

Seznam použitých symbolů	8
1. Základní pojmy a požadavky při měření aktivních elektrických veličin s neharmonickými průběhy	11
1.1. Základní pojmy	11
1.2. Vyjádření periodických průběhů Fourierovou řadou	13
1.3. Činitele charakterizující periodické průběhy	15
1.4. Nároky na měřicí přístroje a hodnocení použitelnosti klasických měřicích přístrojů pro měření neharmonických periodických průběhů	15
1.4.1. Příklady frekvenčních spekter	16
1.4.2. Souvislost frekvenčního spektra a chyb efektivní hodnoty průběhu	21
1.5. Frekvenční závislost elektromechanických přístrojů různých měřicích soustav	23
1.5.1. Magnetoelektrické přístroje s usměrňovačem	23
1.5.2. Magnetoelektrické přístroje s termoelektrickými měniči (přístroje s termoelektrickými články)	24
1.5.3. Feromagnetické přístroje (přístroje s pevnou cívku a s pohyblivým feromagnetickým tělískem)	25
1.5.4. Elektrodynamické přístroje (přístroje s jednou pevnou a jednou otočnou cívku)	26
1.5.5. Elektrostatické přístroje	27
1.6. Hodnocení vhodnosti elektromechanických přístrojů pro měření neharmonických průběhů	27
2. Prostředky pro oddělení a úpravu rozsahu měřicích zařízení z hlediska použití při neharmonickém průběhu napětí a proudu	30
2.1. Převodníky proud — proud	31
2.1.1. Impedanční děliče proudu	31
2.1.2. Převodníky využívající magnetické účinky elektrického proudu	32
2.1.2.1. Zásady návrhu proudové sondy	35
2.1.2.2. Proudové sondy k osciloskopům	37
2.1.2.3. Měřicí transformátory proudu	37
2.1.2.4. Zpětnovazební převodník proud — proud s magnetorezistory	42
2.2. Převodníky napětí — proud	44
2.2.1. Předřadníky (předřadné rezistory)	44
2.3. Převodníky napětí — napětí	46
2.3.1. Odporové děliče	46
2.3.2. Indukční děliče	52
2.3.3. Kapacitní děliče napětí	53
2.3.4. Kapacitní děliče s napětovým transformátorem	56
2.3.5. Elektrooptické převodníky	57
2.3.6. Měřicí transformátory napětí	60
2.4. Převodníky proud — napětí	61
2.4.1. Odporové bočnický s malou indukčností	61
2.4.2. Přístroje pro měření velkých proudů využívající Hallův jev	67
2.4.3. Využití diod citlivých na magnetické pole pro měření velkých proudů	70
2.4.4. Magnetooptické převodníky	71
2.4.5. Optoelektronický převodník se světelnou emisní diodou	72
3. Měření charakteristických hodnot periodických neharmonických průběhů	74
3.1. Měření střední hodnoty a stejnosměrné složky	74
3.1.1. Základní definice	74
3.1.1.1. Porovnání vlastností aritmetické a elektrolytické střední hodnoty	75
3.1.1.2. Požadavky na šířku frekvenčního pásma převodníků střední hodnoty	76
3.1.2. Převodníky pro měření střední hodnoty periodických průběhů	77
3.1.2.1. Hlavní druhy převodníků střední hodnoty	77

3.1.2.2.	Neřízené měřicí usměrňovače	78
3.1.2.3.	Chyby neřízených usměrňovačů třídy B způsobené nedokonalostí diod	82
3.1.2.4.	Neřízené měřicí usměrňovače s transformátorem	85
3.1.3.	Neřízené měřicí usměrňovače se zpětnou vazbou	86
3.1.3.1.	Vliv stejnosměrné složky výstupního napětí zesilovače	87
3.1.3.2.	Dynamické chyby měřicího usměrňovače se zpětnou vazbou	88
3.1.3.3.	Filtrace výstupního napětí měřicího usměrňovače	91
3.1.3.4.	Příklady obvodových realizací zpětnovazebních usměrňovačů	92
3.1.4.	Operační usměrňovač	96
3.1.4.1.	Dynamické chyby operačního usměrňovače	98
3.1.5.	Převodníky absolutní hodnoty	101
3.1.6.	Řízené měřicí usměrňovače	104
3.1.6.1.	Základní druhy řízených měřicích usměrňovačů	104
3.1.6.2.	Zvláštnosti chování a obvodové realizace řízených usměrňovačů	105
3.1.6.3.	Odvození řídicího napětí	106
3.1.6.4.	Příklady obvodové realizace řízených usměrňovačů	108
3.1.7.	Číslíkové metody měření střední hodnoty	110
3.2.	Měření maximální hodnoty	112
3.2.1.	Definiční vztahy	113
3.2.2.	Základní typy a vlastnosti měřicích usměrňovačů třídy C	114
3.2.2.1.	Sériové zapojení usměrňovače třídy C	114
3.2.2.2.	Paralelní zapojení usměrňovačů třídy C	116
3.2.2.3.	Obvodové vlastnosti usměrňovačů třídy C	117
3.2.2.4.	Chyby při měření maximální hodnoty usměrňovači třídy C	119
3.2.2.5.	Chyby způsobené nedokonalým nabíjením	119
3.2.2.6.	Chyby způsobené vybíjením	121
3.2.2.7.	Převodníky maximální hodnoty vhodné pro vysoká napětí	121
3.2.3.	Zpětnovazební převodníky maximální hodnoty	123
3.2.3.1.	Dynamické vlastnosti zpětnovazebních převodníků maximální hodnoty	123
3.2.3.2.	Příklady obvodového řešení převodníků maximální hodnoty	126
3.2.3.3.	Pomocné obvody převodníků maximální hodnoty	128
3.2.4.	Kompenzační převodníky maximální hodnoty	129
3.2.5.	Použití vzorkovacích obvodů pro měření maximální hodnoty	130
3.2.6.	Číslíkové metody měření maximální hodnoty	131
3.3.	Měření efektivní hodnoty	135
3.3.1.	Definice	135
3.3.2.	Metody měření efektivní hodnoty	136
3.3.2.1.	Metody využívající měření jiné charakteristické hodnoty průběhu k měření efektivní hodnoty	136
3.3.2.2.	Metody měření efektivní hodnoty podle definice (metody měření „skutečné“ efektivní hodnoty)	144
3.3.3.	Měření efektivní hodnoty napětí a proudu neharmonického průběhu elektro- mechanickými přístroji	150
3.3.4.	Měření efektivní hodnoty napětí a proudu elektronickými převodníky efektivní hodnoty	151
3.3.4.1.	Převodníky efektivní hodnoty s teplotně citlivými elektrickými součástkami (převodníky pracující na principu přenosu tepla)	151
3.3.4.2.	Počítací převodníky efektivní hodnoty	157
3.3.5.	Speciální převodníky a metody pro měření efektivní hodnoty	162
3.3.5.1.	Převodníky využívající princip stochasticko-ergodického analogové číslicového převodu	162
3.3.5.2.	Kalimetrické měření efektivních hodnot neharmonických průběhů	163
3.3.6.	Určování efektivní hodnoty využitím číslicového zpracování signálu	164
3.3.7.	Přístroje a převodníky pro měření efektivních hodnot napětí; přehled průmyslové vytvořených typů	165
3.3.8.	Zjištění vlastností převodníků efektivních hodnot	169
3.4.	Měření frekvenčního spektra	169
3.4.1.	Základní vztahy a definice	169
3.4.2.	Přístroje pro spektrální analýzu	175
3.4.2.1.	Rozdělení spektrálních analyzátorů	175
3.4.2.2.	Analyzátory s analogovou filtrací bez přeměny frekvence	179
3.4.2.3.	Analyzátory s číslicovou filtrací bez přeměny frekvence	182
3.4.2.4.	Analyzátory s analogovou filtrací s přeměnou frekvence (heterodynní)	184
3.4.2.5.	Analyzátory s diskretní Fourierovou transformací (DFT)	188

3.5.	Měření výkonu a energie	192
3.5.1.	Definice	192
3.5.2.	Zapojení wattmetrů a chyby měření výkonu	194
3.5.3.	Klasické přístroje a jejich chyby	199
3.5.4.	Kalorimetrická metoda	201
3.5.5.	Elektronické wattmetry	201
3.5.6.	Číslicové měření výkonu a energie; elektronické elektroměry	209
3.5.7.	Určení výkonu a energie pomocí záznamu průběhů napětí a proudu a s využitím výpočetních prostředků	213
4.	Měření impulsových průběhů	214
4.1.	Impulsový průběh a jeho parametry	214
4.2.	Měření krátkých proudových impulsů velkých hodnot a strmostí	216
4.2.1.	Speciální odporové bočníky (měřicí rezistory)	216
4.2.2.	Převodníky využívající magnetické účinky elektrického proudu	226
4.3.	Záznam impulsového průběhu	230
4.3.1.	Prostředky pro záznam impulsového průběhu	230
4.3.1.1.	Osciloskop	231
4.3.1.2.	Paměťový osciloskop	235
4.3.1.3.	Číslicová paměť přechodných dějů a číslicový paměťový osciloskop	236
4.3.2.	Problematika přenosu impulsu k zobrazovacímu prostředku	240
4.3.2.1.	Vliv omezeného frekvenčního pásma a vstupní impedance zobrazovacího pro- středku a vliv spojovacího kabelu na zkreslení měřeného impulsu	240
4.3.2.2.	Elektromagnetické rušení ovlivňující tvar měřeného impulsu	243
5.	Měření integrálních hodnot časových průběhů	245
5.1.	Integrační kondenzátor	245
5.2.	Pasivní integrační členek	247
5.3.	Integrační zesilovač	249
5.4.	Číslicová integrace	253
5.5.	Integrace druhých mocnin a součinů proudu a napětí	254
6.	Měření průběhů náhodných signálů	256
	Literatura	257
	Rejstřík	265