
OBSAH

Předmluva.....	3
Obsah	4
1. ÚVOD	9
1.1 Obecně o měření	10
1.1-1 Měřené veličiny	10
1.1-2 Podmínky měření	11
1.1-3 Základní jednotky fyzikálních veličin	11
1.1-4 Metrologie a měrová služba	12
1.1-5 Prostředky a metody měření	13
1.1-6 Technika (způsob) měření	13
1.2 Přesnost měření	14
1.2-1 Rozdělení chyb podle způsobu výskytu	14
1.2-2 Rozdělení chyb z hlediska vyrovnávacího počtu	15
1.2-3 Rozdělení chyb podle zdrojů	15
1.2-4 Rozdělení chyb podle příčiny vzniku	15
1.2-5 Chyby přibližných hodnot	16
1.3 Měřicí přístroje - základní pojmy a definice	17
1.3-1 Analogové měřicí přístroje	17
1.3-2 Digitální měřicí přístroje	18
1.3-3 Rozlišení měřicích informačních systémů	19
1.4 Chyby údajů analogových i digitálních přístrojů.....	20
1.4-1 Elektrické měřicí přístroje analogové	20
1.4-2 Číslíkové měřicí přístroje	21
1.4-3 Ostatní elektrické měřicí přístroje	23
1.5 Chyby přímých, nepřímých a opakovaných měření	24
1.5-1 Chyby přímých měření	24
1.5-2 Chyby nepřímých měření	25
1.5-3 Chyby opakovaných měření	26
1.6 Nejistoty výsledků měření	28
1.7 Bezpečnost práce v elektrotechnických laboratořích	31
1.8 Příprava měření	32
1.9 Zásady práce v laboratoři	33

1.10 Zpracování měření	35
Příklady, otázky a problémy ke kapitole 1.....	36
2. MĚŘENÍ NAPĚTÍ A PROUDŮ	39
2.1 Obecně	40
2.2 Měření stejnosměrných napětí a proudů	44
2.2-1 Cejchování stejnosměrného voltmetru	44
2.2-2 Cejchování galvanoměru	45
2.2-3 Parametry zdroje napětí (baterie)	46
2.2-4 Vlastnosti stabilizovaného zdroje napětí	47
2.2-5 Stejnosměrný kompenzátor napětí	48
2.3 Měření střídavých napětí a proudů	49
2.3-1 Frekvenční závislost údaje měřicího přístroje	49
2.3-2 Vliv neharmonických průběhů na údaj měřicího přístroje	50
2.3-3 Kružnicový diagram RC článku	52
Příklady, otázky a problémy ke kapitole 2.....	53
3. MĚŘENÍ VÝKONŮ	55
3.1 Obecně	56
3.2 Měření výkonů stejnosměrného a střídavého proudu v jednofázové síti.....	60
3.2-1 Cejchování wattmetru	60
3.2-2 Měření výkonu třemi voltmetry	61
3.2-3 Měření příkonu stejnosměrného a střídavého proudu	62
3.2-4 Měření příkonu neharmonického proudu	63
3.3 Měření výkonů v třífázové síti	64
3.3-1 Görgesovo zapojení	64
3.3-2 Aronovo zapojení	66
3.3-3 Výkony v symetrické síti bez nulového vodiče a při nesymetrické zátěži	68
Příklady, otázky a problémy ke kapitole 3.....	70
4. ENERGETICKÁ MĚŘENÍ	73
4.1 Obecně	74
4.2 Měření účinníku	76

4.2-1 Měření účinníku	76
4.2-2 Kompenzace účinníku	78
4.3 Měření sledu fází	79
4.3-1 Ukazatel sledu fází USLO	80
4.3-2 Zkoušečka nízkých napětí ZN 1	80
4.3-3 Stanovení sledu fází voltmetrem	81
4.3-4 Stanovení sledu fází wattmetrem	82
4.4 Měření souměrných složek	83
4.4-1 Měření nulové složky proudu	83
4.4-2 Měření sousledné a inverzní složky proudu	84
Příklady, otázky a problémy ke kapitole 4	85
5. MĚŘENÍ ODPORŮ	87
5.1 Obecně	88
5.2 Výhylková měření odporů	91
5.2-1 Ohmova metoda měření odporů	91
5.2-2 Srovnávací metody měření odporů	93
5.2-3 Měření vnitřního odporu voltmetru	94
5.3 Můstková měření odporů	95
5.3-1 Citlivost Wheatstonova můstku	95
5.3-2 Nevyvážený Wheatstonův můstek	96
5.3-3 Thomsonův můstek	97
Příklady, otázky a problémy ke kapitole 5	98
6. MĚŘENÍ IMPEDANCÍ	101
6.1 Obecně	102
6.2 Výhylková měření impedancí	106
6.2-1 Měření impedance voltmetrem a ampérmetrem	106
6.2-2 Měření impedance voltmetrem, ampérmetrem a wattmetrem	108
6.2-3 Měření impedance třemi voltmetry	109
6.2-4 Měření M_x voltmetrem a ampérmetrem	110
6.2-5 Měření M_x výpočtem z vlastních indukčností	111
6.2-6 Měření vlastností kondenzátoru z vybíjení	112
6.3 Můstková měření impedancí	114
6.3-1 Owenův můstek	114
6.3-2 Maxwell-Wienův můstek	115

6.4 Rezonanční měření impedancí	116
6.4-1 Měření impedancí Q-metrem	116
Příklady, otázky a problémy ke kapitole 6.....	117
7. OSCILOSKOPICKÁ MĚŘENÍ	119
7.1 Obecně	120
7.2 Měření napětí	126
7.2-1 Osciloskopické sondy	126
7.2-2 Měření osciloskopických kmitů	127
7.2-3 Zpožděná (zvětšená) časová základna	128
7.3 Měření fáze a času	129
7.3-1 Měření fáze dvoukanálovým osciloskopem	129
7.3-2 Měření fáze jednocanálovým osciloskopem	130
7.3-3 Zpoždění přitahu relé	132
7.3-4 Měření doby náběhu pulzů	132
7.4 Porovnávání kmitočtů	134
7.4-1 Porovnávání kmitočtů a jejich odchylky	134
7.5 Měření dynamických charakteristik	135
7.5-1 Měření dynamické VA charakteristiky	135
7.5-2 Měření dynamické hysterezní smyčky	136
Příklady, otázky a problémy ke kapitole 7.....	137
8. MAGNETICKÁ MĚŘENÍ	139
8.1 Obecně	140
8.2 Měření magnetických polí	141
8.2-1 Cejchování webermetru a měřicí cívky	141
8.2-2 Měření magnetické indukce B ss pole	143
8.2-3 Měření indukce střídavého magnetického pole	144
8.2-4 Měření magnetického napětí na povrchu feromagnetika	145
8.3 Měření feromagnetik	146
8.3-1 Měření amplitudové magnetizační charakteristiky	146
8.3-2 Měření ztrát v železe	147
Příklady, otázky a problémy ke kapitole 8.....	148

9. SPECIÁLNÍ MĚŘENÍ	149
9.1 Měření rušivých vlivů působících na elektronické měřicí přístroje....	150
9.1-1 Obecně	150
9.1-2 Měření činitele potlačení souhlasného rušení <i>CMRR</i>	152
9.1-3 Měření činitele potlačení sériového rušení <i>SMRR</i>	153
9.2 Měření základních vlastností čtyřpólu.....	154
9.2-1 Obecně	154
9.2-2 Měření přenosové kmitočtové charakteristiky	159
9.2-3 Zkouška zesilovače obdélníkovým napětím	160
9.2-4 Měření činitele zkreslení	161
9.2-5 Měření maximálního výstupního výkonu zesilovače	162
9.3 Měření frekvence a časových intervalů	163
9.3-1 Obecně	163
9.3-2 Měření kmitočtu a časových intervalů čítačem	166
9.3-3 Měření odchylky dvou blízkých kmitočtů	168
10. PŘÍLOHY	171
10.1 Předpisy a normy	172
10.2 Základní schématické značky	174
10.3 Zkratky užívané v textu	176
10.4 Hlavní parametry měřicích přístrojů.....	177
10.4-1 DU 10 (Avomet II)	177
10.4-2 DU 20	177
10.4-3 DMM RFT	178
10.5 Pokyny k písemnému provedení technické zprávy.....	178
Literatura	180

1. ÚVOD

1.1 Obecně o měření	10
1.1-1 Měřené veličiny	10
1.1-2 Podmínky měření	11
1.1-3 Základní jednotky fyzikálních veličin	11
1.1-4 Metrologie a měrová služba	12
1.1-5 Prostředky a metody měření	13
1.1-6 Technika (způsob) měření a výsledek měření	13
1.2 Přesnost měření	14
1.3 Měřicí přístroje - základní pojmy a definice	17
1.3-1 Analogové měřicí přístroje	17
1.3-2 Digitální měřicí přístroje	18
1.3-3 Rozlišení měřicích informačních systémů	19
1.4 Chyby údajů analogových i digitálních přístrojů	20
1.4-1 Elektrické měřicí přístroje analogové	20
1.4-2 Číslicové měřicí přístroje	21
1.4-3 Ostatní elektrické měřicí přístroje	23
1.5 Chyby přímých, nepřímých a opakovaných měření	24
1.5-1 Chyby přímých měření	24
1.5-2 Chyby nepřímých měření	25
1.5-3 Chyby opakovaných měření	26
1.6 Nejistoty měření	28
1.7 Bezpečnost práce v elektrotechnických laboratořích	31
1.8 Příprava měření	32
1.9 Zásady práce v laboratoři	33
1.10 Zpracování měření	35
Příklady, otázky a problémy ke kapitole 1.	36

2. MĚŘENÍ NAPĚTÍ A PROUDŮ

2.1	Obecně	40
2.2	Měření stejnosměrných napětí a proudů	44
2.2-1	Cejchování stejnosměrného voltmetru	44
2.2-2	Cejchování galvanoměru	45
2.2-3	Parametry zdroje napětí (baterie)	46
2.2-4	Parametry stabilizovaného zdroje	47
2.2-5	Stejnoseměrný kompenzátor	48
2.3	Měření střídavých napětí a proudů	49
2.3-1	Frekvenční závislost údaje měřicího přístroje	49
2.3-2	Vliv neharmonických průběhů na údaj měřicího přístroje	50
2.3-3	Kružnicový diagram RC článku	52
	Příklady, otázky a problémy ke kapitole 2.	53

3. MĚŘENÍ VÝKONŮ

3.1	Obecně	56
3.2	Měření výkonů stejnosměrného a střídavého proudu v jednofázové síti	
3.2-1	Cejchování wattmetru	60
3.2-2	Měření výkonu třemi voltmetry	61
3.2-3	Měření příkonu stejnosměrného a střídavého proudu	62
3.2-4	Měření příkonu neharmonického proudu	63
3.3	Měření výkonu v třífázové síti	64
3.3-1	Görgesovo zapojení	64
3.3-2	Aronovo zapojení	66
3.3-3	Výkony v symetrické síti bez nulového vodiče a při nesymetrické zátěži	68
	Příklady, otázky a problémy ke kapitole 3.	70

4. ENERGETICKÁ MĚŘENÍ

4.1	Obecně	74
4.2	Měření účinníku	76
4.2-1	Měření účinníku	76
4.2-2	Kompenzace účinníku	78
4.3	Měření sledu fází	79
4.3-1	Ukazatel sledu fází USLO	80
4.3-2	Zkoušečka nízkých napětí ZN 1	80
4.3-3	Stanovení sledu fází voltmetrem	81
4.3-4	Stanovení sledu fází wattmetrem	82
4.4	Měření souměrných složek	83
4.4-1	Měření nulové složky proudu	83
4.4-2	Měření sousledné a inverzní složky proudu	84
	Příklady a problémy ke kapitole 4.	85

5. MĚŘENÍ ODPORŮ

5.1	Obecně	88
5.2	Výchylková měření odporů	91
5.2-1	Ohmova metoda měření odporů	91
5.2-2	Srovnávací metody měření odporů	93
5.2-3	Měření vnitřního odporu voltmetru	94
5.3	Můstková měření odporů	95
5.3-1	Citlivost Wheatstonova můstku	95
5.3-2	Nevyvážený Wheatstonův můstek	96
5.3-3	Thomsonův můstek	97
	Příklady, otázky a problémy ke kapitole 5.	98

6. MĚŘENÍ IMPEDANCÍ

6.1	Obecně	102
6.2	Výchylková měření impedancí	106
6.2-1	Měření impedance voltmetrem a ampérmetrem	106
6.2-2	Měření impedance voltmetrem, ampérmetrem a wattmetrem	108
6.2-3	Měření impedance třemi voltmetry	109
6.2-4	Měření M_x voltmetrem a ampérmetrem	110
6.2-5	Měření M_x výpočtem z vlastních indukčností cívek	111
6.2-6	Měření vlastností kondenzátoru (C_x , R_x) z vybíjení	112
6.3	Můstková měření impedancí	114
6.3-1	Owenův můstek	114
6.3-2	Maxwell-Wienův můstek	115
6.4	Rezonanční měření impedancí	116
6.4-1	Měření impedancí Q-metrem	116
	Příklady, otázky a problémy ke kapitole 6.	117

7. OSCILOSKOPICKÁ MĚŘENÍ

7.1	Obecně	120
7.2	Měření napětí	126
7.2-1	Osciloskopické sondy	126
7.2-2	Osciloskopická měření průběhu $u(t)$	127
7.2-3	Zpožděná (zvětšená) časová základna	128
7.3	Měření fáze a času	129
7.3-1	Měření fáze dvoukanálovým osciloskopem	129
7.3-2	Měření fáze jednocanálovým osciloskopem	130
7.3-3	Zpoždění přitahu relé	131
7.3-4	Měření doby náběhu pulzů	133
7.4	Porovnávání kmitočtů	134
7.4-1	Porovnávání kmitočtů a jejich odchylky	134
7.5	Měření dynamických charakteristik	135
7.5-1	Měření dynamické VA charakteristiky	135
7.5-2	Měření dynamické hysterezní smyčky	136
	Příklady, otázky a problémy ke kapitole 7.	137

8. MAGNETICKÁ MĚŘENÍ

8.1	Obecně	140
8.2	Měření magnetických polí	141
8.2-1	Cejchování webermetru (fluxmetru) a měřicí cívky	141
8.2-2	Měření magnetické indukce B ss pole	143
8.2-4	Měření indukce střídavého magnetického pole	144
8.2-5	Měření magnetického napětí na povrchu feromagnetika	145
8.3	Měření feromagnetik	146
8.3-1	Měření amplitudové magnetizační charakteristiky	146
8.3-2	Měření ztrát v železe	147
	Příklady, otázky a problémy ke kapitole 8.	148

9. SPECIÁLNÍ MĚŘENÍ

9.1 Měření rušivých vlivů působících na elektronické měř. přístroje	150
9.1-1 Obecně	150
9.1-2 Měření činitele potlačení souhlasného rušení <i>CMRR</i>	152
9.1-3 Měření činitele potlačení sériového rušení <i>SMRR</i>	153
9.2 Měření základních vlastností čtyřpólu	154
9.2-1 Obecně	154
9.2-2 Měření přenosové kmitočtové charakteristiky	159
9.2-3 Zkouška zesilovače obdélníkovým napětím	160
9.2-4 Měření činitele zkreslení	161
9.2-5 Měření maximálního výstupního výkonu zesilovače	162
9.3 Měření frekvence a časových intervalů	163
9.3-1 Obecně	163
9.3-2 Měření kmitočtu a časových intervalů čítačem	166
9.3-3 Měření odchylky dvou blízkých kmitočtů	168

10. PŘÍLOHY

10.1 Předpisy a normy	172
10.2 Základní schématické značky	174
10.3 Zkratky užívané v textu	176
10.4 Hlavní parametry měřicích přístrojů	177
10.4-1 DU 10 (Avomet II)	177
10.4-2 DU 20	177
10.4-3 DMM RFT	178
10.5 Pokyny k písemnému provedení technické zprávy	178