

Bohumil BRTNÍK

ELEKTRICKÁ MĚŘENÍ PRO BAKALÁŘE

Praha 2011



Tato monografie byla vypracována a publikována s podporou Rozvojového projektu VŠPJ na rok 2011.

Bohumil Brtník

Elektrická měření pro bakaláře

lektoroval David Matoušek

Bez předchozího písemného svolení nakladatelství nesmí být kterákoli část kopírována nebo rozmnožována jakoukoli formou (tisk, fotokopie, mikrofilm nebo jiný postup), zadána do informačního systému nebo přenášena v jiné formě či jinými prostředky.

Autoři a nakladatelství nepřijímají záruku za správnost tištěných materiálů. Předkládané informace jsou zveřejněny bez ohledu na případné patenty třetích osob. Nároky na odškodnění na základě změn, chyb nebo vynechání jsou zásadně vyloučeny.

Všechny registrované nebo jiné obchodní známky použité v této knize jsou majetkem jejich vlastníků. Uvedením nejsou zpochybněna z toho vyplývající vlastnická práva.

Veškerá práva vyhrazena

© Bohumil Brtník, 2011

© Nakladatelství BEN – technická literatura, Věšínova 5, Praha 10

Bohumil Brtník: Elektrická měření pro bakaláře

BEN – technická literatura, Praha 2011

1. vydání

ISBN 978-80-7300-405-7 (tištěná kniha)

ISBN 978-80-7300-432-3 (elektronická kniha v PDF)

Obsah

1. Úvod	- 5 -
1.1 Chyby měření	- 5 -
1.1.1 Systematické chyby	- 5 -
1.1.2 Nahodilé chyby	- 8 -
1.2 Základní pojmy a značky	- 10 -
2. Základní měřicí soustavy a metody	- 11 -
2.1 Magnetoelektrická soustava	- 11 -
2.1.1 Princip	- 11 -
2.1.2 Tlumení	- 12 -
2.1.3 Vlastnosti	- 13 -
2.1.4 Použití	- 15 -
2.2 Měření odporů	- 16 -
2.2.1 Výhylkové metody	- 16 -
2.2.2 Můstkové (nulové) metody	- 21 -
2.3 Elektrodynamická soustava	- 25 -
2.3.1 Princip	- 25 -
2.3.2 Vlastnosti	- 26 -
2.3.3 Použití	- 27 -
2.4. Měření výkonů	- 30 -
2.4.1 Měření výkonu stejnosměrného proudu	- 30 -
2.4.2 Měření výkonu střídavého proudu	- 32 -
2.5. Měření imitancí	- 38 -
2.5.1 Měření kapacit výchylkovými metodami	- 38 -
2.5.2 Měření indukčností výchylkovými metodami	- 41 -
2.5.3 Měření vzájemné indukčnosti	- 43 -
2.5.4 Měření imitancí můstky Wheatstoneova typu	- 45 -
2.5.5 Měření imitancí transformátorovými můstky	- 52 -
2.6 Rezonanční metody měření imitancí	- 59 -
2.6.1 Q-metr	- 59 -
2.7 Elektromagnetická soustava	- 62 -
2.8 Indukční soustava	- 65 -
3. Elektronické měřicí přístroje	- 66 -
3.1 Elektronické voltmetry	- 67 -
3.1.1 Provedení měřicích zesilovačů	- 67 -
3.1.2 Střídavé milivoltmetry	- 72 -
3.1.3 Měřič harmonického (nelineárního) zkreslení	- 75 -
3.2 Analogový osciloskop	- 77 -
3.2.1. Blokové schéma jednokanálového analogového osciloskopu	- 77 -
3.2.2 Režim YT	- 78 -
3.2.3 Režim XY	- 80 -
3.2.4 Přístrojový zesilovač	- 83 -
3.2.5 Vysokofrekvenční sonda	- 84 -
3.2.6 Blokové schéma dvojkanálového osciloskopu	- 85 -
3.3 Měřicí generátory	- 88 -
3.3.1 RC generátory	- 88 -
3.3.2 LC generátory	- 90 -
3.3.3 Generátory se smyčkou fázového závěsu	- 92 -
3.3.4 Číslicové generátory	- 93 -

3.3.5 Selektivní voltmetry	- 96 -
3.3.6 Měřicí vysílače	- 100 -
4. Číslicové měřicí přístroje	- 103 -
4.1 Čítač	- 103 -
4.1.1 Jednakanálový čítač	- 103 -
4.1.2 Dvojkanálový čítač	- 105 -
4.2 Číslicový voltmetr	- 106 -
4.2.1 Převodník s dvojitou integrací	- 106 -
4.2.2. Číslicový multimetr	- 109 -
4.3 Číslicový osciloskop	- 113 -
4.3.1 Podsystem sběru dat	- 114 -
4.3.2 Vzorkovací teorém	- 116 -
4.3.3 Podsystem zobrazení průběhu	- 117 -
4.3.4 Podsystem zpracování dat	- 122 -
4.3.5 Vlastnosti	- 128 -
4.3.6 Princip získání vysokého počtu vzorků	- 129 -
4.3.7 Princip zobrazení vysokofrekvenčního signálu	- 129 -
4.4 Číslicové měření imitancí	- 131 -
4.4.1 Číslicové RLCG metry	- 131 -
4.4.2 Automaticky vyvažované RLCG můstky	- 138 -
4.5 Číslicový wattmetr	- 142 -
4.6 Měřicí systémy	- 144 -
4.6.1 Systém IEEE-488	- 144 -
4.6.2 Systém s rozhraním RS-232	- 145 -
4.6.3 Rozhraní USB	- 146 -
4.6.4 Graficky orientované programovací prostředí	- 148 -
5. Měřicí převodníky	- 151 -
5.1. Měřicí transformátory	- 151 -
5.1.1 Měřicí transformátor napětí	- 151 -
5.1.2 Měřicí transformátor proudu	- 152 -
5.2 Halova sonda	- 153 -
5.3 Klešťové měřicí přístroje	- 154 -
5.4 Zesilovač s modulační větví	- 155 -
5.5 Sigma-delta převodník	- 158 -
5.6 Snímače neelektrických veličin v můstkovém zapojení	- 160 -
5.7 Impulsní měření výkonu a energie	- 162 -
6 Závěr	- 164 -
Dodatek	- 169 -
Literatura	- 170 -