

Streszczenie

W poniższej rozprawie doktorskiej autor zaprezentował implementację algorytmów optymalizacji dla układów z regułatorem niecałkowitego rzędu oraz kompensatorami zjawiska windup. Na wstępnie autor przedstawia dlaczego chce analizować tego typu układy oraz obecne podejścia w artykułach naukowych. W pracy zaprezentowano krótki rys historyczny odnośnie układów rzędu niecałkowitego oraz twierdzenia Hermite-Biehlera oraz Pontryagina, na których autor opierał sposób doboru parametrów regulatora. W rozprawie przedstawiono również najpopularniejsze metody aproksymacji transmitancji niecałkowitego rzędu, czyli Oustaloup Recursive Approximation (ORA), Carlsona, Matsudy oraz Continued Fraction Expansion (CFE). Szczególnie ten pierwszy, czyli (ORA) jest istotny z punktu widzenia rozprawy doktorskiej, ponieważ aproksymacja ta jest wykorzystywana w dodatku do oprogramowania MATLAB o nazwie FOMCON, z którego autor korzysta zarówno w symulacjach jak i eksperymentach. Eksperymenty zostały wykonane na obiekcie rzeczywistym jakim jest Inteco Modular Servo system, który również został opisany w niniejszej rozprawie. W pracy rozpoczęto analizę układów rzędu niecałkowitego od porównania regulatora rzędu całkowitego PD lub PI z regulatorami rzędu niecałkowitego FOPD oraz FOPI. Następnie zaprezentowano wpływ zjawiska windup na układ z regułatorem PI lub FOPI oraz zaproponowano cztery metody kompensacji zjawiska windup. Analiza została oparta na symulacjach oraz eksperymentach, zaprezentowano zarówno powierzchni stabilności dla konkretnych wartości μ lub λ oraz jakość śledzenia w oparciu o wskaźniki jakości IAE oraz ISE. Ostatnim etapem rozprawy jest wprowadzenie algorytmów optymalizacji dla układów rzędu niecałkowitego. Zaproponowano dwie metody, pierwsze to metoda złotego podziału, natomiast druga to liniowe nierówności macierzowe (LMI). Ponownie zaprezentowane wyniki oparte są zarówno na symulacjach oraz eksperymentach. W ostatnim rozdziale rozprawy zaprezentowano wnioski z analizy oraz dalsze sugestie i możliwe drogi badań.

Talar Sadalla

Abstract

In the following doctoral dissertation, the author has presented the implementation of optimization algorithms for systems with a fractional-order controller and compensators of the windup phenomenon. At first author states the reason behind the analysis of such systems and describes current approaches in scientific articles. A short historical outline of the fractional-order systems and the theorems of Hermite-Biehler and Pontryagin have been presented, on which the author based the method of selecting parameters of the controller. The dissertation also describes the most popular methods of approximation of fractional-order transfer function, namely Oustaloup Recursive Approximation (ORA), Carlson, Matsuda and Continued Fraction Expansion (CFE). Especially the first one (ORA) is important from the point of view of the doctoral dissertation, because this approximation is used as a toolbox to the MATLAB software FOMCON, which the author has used in both simulations and experiments. The Experiments have been conducted on the real-world setup which is the Inteco Modular Servo system, which is also described in this dissertation. The analysis of non-integer order systems from the comparison of the controller of the integer order PD or PI with controllers of the fractional-order FOPD and FOPI was started in this dissertation. Next, the influence of the windup phenomenon on the PI or FOPI system has been investigated and four methods of compensating the windup phenomenon have been proposed. The analysis is based on simulations and experiments, both the stability surface for specific values of μ or λ and the tracking performance based on the quality indices IAE and ISE were presented. The final stage of the dissertation is the introduction of optimization algorithms for non-integer order systems. Two methods have been proposed, the first is the golden-search method, while the second is Linear Matrix Inequalities (LMI). The results presented again were based on both simulations and experiments. In the last chapter of the dissertation, the conclusions from the analysis and further suggestions and possible research paths were presented.

Tolar Sadalla