

A.	ELEKTRICKÉ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE	15
I.	Výňatek z normy ČSN 35 6201	15
1.	Základní pojmy	15
a)	Elektrický měřicí přístroj	15
b)	Měřicí souprava	15
c)	Měřicí zařízení	15
d)	Příslušenství měřicích přístrojů	15
e)	Značky na číselnících měřicích přístrojů	17
f)	Měřicí rozsah	17
g)	Největší hodnota měřicího rozsahu	18
h)	Konstanta a citlivost měřicího přístroje	18
2.	Chyby, změny údajů, přesnost a třídy přesnosti měřicích přístrojů	19
a)	Chyby měřicích přístrojů	19
b)	Oprava	21
c)	Třídy přesnosti měřicích přístrojů	21
d)	Vliv chyb měřicího přístroje na přesnost měření	23
3.	Veličiny ovlivňující údaje měřicích přístrojů	23
a)	Mechanické vlivy	23
b)	Teplota	24
c)	Vnější magnetická pole	25
d)	Vnější elektrická pole	27
e)	Kmitočet	27
4.	Přetížitelnost měřicích přístrojů	30
5.	Vlastní spotřeba měřicích přístrojů	30
II.	Druhy a vlastnosti měřicích přístrojů	31
6.	Rozdělení měřicích přístrojů	31
7.	Normály a přesná proměnná měřidla	31
a)	Normál napětí	32
b)	Odporové normály	35
c)	Kapacitní normály	36
d)	Normály vlastní a vzájemné indukčnosti	36
e)	Přesná proměnná měřidla	37
8.	Měřicí přístroje a jejich vlastnosti	41
a)	Magnetoelektrické měřicí přístroje	43
b)	Feromagnetické měřicí přístroje	48
c)	Elektrodynamické měřicí přístroje	49

d)	Ferodynamické měřicí přístroje	50
e)	Indukční měřicí přístroje	52
f)	Tepelné měřicí přístroje	52
g)	Elektrostatické měřicí přístroje	52
h)	Rezonanční měřicí přístroje	54
i)	Poměrové měřicí přístroje	55
9.	Registrační přístroje a jejich použití při měření	58
a)	Registrační přístroje s přímým ovládním zapisovacího ústrojí	58
b)	Registrační přístroje s nepřímým ovládním zapisovacího ústrojí (servo- mechanické zapisovače)	61
III.	Změna rozsahu měřicích přístrojů	62
10.	Změna měřicího rozsahu voltmetrů	62
a)	Změna rozsahu voltmetru předřadníkem	62
b)	Změna rozsahu předřadným kondenzátorem	64
c)	Změna rozsahu kapacitním děličem napětí	65
d)	Změna rozsahu odporovým děličem napětí	66
11.	Změna měřicího rozsahu ampérmetrů	66
a)	Změna rozsahu ampérmetru bočníkem	66
b)	Změna rozsahu řazením skupin vinutí cívky	68
c)	Změna rozsahu odbočkami z cívky	69
12.	Měřicí transformátory	70
a)	Účel a použití měřicích transformátorů	70
b)	Chyby měřicích transformátorů	70
c)	Názvy	72
d)	Značení svorek měřicích transformátorů	73
e)	Zapojení měřicích transformátorů do obvodu	74
f)	Přenosné měřicí transformátory	74
IV.	Kontrola a cejchování elektrických měřicích přístrojů, státní měrová služba	79
13.	Kontrola a cejchování měřicích přístrojů	79
a)	Kontrola stejnosměrných voltmetrů	82
b)	Kontrola stejnosměrných ampérmetrů	83
c)	Kontrola střídavých voltmetrů a ampérmetrů	84
d)	Kontrola elektrodynamických wattmetrů	85
e)	Kontrola ferodynamických wattmetrů	87
f)	Státní měrová služba	88
B.	ZÁKLADY MĚŘICÍ TECHNIKY	89
V.	Chyby a přesnost měření	89
14.	Druhy chyb a jejich vyjadřování	89
a)	Chyby soustavné	89
b)	Chyby nahodilé	90
c)	Vyjadřování chyb	90
d)	Chyba početního výsledku	91
e)	Vyjadřování přesnosti výsledku	92
VI.	Regulační prvky a jejich zapojení do obvodu	93
a)	Válcové posuvné odpory	93
b)	Regulační autotransformátor	95

c)	Natáčeí transformátory	96
d)	Indukční regulátory fáze	96
VII.	Zásady správného měření	97
a)	Příprava měření	97
b)	Vlastní měření	100
c)	Vypracování zprávy o měření a zhodnocení výsledků	101
d)	Bezpečnost při práci	105
VIII.	Měřicí metody	106
15.	Podstata a vlastnosti výchylkových a nulových metod	106
a)	Výchylková metoda	106
b)	Nulová metoda	107
c)	Teorie stejnosměrných můstků	107
d)	Teorie střídavých můstků	109
16.	Podstata a vlastnosti absolutních metod	113
17.	Podstata a vlastnosti srovnávacích metod	113
C.	MĚŘENÍ ZÁKLADNÍCH VELIČIN	115
IX.	Měření napětí	115
18.	Volba vhodného voltmetru a jeho zapojení do obvodu	115
a)	Měření stejnosměrných napětí	116
b)	Měření střídavých napětí	116
c)	Měření vysokých a velmi vysokých napětí	118
X.	Měření proudu	120
19.	Volba vhodného ampérmetru a jeho zapojení do obvodu	120
a)	Měření stejnosměrného proudu	120
b)	Měření střídavého proudu	123
XI.	Měření velmi malých proudů, napětí a nábojů proudových impulsů	125
20.	Galvanometry na stejnosměrný proud	125
a)	Druhy magnetoelektrických galvanometrů	125
b)	Zvláštní galvanometry	126
c)	Charakteristické veličiny galvanometrů	130
d)	Stálost nulové polohy	137
e)	Příprava galvanometru pro měření	138
f)	Měření charakteristických veličin galvanometru	140
21.	Galvanometry na střídavý proud	144
a)	Vibrační galvanometry	145
b)	Elektrodynamické galvanometry	146
c)	Magnetoelektrické galvanometry s usměřovači	147
XII.	Kompenzační metody na měření napětí a proudu	148
22.	Stejnoseměrné kompenzační metody	148
a)	Princíp kompenzačních metod	148
b)	Citlivost kompenzátoru	151
c)	Stejnoseměrné kompenzátory	152
d)	Technické kompenzátory	159
e)	Měření proudu kompenzační metodou	160

f)	Měření výkonu kompenzační metodou	161
23.	Střídavé kompenzační metody	162
a)	Princip střídavých kompenzačních metod	162
b)	Střídavé kompenzátory	163
c)	Komparátory	164
XIII.	Měření výkonu	166
24.	Měření výkonu stejnosměrného proudu	166
a)	Měření výkonu stejnosměrného proudu voltmetrem a ampérmetrem	166
b)	Měření výkonu stejnosměrného proudu wattmetrem	169
25.	Měření výkonu střídavého proudu	169
a)	Měření zdánlivého výkonu	169
b)	Měření činného výkonu	169
c)	Zvláštní metody na měření činného výkonu	173
d)	Měření jalového výkonu střídavého proudu	178
26.	Měření výkonu trojfázového proudu	180
a)	Měření činného výkonu trojfázového proudu	180
b)	Měření jalového výkonu trojfázového proudu	188
27.	Zapojení wattmetrů s měřicími transformátory	191
XIV.	Měření elektrické energie	193
28.	Elektroměry na stejnosměrný proud	193
a)	Ampérhodinové elektroměry	193
b)	Wattodinové elektroměry	193
29.	Elektroměry na střídavý proud	195
a)	Jednofázové elektroměry činné energie	196
b)	Trojfázové elektroměry činné energie	199
c)	Trojfázové elektroměry jalové energie	199
30.	Základní názvy a vlastnosti elektroměrů	201
XV.	Měření účinníku	203
31.	Fázoměry	203
a)	Elektrodynamické fázoměry	203
b)	Ferodynamické fázoměry	204
c)	Feromagnetické fázoměry	205
32.	Měření účinníku wattmetrem	206
33.	Zvláštní metody na měření fázového posuvu	206
a)	Měření fázového posuvu řízeným usměrňovačem	206
b)	Měření fázového posuvu oscilografem	207
XVI.	Měření kmitočtu	210
34.	Rozdělení měřicích metod	210
35.	Kmitoměry a měřiče kmitočtu	210
a)	Jazyčkové kmitoměry	210
b)	Ručkové kmitoměry	210
c)	Měřiče kmitočtu	212
36.	Srovnávací metody na měření kmitočtu	214
a)	Měření kmitočtu oscilografem	214
b)	Záznejové metody	217
37.	Měření kmitočtu čítačem impulsů	218
38.	Měření kmitočtu můstky	219
a)	Můstek Wien—Robinsonův	219
b)	Rezonanční můstek	220

XVII.	Stanovení sledu fází	221
a)	Přímo ukazující měřiče sledu fází	221
b)	Stanovení sledu fází voltmetrem	222
XVIII.	Stanovení činitele tvaru a zkreslení	222
39.	Snímání průběhu křivky	222
a)	Snímání časového průběhu oscilografem	222
b)	Metoda Joubertova kontaktu	222
c)	Metoda Joubertova kontaktu s kompenzací	223
d)	Metoda snímání časového průběhu veličiny	223
40.	Stanovení činitele tvaru křivky	224
a)	Stanovení činitele tvaru křivky podle definice	224
b)	Stanovení činitele tvaru křivky pomocí mechanického usměrňovače	225
41.	Měření činitele zkreslení	226
a)	Měření činitele zkreslení rezonančním můstkem	227
b)	Měřiče zkreslení	228
D.	MĚŘENÍ ODPORŮ	229
XIX.	Měření činných odporů	230
42.	Veličiny ovlivňující přesnost měření odporů	230
a)	Vliv teploty	230
b)	Vliv přechodových odporů a odporu přívodních vodičů	230
c)	Vliv termoelektrického napětí	231
d)	Vliv galvanické polarizace	231
e)	Vliv povrchových proudů	232
43.	Výhylkové metody na měření odporů	232
a)	Ohmova metoda	232
b)	Srovnávací metody	235
c)	Měření odporu voltmetrem	238
d)	Ohmmetry	239
44.	Můstkové metody měření odporu	243
a)	Wheatstonův můstek	243
b)	Thomsonův můstek	249
45.	Zvláštní metody měření odporů	252
a)	Měření vnitřního odporu měřicího přístroje	252
b)	Měření měrné vodivosti elektrolytů	254
c)	Měření vnitřního odporu akumulátorů a galvanických článků	256
d)	Měření zemního odporu	258
e)	Měření zemního odporu ochranného uzemnění	260
f)	Měření izolačních odporů	264
g)	Měření odporu izolantu normalizovanými elektrodami	268
h)	Měření izolačního odporu elektrických zařízení	270
XX.	Měření komplexních odporů	273
46.	Měření zdánlivého odporu	273
a)	Měření absolutní hodnoty zdánlivého odporu	273
b)	Měření zdánlivého odporu a jeho složek	273

47.	Měření kapacity	278
a)	Měření kapacity voltmetrem a ampérmetrem	279
b)	Měření kapacity balistickým galvanometrem	280
c)	Měření kapacity dosazovací metodou	281
d)	Měřiče kapacity	284
e)	Kapacitní můstky	285
f)	Měření kapacity elektrolytických kondenzátorů	290
48.	Měření vlastní indukčnosti	292
a)	Měření vlastní indukčnosti cívky voltmetrem a ampérmetrem	292
b)	Měření vlastní indukčnosti cívky voltmetrem, ampérmetrem a wattmetrem	294
c)	Rezonanční měřiče indukčnosti	294
d)	Můstky na měření vlastní indukčnosti	295
49.	Měření vzájemné indukčnosti	297
a)	Měření vzájemné indukčnosti pomocí voltmetru a ampérmetru v obvodu sinusového proudu	297
b)	Měření vzájemné indukčnosti balistickým galvanometrem	299
c)	Nulová metoda na měření vzájemné indukčnosti	300
d)	Můstky na měření vzájemné indukčnosti	301
E.	MAGNETICKÁ MĚŘENÍ	303
XXI.	Měření intenzity magnetického pole ve vzduchu	303
50.	Měření stejnosměrných polí	304
1.	Metoda magnetostatická	304
2.	Metoda indukční	304
a)	Měření pole měřicí cívkou (sondou)	304
b)	Měření pole rotační sondou	310
c)	Měření pole vibrační sondou	312
d)	Měření pole feromagnetickou sondou	313
3.	Metoda galvanomagnetická	314
a)	Měření pole vizmutovou spirálou	314
b)	Měření pole Hallovy sondou	314
4.	Metoda protonové rezonance	316
51.	Měření střídavých polí	317
1.	Metoda indukční	317
XXII.	Měření vlastností feromagnetických materiálů	319
52.	Měření při stejnosměrné magnetizaci	320
1.	Měření magnetizační křivky	320
a)	Měření křivky prvotní magnetizace	320
b)	Měření komutační křivky	323
2.	Měření hysterezní smyčky	324
3.	Měření permeability	327
4.	Měření magnetické polarizace	330
5.	Měření koerzitivní síly	331
53.	Měření při střídavé magnetizaci	332
1.	Měření magnetizační křivky	332
2.	Měření hysterezní smyčky	334
3.	Měření permeability	336
4.	Měření ztrát	338

F.	DÁLKOVÉ MĚŘENÍ	341
XXIII.	Rozdělení soustav dálkového měření	341
XXIV.	Intenzitní soustavy	342
54.	Nekompenzované soustavy	342
a)	Přímé měření	342
b)	Měření s převodníky	344
55.	Kompenzované soustavy	346
XXV.	Kmitočtové soustavy	351
56.	Soustavy s kmitočtovou modulací	351
XXVI.	Impulsní soustavy	354
57.	Soustavy s měronosným počtem impulsů	354
58.	Soustavy s měronosnou délkou impulsů	356
59.	Soustavy s měronosnou hustotou impulsů	357
G.	ELEKTRICKÁ MĚŘENÍ NEELEKTRICKÝCH VELIČIN	363
XXVII.	Měření délky	363
60.	Odporové snímače	364
61.	Indukční snímače	366
62.	Kapacitní snímače	369
XXVIII.	Měření síly	370
63.	Odporové tenzometrické snímače	370
64.	Piezoelektrické tenzometrické snímače	373
65.	Magnetoelastické tenzometrické snímače	375
XXIX.	Měření úhlové výchylky	376
66.	Odporové snímače	376
a)	Drátové odporové snímače	377
b)	Rtuťové odporové snímače	380
67.	Indukční snímače	380
a)	Selsyn	381
b)	Telegon	384
c)	Magnesyn	384
XXX.	Měření průtoku	386
68.	Kombinované průtokoměry	386
a)	Klapkový průtokoměr	386
b)	Lopatkový průtokoměr	387
c)	Plováčkový průtokoměr	387
d)	Diferenční průtokoměr	388
69.	Indukční průtokoměry	389
70.	Kalorimetrické průtokoměry	390

XXXI.	Měření teploty	390
71.	Dilatační teploměry	390
72.	Dvojkovové teploměry	392
73.	Odporové teploměry	393
74.	Termoelektrické teploměry	395
a)	Kompenzační vedení	396
b)	Kompenzace můstková	398
c)	Uložení srovnávacích konců do termostatu	398
d)	Dvojkovová kompenzace měřícího přístroje	399
75.	Bezdotykové teploměry (pyrometry)	399
a)	Radiační teploměry (pyrometry)	400
b)	Vláknové teploměry (pyrometry)	401
XXXII.	Měření rychlosti otáčení	402
76.	Elektromotorické otáčkoměry	402
a)	Tachometrické dynamo	402
b)	Tachometrický generátor	404
77.	Magnetické otáčkoměry	405
78.	Bezdotykové otáčkoměry	406
XXXIII.	Měření osvětlení	407
79.	Měření osvětlení fotonkou	408
80.	Měření osvětlení polovodičovými prvky	409
a)	Zapojení s fotoelektrickým odporem	409
b)	Zapojení s fotodiodou	410
c)	Zapojení s fototranzistorem	410
d)	Zapojení s hradlovou fotodiodou	410
81.	Spektrální citlivost	411
XXXIV.	Měření vlastností kapalin	412
82.	Měření elektrické vodivosti	412
83.	Měření pH	414
84.	Měření viskozity	417
a)	Rotační viskozimetr	418
b)	Kapilární viskozimetr	418
c)	Plováčkový viskozimetr	419
d)	Tělískový viskozimetr	419
e)	Vibrační viskozimetr	420
85.	Měření absorpce záření	420
a)	Kolorimetrický analyzátor	420
b)	Refraktometrický analyzátor	421
XXXV.	Měření vlastností plynů	422
86.	Měření tepelné vodivosti	422
87.	Měření spalného tepla	423
88.	Měření paramagnetismu	424
89.	Měření absorpce záření	425
90.	Měření vlhkosti	426
a)	Hygrometrická metoda	427
b)	Psychrometrická metoda	428
c)	Fotoelektrická metoda	429

XXXVI.	Měření vlastností tuhých látek	430
91.	Měření rozměrů	430
1.	Kontaktní přístroje	430
2.	Indukční přístroje	431
3.	Kapacitní přístroje	431
4.	Prozařovací přístroje	432
a)	Měření tloušťky rentgenovým zářením	432
b)	Měření tloušťky zářením gamma	432
c)	Měření tloušťky ultrazvukem	433
92.	Měření složení	433
1.	Spektrometry	433
2.	Elektrické analyzátory	434
3.	Radiometrické analyzátory	435
4.	Měřiče vlhkosti	435
93.	Zjišťování vad materiálu (defektoskopie)	435
1.	Magnetické přístroje	435
2.	Prozařovací přístroje	437
a)	Zjišťování vad rentgenovým zářením	437
b)	Zjišťování vad zářením gamma	438
c)	Zjišťování vad ultrazvukem	438
	Rejstřík	440