

Rodzaj pracy: rozprawa doktorska

Mgr inż. Andrzej Wojtulewicz

Promotor - dr hab. inż. Maciej Ławryńczuk, prof. uczelni Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechnika Warszawska

Tytuł rozprawy doktorskiej:” Projektowanie systemów sterujących wykorzystujących algorytmy regulacji predykcyjnej i struktury FPGA

Streszczenie

Algorytmy regulacji predykcyjnej (ang. Model Predictive Control, MPC) są często stosowane w przemysłowych systemach automatyki zaawansowanej, np. w przemyśle chemicznym, petrochemicznym, spożywczym i papierniczym. Przykładowe procesy to reaktory chemiczne oraz kolumny destylacyjne. Cechą szczególną takich procesów jest dość wolna dynamika, co oznacza, że okres próbkowania algorytmu regulacji jest rzędu sekund lub nawet minut. Do implementacji stosuje się programowalne sterowniki logiczne lub sterowniki przemysłowe. Rozwój elektroniki, dostępność szybkich i tanich mikrokontrolerów, umożliwia zastosowanie zaawansowanych algorytmów regulacji do szybkich procesów, charakteryzujących się krótkimi okresami próbkowania, rzędu ułamków sekund, dziesiątek milisekund lub nawet pojedynczych milisekund. Przykładowe zastosowania to sterowanie silnikami elektrycznymi i spalinowymi, sterowanie pojazdami autonomicznymi, sterowanie bezzałogowymi statkami powietrznymi i pływającymi.

Przedmiotem rozprawy jest programowanie systemów sterujących wykorzystujących algorytmy regulacji predykcyjnej oraz bezpośrednio programowalne macierze bramek układów (ang. Field Programmable Gate Arrays, FPGA), które do tej pory są znacznie mniej popularne jako platformy obliczeniowe automatyki niż mikrokontrolery. Zaproponowano spójną metodykę projektowania systemów sterujących wykorzystujących algorytmy regulacji predykcyjnej i układy FPGA, które umożliwiają sterowanie szybkich systemów dynamicznych, charakteryzujących się krótkimi okresami próbkowania. Proponowane podejście składa się z warstwy sprzętowej (projekt układów elektronicznych) oraz programowej (implementacja algorytmów), które są ze sobą ściśle związane. Praca podzielona jest na dziewięć rozdziałów. Pierwszy rozdział jest wprowadzeniem, zdefiniowano obszar badawczy, cel, tezę i zakres rozprawy. W drugim rozdziale krótko opisano wykorzystywane algorytmy regulacji predykcyjnej: algorytm Dynamic Matrix Control (DMC) oraz Generalized Predictive Control (GPC), oba w wersji analitycznej oraz numerycznej. W trzecim rozdziale zdefiniowano wymagania stawiane algorytmom regulacji stosowanym w systemach wbudowanych, a następnie omówiono cechy szczególne trzech platform sprzętowych, służących do implementacji algorytmów regulacji: programowalnych sterowników logicznych, sterowników przemysłowych oraz mikrokontrolerów. W czwartym rozdziale przedstawiono układy FPGA: genezę powstania, strukturę oraz programowanie. W piątym rozdziale omówiono warstwę programowa opracowanego systemu do regulacji predykcyjnej: koncepcje systemu i jego ogólna strukturę, a także implementacje warstw: procesora NIOS II, VHDL oraz warstwy programowej C. W szóstym rozdziale omówiono

warstwę sprzętową opracowanego systemu, w tym przedstawiono szczegóły dotyczące zaprojektowanej płytki interfejsowej, projekt interfejsów oraz aspekty praktyczne dotyczące wykonania i uruchomienia interfejsów. W siódmym rozdziale opisano wykorzystywane procesy dynamiczne: stanowisko grzejaco-chłodzące, stanowisko świetlne oraz serwomechanizm. W ósmym rozdziale pracy przedstawiono i omówiono wyniki eksperymentów. W szczególności, zbadano wpływ rodzaju i parametrów algorytmów regulacji na jakość regulacji i czas obliczeń, koniecznych w każdej chwili próbkowania. Rozdział dziewiąty podsumowuje prace, określono możliwe kierunki rozwoju.

Słowa kluczowe: regulacja zaawansowana, algorytmy regulacji predykcyjnej (MPC), bezpośrednio programowalne macierze bramek układów (FPGA)