

Iwona Oprzędkiewicz

Spełnienie wymagań czasu rzeczywistego w obrębie rodziny sterowników PLC

1. Wprowadzenie

Systemy sterowania wykorzystujące sterowniki PLC w przemyśle stosowane są od wielu lat. Nie mogą być one jednak stosowane do sterowania wszystkimi rodzajami procesów [1, 6]. Głównymi ograniczeniami są tutaj zbyt małe możliwości obliczeniowe sterownika oraz za mała szybkość działania jednostki centralnej sterownika do sterowania procesami wymagającymi pracy w czasie rzeczywistym. Dlatego istotne z punktu widzenia pracy w systemach czasu rzeczywistego jest opracowanie optymalnego czasowo oprogramowania, czyli takiego, które cechuje się maksymalnym skróceniem czasu cyklu bez utraty właściwości funkcyjnych. Na długość tego czasu, obok typu sterownika, ma głównie wpływ złożoność programu użytkownika oraz szybkość obsługi urządzeń peryferyjnych. Tworząc program spełniający wymagania czasu rzeczywistego, należy zwrócić uwagę na liczbę i rodzaj użytych instrukcji. W pracy zaprezentowano procedury testujące spełnienie zadań czasu rzeczywistego podczas realizacji typowych zadań sterowania. Doświadczalnie wyznaczone czasy cykli porównano z oszacowaniami wykonanymi na podstawie informacji udostępnianych przez producenta testowanych sterowników.

2. Podstawowe zagadnienia związane z czasem rzeczywistym w systemach PLC

Czas cyklu i czas odpowiedzi [1, 2], to podstawowe pojęcia, które należy zdefiniować przed analizą zagadnień związanych ze spełnieniem wymagań czasu rzeczywistego sterowników PLC.

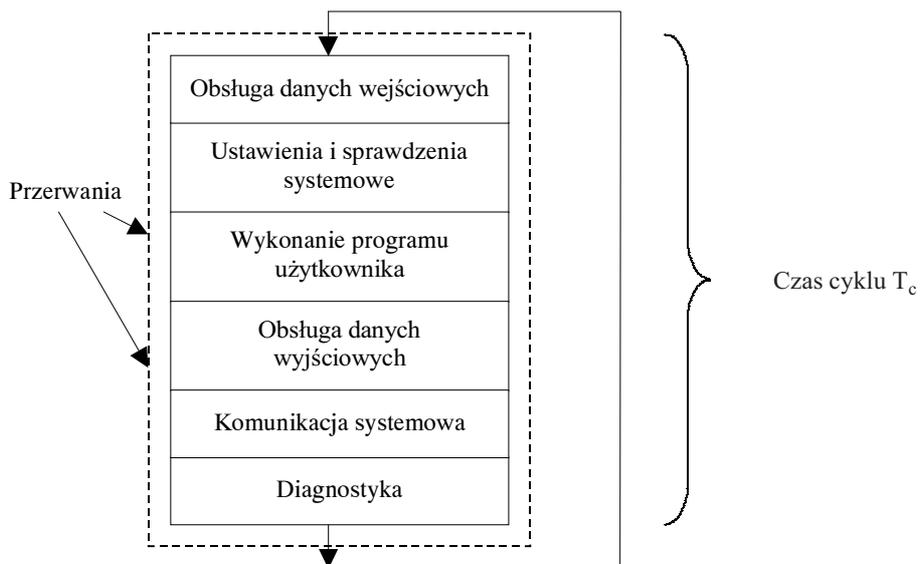
Czas cyklu T_c to czas, który upływa podczas jednego cyklu programu (rys. 1).

Na jego długość wpływają:

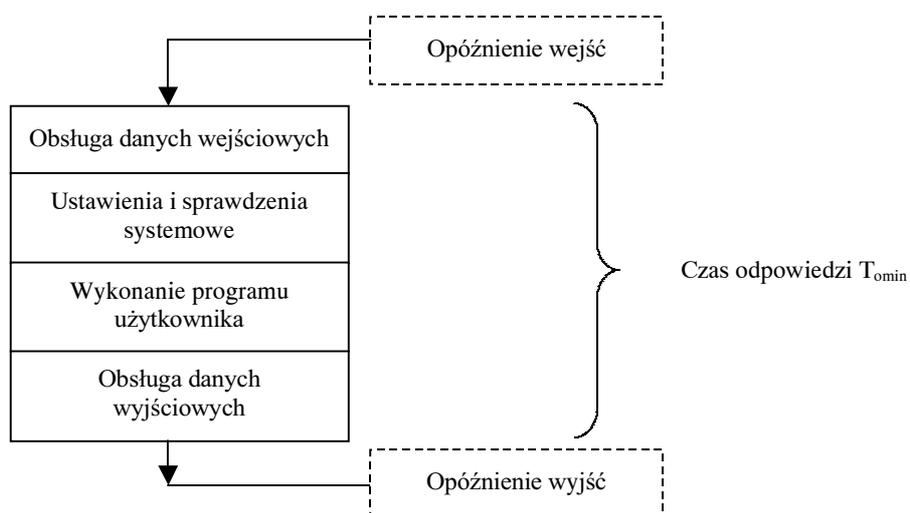
- ustawienia systemowe i sprawdzenie magistrali wejść/wyjść, pamięci, autotest CPU itp. (czas stały dla danego typu sterownika);

* Katedra Automatykacji Procesów AGH Kraków

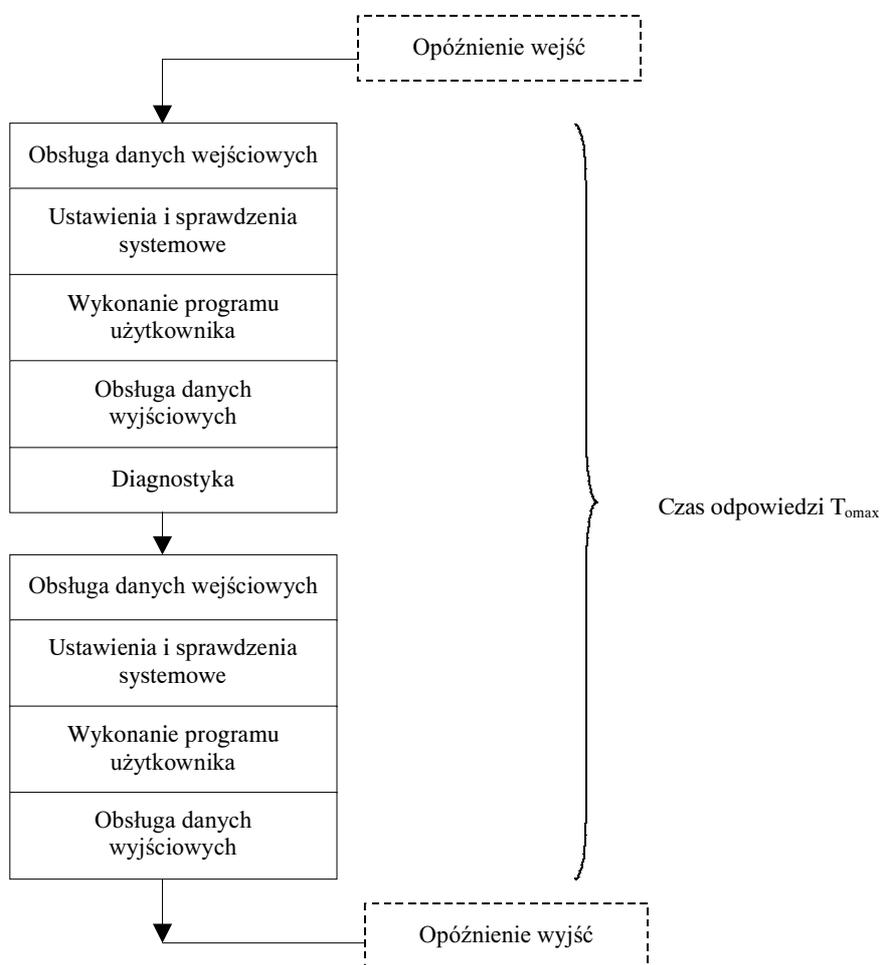
- obsługa danych wejściowych i wyjściowych (dla danego typu sterownika stała);
- czas wykonywania programu użytkownika (wartość zmienna);
- obsługa urządzeń peryferyjnych.



Rys. 1. Etapy cyklu sterownika

Rys. 2. Minimalny czas odpowiedzi T_{omin}

Czas odpowiedzi T_o to czas pomiędzy zmianą stanu wejścia a zmianą stanu na wyjściu. Jego długość zależy od czasu cyklu oraz opóźnień związanych z wejściami i wyjściami. W związku z faktem, że odczyt sygnału wejściowego może nastąpić na początku lub na końcu cyklu, uzasadnione jest wprowadzenie pojęć *minimalnego* T_{omin} i *maksymalnego* T_{omax} czasu odpowiedzi. Z minimalnym czasem odpowiedzi (rys. 2) mamy do czynienia wtedy, gdy zmiana sygnału wejściowego nastąpi odpowiednio wcześniej przed obsługą wejść i wyjść, jeżeli natomiast czas między wystąpieniem sygnału wejściowego a obsługą wejść i wyjść będzie mniejszy niż czas opóźnienia (załączenia) sygnału wejścia wtedy odczyt sygnału wejściowego nastąpi dopiero na początku następnego cyklu, co spowoduje wydłużenie czasu odpowiedzi o jeden cykl. W takim wypadku czas odpowiedzi będzie maksymalny (rys. 3).



Rys. 3. Maksymalny czas odpowiedzi T_{omax}

3. Teoretyczne oszacowanie czasu cyklu i odpowiedzi

Szacowanie czasu cyklu i odpowiedzi można zrealizować w oparciu o dane dostarczone przez producenta konkretnego typu sterownika. Będzie to oczywiście oszacowanie dla najmniej korzystnej sytuacji, czyli rzeczywiste pomiary konkretnych czasów powinny być krótsze od wartości obliczonej [3, 6].

Czas odpowiedzi T_o waha się pomiędzy wartością minimalną T_{omin} i maksymalną T_{omax} , czyli:

$$T_{omin} < T_o < T_{omax} \quad (1)$$

$$T_{omin} = T_R + T_{os} + T_u + T_w + T_{Di} + T_{Do} + T_t \quad (2)$$

$$T_{omax} = 2T_R + 2T_{os} + 2T_u + 2T_w + T_{Di} + T_{Do} + T_t + 2T_{DP} \quad (3)$$

gdzie:

- T_R , T_w – czas odczytu i zapisu odpowiednio wejść i wyjść,
- T_u – czas wykonania programu użytkownika,
- T_{os} – czas wykonania systemu operacyjnego sterownika,
- T_{DP} , T_{Do} – czas opóźnienia związanego z odczytem/zapisem wejść/wyjść,
- T_t – czas wykonania się timerów użytych w programie,
- T_{DP} – czas komunikacji z siecią.

Czas cyklu również nie jest wartością stałą, lecz zależy np. od liczby i rodzaju przezeń oraz szybkości komunikacji systemowej. Szacując jego wartość należy uwzględnić

$$T_c = T_R + T_{os} + T_u + T_w + T_{Di} + T_{Do} + T_t + T_{DP} \quad (4)$$

W zaproponowanych wzorach nie uwzględniono czasu przeznaczonego na diagnostykę, gdyż jest on pomijalnie mały w stosunku do pozostałych czasów.

4. Procedury testujące spełnienie wymagań czasu rzeczywistego podczas realizacji typowych zadań sterowania

Badania doświadczalne zostały wykonane na sterownikach PLC SIEMENS SIMATIC S7-300 z jednostkami centralnymi: 312 IFM oraz 315. Na każdej z tych jednostek uruchomiono procedury testowe realizujące następujące typowe zadania sterowania:

- sterowanie logiczne (procedura P1),
- sterowanie ciągłe z wykorzystaniem algorytmu PID (procedura P2),
- sterowanie z zakresu robotyki (zagadnienie kinematyki prostej) (procedura P3).

Sterowanie logiczne zrealizowano w procedurze obsługującej zadajnik cyfrowy (*thumbwheel switch*) [1]. Umożliwia on wprowadzanie do sterownika cyfry w zależności od liczby segmentów zadajnika. Aby odczytać wartości z zadajnika, konieczne było napisanie procedury z „kroczącą jedynką”, która umożliwiła odczytanie kolejnych wyjść.

Do testów algorytmu regulacji ciągłej wykorzystano typowy układ regulacji (sterowanie w układzie zamkniętym) z regulatorem PID w głównej linii regulacji.

Proste zagadnienie kinematyki jest to zadanie statyczno-geometryczne polegające na obliczaniu pozycji i orientacji członu roboczego manipulatora. Mając dane wszystkie współrzędne konfiguracyjne, należy obliczyć pozycję danego punktu związanego z robotem względem globalnego układu współrzędnych. Z punktu widzenia sterowania jest to problem wymagający wielokrotnego wykorzystania czasochłonnych funkcji trygonometrycznych.

5. Wyniki badań doświadczalnych

Przeprowadzone badania miały na celu oszacowanie czasów cykli w poszczególnych procedurach sterowania w oparciu o dane udostępnione przez producenta sterowników SIEMENS [2], a następnie zweryfikowanie ich podczas rzeczywistego sterowania.

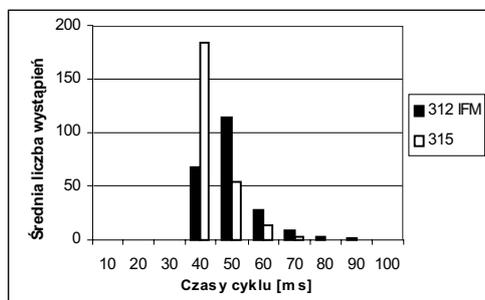
Do wyznaczenia oszacowań wykorzystano wzór (4). Po wstępnych oszacowaniach okazało się, że decydujący wpływ na długość czasu cyklu ma złożoność (rodzaj i liczba użytych instrukcji) procedury sterującej. Suma czasów: T_{os} (czas wykonania systemu operacyjnego sterownika), T_R , T_w (czas odczytu i zapisu odpowiednio wejść i wyjść), T_{DP} , T_{Do} (czas opóźnienia związanego z odczytem/zapisem wejść/wyjść) oraz T_{DP} (czas komunikacji z siecią) w obu użytych sterownikach wynosiła około 2 ms. Czasy wykonania pojedynczych instrukcji są na tyle krótkie, że dla umożliwienia ich odczytu zdecydowano się na pomiar czasu cyklu dla tysięcznego wykonania danej procedury w pętli.

Rysunki 4–6 przedstawiają histogramy wystąpień poszczególnych czasów cykli, przy czym czasy cykli mierzone z dokładnością do 10 ms, natomiast tabela 1 zawiera oszacowania maksymalnych czasów cyklu dla analizowanych procedur na podstawie danych dotyczących czasów wykonania poszczególnych instrukcji, podanych przez producenta sprzętu [4].

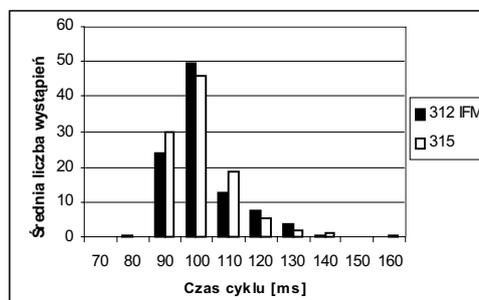
Tabela 1
Oszacowanie maksymalnych czasów cykli dla procedur testujących typowe zadania sterowania P1, P2, P3

	P1	P2	P3
312 IFM	ok. 200 ms	ok. 3400 ms	ok. 3000 ms
315	ok. 100 ms	ok. 3400 ms	ok. 2900 ms

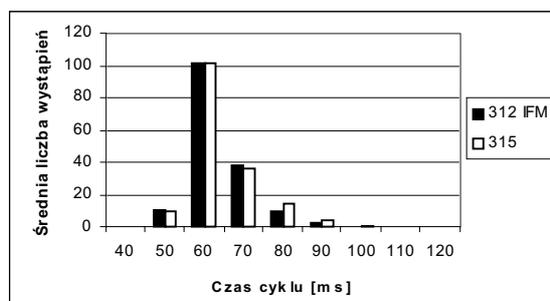
Czasy cykli wyznaczone w wyniku badań doświadczalnych okazały się znacznie krótsze niż wynikałoby to z teoretycznych oszacowań. Wyniki przedstawiono na rysunkach 4–6.



Rys. 4. Średnia liczba wystąpień poszczególnych czasów cykli dla procedury P1



Rys. 5. Średnia liczba wystąpień poszczególnych czasów cykli dla procedury P2



Rys. 6. Średnia liczba wystąpień poszczególnych czasów cykli dla procedury P3

6. Wnioski

Przeprowadzone badania świadczą o tym, że teoretyczne oszacowanie czasu cyklu można traktować jako maksymalny możliwy czas cyklu. W praktyce, rzeczywiste czasy cykli najczęściej są kilka, a nawet kilkunastokrotnie krótsze. Wynika to prawdopodobnie z faktu, że producent podaje najdłuższy możliwy czas wykonania danej operacji. Na podstawie zamieszczonych histogramów można zaobserwować, że stosując jednostkę CPU 315 można znacząco skrócić czasy cykli (w stosunku do jednostki 312 IFM) w procedurach opartych na sterowaniu logicznym (rys. 4). Czasy cykli w procedurach realizujących sterowanie ciągle oraz proste zadanie kinematyki są zbliżone i to zarówno w oszacowaniach teoretycznych jak i wyznaczonych doświadczalnie.

Literatura

- [1] Kwaśniewski J.: *Programowalne sterowniki przemysłowe w systemach sterowania*. Kraków, 1999
- [2] Siemens. *Simatic S7-300 Programmable Controller. Manual. Edition 03/99. Installation and Hardware*

-
- [3] Tadeusiewicz R. i in.: *Modelowanie komputerowe i obliczenia współczesnych układów automatyzacji*. Kraków, UWND AGH 2004, ISBN 83-89388-62-6
 - [4] Siemens. *Simatic S7-300 Programmable Controller. Instruction List*
 - [5] Berger H.: *Automating with STEP7 in STL and SCL. SIMATIC S7-300/400*. Programmable Controllers. Publicis MCD Corporate Publishing, 2001
 - [6] Oprzędkiewicz K.: *Spełnienie wymagań czasu rzeczywistego w środowisku sprzętowo-programowym soft PLC podczas realizacji predyktora Smitha*. Instytut Matematyki i Informatyki, Politechnika Częstochowska, Informatyka teoretyczna i stosowana, r. 4, nr 7, 2004

