

Obsah

| | |
|---|----|
| Předmluva | 5 |
| 1. Definice základních pojmů | 13 |
| 1.1 Princip elektrických měřicích přístrojů | 13 |
| 1.2 Druhy elektrických měřicích přístrojů | 15 |
| 1.3 Základní vlastnosti měřicích přístrojů | 17 |
| 1.3.1 Citlivost a konstanta měřicího přístroje | 17 |
| 1.3.2 Měřicí rozsah a jmenovité hodnoty přístroje | 18 |
| 1.3.3 Přesnost a chyby měření a měřicích přístrojů | 18 |
| 1.3.4 Vlastní spotřeba přístroje | 20 |
| 1.3.5 Přetížitelnost přístroje | 20 |
| 1.3.6 Isolace měřicích přístrojů | 21 |
| 1.3.7 Tlumení a rychlost ustálení výchylky | 22 |
| 1.3.8 Značení přístrojů | 22 |
| 2. Základní vztahy pro konstrukci měřicích přístrojů | 26 |
| 2.1 Požadavky na měřicí přístroje | 26 |
| 2.2 Vztahy mezi základními vlastnostmi měřicích přístrojů | 27 |
| 2.2.1 Odpor a spotřeba měřicího ústrojí | 27 |
| 2.2.2 Proudová a napěťová citlivost měřicího ústrojí | 29 |
| 2.2.3 Citlivost a přesnost měřicího přístroje | 30 |
| 2.2.4 Citlivost a doba ustálení výchylky | 30 |
| 2.2.5 Přetížitelnost a mechanická odolnost | 30 |
| 2.3 Změna rozsahu měřicího přístroje | 31 |
| 2.3.1 Změna rozsahu přepínáním vinutí | 31 |
| 2.3.2 Změna jiných parametrů měřicího ústrojí | 32 |
| 2.3.3 Změna rozsahu pomocí přídavných zařízení | 32 |
| 2.4 Pohyb měřicího ústrojí | 35 |
| 2.4.1 Rovnice pohybu lineárního ústrojí | 36 |
| 2.4.2 Bezrozměrné rovnice pohybu | 41 |
| 2.4.3 Vliv tlumení na rychlost ustálení výchylky | 43 |
| 2.4.4 Vliv tření | 46 |
| 2.4.5 Frekvenční charakteristika měřicího ústrojí | 50 |
| 2.5 Chyby měřicích přístrojů | 55 |
| 2.5.1 Základní chyby | 57 |
| 2.5.2 Přídavné chyby | 61 |
| 3. Konstrukce součástí měřicích přístrojů | 73 |
| 3.1 Elektrické obvody měřicích ústrojí | 73 |
| 3.1.1 Drátové odpory | 73 |
| 3.1.2 Cívky měřicího ústrojí | 73 |
| 3.1.3 Isolační součásti | 75 |
| 3.2 Magnetické obvody měřicích ústrojí | 76 |
| 3.2.1 Magneticky měkké materiály | 77 |
| 3.2.2 Obvody magnetované proměnným proudem | 78 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 3.2.3 | Materiály pro permanentní magnety | 79 |
| 3.2.4 | Návrhy permanentních magnetů | 84 |
| 3.3 | Stínění měřicího ústrojí | 91 |
| 3.3.1 | Magnetické stínění | 91 |
| 3.3.2 | Elektrostatické stínění | 93 |
| 3.4 | Uložení otočné části | 94 |
| 3.4.1 | Hrotová ložiska | 94 |
| 3.4.2 | Čepová ložiska | 103 |
| 3.4.3 | Britová ložiska | 106 |
| 3.4.4 | Volné zavěšení na vláknu | 105 |
| 3.4.5 | Zavěšení na napjatých vláknech | 106 |
| 3.4.6 | Jiné druhy uložení | 107 |
| 3.5 | Zařízení k vyvozování direktivního momentu | 108 |
| 3.5.1 | Vyvozování direktivního momentu gravitací | 108 |
| 3.5.2 | Direktivní pružiny | 108 |
| 3.6 | Tlumicí zařízení | 113 |
| 3.6.1 | Vzduchové tlumení | 113 |
| 3.6.2 | Kapalinové tlumení | 114 |
| 3.6.3 | Magnetické tlumení | 115 |
| 3.7 | Ručky a stupnice měřicích přístrojů | 117 |
| 3.7.1 | Tvar stupnice | 117 |
| 3.7.2 | Ručky | 118 |
| 3.7.3 | Dělení stupnice | 119 |
| 3.8 | Optická indikace výchylky | 121 |
| 3.8.1 | Význam optické indikace | 121 |
| 3.8.2 | Zařízení pro objektivní čtení výchylky | 122 |
| 3.8.3 | Zařízení pro subjektivní čtení výchylky | 131 |
| 3.8.4 | Základní součásti optických zařízení | 133 |
| 3.8.5 | Princíp jednoduchých optických přístrojů | 140 |
| 3.8.6 | Výpočet osvětlení | 143 |
| 3.9 | Vnější provedení měřicího přístroje | 146 |
| 4. | Základní měřicí přístroje | 150 |
| 4.1 | Přístroje s otočným magnetem | 150 |
| 4.1.1 | Princíp | 150 |
| 4.1.2 | Vlastnosti a konstrukce přístrojů s otočným magnetem | 150 |
| 4.2 | Ručkové přístroje s otočnou cívkou | 153 |
| 4.2.1 | Princíp | 154 |
| 4.2.2 | Měřená veličina a průběh stupnice | 155 |
| 4.2.3 | Spotřeba a rozsahy přístrojů s otočnou cívkou | 156 |
| 4.2.4 | Přetížitelnost přístrojů s otočnou cívkou | 157 |
| 4.2.5 | Přesnost přístrojů s otočnou cívkou | 157 |
| 4.2.6 | Konstrukce přístrojů s otočnou cívkou | 169 |
| 4.2.7 | Zvláštní konstrukce přístrojů s otočnou cívkou | 172 |
| 4.2.8 | Souhrn | 173 |
| 4.3 | Přístroje s otočnou cívkou s usměrňovačem | 174 |
| 4.3.1 | Princíp | 174 |
| 4.3.2 | Měřená veličina a průběh stupnice | 175 |
| 4.3.3 | Spotřeba a rozsahy přístrojů s usměrňovačem | 177 |
| 4.3.4 | Přetížitelnost přístrojů s usměrňovačem | 181 |
| 4.3.5 | Přesnost přístrojů s usměrňovačem | 181 |
| 4.3.6 | Souhrn | 184 |
| 4.4 | Přístroje s otočnou cívkou s termoelektrickým měničem | 184 |
| 4.4.1 | Princíp | 184 |
| 4.4.2 | Vlastnosti a konstrukce přístrojů s termoelektrickým měničem | 185 |
| 4.4.3 | Zvláštní konstrukce přístrojů s termoelektrickým měničem | 187 |
| 4.5 | Galvanometry s otočnou cívkou | 188 |
| 4.5.1 | Princíp | 188 |
| 4.5.2 | Vlastnosti a použití galvanometrů s otočnou cívkou | 191 |
| 4.5.3 | Změna proudové a napětové citlivosti galvanometru | 197 |
| 4.5.4 | Konstrukce galvanometrů s otočnou cívkou | 203 |
| 4.6 | Balistický galvanometr | 212 |
| 4.6.1 | Princíp | 212 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 4.6.2 | Balistický galvanometr při velmi krátkém impulsu | 215 |
| 4.6.3 | Vliv doby trvání impulsu | 221 |
| 4.6.4 | Použití balistického galvanometru | 225 |
| 4.6.5 | Konstrukce balistického galvanometru | 232 |
| 4.7 | Fluxmetr | 233 |
| 4.7.1 | Princip | 233 |
| 4.7.2 | Ideální fluxmetr | 233 |
| 4.7.3 | Fluxmetr s direktivním momentem a s přidavným tlumením | 237 |
| 4.7.4 | Použití fluxmetru | 240 |
| 4.7.5 | Konstrukce fluxmetru | 242 |
| 4.8 | Vibrační galvanometr s otočnou cívku | 244 |
| 4.8.1 | Princip | 244 |
| 4.8.2 | Použití vibračních galvanometrů | 245 |
| 4.8.3 | Konstrukce vibračních galvanometrů | 246 |
| 4.9 | Strunové přístroje | 247 |
| 4.9.1 | Princip | 247 |
| 4.9.2 | Vlastnosti a konstrukce strunových přístrojů | 249 |
| 4.10 | Elektromagnetické přístroje | 250 |
| 4.10.1 | Princip | 250 |
| 4.10.2 | Měřená veličina a průběh stupnice | 252 |
| 4.10.3 | Spotřeba a rozsahy elektromagnetických přístrojů | 253 |
| 4.10.4 | Přetžitelnost elektromagnetických přístrojů | 255 |
| 4.10.5 | Přesnost elektromagnetických přístrojů | 256 |
| 4.10.6 | Konstrukce elektromagnetických přístrojů | 259 |
| 4.10.7 | Zvláštní konstrukce elektromagnetických přístrojů | 261 |
| 4.10.8 | Souhrn | 262 |
| 4.11 | Elektromagnetické přístroje polarisované | 262 |
| 4.11.1 | Princip | 262 |
| 4.11.2 | Vlastnosti a konstrukce elektromagnetických polarisovaných přístrojů | 263 |
| 4.12 | Resonanční jazýčkové kmitoměry | 265 |
| 4.12.1 | Princip | 265 |
| 4.12.2 | Vlastnosti a konstrukce jazýčkových kmitoměrů | 266 |
| 4.13 | Elektrodynamické přístroje | 268 |
| 4.13.1 | Princip | 268 |
| 4.13.2 | Elektrodynamické wattmetry | 269 |
| 4.13.3 | Průběh stupnice elektrodynamických wattmetrů | 271 |
| 4.13.4 | Přetžitelnost elektrodynamických wattmetrů | 272 |
| 4.13.5 | Spotřeba a rozsahy elektrodynamických wattmetrů | 272 |
| 4.13.6 | Přesnost elektrodynamických wattmetrů | 275 |
| 4.13.7 | Konstrukce elektrodynamických wattmetrů | 283 |
| 4.13.8 | Zvláštní konstrukce elektrodynamických wattmetrů | 285 |
| 4.13.9 | Elektrodynamické ampérmetry | 287 |
| 4.13.10 | Elektrodynamické voltmetry | 289 |
| 4.13.11 | Konstrukce elektrodynamických ampérmetrů a voltmetrů | 290 |
| 4.13.12 | Souhrn | 291 |
| 4.14 | Elektrodynamometry | 292 |
| 4.14.1 | Princip | 292 |
| 4.14.2 | Vlastnosti a konstrukce elektrodynamometrů | 294 |
| 4.14.3 | Elektrodynamometry pro absolutní měření | 296 |
| 4.15 | Elektrodynamické přístroje indukční | 298 |
| 4.15.1 | Princip | 298 |
| 4.15.2 | Použití elektrodynamických indukčních přístrojů | 299 |
| 4.16 | Indukční přístroje | 300 |
| 4.16.1 | Princip | 300 |
| 4.16.2 | Indukční přístroje s bubínkovým rotorem | 301 |
| 4.16.3 | Indukční přístroje s kotoučovým rotorem | 306 |
| 4.16.4 | Indukční ampérmetry a voltmetry | 306 |
| 4.16.5 | Indukční wattmetry | 309 |
| 4.16.6 | Přesnost indukčních přístrojů | 310 |
| 4.16.7 | Konstrukce indukčních přístrojů | 311 |
| 4.16.8 | Souhrn | 312 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 4.17 | Tepelné přístroje | 312 |
| ✓ 4.17.1 | Princip | 312 |
| 4.17.2 | Vlastnosti a konstrukce tepelných přístrojů | 313 |
| 4.17.3 | Zvláštní konstrukce tepelných přístrojů | 316 |
| ✓ 4.18 | Elektrostatické voltmetry | 316 |
| 4.18.1 | Princip | 317 |
| 4.18.2 | Měření veličina a průběh stupnice | 317 |
| 4.18.3 | Spotřeba a rozsahy elektrostatických voltmetrů | 318 |
| 4.18.4 | Přetížitelnost elektrostatických voltmetrů | 319 |
| 4.18.5 | Přesnost elektrostatických voltmetrů | 320 |
| 4.18.6 | Konstrukce elektrostatických voltmetrů | 321 |
| 4.18.7 | Konstrukce voltmetrů pro vysoké napětí | 324 |
| 4.18.8 | Souhrn | 326 |
| 4.19 | Elektroskopy a elektrometry | 327 |
| 4.19.1 | Princip | 327 |
| 4.19.2 | Elektroskopy | 327 |
| 4.19.3 | Elektrometry | 327 |
| 4.19.4 | Konstrukce elektroskopů a elektrometrů | 331 |
| 5. | Speciální měřicí přístroje | 335 |
| 5.1 | Součtové přístroje | 335 |
| 5.2 | Rozdílové přístroje | 336 |
| 5.3 | Součinné přístroje | 337 |
| 5.4 | Poměrové přístroje | 337 |
| 5.4.1 | Princip poměrového přístroje | 337 |
| 5.4.2 | Poměrové přístroje s otočnou cívkou | 338 |
| 5.4.3 | Elektrodynamické poměrové přístroje | 340 |
| 5.4.4 | Elektromagnetické poměrové přístroje | 344 |
| 5.4.5 | Jiné druhy poměrových přístrojů | 346 |
| 5.5 | Derivující přístroje | 346 |
| 5.6 | Integrovní přístroje | 346 |
| 5.6.1 | Princip integrujícího přístroje | 347 |
| 5.6.2 | Ampérhodinové počítadlo | 348 |
| 5.6.3 | Elektroměr pro stejnosměrný proud | 349 |
| 5.6.4 | Elektroměry pro střídavý proud | 350 |
| 5.7 | Registrační přístroje | 352 |
| 5.7.1 | Jednoduché registrační přístroje | 352 |
| 5.7.2 | Registrační přístroje se zesilovači | 356 |
| 5.7.3 | Servomechanické registrační přístroje | 357 |
| 5.7.4 | Přístroje k přímému záznamu rychlých průběhů | 363 |
| 5.8 | Smyčkový oscilograf | 366 |
| 5.8.1 | Princip | 366 |
| 5.8.2 | Záznam rychle proměnných dějů | 367 |
| 5.8.3 | Konstrukce smyčkového oscilografu | 373 |
| 5.9 | Koordinátografy | 376 |
| 5.10 | Měřicí přístroje pro automatické regulace | 379 |
| ✓ 6. | Pomočné přístroje a zařízení ke změně rozsahu | 380 |
| 6.1 | Bočníky | 380 |
| 6.1.1 | Bočníky pro stejnosměrný proud | 380 |
| 6.1.2 | Bočníky pro střídavý proud | 383 |
| 6.2 | Předřadné odpory | 385 |
| 6.3 | Nelineární odpory | 387 |
| 6.4 | Měřicí transformátory | 388 |
| 6.4.1 | Princip | 388 |
| 6.4.2 | Měřicí transformátory proudu | 390 |
| 6.4.3 | Měřicí transformátory napětí | 401 |
| 6.5 | Usměrňovače | 408 |
| 6.5.1 | Stykové usměrňovače a polovodiče | 408 |
| 6.5.2 | Diodové usměrňovače | 409 |
| 6.5.3 | Mechanické usměrňovače | 410 |
| 6.6 | Termoelektrické články | 417 |
| 6.7 | Regulátory fáze | 420 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 6.8 | Zesilovače | 421 |
| 6.8.1 | Význam měřicích zesilovačů | 421 |
| 6.8.2 | Požadavky na měřicí zesilovač | 422 |
| 6.8.3 | Základní obvody elektronkových zesilovačů | 424 |
| 6.8.4 | Frekvenční charakteristika a korekční obvody | 426 |
| 6.8.5 | Zpětná vazba a stabilita zesilovače | 428 |
| 6.8.6 | Rušivá napětí vznikající v zesilovači | 431 |
| 6.8.7 | Základní typy elektronkových měřicích zesilovačů | 433 |
| 6.8.8 | Příklady použití elektronkových měřicích zesilovačů | 438 |
| 7. | Normály základních elektrických veličin | 442 |
| 7.1 | Normály odporu | 442 |
| 7.1.1 | Normály odporu pro měření stejnosměrným proudem | 442 |
| 7.1.2 | Normály odporu pro měření střídavým proudem | 445 |
| 7.2 | Normály kapacity | 453 |
| 7.2.1 | Absolutní normály kapacity | 453 |
| 7.2.2 | Sekundární normály kapacity | 454 |
| 7.2.3 | Proměnné normály kapacity | 458 |
| 7.3 | Normály indukčnosti | 459 |
| 7.3.1 | Absolutní normály indukčnosti | 459 |
| 7.3.2 | Sekundární normály indukčnosti | 460 |
| 7.4 | Normály vzájemné indukčnosti | 462 |
| 7.4.1 | Absolutní normály vzájemné indukčnosti | 462 |
| 7.4.2 | Sekundární normály vzájemné indukčnosti | 463 |
| 7.4.3 | Proměnné normály indukčnosti a vzájemné indukčnosti | 463 |
| 7.5 | Normální články | 464 |
| 8. | Cejchování měřicích přístrojů a stanovení parametrů měřicího ústrojů | 467 |
| 8.1 | Cejchování a kontrola měřicích přístrojů | 467 |
| 8.1.1 | Cejchování měřicích přístrojů | 467 |
| 8.1.2 | Kontrola chyb | 468 |
| 8.1.3 | Stanovení oprav | 469 |
| 8.2 | Měření kmitočtových charakteristik | 471 |
| 8.3 | Měření jednotlivých parametrů ústrojí | 472 |
| 8.3.1 | Stanovení direktivní konstanty | 472 |
| 8.3.2 | Stanovení momentu setrvačnosti | 474 |
| 8.3.3 | Stanovení přirozené frekvence a poměrného tlumení | 474 |
| 8.3.4 | Měření odporu a indukčnosti | 476 |
| | Přehled měřicích přístrojů | 478 |
| | Literatura | 486 |
| | Rejstřík | 488 |