

OBSAH

PŘEDMLUVA	7
1. ZÁKLADNÍ POJMY A METODY PRÁCE.....	8
1.1 Metody poznání.....	8
1.2 Experimentální práce	9
1.2.1 Fáze experimentální práce	9
1.2.2 Závěrečná zpráva o experimentální práci	10
1.2.3 Zpráva o školní experimentální práci.....	12
1.3 Předpisy pro experimentální práci v technice prostředí.....	13
1.3.1 Předpisy pro měření	13
1.3.2 Bezpečnost práce.....	13
1.3.3 Požární ochrana	14
1.4 Měření.....	14
1.4.1 Přesnost a správnost měření	15
1.4.2 Rozdělení měření	15
1.5 Zpracování výsledků měření	16
1.5.1 Zpracování měření nezávislých veličin.....	16
1.5.2 Zpracování měření závislých veličin.....	17
1.6 Chyby a nejistoty měření	23
1.6.1 Přímá měření	23
1.6.2 Nepřímá měření.....	25
2. MĚŘENÍ FYZIKÁLNÍCH VELIČIN V TECHNICE PROSTŘEDÍ	26
2.1 Měření teplot	26
2.1.1 Dilatační teploměry	26
2.1.2 Tlakové teploměry	28
2.1.3 Odporové teploměry.....	28
2.1.4 Termoelektrické teploměry	29
2.1.5 Krystalové teploměry	30
2.1.6 Dotykové teploměry	30
2.1.7 Radiační teploměry	30
2.1.8 Ochrana a zabudování teploměrů	31
2.2 Měření tlaků	32
2.2.1 Kapalinové tlakoměry	32
2.2.2 Deformační tlakoměry.....	34
2.2.3 Připojení tlakoměrů.....	36
2.3 Měření vlhkosti	37
2.3.1 Dilatační vlhkoměry	37
2.3.2 Psychrometry.....	38
2.3.3 Vlhkoměry na principu rosného bodu.....	40
2.3.4 Elektrolytické vlhkoměry	41
2.4 Měření rychlostí proudění	42
2.4.1 Mechanické anemometry	42
2.4.2 Termoanemometry	43
2.4.3 Dynamické rychlostní sondy.....	45
2.4.4 Katateploměry	47
2.4.5 Laserové anemometry	48
2.5 Měření průtoků.....	50
2.5.1 Objemová měřidla.....	50
2.5.2 Měřidla se škrticími prvky	51

2.5.3 Plovákové průtokoměry	53
2.5.4 Rychlostní průtokoměry	53
2.5.5 Stanovení průtoků měřením rychlostí	54
2.6 Měření tepelných toků.....	55
2.6.1 Měření tepelných toků při přenosu tepla vedením.....	55
2.6.2 Měření tepelných toků a součinitele přestupu tepla při konvekci.....	56
2.6.3 Měření tepelných toků při přenosu tepla zářením.....	59
2.7 Měření znečištění ovzduší	59
2.7.1 Hodnocení znečištění ovzduší.....	60
2.7.2 Měření prašnosti.....	61
2.7.3 Měření plynných škodlivin	63
2.8 Měření hluku	65
2.8.1 Metody měření hluku strojů.....	67
2.8.2 Metody měření hluku v místech pobytu osob	69
2.8.3 Přístroje pro měření hluku.....	69
2.9 Měření světelných veličin	70
2.9.1 Základní fotometrické veličiny	70
2.9.2 Přístroje pro měření fotometrických veličin	71
2.10 Měření ionizujícího záření	72
2.10.1 Dozimetrické veličiny	73
2.10.2 Přístroje pro měření ionizujícího záření.....	74
2.11 Měření tepelného stavu mikroklimatu	76
2.11.1 Měření střední radiační teploty	76
2.11.2 Měření asymetrie radiační teploty.....	78
2.11.3 Metody hodnocení výsledného tepelného stavu mikroklimatu	80
2.11.4 Přístroje pro hodnocení výsledného tepelného stavu mikroklimatu	82
2.12 Provozní měření rotačních strojů	84
2.12.1 Měření proudového zatížení elektromotoru	84
2.12.2 Měření otáček.....	85
2.12.3 Měření vibrací.....	87
3. VIZUALIZAČNÍ METODY	90
3.1 Vizualizace proudění zaváděním látek do tekutiny a sledováním obtékaných povrchů.....	90
3.1.1 Zavádění částic do tekutiny.....	91
3.1.2 Zavádění látek tvořících souvislá vlákna	92
3.1.3 Indikátory směru proudu	93
3.1.4 Metoda PIV	94
3.2 Optické vizualizační metody	95
3.2.1 Stínové metody.....	96
3.2.2 Clonkové metody	98
3.2.3 Interferometrie.....	98
3.2.4 Holografie	102
3.3 Vizualizace teplotních polí na povrchu těles	104
3.3.1 Tekuté krystaly.....	105
3.3.2 Termovize	105
4. MĚŘENÍ ELEKTRICKÝCH VELIČIN	106
4.1 Měření napětí	106
4.1.1 Výchylková metoda měření napětí.....	106
4.1.2 Kompenzační metoda měření napětí	107
4.1.3 Úpravy napětí.....	107
4.2 Měření proudu	108
4.2.1 Výchylková metoda měření proudu	109
4.2.2 Kompenzační metoda měření proudu	109

4.2.3 Úpravy proudu	109
4.3 Měření odporu, kapacity a indukčnosti.....	110
4.3.1 Výhybkové metody měření	110
4.3.2 Můstkové metody měření.....	110
4.4 Měření frekvence	112
4.5 Měřicí řetězec	113
4.6 Digitální a analogové signály	113
4.6.1 Digitalizace signálu	113
4.6.2 Hlavní principy AD převodníků.....	115
4.6.3 Volba zařízení pro digitalizaci signálu dle charakteru měření.....	116
4.7 Zesilovače.....	117
4.7.1 Napětové a nábojové předzesilovače.....	118
4.8 Filtry.....	119
4.8.1 Digitální filtrace signálu	120
4.8.2 Elektrické kmitočtové filtry	121
4.9 Kmitočtová analýza a FFT.....	122
4.10 Osciloskopy.....	124
4.11 Multimetry.....	125
5. VLASTNOSTI SNÍMAČŮ A MĚŘICÍCH ZAŘÍZENÍ	126
5.1 Technické parametry senzorů	126
5.1.1 Statické vlastnosti senzorů	126
5.1.2 Dynamické vlastnosti senzorů.....	130
5.2 Vybrané metody zmenšení chyb senzorů.....	132
5.2.1 Metoda kompenzačního senzoru.....	133
5.2.2 Metoda diferenčního senzoru.....	134
5.2.3 Metoda zpětnovazebního senzoru.....	135
5.2.4 Metoda sériového zapojení linearizačního členu	136
5.2.5 Metody linearizace při číslicovém zpracování signálu	137
5.2.6 Metoda automatické kalibrace	138
5.2.7 Metoda filtrace	138
5.2.8 Metoda posunu spektra	138
5.2.9 Metoda korekce dynamické chyby senzoru	141
5.3 Volba měřicích zařízení z hlediska jejich elektromagnetické kompatibility	142
5.3.1 Testování elektromagnetické odolnosti měřicího systému	142
5.3.2 EMC měřicího systému na bázi počítače PC	143
5.3.3 Stanovení odolnosti systému proti rušení	143
5.3.4 Normalizace v oblasti EMC	143
5.3.5 Ochrana systémů před elektromagnetickým rušením	145
5.3.6 Ochrana měřicích systémů před elektromagnetickým rušením	147
6. POČÍTAČOVÉ MĚŘICÍ A ŘÍDICÍ SYSTÉMY	148
6.1 Uspořádání měření	148
6.2 Rozdělení měřicích a řídicích systémů.....	148
6.3 Měřicí systémy složené z autonomních přístrojů.....	154
6.3.1 Měřicí systémy podle standardu IEEE 488 (GPIB)	154
6.3.2 Měřicí systémy využívající rozhraní RS-232C	157
6.4 Distribuované měřicí a řídicí systémy	160
6.4.1 Sběrnice RS 485 a zařízení pro tuto sběrnici	161
6.5 Měřicí systémy se zásuvnými moduly.....	162
6.5.1 Zásuvné desky do PC	163
6.6 Moduly úpravy signálu.....	167
6.7 Řídicí počítače měřicích systémů	168
6.8 Mobilní měřicí systémy	173

6.9 Stručná charakteristika a porovnání jednotlivých druhů měřicích systémů	174
7. SOFTWAREVÉ NÁSTROJE PRO MĚŘICÍ A ŘÍDICÍ SYSTÉMY	178
7.1 Vývojové prostředí a integrované programy	178
7.1.1 Vývojový systém LabVIEW	178
7.1.2 Použití programu Control Panel	182
7.1.3 Měřicí program DISYS	183
7.2 Tvorba systému ve vyšším programovacím jazyce	183
7.2.1 Tvorba systému pro operační systém MS DOS	185
7.2.2 Tvorba systému pro operační systém MS Windows	193
7.3 Softwarová regulace (PID)	195
8. PŘÍLOHY	196
8.1 Vlastnosti vlhkého vzduchu	196
8.2 Vlastnosti syté kapaliny a syté páry H ₂ O	198
8.3 i - x diagram vlhkého vzduchu	200
8.4 Vlastnosti suchého vzduchu	201
8.5 Vlastnosti vody	201
8.6 Vlastnosti rtuti	202
8.7 Hustota ethylalkoholu v závislosti na teplotě	202
8.8 Formulář pro záznam údajů při měření hluku	203
8.9 Formulář pro záznam výsledků měření tepelné zátěže v horkém prostředí	204
8.10 Formulář protokolu o měření a seřízení vzduchotechnického zařízení	205
8.11 Tabulka napětí termočlánků	206
8.12 Tabulky linearizací termočlánků	209
8.13 Tabulka hodnot měřicího odporu Pt 100	210
8.14 Tabulka hodnot měřicího odporu Ni 100	210
8.15 Tabulky parametrů měřicích karet	211
8.16 Tabulka parametrů externích měřicích modulů	212
9. LITERATURA	213