

## Literatura

1. Komôrka, J. a kol.: Technická kybernetika I., skriptum VŠCHT Pardubice, 1979
2. Hurwitz, A.: Über die Bedingungen, unter welchen eine Gleichung nur Wurzeln mit negativen reellen Teilen besitzt, Mathem. Ann. 46, 1895, s. 273-274
3. Routh, E.J.: Dynamics of a System of Rigid Bodies, London, Mc Millan and Co., 1877
4. Nekolný, J.: Jednoduchý důkaz Schurova kriteria stability regulace, Elektrotechnický obzor 45, 1956, č. 1, s. 17 - 21
5. Michajlov, A.V.: Metod harmoničeskogo analiza v teorii regulirovaniya, Avtomatika i telemekhanika 3, 1938
6. Leonhard, A.: Ein neues Verfahren zur Stabilitätsuntersuchung, Arch.Elt. 38, 1944, s. 17 - 28
7. Nyquist, H.: Regeneration Theory, Bell System Tech.J., 11, 1932, s. 126 - 147
8. Kūpfmüller, K.: Über die Dynamik der selbsttätigen Verstärkungsregler, Elektr.Nachr. Techn. 5, 1928, s. 459 - 467
9. Oppelt, W.: Příručka regulační techniky, Praha, SNTL 1967
10. Nejmark, J.I.: D - rozbíjení prostanstva kvazipolinoma, Příkladnaja matematika i mehanika, 13, 1949, s. 349 - 379
11. Voronov, A.: Elementy teorii avtomatičeskogo regulirovaniya, Moskva, Oborongiz 1954
12. Strejc, V. a kol.: Základy teorie samočinné regulace, Praha, SNTL 1958
13. Strejc, V.: Teorie lineární regulace, skriptum FEL ČVUT Praha, 1975
14. Nekolný, J.: Současná kontrola stability a jakosti regulace, Souhrn prací o automatizaci, Praha, ČSAV 1961, s. 35 - 58
15. Oldenbourg, R.C. - Sartorius, H.: A uniform approach to the optimum adjustment of control loops, Trans. ASME 76, 1954, s. 1265 - 1279
16. Whiteley, A.L.: Theory of servosystems with particular references to stabilisations, J. IEE, 93 (34), Pt II, 1946, s. 353 - 372
17. Naslin, P.: The Dynamics of Linear and Non-Linear Systems, London, Blackie and Son Ltd., 1965
18. Evans, W.R.: Graphical Analysis of Control Systems, Trans. AIEE, 67, 1948, s. 547 - 551
19. Evans, W.R.: Control System Synthesis by Root Locus Method, Trans. AIEE, 69, 1950, s. 1-4
20. Ziegler, J.G. - Nichols, N.B.: Optimum Setting for Automatic Controllers, Trans. ASME, 64, 1942, s. 759 - 768
21. Chien, K.L. - Hrones, J.A. - Reswick, J.B.: On the automatic control of generalized passive systems, Trans. ASME 74, 1952, s. 175 - 185
22. Balda, M. a kol.: Základy automatizace I., SNTL Praha, 1968
23. Kubík, S. a kol.: Teorie regulace I., SNTL Praha, 1968
24. Hanuš, B.: Základy teorie lineárního spojitého regulačního obvodu, skriptum VŠST Liberec, 1975
25. Rosenbrock, H.H.: Computer - Aided Control System Design, Academic Press Inc. London, 1974
26. Kotek, Z.: Nelineární dynamické systémy, SNTL Praha, 1973
27. Director, W. - Rohrer, A.: Introduction to Systems Theory, Mc Graw-Hill Book Co., New York 1972, ruský překlad Vvedeniye v teorii sistem, Mir Moskva, 1974
28. Štecha, J.: Obecná teorie systémů, skriptum ČVUT Praha, 1981
29. Fadějev, D.K. - Fadějeva, V.N.: Numerické metody lineární algebry, SNTL Praha 1964 (překlad z ruštiny, Fizmatgiz Moskva 1960).

## O b s a h

|          |                                                                                                                          |    |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.       | Základní pojmy .....                                                                                                     | 4  |
| 2.       | Lineární jednorozměrový regulační obvod .....                                                                            | 5  |
| 2.1.     | Syntéza lineárního jednorozměrového regulačního obvodu .....                                                             | 6  |
| 2.1.1.   | Volba typu regulátoru .....                                                                                              | 7  |
| 2.1.2.   | Stabilita .....                                                                                                          | 8  |
| 2.1.2.1. | Algebraická kritéria stability: Kriterium Hurwitzovo .....                                                               | 9  |
|          | Kriterium Routhova-Schurovo .....                                                                                        | 11 |
| 2.1.2.2. | Frekvenční kritéria stability: Kriterium Michajlovovo-Leonhardovo .....                                                  | 12 |
|          | Kriterium Nyquistovo .....                                                                                               | 14 |
|          | Nyquistovo kritérium stability<br>v logaritmických souřadnicích .....                                                    | 19 |
|          | Stabilita lineárních regulačních obvodů<br>s dopravním zpožděním .....                                                   | 21 |
|          | Rozklad D (kritérium J.I. Nejmarka) .....                                                                                | 22 |
| 2.1.2.3. | Kriterium Kūpfmüllerovo .....                                                                                            | 24 |
| 2.1.2.4. | Závěr .....                                                                                                              | 27 |
| 2.1.3.   | Kvalita regulačního pochodu .....                                                                                        | 27 |
| 2.1.3.1. | Algebraická kritéria kvality .....                                                                                       | 29 |
|          | Kritérium aperiodického průběhu regulačního pochodu .....                                                                | 29 |
|          | Algebraické posouzení kvality ze stupně stability podle I.N.Vozněsenského ...                                            | 29 |
| 2.1.3.2. | Frekvenční kritéria kvality .....                                                                                        | 31 |
|          | Posouzení kvality z amplitudofázové frekvenční charakteristiky otevřeného<br>regulačního obvodu .....                    | 31 |
|          | Zjištění kvality regulačního pochodu z logaritmických frekvenčních<br>charakteristik otevřeného regulačního obvodu ..... | 32 |
| 2.1.3.3. | Integrální kritéria kvality .....                                                                                        | 32 |
|          | Lineární regulační plocha .....                                                                                          | 32 |
|          | Kvadratická regulační plocha .....                                                                                       | 40 |
| 2.1.3.4. | Optimální modul .....                                                                                                    | 46 |
| 2.1.3.5. | Standardní tvary .....                                                                                                   | 49 |
| 2.1.3.6. | Metoda geometrického místa kořenů .....                                                                                  | 52 |
| 2.1.3.7. | Zjednodušené a empirické metody .....                                                                                    | 55 |
| 2.1.3.8. | Závěr .....                                                                                                              | 57 |
| 2.2.     | Rozvětvené regulační obvody .....                                                                                        | 57 |
| 2.2.1.   | Obvod s pomocnou regulovanou veličinou .....                                                                             | 58 |
|          | Obvod s pomocnou regulovanou veličinou v kanálu poruchy .....                                                            | 62 |
|          | Obvod s pomocnou regulovanou veličinou v kanálu řízení .....                                                             | 64 |
|          | Obvod s pomocnou regulovanou veličinou v případě vstupu poruchy i akční<br>veličiny v téže místě .....                   | 66 |
| 2.2.2.   | Obvod s pomocnou akční veličinou .....                                                                                   | 68 |
| 2.2.3.   | Obvod s měřením poruchové veličiny .....                                                                                 | 69 |
| 2.2.4.   | Závěr .....                                                                                                              | 72 |
| 3.       | Vícerozměrové regulační obvody .....                                                                                     | 72 |
| 3.1.     | Vícerozměrové regulované soustavy a jejich matematický popis .....                                                       | 72 |
|          | Rektifikační kolona jako vícerozměrová regulovaná soustava .....                                                         | 75 |
|          | Řízení vícerozměrových soustav .....                                                                                     | 77 |
| 3.2.1.   | Autonomnost řízení .....                                                                                                 | 78 |
| 3.2.2.   | Dominance. Metoda Nyquistova pole .....                                                                                  | 83 |
| 3.2.3.   | Invariantnost řízení .....                                                                                               | 84 |
|          | Absolutně invariantní obvody .....                                                                                       | 84 |
|          | Obvody invariantní do $\varepsilon$ .....                                                                                | 88 |
| 3.3.     | Závěr .....                                                                                                              | 89 |

|        |                                                                           |     |
|--------|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.     | Metoda stavového prostoru .....                                           | 89  |
| 4.1.   | Základní pojmy .....                                                      | 90  |
| 4.2.   | Stavové rovnice a stavové schémata .....                                  | 94  |
| 4.2.1. | Získání stavových rovnic z diferenciální rovnice n-tého řádu .....        | 94  |
| 4.2.2. | Získání stavových rovnic z přenosu .....                                  | 100 |
| 4.2.3. | Získání přenosové matice systému ze stavových rovnic .....                | 107 |
| 4.3.   | Charakteristický mnohočlen a řád systému .....                            | 109 |
| 4.4.   | Vazby mezi systémy .....                                                  | 111 |
| 4.4.1. | Paralelní spojení .....                                                   | 111 |
| 4.4.2. | Seriové spojení .....                                                     | 112 |
| 4.4.3. | Zpětnovazební spojení .....                                               | 113 |
| 4.5.   | Stabilita lineárních systémů .....                                        | 116 |
| 4.6.   | Řešení stavových rovnic lineárních časově invariantních systémů .....     | 117 |
| 4.6.1. | Fadějevův algoritmus výpočtu inverzní matice $G(p) = (pE - A)^{-1}$ ..... | 121 |
| 4.6.2. | Věta Cayley-Hamiltonova a funkce čtvercových matic .....                  | 124 |
| 4.6.3. | Odvození diskrétních stavových rovnic a jejich řešení .....               | 127 |
|        | Výpočet matic F, G ekvivalentního diskrétního systému .....               | 131 |
| 4.7.   | Závěr .....                                                               | 136 |
|        | Literatura .....                                                          | 137 |