumatické převodníky	234
8.7. Pneumaticko elektrické převodníky	235
9. Informační systémy	236
9.1. Informační systémy založené na lidské obsluze	236
9.1.1. Ukazovací přístroje	236
9.1.1.1. Analogové ukazovací přístroje	236
9.1.1.2. Číslicové ukazovací přístroje	237
9.1.2. Zapisovací přístroje	239
9.1.2.1. Zapisovací přístroje s přímým ovládním	241
9.1.2.2. Zapisovací přístroje s nepřímým ovládním	242
9.1.2.3. Měřicí magnetofon	244
9.2. Automatizované informační systémy	245
9.2.1. Měřicí ústředny	245
9.2.2. Informační systém s počítačem	246
SEZNAM LITERATURY	247