

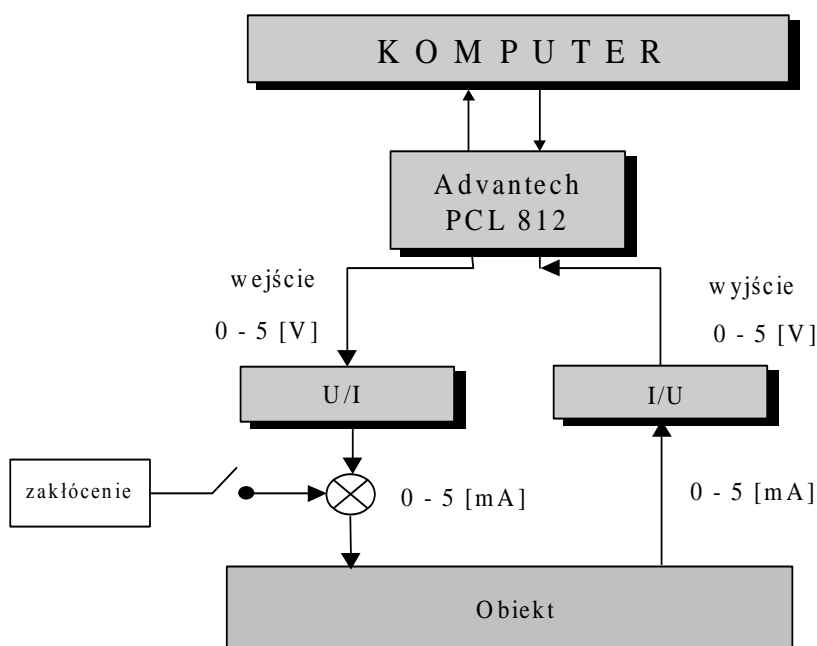
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie			
KATEDRA AUTOMATYKI			
LABORATORIUM Aparatura Automatyzacji			
Ćwiczenie 6.			
Bezpośrednie sterowanie cyfrowe			
Wydział EAIiE kierunek AiR rok II		Zespół 2	Poniedziałek 14:00
L.P.	Imię i nazwisko	Ocena	Data zaliczenia
1.	Łukasz Bondyra		
2.	Paweł Górka		
3.	Jakub Tutro		
4.	Krzysztof Wesołowski		
Data wykonania ćwiczenia		30.03.2009	Podpis

Cel ćwiczenia

Zapoznanie się z przykładem praktycznej realizacji bezpośredniego sterowania cyfrowego z wykorzystaniem komputera z kartą przemysłową PCL 812 oraz rozbudowanego pakietu MATLAB/SIMULINK. Zdobyć wiedzy na temat podstawowych cech dyskretnych układów regulacji oraz możliwościami realizacji specjalnych algorytmów sterowania z użyciem komputera.

Opis stanowiska doświadczalnego

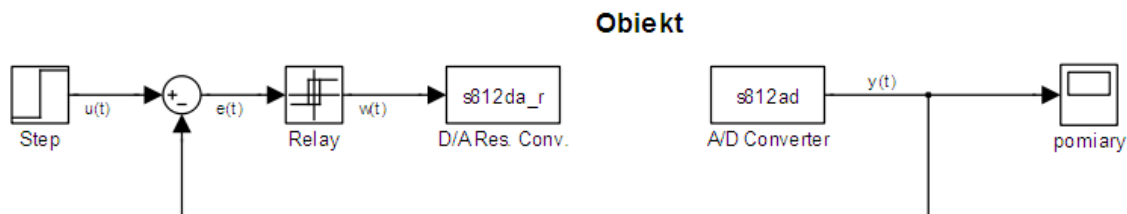
Uproszczony schemat stanowiska doświadczalnego przedstawia poniższy schemat:



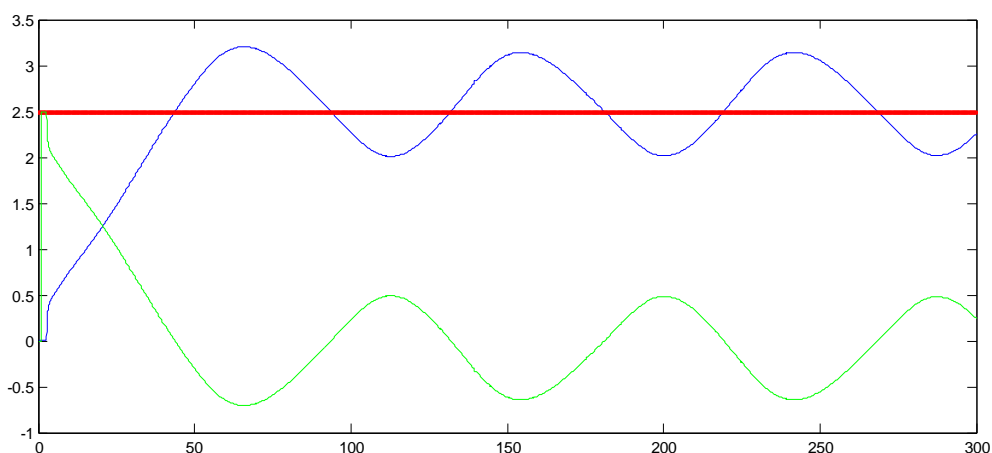
Jak widać komputer bezpośrednio steruje obiektem, karta Advantech PCL 812 pełni rolę przetwornika sygnałów. Opis obiektu zamieszczono w poprzednim sprawozdaniu.

Regulacja dwustawna

Pierwszym zastosowanym regulatorem był regulator dwustawny, z histerezą, skonstruowany wg poniższego schematu:



Po podaniu skoku jednostkowego zarejestrowaliśmy następujący przebieg wartości wyjściowej:



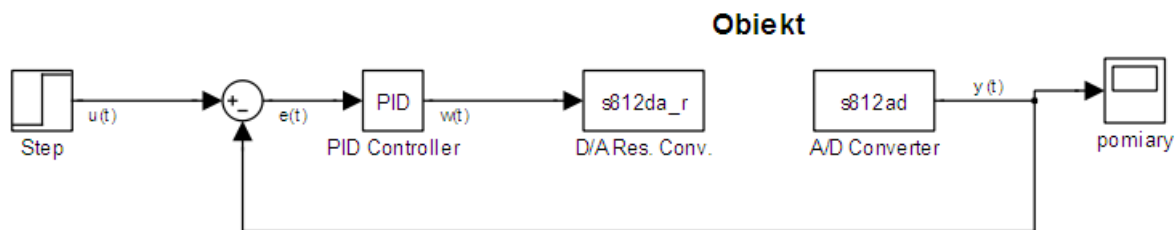
Na powyższym wykresie kolor niebieski przedstawia wartość regulowaną, zaś czerwony wartość zadaną.

Kształt przebiegu wyraźnie wskazuje na obiekt inercyjny minimum 2 rzędu, zaś szybka reakcja na skok informuje o braku czystego opóźnienia transportowego.

Wartość średnia sygnału wyjściowego po ustabilizowaniu się wahań wynosiła 2.5916. Wynika to z opóźnień transportowych i inercji wyższego rzędu sterowanego obiektu. Nie bez znaczenia była też różna prędkość zmian temperatury podczas grzania i chłodzenia. Podsumowując, sterowanie takie dla obiektów z opóźnieniem jest sterowaniem o bardzo niskiej jakości, zarówno wartość średnia jak i amplituda od 2.0142 do 3.1421 są w praktycznych zastosowaniach nieakceptowalne. Nie jest to dla nas zaskoczenie, gdyż stosunek τ/T mówiący jaki regulator zastosować w tym przypadku zdecydowanie wskazywał na nieprzydatność regulacji dwustawnej (wynosi około 0.5)

Prosta regulacja PID

Kolejne doświadczenie polegało na próbie sterowania obiektem za pomocą zwykłego regulatora PID. Po zaprojektowaniu układu:



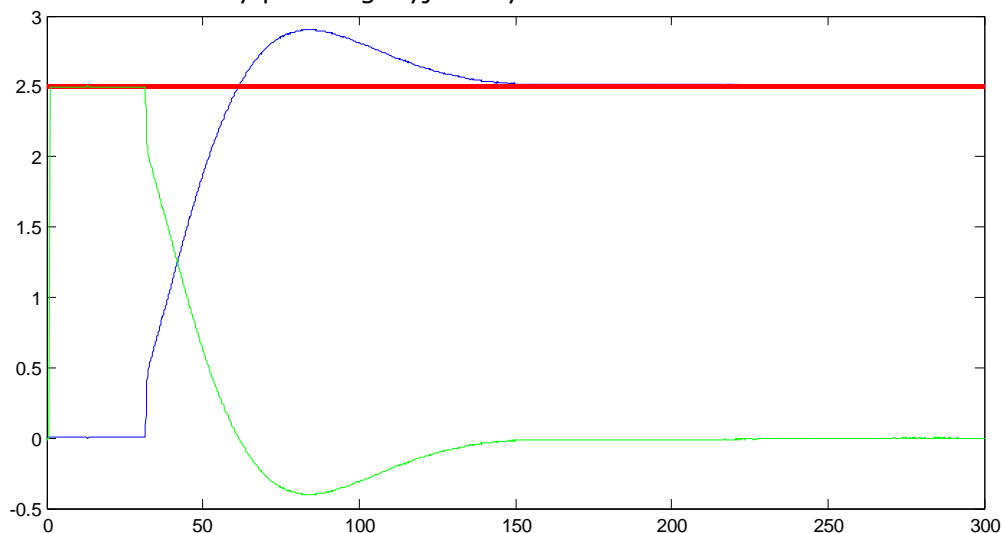
i ustawienia nastaw (dobrych dla tego typu obiektu):

$$K = 1.5,$$

$$T_i = 45 \text{ [s]} \Rightarrow I = 0.0333$$

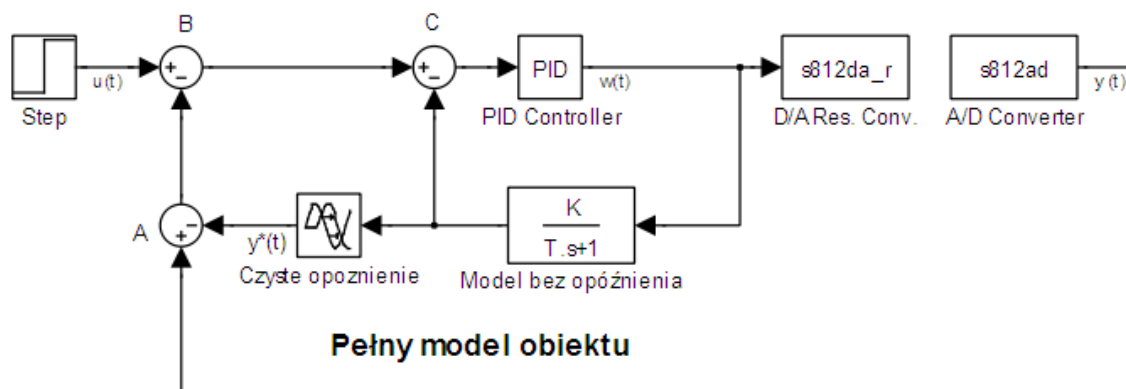
$$T_d = 10 \text{ [s]} \Rightarrow D = 15$$

Zaobserwowaliśmy przebieg wyjściowy:



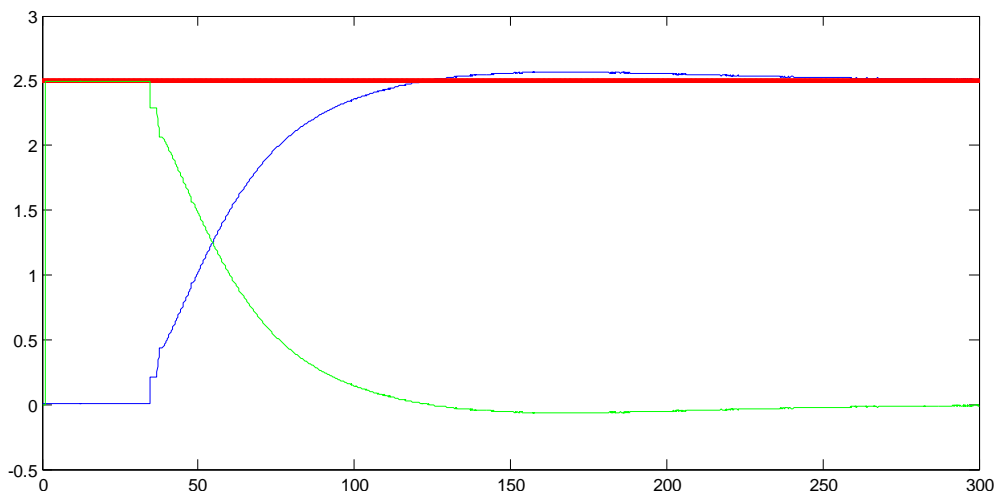
Początkowy czas martwy nie wynikał z opóźnienia obiektu, lecz z faktu iż temperatura była poniżej zakresu wejściowego (pierwszy pomiar). Z tego powodu ciężko ustalić obiektywną miarę błędu, dla porównania jednak obliczyłem wartość całki z kwadratu uchybu, wynoszącą 234.6369. Warto zauważyć, że przy podobnym czasie narastania, obiekt doświadcza mniejszego przegrzania, oraz w ciągu kolejnych minut stabilizuje się dokładnie w okolicy wartości zadanej zamiast oscylować wokół niej.

Regulacja PID z predyktorem Smitha



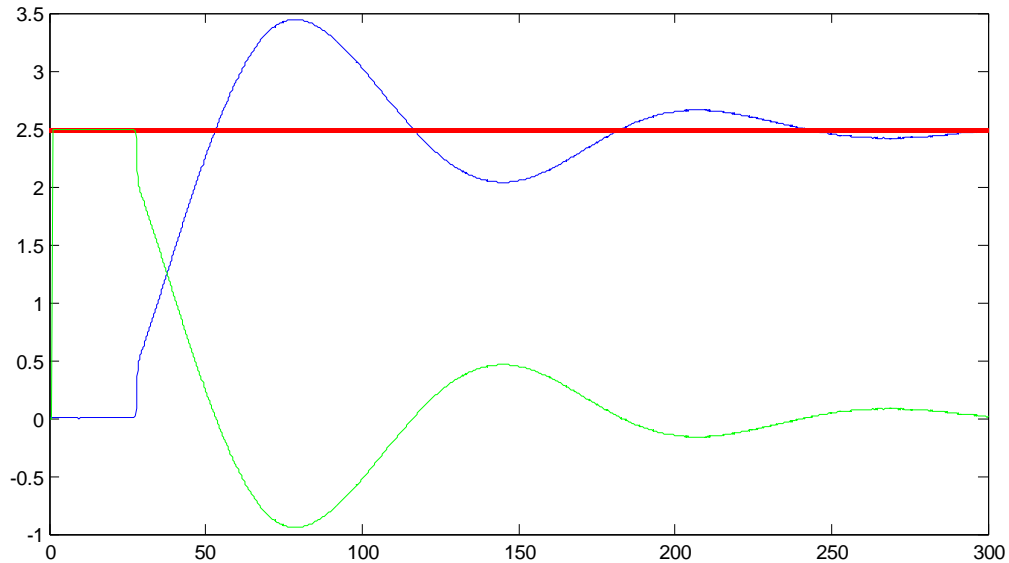
Predyktor Smitha w powyższym układzie odpowiada za poprawę jakości sterowania. Bazując na modelu obiektu tworzy on sygnał $y^*(t)$, który po odjęciu na węzle A od rzeczywistego $y(t)$ daje nam teoretycznie wartość bliską zero, w praktyce zaś odpowiadająca zakłóceniom i różnicą między modelami. W efekcie za węzłem sumacyjnym B znajduje się sygnał bliski $u(t)$, zaś na regulator wchodzi uchyb z węzła C, mający wartość pozwalającą efektywnie sterować nieopóźnionym obiektem. Dzięki temu na wyjściu regulatora powinna się znaleźć odpowiedź jak dla nieopóźnionego obiektu, przesunięta w czasie. Eliminujemy w ten sposób szereg niedogodności związanych z opóźnieniami, takich jak np. utrata stabilności układu, przeregulowanie etc.

Zobaczmy jak sprawdził się on w praktyce:



Jak widać znów występuje opóźnienie związane z zakresem temperatury. Poza tym przebieg jest łagodniejszy i pomimo dłuższego czasu narastania wartość całki z błędu wynosi 292.3284. Jest to tylko częściowo związane z dłuższym nagrzewaniem do wartości progowej, ale zdecydowanie większy wpływ ma bardzo łagodne sterowanie od samego początku, które w dodatku zostało osłabione poprzez sygnał pochodzący z modelu. Analizując układ z predyktorem Smitha stwierdziliśmy, że potrafiąc kompensować zakłócenia lub gdy nie są one zbyt duże, warto dobrać lepsze nastawy dla regulatora. Obiekt o przynajmniej hipotetycznie zerowym opóźnieniu powinien lepiej poddać się regulacji. Poniżej zamieszczam wykres z eksperymentu, wykonanego przy nastawach przeliczonych na $\tau=9s$ zamiast 18s.

Ćwiczenie 6 - Bezpośrednie sterowanie cyfrowe



Jak widać pomimo teoretycznie słusznych założeń sterowanie dla ostrzejszych nastawów jest znacznie gorsze. Duże przesterowanie wskazuje na zbyt intensywne grzanie obiektu, co w dodatku zbyt przyspieszyło jego nagrzanie. Pomimo oscylacji błąd znacząco się nie zmienił (całka z kwadratu przez pierwsze 5 minut tym razem wynosi 238.2553).

Wnioski

W trakcie ćwiczenia zapoznaliśmy się z działaniem zarówno środowiska MATLAB/Simulink, jak i predyktorem Smitha. Doceniliśmy komputer jako najszybsze i najwygodniejsze zwłaszcza w warunkach laboratoryjnych narzędzie do sterowania procesem. Bogactwo gotowych bloków automatyki jak i prostota ich łączenia czynią to środowisko wygodnym podczas prowadzenia wszelkich testów, pomiarów czy też zdalnej pracy. Warte wspomnienia są też bogate możliwości przeglądania i analizy wszelkich sygnałów w układzie regulacji. Ten układ mógłby np. bez problemu zostać wzbogacony o pomiary wszelkich sygnałów czy ich funkcji (np. energii zużytej na grzanie obiektu etc.).

Zarejestrowane przebiegi nie rozstrzygają jednoznacznie na temat jakości sterowania. Główną tego przyczyną jest słabe odwzorowanie modelu obiektu, prowadzące do konieczności używania tych samych nastawów mimo dołożenia predyktora. Warto tutaj zwrócić uwagę że najlepszymi warunkami do pracy z predyktorem są obiekty o typowym czasie martwym, gdzie opóźnienie nie przybliży inercji, ale wynika np. z sposobu transportu informacji czy konstrukcji czujników/przetworników pomiarowych.