

Spektrální metody optimálního nastavení zpožděných PID regulátorů

Školitel: doc. Ing. Libor Pekař, Ph.D.

Konzultant: ---

Ústav fakulty: Ústav automatizace a řídicí techniky

Studijní program: Automatické řízení a informatika

Anotace:

Cílem je navrhnout numerické algoritmy pro optimální naladění parametrů široké třídy zpožděných PID regulátorů (PR, PIR aj.) pro lineární či linearizované spojité systémy. Zpoždění v regulátoru způsobuje, že zpětnovazební řídicí systém je nekonečně-dimenzionální, čímž se obvykle zhoršuje kvalita regulace (kmitavost, stabilita, robustnost). Na druhou stranu odstraňuje některé nevýhody standardního PID zákona řízení. Důraz bude kladen na tvarování spektra zpětnovazebního systému, např. pro různě předepsané polohy konečné mnoha zpětnovazebních pólů při minimalizaci abscisy residuálního spektra, zajištění maximální útlumu, výpočet odhadu těžiště oblasti stabilizujících parametrů apod. Řešení by mělo zahrnovat, jak zpožděné zpětné vazby jak retardovaného, tak i neutrálního typu. Uvažovány budou jak nezpožděné, tak i zpožděné stavitelné parametry. Budou hlouběji prozkoumány možnosti využití zpoždění ve zpětné vazbě. K řešení formulovaných optimalizačních (vesměs nehladkých, nekonvexních a nelipschitzovských) problémů s/bez omezení by měly být využity moderní metody parametrické optimalizace, např. pokročilé verze diferenciální evoluce, simulovaného žihání či metaheuristických algoritmů. Očekává se taktéž rozvoj těchto metod a jejich modifikace tak, aby vhodně řešily zadaný problém. Navržené postupy by měly být ověřeny jednak simulačně (např. v prostředí Matlab-Simulink) a jednak v laboratorních podmínkách.

Hlavní oblasti výzkumu zahrnují:

- Studium teoretických přístupů k návrhu nezpožděných a zpožděných řídicích parametrů ve zpětné vazbě.
- Zkoumání vlastností nekonečně-dimenzionálního spektra systému řízení se zpožděnými PID regulátory retardovaného i neutrálního typu.
- Návrh optimalizačních úloh při ladění spektra systémů řízení se zpožděnými PID regulátory.
- Rozvoj moderních metod parametrické optimalizace a jejich nasazení na formulované optimalizační problémy.
- Srovnání dosažených optimálních numerických výsledků s teoretickými předpoklady.
- Simulační ověření navržených přístupů a algoritmů.
- Experimentální ověření dosažených výsledků v laboratorních podmínkách.

Literatura:

[1] İRGAN, Hilal; MENAK, Ramazan and TAN, Nusret. A comparative study on PI-PD controller design using stability region centroid methods for unstable, integrating and resonant systems with time delay. *Measurement and Control*. 2024, vol. 58, no. 2, pp. 245-265. ISSN 0020-2940. DOI: 10.1177/00202940241253114.

- [2] ÖZYETKIN, M. Mine; ONAT, Cem and TAN, Nusret. PID tuning method for integrating processes having time delay and inverse response. *IFAC-PapersOnLine*. 2018, vol. 51, no. 4, pp. 274-279. ISSN 2405-8963. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.06.077.
- [3] RAMÍREZ, Adrián; MORENO-NEGRETE, Erick; FÉLIX, Liliana and MÉNDEZ-BARRIOS, César. Design and optimization of a PIR controller for voltage regulation in a synchronous boost converter. *Memorias del Congreso Nacional de Control Automático*. 2023, vol. 6, no. 1, pp. 351-356. ISSN 2594-2492. DOI: 10.58571/cnca.amca.2023.075.
- [4] AJIBOYE, Aye Taiwo; OPADIJI, Jayeola Femi; POPOOLA, Olusogo Joshua; YUSUF, Abdulrahman Olalekan; ADEBAYO, Olalekan Femi et al. Proportional-integral-derivative controller design for time-delay systems via stability region centroid. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. 2022, vol. 11, no. 5, pp. 2978-2988. ISSN 2302-9285. DOI: 10.11591/eei.v11i5.4309.
- [5] TORRES-GARCÍA, Diego; MÉNDEZ-BARRIOS, César-Fernando and LI, Xu-Guang. Stabilization of second-order non-minimum phase system with delay via PI controllers: spectral abscissa optimization. *IEEE Access*. 2024, vol. 12, pp. 170851-170867. ISSN 2169-3536. DOI: 10.1109/access.2024.3499748.
- [6] MICHELIS, Wim and NICULESCU, Silviu-Iulian. *Stability, Control, and Computation for Time-Delay Systems: An Eigenvalue-Based Approach, Second Edition*. SIAM, 2014. ISBN 9781611973631.
- [7] RAMIREZ, Adrian; MONDIE, Sabine; GARRIDO, Ruben and SIPAHI, Rifat. Design of proportional-integral-retarded (PIR) controllers for second-order LTI systems. *IEEE Transactions on Automatic Control*. 2016, vol. 61, no. 6, pp. 1688-1693. ISSN 0018-9286. DOI: 10.1109/tac.2015.2478130.
- [8] OAXACA-ADAMS, Guillermo and VILLAFUERTE-SEGURA, Raúl. On controllers performance for a class of time-delay systems: Maximum decay rate. *Automatica*. 2023, vol. 147, art. no. 110669. ISSN 0005-1098. DOI: 10.1016/j.automatica.2022.110669.
- [9] ROJAS-RICCA, Bryan; MÉNDEZ-BARRIOS, César-Fernando; MONDIÉ, Sabine and NICULESCU, Silviu-Iulian. Design of delay-based proportional integral controllers (δ -PI) for second-order LTI systems. *IFAC-PapersOnLine*. 2024, vol. 58, no. 27, pp. 13-18. ISSN 2405-8963. DOI: 10.1016/j.ifacol.2024.10.292.
- [10] MEI, Z. and Z. WANG. Multiplicity-induced optimal gains of an inverted pendulum system under a delayed proportional-derivative-acceleration feedback. *Applied Mathematics and Mechanics - English Edition*. 2022, vol. 43, no. 11, pp. 1747–1762. DOI: 10.1007/s10483-022-2921-8.