

Bohumil Brtník

TEORETICKÁ ELEKTROTECHNIKA

Praha 2017



Bohumil Brtník

Teoretická elektrotechnika

Recenzovali:

David Matoušek, Fakulta elektrotechniky a informatiky Univerzity Pardubice
Miroslav Stehlík, TESCAN Brno.

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.

Autor 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, 2017

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

Bohumil Brtník: Teoretická elektrotechnika

BEN – odborná literatura, Praha 2017

1. vydání

ISBN 978-80-7300-547-4 (tištěná kniha)

ISBN 978-80-7300-548-1 (elektronická kniha v PDF)

OBSAH

1. ZÁKLADNÍ POJMY	6
1.1 ÚVOD.....	8
1.2. ZÁKLADNÍ VELIČINY ELEKTROSTATICKÉHO POLE	9
1.2.1 Intenzita elektrostatického pole	9
1.2.2 Napětí.....	10
1.2.3 Potenciál.....	12
1.2.4 Analýza elektrostatického pole	14
1.3 ZÁKLADNÍ VELIČINY PROUDOVÉHO POLE	19
1.3.1 Elektrický proud.....	19
1.3.2 Proudové pole	20
1.3.3 Výkon a práce elektrického proudu	21
2. STEJNOSMĚRNÉ PROUDY	22
2.1 STEJNOSMĚRNÝ PROUD.....	22
2.1.1 Elementární elektrický obvod	22
2.1.2 Ohmův zákon	23
2.1.3 Zdroj napětí a zdroj proudu.....	25
2.1.4 Kirchhoffovy zákony	27
2.2 METODY ŘEŠENÍ LINEÁRNÍCH ELEKTRICKÝCH OBVODŮ	29
2.2.1 Topologie elektrických obvodů	29
2.2.2 Metoda zjednodušování	30
2.2.3 Metoda Kirchhoffových rovnic.....	33
2.2.4 Metoda smyčkových proudů.....	38
2.2.5 Metoda uzlových napětí	43
2.2.6 Věty o náhradním zdroji	51
2.3 METODY ŘEŠENÍ NELINEÁRNÍCH OBVODŮ	54
2.3.1 Nelineární odporové prvky a jejich charakteristiky	54
2.3.2 Graficko-početní metody řešení nelineárních obvodů	55
2.3.3 Numerické metody řešení nelineárních obvodů.....	58
3 MAGNETICKÉ POLE	62
3.1 MAGNETOSTATICKÉ POLE.....	63
3.1.1 Základní veličiny a vztahy magnetostatického pole	63
3.1.2 Magnetické obvody.....	66
3.2 ELEKTROMAGNETICKÉ JEVY	73
3.2.1 Indukční zákon.....	73
3.2.2 Jev vlastní indukce	78
3.2.3 Jev vzájemné indukce	83
3.2.4 Přechodný děj.....	85
3.3 BIOT-SAVART-LAPLACEŮV ZÁKON	88
3.4 MAGNETIZACE PROSTŘEDÍ.....	89
3.4.1 Diamagnetické látky	89
3.4.2 Paramagnetické látky	90
3.4.3 Feromagnetické látky	90

4 DIELEKTRICKÉ OBVODY	91
4.1 ZÁKLADNÍ POJMY DIELEKTRICKÝCH OBVODŮ	91
4.1.1 Základní veličiny a zákony	91
4.1.2 Sériový a paralelní dielektrický obvod	94
4.2 KAPACITOR JAKO PRVEK ELEKTRICKÉHO OBVODU	96
4.2.1 Základní vztahy	96
4.2.2 Přejídný děj	98
5 STŘÍDAVÉ USTÁLENÉ HARMONICKÉ PROUDY	103
5.1 SIGNÁL V USTÁLENÉM HARMONICKÉM STAVU	103
5.2 JEDNODUCHÉ PASIVNÍ DVOJPÓLY V OBVODU HARMONICKÉHO USTÁLENÉHO SIGNÁLU	105
5.2.1 Rezistor	105
5.2.2 Induktor (ideální cívka)	105
5.2.3 Kapacitor (ideální kondenzátor)	107
5.2.4 Shrnutí základních vztahů	109
5.3 VÝKON STŘÍDAVÝCH PROUDŮ	110
5.4 SLOŽENÉ OBVODY	113
5.4.1 Skutečná (technická) cívka	113
5.4.2 Skutečný (technický) kondenzátor	115
5.4.3 Ideální rezonanční obvod	116
5.4.4 Skutečný (reálný) rezonanční obvod	119
5.5 METODY ŘEŠENÍ OBVODŮ V HARMONICKÉM USTÁLENÉM STAVU	126
5.5.1 Metoda smyčkových proudů	127
5.5.2 Metoda uzlových napětí	128
5.6 PŘENOS MAXIMÁLNÍHO VÝKONU	129
5.7 TROJFÁZOVÉ OBVODY	131
6 DVOJBRANY	134
6.1 CHARAKTERISTIKY DVOJBRANŮ	135
6.2 ELEKTRICKÉ FILTRY	136
7 ŠÍŘENÍ ELEKTROMAGNETICKÝCH VLN PO VEDENÍ	149
7.1 ZÁKLADNÍ POJMY	149
7.1.1 Náhradní schéma vedení, primární konstanty	149
7.1.2 Rovnice elementu vedení	149
7.1.3 Fázorový diagram vedení, průběh vlny napětí	150
7.1.4 Průběh vlny proudu	152
7.1.5 Charakteristická impedance vedení	153
7.2 ŠÍŘENÍ VLN PODÉL VEDENÍ	154
7.2.1 Vedení nekonečné délky	154
7.2.2 Vedení nakrátko	155
7.2.3 Vedení naprázdno	156
7.2.4 Vedení konečné délky, činitel odrazu	156
7.2.5 Vstupní impedance vedení	157

8 ELEKTROMAGNETICKÉ POLE	159
8.1 MAXWELLOVY ROVNICE	159
8.1.1 Maxwellův posuvný proud.....	159
8.1.2 První Maxwellova rovnice	160
8.1.3 Druhá Maxwellova rovnice.....	161
8.2 ZÁKLADNÍ VZTAHY ELEKTROMAGNETICKÉHO POLE.....	162
8.3 MAXWELLOVY ROVNICE V DIFERENCIÁLNÍM TVARU	166
8.3.1 Stokesova věta	166
8.3.2 První dvě Maxwellovy rovnice v diferenciálním tvaru.....	167
8.3.3 Gauss-Ostrogradského věta	168
8.3.4 Druhé dvě Maxwellovy rovnice v diferenciálním tvaru	169
8.3.5 Úplná soustava Maxwellových rovnic	170
8.4 STACIONÁRNÍ PROUDOVÉ POLE	171
8.4.1 Kirchhoffovy zákony v diferenciálním tvaru, rovnice kontinuity	171
8.4.2 Okrajové podmínky vektorů proudového pole	172
8.4.3 Řešení proudového pole.....	173
8.5 ELEKTROSTATICKÉ POLE.....	174
8.5.1 Laplaceova rovnice	174
8.5.2 Řešení Laplaceovy rovnice	176
8.5.3 Řešení Poissonovy rovnice	180
8.5.4 Okrajové podmínky vektorů elektrostatického pole	181
8.5.5 Experimentální vyšetřování pole	182
8.6 MAGNETICKÉ POLE	183
8.6.1 Magnetický vektorový potenciál.....	183
8.6.3 Okrajové podmínky vektorů magnetického pole	185
8.6.4 Řešení magnetických obvodů	187
8.7 ELEKTROMAGNETICKÉ POLE.....	188
8.7.1 Vlnová rovnice	188
8.7.2 Poyntingův vektor a rovnice výkonové rovnováhy	190
8.7.3 Řešení Maxwellových rovnic	191
8.7.4 Odraz a lom elektromagnetických vln	199
8.7.5 Antény a šíření elektromagnetických vln	206
LITERATURA.....	215