

|              |                                                                                                    |           |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Obsah</b> | <b>Předmluva</b>                                                                                   | <b>5</b>  |
|              | <b>Seznam použitých symbolů</b>                                                                    | <b>13</b> |
| 1.           | Základní pojmy a stavební členy elektrických obvodů                                                | 17        |
| 1.1.         | Základní pojmy                                                                                     | 17        |
| 1.2.         | Obvodové členy                                                                                     | 18        |
| 1.2.1.       | <i>Neřízené dvojpóly</i>                                                                           | 18        |
| 1.2.2.       | <i>Řízené dvojpóly</i>                                                                             | 26        |
| 1.2.3.       | <i>Trojpóly a mnohopóly</i>                                                                        | 28        |
| 1.2.4.       | <i>Transformátor jako nbran</i>                                                                    | 31        |
| 1.2.5.       | <i>Nulátor a norátor</i>                                                                           | 35        |
| 1.2.6.       | <i>Transformační články</i>                                                                        | 35        |
|              | 1.2.6.1. <i>Ideální operační zesilovač</i>                                                         | 35        |
|              | 1.2.6.2. <i>Imitanční invertory</i>                                                                | 36        |
|              | 1.2.6.3. <i>Imitanční konvertory</i>                                                               | 38        |
|              | 1.2.6.4. <i>Afinory</i>                                                                            | 39        |
| 1.2.7.       | <i>Členy s rozprostřenými parametry</i>                                                            | 40        |
| 2.           | Topologické pojmy a základní poučky                                                                | 41        |
| 2.1.         | Základní topologické pojmy                                                                         | 41        |
| 2.2.         | Lineární grafy                                                                                     | 44        |
| 2.2.1.       | <i>Incidenční matice uzlů a větví</i>                                                              | 45        |
| 2.2.2.       | <i>Incidenční matice smyček a větví</i>                                                            | 46        |
| 2.2.3.       | <i>Incidenční matice řezů a větví</i>                                                              | 47        |
| 2.3.         | Základní poučky z teorie elektrických obvodů                                                       | 48        |
| 2.3.1.       | <i>Kirchhoffovy zákony</i>                                                                         | 48        |
| 2.3.2.       | <i>Větve a zdroje</i>                                                                              | 49        |
| 2.3.3.       | <i>Okamžitý a střední výkon dodávaný ideálním zdrojem<br/>napětí harmonického časového průběhu</i> | 50        |
| 2.3.4.       | <i>Střední výkon u nbranu</i>                                                                      | 51        |
| 2.3.5.       | <i>Princip superpozice</i>                                                                         | 52        |
| 2.3.6.       | <i>Časová invariantnost a kauzálnost lineární soustavy</i>                                         | 52        |
| 2.3.7.       | <i>Aktivní dvojpól napájí pasivní dvojpól</i>                                                      | 53        |
| 3.           | Metody analýzy                                                                                     | 55        |
| 3.1.         | Metoda úměrných veličin                                                                            | 55        |

|         |                                                                                                  |     |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.2.    | Metoda Kirchhoffových rovnic                                                                     | 56  |
| 3.3.    | Metoda smyčkových proudů                                                                         | 58  |
| 3.3.1.  | Základní rovnice                                                                                 | 58  |
| 3.3.2.  | Impedanční matice soustavy                                                                       | 61  |
| 3.3.3.  | Redukce počtu a transformace souřadnic                                                           | 65  |
| 3.3.4.  | Sériové spojení dílčích soustav                                                                  | 72  |
| 3.3.5.  | Zobecnění metody na soustavy, které obsahují regulární mnohopóly                                 | 76  |
| 3.3.6.  | Analýza obvodů s neregulárními prvky                                                             | 84  |
| 3.4.    | Metoda uzlových napětí a metoda napětí uzlových párů                                             | 93  |
| 3.4.1.  | Metoda uzlových napětí                                                                           | 93  |
| 3.4.2.  | Transformace souřadnic                                                                           | 95  |
| 3.4.3.  | Paralelní spojení dílčích soustav                                                                | 100 |
| 3.4.4.  | Metoda napětí uzlových párů                                                                      | 101 |
| 3.4.5.  | Úplná admitanční matice soustavy                                                                 | 104 |
| 3.4.6.  | Některé vlastnosti úplné admitanční matice                                                       | 105 |
| 3.4.7.  | Základní výpočtové rovnice                                                                       | 106 |
| 3.4.8.  | Sestavování výchozích rovnic                                                                     | 109 |
| 3.4.9.  | Analýza obvodů s regulárními npóly                                                               | 110 |
| 3.4.10. | Transformace úplné admitanční matice                                                             | 115 |
| 3.4.11. | Řešení obvodů s neregulárními prvky                                                              | 117 |
| 3.5.    | Některé principy v teorii obvodů                                                                 | 126 |
| 3.5.1.  | Dualnost                                                                                         | 126 |
| 3.5.2.  | Princip superpozice a metoda superpozice                                                         | 127 |
| 3.5.3.  | Princip vzájemnosti                                                                              | 129 |
| 3.5.4.  | Théveninův a Nortonův teorém                                                                     | 131 |
| 3.5.5.  | Věta o kompenzaci                                                                                | 134 |
| 3.6.    | Redukce vnitřních smyček a vnitřních uzlů                                                        | 135 |
| 4.      | Použití grafů pro analýzu obvodů                                                                 | 138 |
| 4.1.    | Grafy signálových toků                                                                           | 138 |
| 4.1.1.  | Sestavení grafu signálových toků                                                                 | 138 |
| 4.1.2.  | Úplný graf                                                                                       | 141 |
| 4.1.3.  | Přímý výpočet přenosu orientovaného grafu                                                        | 143 |
| 4.1.4.  | Vyhodnocení orientovaného grafu pomocí elementárních úprav grafu                                 | 149 |
| 4.1.5.  | Odstranění jednoho nebo několika vnitřních uzlů grafu                                            | 150 |
| 4.1.6.  | Inverze větve grafu                                                                              | 153 |
| 4.1.7.  | Řešení obvodů, které obsahují řízené zdroje, impedanční konvertory a ideální operační zesilovače | 153 |
| 4.2.    | Neorientované (branové) grafy                                                                    | 155 |
| 4.2.1.  | Sestavení neorientovaného grafu                                                                  | 155 |
| 4.2.2.  | Výpočet přenosu neorientovaného grafu                                                            | 157 |

|         |                                                                           |     |
|---------|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.      | Řešení přechodných jevů v linearizovaných obvodech                        | 160 |
| 5.1.    | Klasická metoda řešení přechodných jevů                                   | 162 |
| 5.2.    | Spektrální metoda                                                         | 164 |
| 5.3.    | Operátorová metoda                                                        | 166 |
| 5.4.    | Duhamelův integrál                                                        | 173 |
| 5.5.    | Metoda stavové proměnné                                                   | 175 |
| 6.      | Energetické funkce                                                        | 179 |
| 6.1.    | Okamžitý výkon a energie                                                  | 179 |
| 6.2.    | Lagrangeovy rovnice lineárních obvodů                                     | 180 |
| 6.3.    | Energetické funkce při harmonickém průběhu buzení soustavy                | 185 |
| 6.4.    | Okamžitý a střední výkon vyjádřený energetickými funkcemi                 | 187 |
| 6.5.    | Energetické funkce s Laplaceovými obrazy napětí a proudů                  | 188 |
| 6.6.    | Vlastnosti energetických funkcí                                           | 189 |
| 7.      | Lineární nbrany                                                           | 191 |
| 7.1.    | Pasívní lineární dvojpóly                                                 | 191 |
| 7.1.1.  | <i>Imitanční funkce</i>                                                   | 191 |
| 7.1.2.  | <i>Nulové body a póly imitanční funkce</i>                                | 193 |
| 7.1.3.  | <i>Vlastnosti reálné a imaginární části impedance pasívního dvojpólu</i>  | 197 |
| 7.1.4.  | <i>Vztah mezi reálnou a imaginární částí impedance pasívního dvojpólu</i> | 203 |
| 7.2.    | Analýza linearizovaných elektrických dvojbranů                            | 206 |
| 7.2.1.  | <i>Charakteristiky dvojbranů</i>                                          | 206 |
| 7.2.2.  | <i>Maticové charakteristiky dvojbranů</i>                                 | 207 |
| 7.2.3.  | <i>Spojování dvojbranů</i>                                                | 214 |
| 7.2.4.  | <i>Kaskáda příčkových dvojbranů</i>                                       | 217 |
| 7.2.5.  | <i>Obrazové impedance dvojbranů</i>                                       | 219 |
| 7.2.6.  | <i>Přenosové charakteristiky dvojbranů</i>                                | 221 |
|         | 7.2.6.1. <i>Obrazová míra přenosu</i>                                     | 222 |
|         | 7.2.6.2. <i>Provozní, vložná a styková míra přenosu</i>                   | 224 |
| 7.2.7.  | <i>Obvodové funkce</i>                                                    | 226 |
| 7.2.8.  | <i>Autonomní lineární dvojbrany</i>                                       | 230 |
| 7.2.9.  | <i>Citlivost obvodových funkcí na změny parametrů obvodových prvků</i>    | 232 |
|         | 7.2.9.1. <i>Základní vztahy</i>                                           | 232 |
|         | 7.2.9.2. <i>Citlivostní invarianty</i>                                    | 236 |
| 7.2.10. | <i>Náhradní schémata neautonomních dvojbranů</i>                          | 237 |
| 7.2.11. | <i>Dvojbran jako ideální přenosový článek</i>                             | 240 |

|           |                                                                                                                  |     |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.2.12.   | <i>Dvojbrany s minimálním a neminimálním argumentem<br/>přenosové funkce</i>                                     | 242 |
| 7.2.13.   | <i>Skupinové zpoždění</i>                                                                                        | 244 |
| 7.2.14.   | <i>Vztahy mezi sklonem modulové a argumentové charak-<br/>teristiky a citlivostními funkcemi obvodové funkce</i> | 245 |
| 7.2.15.   | <i>Vztah mezi modulem a argumentem přenosové funkce</i>                                                          | 246 |
| 7.3.      | <i>Linearizované nbrany</i>                                                                                      | 248 |
| 7.3.1.    | <i>Maticové charakteristiky nbranů</i>                                                                           | 248 |
| 7.3.2.    | <i>Autonomní nbrany</i>                                                                                          | 250 |
| 7.3.3.    | <i>Spojování nbranů</i>                                                                                          | 252 |
| 7.3.4.    | <i>Určení výstupní impedance aktivního dvojpólu, tvoří-<br/>cího nbran</i>                                       | 253 |
| 8.        | <i>Stabilita linearizovaných soustav</i>                                                                         | 258 |
| 8.1.      | <i>Charakteristická rovnice uzavřené soustavy</i>                                                                | 258 |
| 8.2.      | <i>Stabilita dvojbranu</i>                                                                                       | 262 |
| 8.3.      | <i>Kritéria stability</i>                                                                                        | 263 |
| 8.3.1.    | <i>Routhovo–Hurwitzovo kritérium</i>                                                                             | 263 |
| 8.3.2.    | <i>Michajlovovo–Leonhardovo kritérium</i>                                                                        | 266 |
| 8.3.3.    | <i>Nyquistovo kritérium</i>                                                                                      | 267 |
| 9.        | <i>Analýza obvodů počítačem</i>                                                                                  | 270 |
| 9.1.      | <i>Numerická analýza v kmitočtové oblasti</i>                                                                    | 270 |
| 9.1.1.    | <i>Řídké matice</i>                                                                                              | 271 |
| 9.1.2.    | <i>Obvodové funkce dvojbranu</i>                                                                                 | 271 |
| 9.1.3.    | <i>Nepřímý výpočet citlivosti obvodových funkcí na změnu<br/>jednoho parametru</i>                               | 273 |
| 9.2.      | <i>Symbolická analýza soustavy obvodů</i>                                                                        | 276 |
| 9.3.      | <i>Numerický výpočet součinitelů algebraických doplňků</i>                                                       | 278 |
| 9.4.      | <i>Výpočet admitance obvodového členu při zadané<br/>obvodové funkci</i>                                         | 280 |
| 10.       | <i>Základní vysokofrekvenční obvody</i>                                                                          | 283 |
| 10.1.     | <i>Kmitavé okruhy</i>                                                                                            | 283 |
| 10.1.1.   | <i>Sériový kmitavý okruh</i>                                                                                     | 283 |
| 10.1.1.1. | <i>Přechodné jevy v sériovém kmitavém okruhu</i>                                                                 | 285 |
| 10.1.1.2. | <i>Sériová rezonance</i>                                                                                         | 288 |
| 10.1.1.3. | <i>Činitel jakosti sériového kmitavého okruhu</i>                                                                | 289 |
| 10.1.1.4. | <i>Rozladění, činitel rozladění a stupeň roz-<br/>ladění</i>                                                     | 291 |
| 10.1.1.5. | <i>Rezonanční křivky sériového kmitavého<br/>okruhu</i>                                                          | 292 |

|           |                                                                       |     |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 10.1.1.6. | <i>Propustné pásmo</i>                                                | 295 |
| 10.1.1.7. | <i>Výkonové poměry u sériového kmitavého okruhu</i>                   | 298 |
| 10.1.2.   | <i>Paralelní kmitavý okruh</i>                                        | 300 |
| 10.1.2.1. | <i>Paralelní rezonance</i>                                            | 301 |
| 10.1.2.2. | <i>Typy paralelního kmitavého okruhu</i>                              | 302 |
| 10.1.2.3. | <i>Rezonanční kmitočet kmitavého okruhu prvního typu</i>              | 303 |
| 10.1.2.4. | <i>Rezonanční odpor kmitavého okruhu prvního typu</i>                 | 305 |
| 10.1.2.5. | <i>Proudy paralelního kmitavého okruhu prvního typu při rezonanci</i> | 306 |
| 10.1.2.6. | <i>Impedance paralelního kmitavého okruhu prvního typu</i>            | 307 |
| 10.1.2.7. | <i>Rezonanční křivka paralelního kmitavého okruhu prvního typu</i>    | 308 |
| 10.1.2.8. | <i>Propustné pásmo paralelního kmitavého okruhu prvního typu</i>      | 310 |
| 10.1.2.9. | <i>Paralelní kmitavé okruhy vyšších typů</i>                          | 310 |
| 10.2.     | <i>Vázané obvody</i>                                                  | 313 |
| 10.2.1.   | <i>Způsob vazby dvou obvodů</i>                                       | 313 |
| 10.2.2.   | <i>Základní vztahy</i>                                                | 314 |
| 10.2.3.   | <i>Činitel vazby a stupeň vazby</i>                                   | 316 |
| 10.2.4.   | <i>Převedený odpor a převedená reaktance</i>                          | 318 |
| 10.2.5.   | <i>Vazba kmitavého okruhu s aperiodickým obvodem</i>                  | 319 |
| 10.2.6.   | <i>Dílčí rezonance a úplná rezonance</i>                              | 322 |
| 10.2.7.   | <i>Rezonanční křivky vázaných obvodů</i>                              | 326 |
| 10.2.8.   | <i>Rezonanční křivky podobných obvodů</i>                             | 330 |
| 10.2.9.   | <i>Vazba kritická a vazba optimální</i>                               | 332 |
| 10.2.10.  | <i>Normované křivky selektivnosti</i>                                 | 334 |
| 10.2.11.  | <i>Propustné pásmo vázaných obvodů</i>                                | 335 |
| 10.2.12.  | <i>Účinnost a energetické poměry u soustavy vázaných obvodů</i>       | 337 |
| 11.       | <i>Dodatek</i>                                                        | 340 |
| 11.1.     | <i>Součtové algebraické doplňky</i>                                   | 340 |
| 11.2.     | <i>Rozvoj determinantů a algebraických doplňků</i>                    | 341 |
| 11.3.     | <i>Redukce počtu souřadnic</i>                                        | 343 |
| 11.4.     | <i>Rozklad matice soustavy na součin dvou trojúhelníkových matic</i>  | 345 |
|           | <i>Literatura</i>                                                     | 347 |