

Obsah

I.	VŠEOBECNÁ ČÁST	11
1	Úvod	11
2	Základy teorie měření	14
2.1	Úvod	14
2.2	Metody měření	15
2.3	Chyby měření	16
2.3.1	Základní statické charakteristiky pro odhad hodnoty měřené veličiny a přesnosti měření	17
2.3.2	Určení přesnosti jednoho měření	22
2.3.3	Určení skutečné hodnoty měřené veličiny při opakovaných měřeních	23
2.3.4	Porovnání dvou měřících metod nebo přístrojů co do přesnosti	24
2.3.5	Určení systematické chyby měřidla nebo metody měření	25
2.3.6	Určení rozdílu mezi dvěma měřeními nebo dvěma metodami měření	26
2.3.7	Chyby nepřímých měření	27
2.4	Vybrané zdroje chyb měřícího kanálu	27
II.	MĚŘICÍ PRINCIPY SNÍMAČŮ	65
1	Klasifikace snímačů	65
2	Rozdělení snímačů podle principu	69
2.1	Pasívní snímače	69
2.2	Aktivní snímače	107
2.2.1	Indukční snímače	107
2.2.2	Piezoelektrické snímače	110
2.2.3	Pyroelektrické snímače	112
2.2.4	Termoelektrické snímače	112
2.2.5	Fotoelektrické snímače	113
2.2.6	Elektrokinetické snímače	114
2.2.7	Voltaické snímače	115
2.2.8	Potenciometrické snímače	115
3	Můstky a modulace nosného napětí	116
3.1	Můstková zapojení	116
3.1.1	Vyvážené můstky	117
3.1.2	Nevyvážené můstky	118
3.2	Amplitudová modulace	120
3.3	Fázová modulace	120
3.4	Frekvenční modulace	121
3.5	Pulsní modulace	122
4	Fyzikální model snímače	123
4.1	Model pro určení statického přenosu	124
4.2	Model snímače a matematický aparát pro určení dynamických vlastností	127
5	Volba měřícího principu snímače	130

III.	VYHODNOCOVAČÍ OBVODY A PŘÍSTROJE	131
1	Úvod	131
2	Analogové obvody	132
2.1	Pojmy a základní funkční prvky	132
2.2	Zesilovače	134
2.2.1	Lineární zesilovače	134
2.2.2	Zesilovače se zvláštními funkcemi	141
2.3	Oscilátory	147
2.4	Modulátory a demodulátory	149
2.4.1	Amplitudové modulátory	149
2.4.2	Amplitudové demodulátory	152
2.4.3	Kmitočtové modulátory	154
2.4.4	Kmitočtové demodulátory	155
2.5	Napájecí obvody	157
3	Logické a číslicové vyhodnocovací obvody	158
3.1	Pojmy a funkční prvky	158
3.2	Klopné obvody	162
3.2.1	Bistabilní klopné obvody	163
3.2.2	Monostabilní klopné obvody	165
3.2.3	Astabilní klopné obvody	167
3.2.4	Schmittovy klopné obvody	168
3.3	Čítače	170
3.4	Posuvné registry	172
3.5	Kódy a převodníky kódů	174
4	Vyhodnocovací přístroje	176
4.1	Ukazovací přístroje	176
4.2	Zapisovací a záznamové přístroje	179
4.3	Měřicí magnetofony	181
4.4	Prostředky k zobrazení a záznamu čísel	181
5	Vícenásobné vyhodnocovací přístroje	184
5.1	Číslicové měřicí ústředny	185
5.2	Informační měřicí systémy	186
5.3	Dálkové měření	188
5.4	Měření na rotujících částech	190
IV.	MĚŘENÍ FYZIKÁLNÍCH VELIČIN VE STROJÍRENSTVÍ	193
1	Prostor a čas	193
1.1	Měření rozměrů a délek	193
1.1.1	Úvod	193
1.1.2	Definice a realizace délkové jednotky	194
1.1.3	Mechanická délková měřidla	195
1.1.4	Přístroje s mechanicko-optickým převodníkem	199
1.1.5	Přístroje s elektrickými snímači	199
1.1.6	Přístroje s pneumatickými snímači	200
1.1.7	Měřicí automaty a měřicí stroje	201
1.1.8	Měření vzdáleností laserovou triangulací	203
1.1.9	Měření posuvů pohybujících se objektů	205
1.2	Laserová interferometrie	206
1.2.1	Příklady provedení laserových měřičů délek	208
1.2.2	Přesnost a citlivost laserinterferometrů	209
1.3	Měření úhlů	211
1.4	Plošný obsah	213
1.5	Objem	214
1.6	Rychlost a zrychlení těles	214
1.6.1	Měření rychlosti těles	215

1.6.2	Měření zrychlení	216
1.7	Měření rychlosti tekutin	216
1.7.1	Rychlostní trubice	216
1.7.2	Žhavené anemometry	222
1.7.3	Přístroje s radioaktivními izotopy	224
1.7.4	Dopplerův anemometr	225
1.8	Čas	230
1.8.1	Měření času a časových intervalů	231
1.8.2	Měření krátkých časových intervalů	235
1.8.3	Měření kmitočtu	237
1.8.4	Měření frekvence otáčení	238
1.9	Měření průtoku a proteklého množství tekutin	239
1.9.1	Objemové průtokoměry a měřiče proteklého množství	240
1.9.2	Rychlostní průtokoměry a měřiče proteklého množství	242
1.9.3	Průřezová měřidla	247
1.9.4	Plováčkové průtokoměry	257
1.9.5	Indukční průtokoměry	258
1.9.6	Kolenový průtokoměr	259
1.9.7	Ultrazvukový průtokoměr	260
1.9.8	Vliv změn parametrů měřené tekutiny na údaj průtokoměru	261
2	Mechanické veličiny	263
2.1	Síla	263
2.1.1	Etalony síly	264
2.1.1.2	Základní principy měření síly	265
2.1.1.3	Základní typy pružných deformačních členů	266
2.1.1.4	Snímače síly	269
2.1.1.5	Měřiče síly	280
2.2	Hmotnost	281
2.2.1	Základní principy vážení	283
2.2.2	Pákové váhy	283
2.2.3	Deformační váhy	284
2.2.4	Elektromechanické váhy	285
2.3	Výkon	286
2.3.1	Měření mechanického výkonu	286
2.3.2	Měření tepelného výkonu	290
2.3.3	Měření elektrického výkonu	291
2.4	Moment síly	295
2.4.1	Základní principy měřičů momentu síly	295
2.4.2	Základní typy deformačních členů	296
2.4.3	Základní typy měřičů momentu síly	298
2.5	Poměrné prodloužení	309
2.5.1	Rozdělení tenzometrů	310
2.5.2	Měření rovinné napjatosti	320
2.5.3	Měření vnitřních pnutí	321
2.5.4	Měření deformací při vyšších teplotách	323
2.5.5	Měření dynamických deformací	324
2.6	Tlak	325
2.6.1	Rozdělení tlakoměrů	326
2.7	Viskozita	333
2.7.1	Průtokové viskozimetry	334
2.7.2	Tělískové viskozimetry	334
2.7.3	Rotační viskozimetry	335
2.8	Hustota	336
2.8.1	Hustoměry plynů	337
2.8.2	Hustoměry kapalin	340
3	Termika	340

3.1	Měření teploty	340
3.1.1	Definice teploty a teplotní stupnice	340
3.1.2	Dotykové teploměry	341
3.1.3	Zabudování teploměrů	358
3.1.4	Bezdotykové teploměry	359
3.1.5	Dynamické měření teploty	366
3.1.6	Ověřování teploměrů a pyrometrů	369
3.2	Měření množství tepla	370
3.2.1	Mechanické měřiče odběru tepla	371
3.2.2	Elektronické měřiče odběru tepla	372
3.3	Vlastnosti tepelných izolací	373
3.3.1	Měření tepelné vodivosti	374
3.3.2	Měření tepelných ztrát v tepelných sítích	376
4	Elektrina a magnetismus	377
4.1	Měření elektrických veličin	377
4.1.1	Elektrický proud	377
4.1.2	Elektrické napětí	380
4.1.3	Elektrický náboj	385
4.1.4	Elektrický odpor	385
4.1.5	Kapacita	387
4.1.6	Indukčnost	388
4.1.7	Elektrická energie	388
4.2	Měření magnetických veličin	389
4.2.1	Magnetické veličiny ve stejnosměrných polích	389
4.2.2	Magnetické veličiny feromagnetických vzorků	391
4.2.3	Integrační měření uzavřených vzorků	392
4.2.4	Permeametry	393
4.2.5	Magnetometrické metody	395
4.2.6	Koercimetry	396
4.2.7	Ferografy	396
4.2.8	Měření ztrát	397
5	Fotometrie	399
5.1	Úvod	399
5.2	Fotometrické veličiny a jejich jednotky	400
5.3	Spektrální citlivost lidského oka	402
5.4	Přijímače světelného záření	402
5.4.1	Fotonky a fotonásobiče	405
5.4.2	Fotoodpory	405
5.4.3	Fotodiody a fototranzistory	406
5.4.4	Hradlové fotočlánky	406
5.4.5	Neselektivní přijímače záření	407
5.5	Měření fotometrických veličin	407
5.6	Kolorimetrie	413
5.6.1	Barevné souřadnice	413
5.6.2	Měření barev	415
6	Akustika	416
6.1	Základní pojmy	416
6.2	Šíření zvukové vlny omezeným prostorem	424
6.3	Subjektivní vnímání zvuku	430
6.4	Měření zvuku a hluku	432
6.4.1	Měřicí systémy	432
6.4.2	Zvukoměry	433
6.4.3	Pásmové propusti	439
6.4.4	Kmitočtové analyzátory	439
6.4.5	Hladinové zapisovače	440
6.4.6	Hladinové analyzátory	441

6.4.7	Magnetofony	442
6.5	Používané měřicí metody	442
6.6	Ultrazvuk v měřicí technice	443
6.6.1	Ultrazvukové měřicí metody	443
6.6.2	Ultrazvukové měřicí přístroje	444
6.6.3	Obory působnosti ultrazvukových měřicích metod	445
6.6.4	Akustická emise	445
7	Mechanické kmitání	448
7.1	Určující veličiny mechanického kmitání	448
7.1.1	Harmonické kmitání	448
7.1.2	Periodické kmitání	450
7.1.3	Stochastické kmitání	451
7.1.4	Mechanické rázy	451
7.2	Volba určující veličiny	451
7.3	Přístroje pro měření určujících veličin kmitání	452
7.3.1	Funkce snímače pro měření mechanického kmitání	453
7.3.2	Základní charakteristiky absolutních snímačů	454
7.3.3	Charakteristiky relativních dotykových snímačů	460
7.4	Upevnění snímačů	460
7.5	Ověřování vlastností snímačů	461
7.6	Doplňková zařízení při měření mechanického kmitání	463
8	Fyzikální chemie	474
8.1	Měření vlhkosti plynů	474
8.1.1	Deformační hygrometry	477
8.1.2	Psychrometr	477
8.1.3	Rosný vlhkoměr	479
8.1.4	Elektrické hygrometry	479
8.2	Měření vlhkosti pevných látek	481
8.3	Měření koncentrace vodíkových iontů	484
8.3.1	Elektrody pro měření pH	484
8.3.2	pH-metry	486
8.4	Elektrická vodivost kapalin	487
8.4.1	Základní vztahy	487
8.4.2	Měřicí metody	488
8.4.3	Aplikace v energetice	490
8.5	Refraktometrie	490
8.6	Spektrofotometrie	493
8.7	Chromatografie	497
8.8	Analýza plynů	500
8.8.1	Chemické analyzátory	500
8.8.2	Fyzikální analyzátory	502
8.8.3	Průmyslová analýza	506
8.8.4	Požadavky na analyzátory plynů	507
8.8.5	Ověřování analyzátorů	507
8.9	Měření exhalací	508
V.	TECHNICKÁ DIAGNOSTIKA STROJŮ	510
1	Úvod	510
2	Diagnostický systém	511
3	Předpoklady pro zavedení technické diagnostiky	513
3.1	Sběr a statistické zpracování údajů o provozu, poruchách a opravách	513
3.2	Volba vhodných diagnostických metod	513
3.3	Mezní stavy	514
4	Diagnostické modely	514
4.1	Modely strukturální	515
4.2	Modely jevové	515

4.3	Modely fyzikální	516
4.4	Matematické modely	516
5	Prognóza změn technického stavu	516
6	Technické prostředky diagnostiky	517
7	Efektivnost technické diagnostiky	518
8	Příklady diagnostických metod	519
8.1	Diagnostika valivých ložisek	519
8.2	Diagnostika kluzných ložisek	519
8.3	Vibrodiagnostika	520
8.4	Tribotechnická diagnostika	521
9	Příklady diagnostických systémů	521
9.1	Diagnostika vznětových motorů	521
9.2	Diagnostika v oboru letectví	522
9.3	Zavádění technické diagnostiky v ČSSR	522
VI	ANALÝZA PROCESŮ	524
1	Základní pojmy náhodných procesů	524
1.1	Náhodná veličina, náhodný proces a jejich střední hodnoty	524
1.2	Třídění náhodných procesů	528
1.3	Autokorelační funkce stacionárního náhodného procesu ergodického	529
1.4	Funkce spektrální hustoty stacionárního náhodného procesu	531
1.4.1	Technický význam funkce spektrální hustoty	534
1.4.2	Základní typy autokorelačních funkcí a funkcí spektrálních hustot stacionárních náhodných procesů	534
1.5	Derivace stacionárního náhodného procesu	535
1.6	Systémy stacionárních náhodných procesů	536
1.7	Lineární systémy stacionárních náhodných procesů	538
2	Metody vyhodnocení náhodných procesů	540
2.1	Získání analogového záznamu měřené veličiny a jeho převod na digitální záznam	541
2.2	Analogové zpracování výsledků měření stacionárního náhodného procesu	541
2.3	Určení vzorkovací frekvence, nutné délky realizace a amplitudového měřítka	542
2.4	Postup statistického zpracování digitální realizace náhodného procesu	544
2.5	Digitální filtrace	546
2.6	Výpočet střední hodnoty	549
2.7	Výpočet rozptylu	550
2.8	Určení rozdělení četnosti	550
2.9	Výpočet normované autokorelační funkce	550
2.10	Výpočet spektrální hustoty	551
2.11	Výpočet normované vzájemné korelační funkce	552
2.12	Výpočet normované vzájemné spektrální hustoty	552
2.13	Výpočet amplitudové charakteristiky lineárního systému	553
2.14	Výpočet koherentní funkce	554
2.15	Další charakteristiky normálního stacionárního náhodného procesu	554
2.16	Výpočet spektrální hustoty metodou FFT	556
VII.	KALIBRACE A OVĚŘOVÁNÍ PŘÍSTROJŮ	558
1	Metrologie	558
2	Kalibrace a ověřování přístrojů	561
	LITERATURA	564
	REJSTŘÍK	572