

Obsah

	Použité značky	10
1.	LABORATORNÍ TECHNIKA (Doc. Ing. Michal Horevaj, CsC.)	15
1.1.	Obecná problematika měření	15
1.2.	Základní teorie měření	16
1.2.1.	Analýza chyb v procesu měření	17
1.2.2.	Náhodný charakter chyb	20
1.2.3.	Statistické vyhodnocení výsledků	21
1.2.4.	Minimální počet měření	25
1.3.	Základní měřicí metody	26
1.3.1.	Metoda přímých měření	26
1.3.2.	Kompenzační metoda	28
1.3.3.	Substituční metoda	30
1.3.4.	Metoda postupného omezování	31
1.4.	Zpracování výsledků měření	33
1.4.1.	Grafické zpracování výsledků	34
1.4.2.	Početní zpracování výsledků	35
1.5.	Elektronické měřicí přístroje a jejich vlastnosti	36
1.6.	Souvislosti mezi měřicím přístrojem a měřeným objektem	38
2.	STÍNĚNÍ MĚŘICÍCH OBVODŮ (Ing. Eduard Klabačka, CSc.)	44
2.1.	Účel stínění	44
2.2.	Základní principy	45
2.3.	Stínění polí časově neproměnných a kvazistacionárních	47
2.4.	Stínění kvazistacionárního magnetického pole vodivým prostředím	51
2.5.	Stínění elektrických a magnetických polí mřížkami	55
2.6.	Stínění nestacionárního elektromagnetického pole	57
2.7.	Stínění přístrojů a součástek	59
2.8.	Stínění laboratorních prostorů	62
3.	REZISTORY, CÍVKY A KONDENZÁTORY V MĚŘICÍCH OBVODECH (Ing. Eduard Klabačka, CSc.)	66
3.1.	Požadavky na prvky měřicích obvodů	66
3.2.	Fiktivní parametry. Náhradní obvod	66
3.3.	Rezistor a jeho náhradní obvod	68
3.4.	Vykompenzování rezistoru	74
3.5.	Rezistory pro elektronické měřicí obvody	75
3.6.	Použití vrstevových rezistorů	79

3.7.	Cívka a její náhradní obvod	81
3.8.	Cívky pro měřicí obvody	86
3.9.	Kondenzátor a jeho náhradní obvod	89
3.10.	Kondenzátory pro měřicí obvody	92
4.	LINEÁRNÍ ČTYŘPÓLY V MĚŘICÍ TECHNICE (Prof. Ing. Josef Eichler, CSc.)	95
4.1.	ÚVOD	95
4.1.1.	Příčkové články	96
4.1.2.	Křížové články	96
4.1.3.	Článek tvaru přemostěné T	98
4.1.4.	Článek tvaru dvojité T	99
4.1.5.	Rozptylové parametry čtyřpólu	99
4.2.	Použití čtyřpólů v měřicí technice	101
4.2.1.	Impedanční transformátory	102
4.2.2.	Útlumové články	107
4.2.3.	Fázovací články	110
4.2.4.	Filtrovací, selektivní obvody a transformátory v měřicí technice	113
4.2.5.	Zpožďovací články (linky)	126
4.2.6.	Posouvače fáze kombinované s aktivními prvky	128
4.3.	Obvody s rozloženými parametry	130
4.3.1.	Vedení elektromagnetické vlny	130
4.3.2.	Odbočnice na vedeních	133
4.3.3.	Půlvlnné a čtvrtvlnné vedení	133
4.3.4.	Přechod nesouměrného vedení proti zemi na souměrné	133
4.3.5.	Odbočnice a směrové odbočnice	134
4.3.6.	Zakončovací odpory, zeslabovače a posouvače fáze	135
4.3.7.	Nereciproční obvody s ferity	136
5.	MĚŘICÍ ZDROJE ELEKTRICKÉ ENERGIE (Prof. Ing. Josef Eichler, CSc.)	137
5.1.	Zdroje proudu a napětí	138
5.1.1.	Nestabilizované napájecí zdroje	139
5.1.2.	Stabilizované napájecí zdroje	139
5.2.	Tónové generátory	145
5.2.1.	Elektromechanické generátory	146
5.2.2.	Elektronkové a tranzistorové tónové generátory se zpětnou vazbou	147
5.3.	Videofrekvenční generátory	150
5.4.	Vysokofrekvenční generátory	151
5.4.1.	Vysokofrekvenční generátory s amplitudovou modulací	152
5.4.2.	Vysokofrekvenční generátory s amplitudovou a kmitočtovou modulací	152
5.4.3.	Generátory sinusového signálu s kmitočtovým rozmitáním (vob- lery)	155
5.5.	Generátory obdélníkových kmitů	156
5.6.	Impulsové generátory	157
5.7.	Šumové generátory	160
5.8.	Generátory sinusových signálů jako zdroje přesného kmitočtu	161
6.	MĚŘICÍ OSCILOSKOPY (Doc. Ing. Miroslav Moravec, CSc.)	164
6.1.	Základní zapojení osciloskopu	165
6.2.	Synchroskop	170

6.3.	Vzorkovací osciloskop	172
6.3.1.	Princip vzorkovacího osciloskopu	172
6.3.2.	Hlavní parametry vzorkovacího osciloskopu	176
6.3.3.	Systémy vzorkovacích osciloskopů	185
7.	MĚŘENÍ PROUDU A VÝKONU PŘI VYŠŠÍCH KMITOČTECH (Ing. Eduard Klabačka, CSc.)	188
7.1.	Měření proudu	188
7.2.	Tepelné systémy	188
7.3.	Metoda fotometrická	191
7.4.	Bolometry a termistory	193
7.5.	Termoelektrické měniče	198
7.6.	Vysokofrekvenční elektrodynamické systémy	203
7.7.	Měřicí obvody s usměrňovači	204
7.8.	Vliv kapacity systému proti zemi a stínění	205
7.9.	Bočníky a proudové transformátory	206
7.10.	Metody měření výkonu	209
7.11.	Měření výkonu při nižších kmitočtech	210
7.12.	Měření velkých vysokofrekvenčních výkonů	213
7.13.	Měření výkonu při velmi vysokých kmitočtech	215
8.	MĚŘENÍ NAPĚTÍ (Doc. Ing. Michal Horevaj, CSc.)	218
8.1.	Měření stejnosměrných napětí	218
8.1.1.	Základní metody a přístroje pro měření stejnosměrného napětí	222
8.1.2.	Měření napětí v rozsahu 0,1 až 1000 V	226
8.1.3.	Měření napětí v mikrovoltovém rozsahu	239
8.2.	Problematika elektrometrických měření	245
8.2.1.	Součásti elektrometrických obvodů	245
8.2.2.	Vstupní obvody elektrometrů	249
8.2.3.	Měření parametrů vstupního obvodu	249
8.3.	Měření střídavých napětí	251
8.3.1.	Diodové voltmetry a měřicí detektory	252
8.3.2.	Diferenciální metoda	255
8.3.3.	Kompenzační metoda	256
8.3.4.	Analýza chyb měřicích detektorů	259
8.3.5.	Měřicí detektory v koaxiálních obvodech	263
8.3.6.	Měření impulsových napětí	264
8.3.7.	Heterodynní metoda	267
9.	MĚŘENÍ VLASTNOSTÍ PASÍVNÍCH OBVODOVÝCH DVOJPÓLŮ (Doc. Ing. Miroslav Moravec, CSc.)	269
9.1.	MĚŘENÁ VELIČINA A DVOJPÓL	269
9.2.	Celkové uspořádání měřicích metod	273
9.3.	Měřicí obvody pro měření imitací pasívních dvojpólů	275
9.3.1.	Rezonanční měřicí obvody	275
9.3.2.	Nulové nebo můstkové měřicí obvody	297
9.3.3.	Měřicí obvody s rozloženými parametry	301
10.	MĚŘICÍ METODY AKTIVNÍCH POLOVODIČOVÝCH PRVKŮ (Doc. Ing. Miroslav Moravec, CSc.)	306
10.1.	Všeobecné požadavky na měřicí metody	306
10.2.	Měřicí metody parametrů polovodičových diod	307

10.2.1.	Měření dynamického odporu diod	307
10.2.2.	Měření odporu tunelových diod	308
10.2.3.	Měření mezielektrodové kapacity diod	310
10.3.	Měřicí metody parametrů tranzistorů	313
10.3.1.	Měření kolektorové kapacity tranzistoru	313
10.3.2.	Měření odporu báze tranzistoru	315
10.3.3.	Měření časové konstanty ($r_{b'e}, r_{b'c}$) tranzistoru	315
10.3.4.	Měření mezního kmitočtu tranzistoru	316
10.3.5.	Měření čtyřpólových parametrů tranzistorů při nízkém kmitočtu	319
10.3.6.	Měření čtyřpólových parametrů tranzistorů při vysokém kmitočtu	328
10.4.	Měření vysokofrekvenčního šumu diod a tranzistorů	331
10.4.1.	Zdroje šumu a šumové číslo	331
10.4.2.	Měření šumového čísla šumovým generátorem	332
10.5.	Měření dynamických spínacích vlastností polovodičových součástí	334
11.	MĚŘENÍ KMITOČTU A DÉLKY VLNY (Doc. Ing. Michal Horevaj, CSc.)	335
11.1.	Číslicové metody měření kmitočtu	336
11.2.	Můstkové metody měření kmitočtu	340
11.3.	Analogové metody měření kmitočtu	341
11.4.	Osciloskopické metody měření kmitočtu	342
11.5.	Interferenční měření kmitočtu	347
11.6.	Rezonanční metody měření kmitočtu	350
12.	MĚŘENÍ FÁZOVÉHO POSUNU (Ing. Edvard Klabačka, CSc.) 359	
12.1.	Úvod	359
12.2.	Vyhodnocení z Lissajousova obrazce	360
12.3.	Chyby při vyhodnocení z Lissajousova obrazce	365
12.4.	Metoda vektorového součtu	366
12.5.	Metody založené na přetvarování	367
12.6.	Číslicové měření fázového posunu	370
12.7.	Kompenzační metoda	371
12.8.	Metody používající přeměny kmitočtu	371
13.	MĚŘENÍ ZKRESLENÍ A ANALYZÁTORY KMITOČTU (PROF. ING. JOSEF EICHLER, CSc.)	374
13.1.	Druhy zkreslení	374
13.2.	Měření činitele zkreslení k	375
13.3.	Analýzátory kmitočtu	380
13.3.1.	Analýzátor se selektivní zpětnou vazbou	381
13.3.2.	Analýzátor heterodynní	381
13.3.3.	Analýzátor panoramatický	382
14.	MĚŘENÍ INTENZITY STRÍDAVÝCH ELEKTROMAGNETICKÝCH POLÍ (Doc. Ing. Miroslav Moravec, CSc.)	384
14.1.	Užívané antény	384
14.2.	Užívané měřicí metody	389
15.	MĚŘENÍ MODULACE (Doc. Ing. Michal Horevaj, CSc.) 392	
15.1.	Amplitudová modulace	392
15.1.1.	Měření hloubky modulace osciloskopem	392

15.1.2.	Metody využívající detekce	396
15.2.	Kmitočtová modulace	396
16.	MĚŘENÍ NA NÍZKOFREKVENČNÍCH ZESILOVAČÍCH (Prof. Ing. Josef Eichler, CSc.)	400
16.1.	Měření útlumové, fázové a zpětnovazební charakteristiky	401
16.2.	Zkoušení nízkofrekvenčních zesilovačů obdélníkovým napětím	408
16.3.	Ostatní měření na zesilovačích a přenosových cestách	410
17.	ČÍSLICOVÁ MĚŘICÍ TECHNIKA (Doc. Ing. Miroslav Moravec, CSc.)	413
17.1.	Počítání s dvojkovými čísly a dvojkové kódy	413
17.2.	Booleova algebra a skladba logických obvodů	417
17.3.	Převodníky	425
17.3.1.	Charakteristické vlastnosti převodníků	425
17.3.2.	Převodníky analogově číslicové	428
17.3.3.	Převodník číslicové analogový	442
17.3.4.	Některé důležité díly převodníků	443
17.4.	Měření některých základních veličin číslicovými přístroji	447
17.5.	Měřicí ústředny	448
18.	CEJCHOVÁNÍ A NORMÁLY (Doc. Ing. Michal Horeváj, CSc.)	450
18.1.	Normály základních elektrických veličin	450
18.2.	Normály kmitočtu a času	453
18.2.1.	Atomové a molekulární normály kmitočtu	453
18.2.2.	Přenos normálových kmitočtů	458
18.3.	Normály stejnosměrného napětí	459
18.3.1.	Normální Westonovy články	459
18.3.2.	Etalon napětí využívající Josephsonova jevu	462
18.4.	Vysokofrekvenční normály	464
18.4.1.	Koaxiální vedení	466
18.4.2.	Vysokofrekvenční odpory v koaxiálních obvodech	470
18.4.3.	Podmínky přenosu normálové veličiny	473