

ZÁKLADNÍ POJMY	7
1. METROLOGIE	8
1.1. MEZINÁRODNÍ METROLOGICKÉ ORGANIZACE	8
1.2. NÁRODNÍ METROLOGICKÝ SYSTÉM ČESKÉ REPUBLIKY	8
1.3. MEZINÁRODNÍ SOUSTAVA JEDNOTEK SI	9
1.4. ETALONY ELEKTRICKÝCH JEDNOTEK	10
1.4.1. <i>Etalony napětí</i>	11
1.4.2. <i>Etalony odporu</i>	12
2. CHYBY MĚŘENÍ A NEURČITOST MĚŘENÍ	14
2.1. CHYBY MĚŘENÍ	14
2.1.1. <i>Systematické chyby, náhodné chyby</i>	14
2.2. MÍSTA A PŘÍČINY VZNIKU CHYB PŘI MĚŘENÍ	17
2.3. CHYBY MĚŘICÍCH PŘÍSTROJŮ	18
2.3.1. <i>Chyby analogových měřicích přístrojů</i>	18
2.3.2. <i>Třída přesnosti analogových přístrojů</i>	20
2.3.3. <i>Chyby číslicových měřicích přístrojů</i>	21
2.3.4. <i>Chyby nepřímého měření</i>	23
3. ELEKTROMECHANICKÉ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE	25
3.1. STATICKÉ CHARAKTERISTIKY	25
3.2. DYNAMICKÉ CHARAKTERISTIKY	26
3.3. ZNAČENÍ ELEKTROMECHANICKÝCH PŘÍSTROJŮ	28
3.4. MAGNETOELEKTRICKÉ MĚŘICÍ ÚSTROJÍ	29
3.4.1. <i>Magnetoelektrické ampérmetry</i>	30
3.4.2. <i>Magnetoelektrické voltmetry</i>	31
3.4.3. <i>Magnetoelektrické galvanometry</i>	32
3.4.4. <i>Magnetoelektrický přístroj s usměrňovačem</i>	33
3.4.5. <i>Magnetoelektrický přístroj s termoelektrickým článkem</i>	33
3.5. FEROMAGNETICKÉ MĚŘICÍ ÚSTROJÍ	34
3.5.1. <i>Feromagnetické ampérmetry</i>	35
3.5.2. <i>Feromagnetické voltmetry</i>	36
3.6. ELEKTRODYNAMICKÉ MĚŘICÍ ÚSTROJÍ	37
3.6.1. <i>Elektrodynamické a ferodynamické wattmetry</i>	39
3.7. PŘÍSTROJE S INDUKČNÍM ÚSTROJÍM	40
3.8. REZONANČNÍ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE	42
3.9. POMĚROVÉ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE	42
4. ANALOGOVÉ MĚŘICÍ PŘEVODNÍKY ELEKTRICKÝCH VELIČIN	44
4.1. MĚŘICÍ ZESILOVAČE	44
4.1.1. <i>Operační zesilovače</i>	44
4.1.2. <i>Měřicí zesilovače ve zpětnovazebním zapojení</i>	45
4.1.3. <i>Modulační zesilovač</i>	48
4.2. MĚŘICÍ USMĚRŇOVAČE	49
4.2.1. <i>Pasivní usměrňovače</i>	49
4.2.2. <i>Usměrňovače s operačním zesilovačem</i>	50
4.2.3. <i>Řízené usměrňovače</i>	51
4.2.4. <i>Chyby měřicích přístrojů s usměrňovači při měření neharmonických proudů a napětí</i>	52
4.3. PŘEVODNÍKY EFEKTIVNÍ HODNOTY NA STEJNOSMĚRNÉ NAPĚTÍ	54
4.4. PŘEVODNÍKY MAXIMÁLNÍ HODNOTY NA STEJNOSMĚRNÉ NAPĚTÍ	56
4.5. MĚŘICÍ TRANSFORMÁTORY	57
4.5.1. <i>Měřicí transformátory proudů</i>	57
4.5.2. <i>Měřicí transformátory napětí</i>	59
4.6. PŘEVODNÍKY PRO REALIZACI MATEMATICKÝCH OPERACÍ	60
4.6.1. <i>Převodníky pro měření součtu a rozdílu veličin</i>	60

4.6.2.	Převodníky pro měření součinnu a podílu	62
4.6.3.	Převodníky pro časovou integraci napětí nebo proudu	68
5.	DIGITALIZACE, ČÍSLICOVÉ ZPRACOVÁNÍ A REKONSTRUKCE SIGNÁLU	70
5.1.	VZORKOVÁNÍ SIGNÁLU	71
5.1.1.	Chyby vzorkování	72
5.2.	ANALOGOVÉ-ČÍSLICOVÉ PŘEVODNÍKY	72
5.2.1.	Chyby A/C převodníků	74
5.2.2.	Komparační převodníky	74
5.2.3.	Kompenzační převodníky	76
5.2.4.	Integrační převodníky	78
5.2.5.	Σ - Δ převodníky	81
5.3.	ZPRACOVÁNÍ ČÍSLICOVÉHO SIGNÁLU	81
5.3.1.	Měření základních parametrů periodických signálů	82
5.3.2.	Měření spektra periodických signálů	83
5.4.	ČÍSLICOVÉ-ANALOGOVÉ PŘEVODNÍKY	83
5.4.1.	Chyby C/A převodníků	84
5.4.2.	Paralelní převodníky	85
5.4.3.	Sériové převodníky	88
5.4.4.	Nepřímé převodníky	89
5.5.	ČÍSLICOVÉ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE	89
5.5.1.	Číslíkové multimetry	90
5.5.2.	Spektrální analyzátory a analyzátory signálu	91
5.5.3.	Zdroje signálu	92
6.	OSCILOSKOPY A ZAPISOVAČE	97
6.1.	OSCILOSKOPY	97
6.1.1.	Analogové osciloskopy	97
6.1.2.	Číslíkové osciloskopy	101
6.1.3.	Osciloskop a měřený obvod	104
6.2.	ZAPISOVAČE	105
7.	MĚŘENÍ AKTIVNÍCH ELEKTRICKÝCH VELIČIN	108
7.1.	MĚŘENÍ STEJNOSMĚRNÝCH NAPĚTÍ	108
7.1.1.	Měření voltmetrem	108
7.1.2.	Kompenzační metoda	109
7.2.	MĚŘENÍ STŘÍDAVÝCH NAPĚTÍ	112
7.3.	MĚŘENÍ STEJNOSMĚRNÝCH PROUDŮ	113
7.4.	MĚŘENÍ STŘÍDAVÝCH PROUDŮ	115
7.5.	MĚŘENÍ VÝKONU	116
7.5.1.	Měření výkonu stejnosměrného proudu	117
7.5.2.	Měření výkonu střídavého proudu	119
7.5.3.	Elektronické wattmetry	121
7.5.4.	Měření činného výkonu třemi voltmetry	121
7.5.5.	Měření činného výkonu třemi ampérmetry	122
7.5.6.	Měření jalového výkonu	123
7.5.7.	Měření výkonu střídavého proudu v trojfázových soustavách	123
7.5.8.	Měření spotřeby elektrické energie	129
7.6.	MĚŘENÍ KMITOČTU	130
7.6.1.	Přímé metody měření kmitočtu	130
7.6.2.	Nepřímé metody měření kmitočtu	133
7.7.	MĚŘENÍ FÁZOVÉHO POSUVU	133
8.	MĚŘENÍ PASIVNÍCH ELEKTRICKÝCH VELIČIN	136
8.1.	MĚŘENÍ ODPORŮ	136
8.1.1.	Ohmova metoda	136
8.1.2.	Srovnávací metoda	138

8.1.3.	<i>Ohmmetry</i>	139
8.1.4.	<i>Nulové metody měření odporů</i>	141
8.1.5.	<i>Měření velkých odporů</i>	145
8.1.6.	<i>Měření odporu uzemnění</i>	147
8.2.	MĚŘENÍ IMPEDANCÍ	147
8.2.1.	<i>Etalony impedanci</i>	149
8.2.2.	<i>Měření impedanci Ohmovou metodou</i>	150
8.2.3.	<i>Měření indukčnosti wattmetrem</i>	151
8.2.4.	<i>Měření impedanci třemi ampérmetry</i>	152
8.2.5.	<i>Měření impedanci třemi voltmetry</i>	152
8.2.6.	<i>Číslíkové měřiče impedanci</i>	153
8.2.7.	<i>Nulové metody měření impedanci</i>	155
9.	MAGNETICKÁ MĚŘENÍ	159
9.1.	PROBLÉMY PŘI MĚŘENÍ MAGNETICKÝCH VELIČIN	160
9.2.	MAGNETICKÉ PŘEVODNÍKY	161
9.2.1.	<i>Měřicí cívka</i>	161
9.2.2.	<i>Hallova sonda</i>	162
9.2.3.	<i>Feromagnetická sonda</i>	163
9.2.4.	<i>Rogowskiho-Chattockův potenciometr</i>	164
9.2.5.	<i>Převodník na principu nukleární magnetické rezonance</i>	165
9.3.	MĚŘENÍ MAGNETICKÝCH VELIČIN VE VZDUCHU	166
9.3.1.	<i>Měření stejnosměrných magnetických polí</i>	166
9.3.2.	<i>Měření střídavých magnetických polí</i>	166
9.4.	MĚŘENÍ MAGNETICKÝCH CHARAKTERISTIK FEROMAGNETICKÝCH MATERIÁLŮ	167
9.4.1.	<i>Magnetizační charakteristiky feromagnetických materiálů</i>	167
9.4.2.	<i>Měření magnetizačních charakteristik na uzavřených vzorcích</i>	168
9.4.3.	<i>Měření magnetizačních charakteristik na otevřených vzorcích</i>	170
9.4.4.	<i>Digitalizace měření magnetizačních charakteristik</i>	170
9.4.5.	<i>Měření koercitivity</i>	171
9.4.6.	<i>Zobrazení dynamické hysterezní smyčky na osciloskopu</i>	172
9.5.	MĚŘENÍ ZTRÁT VE FEROMAGNETIKU PŘI STŘÍDAVÉM MAGNETOVÁNÍ	172
10.	SYSTÉMY PRO MĚŘENÍ, SBĚR A ZPRACOVÁNÍ DAT	175
10.1.	ROZDĚLENÍ MĚŘICÍCH SYSTÉMŮ	175
10.1.1.	<i>Zásuvné desky do PC</i>	176
10.1.2.	<i>Sériové rozhraní RS-232-C</i>	176
10.1.3.	<i>Systém IEEE 488</i>	177
10.1.4.	<i>Sběrnice VME</i>	179
10.1.5.	<i>Sběrnice VXI</i>	179
10.1.6.	<i>Sběrnice PXI</i>	181
10.2.	PROGRAMOVÁNÍ MĚŘICÍCH SYSTÉMŮ	181