

Zenon SYROKA

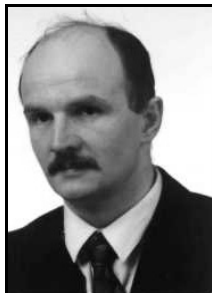
UNIwersytet WArmińsko - MAZurski w OLSZTYNIE, WYDZIAŁ NAUK TECHNICZNYCH, KATEDRA ELEKTROTECHNIKI I ENERGETYKI
ul. Oczapowskiego 11, 10-719 Olsztyn

Sterowanie silników krokowych za pomocą układów PLC

Dr inż. Zenon SYROKA

Jest adiunktem w Katedrze Elektrotechniki i Energetyki UWM w Olsztynie. Ukończył Wydział Elektroniki WAT w Warszawie i Wydział Matematyki i Informatyki UMK w Toruniu. Jego zainteresowania naukowe to: radiokomunikacja; systemy telekomunikacyjne; analiza, przetwarzanie sygnałów, obrazów i drgań; zastosowania matematyki i informatyki w naukach technicznych; sterowanie maszyn; układy elektroniczne analogowe i cyfrowe; programowane układy elektroniczne.

e-mail: syrokaz@onet.eu



Streszczenie

Praca napisana jest na podstawie badań przeprowadzonych w Katedrze Elektrotechniki i Energetyki UWM w zakresie sterowania silników krokowych wykorzystywanych do budowy systemów odnawialnych źródeł energii. Celem badań było skorygowanie ilości impulsów zadanych silnikowi z ilością kroków przez niego wykonanych. Wykonanie możliwie najlepszego układu sterowania z wykorzystaniem układów PLC oraz określenie, który sterownik daje tańsze i lepsze układy sterowania silników krokowych. Wykorzystywano do tego celu silniki krokowe bipolarne i unipolarne. Silniki sterowano za pomocą układu SMC62WP firmy Wobit sterowanego przez dwa różne sterowniki PLC. Jaden to Horner XLT OCS model: HE-XT105 a drugi Fanuc Versa Max Micro IC200UDD164. Układy PLC zostały narzucone przez system sterowania innych procesów związanych z pracą odnawialnych źródeł energii. Sterowanie silnikami krokowymi przy pomocy tych sterowników wynikało w procesie badań. Sterowniki firmy Simantic nie były wykorzystywane w projekcie.

Słowa kluczowe: sterowniki PLC, silniki krokowe bipolarne i unipolarne, sterowanie silnikami.

Stepper motor control using PLC systems

Abstract

The paper presents some results of investigations performed in the Department of Electrical and Power Engineering of the University of Warmia and Mazury dealing with control of stepper motors used for building renewable energy sources. The aim of research was to match the number of impulses applied to a stepper motor with the number of steps made by the motor. The other objective was to construct a possibly best steering system using a PLC driver and to state which driver ensured cheaper and better stepper motor control devices. Bipolar and unipolar stepper motors shown in Figs. 1 and 2 were used in investigations. In the first section there are described types of stepper motor control. The motors under investigations were controlled with a SMC62WP device by Wobit using two different PLC drivers. One was Horner XLT OCS, HE-XT105 model and second one was Fanuc Versa Max Micro IC200UDD164. The motor control algorithm using an XLT driver and SMC62WP device is presented in Section 3 and its subprograms are shown in Figs. 3, 4 and 5, while the motor control algorithm using a Versa Max Micro driver and SMC62WP device is discussed in Section 4. The investigation results show that these algorithms are similar, so they are not described in this paper in detail, except for their main differences.

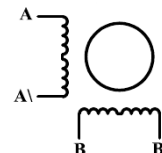
Keywords: PLC controllers, bipolar and unipolar stepper motors, motor control.

1. Rodzaje sterowania silników krokowych

Do badań zastosowano silniki krokowe hybrydowe. Jeden silnik był bipolarny i miał cztery wyprowadzone przewody, a drugi unipolarny i posiadał sześć wyprowadzonych przewodów. Schematy obu silników przedstawiono na rys. 1 i 2 [3, 4, 9].

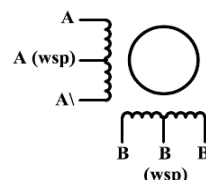
Prostym sposobem sterowania silnikami jest podłączenie odpowiednich uzwojeń do zasilania, np. w silniku bipolarnym należy najpierw fazę podłączyć do początku uzwojenia A, a masę do końca uzwojenia A'. W ten sposób otrzymaliśmy pierwszy krok

silnika w prawą stronę, żeby silnik wykonał w tą samą stronę kolejne kroki należy odwrócić kierunek prądu podłączając początek B z masą i koniec B' z fazą.



Rys. 1. Schemat wyprowadzeń silnika krokowego bipolarnego

Fig. 1. Schematic diagram of a bipolar step motor



Rys. 2. Schemat wyprowadzeń silnika krokowego unipolarnego

Fig. 2. Schematic diagram of a unipolar step motor

Należy pamiętać, że silnik kolejny krok wykona w prawo tylko wtedy, gdy odwrócimy przepływ prądu w cewce A A' zatem początek uzwojenia A trzeba połączyć z masą a koniec uzwojenia A' z fazą, a początek B z fazą oraz B' z masą. Kolejnym krokiem jest powtórzenie wszystkich etapów od nowa. W celu obrotu silnika w lewą stronę powinno się odwrotnie podłączać cewki do źródła prądu w każdym wyżej opisanym cyklu. Taki sposób sterowania nazywa się sterowaniem falowym.

Silniki unipolarne, także można sterować w taki sposób. W tym przypadku nie zachodzi potrzeba zmiany kierunku przepływu prądu, ponieważ w tych silnikach cewka podzielona jest na dwa uzwojenia. Używanie jednego uzwojenia podczas sterowania silnikiem krokowym skutkuje nie dostatecznym wykorzystaniem możliwości silnika.

W przypadku silników bipolarnych za każdym razem zasilane jest jedno z dwóch uzwojeń, co daje lepsze osiągi, a niżeli w silniku unipolarnym, w którym połówki jednego uzwojenia pracują na zmianę.

Sterowanie pełnokrokowe charakteryzuje się pracą dwóch uzwojeń jednocześnie w silniku bipolarnym i dwóch z czterech uzwojeń w silniku unipolarnym. Wirnik silnika sterowany pełnym krokiem nie ustawia się naprzeciwko biegunów stojana, lecz pomiędzy nimi, tym samym zwiększając moc i moment silnika.

Innym sposobem sterowania silników krokowych jest sterowanie półkrokowe. Jest ono połączeniem sterowania falowego i pełno krokowego. Podczas sterowania półkrokowego na przemian zasilane są dwa i jedno uzwojenie stojana, zasada ta dotyczy zarówno sterowania silnikiem bipolarnym jak i unipolarnym. Takie sterowanie zmniejsza wydajność silnika, gdyż są momenty, w których zasilane jest tylko jedno uzwojenie.

Następnym sposobem sterowania silników krokowych jest sterowanie mikrokrokowe. Mikrokroki silnika można uzyskać poprzez sterowanie półkrokowe ze zmianą natężenia prądu płynącego w uzwojeniach stojana. Wiadomo, że jest możliwość wystereowania wirnika tak by znajdował się między biegunami stojana. Aby silnik wykonał mikrokrok, czyli zbliżył się do jednego biegunu stojana, a od drugiego oddalił o niewielki kąt, trzeba o nie wielką wartość w jednym uzwojeniu natężenie prądu zmniejszyć i w drugim zwiększyć. Ciągła zmiana wartości natężenia prądu miałaby przebieg sinusoidalny, a żeby uzyskać gładki ruch silnika bipolarnego potrzebne są dwa przebiegi sinusoidalne przesunięte

względem siebie o 90° (sinus i cosinus). Funkcje sinus i cosinus generuje się w postaci funkcji schodkowych. Taki stan rzeczy, skomplikowałby sterownik, który musiałby zawierać dodatkowe elementy, a tym samym wzrosłaby jego cena.

Silniki krokowe mają szereg zalet, jedną z nich jest brak konieczności potwierdzenia położenia wirnika, gdyż położenie wirnika określa liczba podanych impulsów sterujących. Takie rozwiązanie daje duże oszczędności, ponieważ nie trzeba stosować dodatkowych urządzeń takich jak enkodery i inne czujniki.

Sterowniki PLC w parze z silnikami krokowymi dają duże możliwości, które są już wykorzystywane chociażby w maszynach CNC. Serwo napędy mają przewagę nad silnikami krokowymi tylko taką, że mogą pracować przy dużych prędkościach. Silniki hybrydowe są powszechnie wykorzystywane nie tylko w automatyce i przemyśle, lecz także w technice medycznej i astronomicznej. Najczęściej można spotkać silniki krokowe w urządzeniach elektronicznych takich jak drukarki, napędy optyczne i wiele innych. Nie ulega wątpliwości, że zakres zastosowań tych napędów stale rośnie.

2. Sterowniki PLC i metody sterowania silnikami krokowymi

W badaniach wykorzystano dwa silniki krokowe, hybrydowy bipolarny o parametrach: $1,8^\circ$, 0,5A, 12V, 24Ω i 0,29Nm, oraz silnik hybrydowy unipolarny o parametrach: $1,8^\circ$, 0,3A, 12V, 24Ω i 11Nm. Silniki podłączano do sterowników PLC poprzez układ SMC62WP firmy Wobit, zwany też sterownikiem.

Układ SMC62WP [4] zawiera tranzystory npn oraz układy i elementy umożliwiające sterowanie silników krokowych, poza tym sterownik ten może pracować w trybie pracy siekanej (*chopper technique*). Tryb takiej pracy polega na podawaniu ciągu krótszych i o większej częstotliwości impulsów zamiast pojedynczego impulsu, zapewniając tym samym potrzebny prąd średni. Takie sterowanie wymaga układu bądź mikroprocesora o zwiększonych możliwościach.

SMC62WP steruje silnikiem krokowym, ale do sterowania potrzebuje jeszcze wygenerowany przez PLC ciąg impulsów, który musi być podany na wejście CLK (*Clock* – taktowanie) układu SMC62WP. Funkcję generatora impulsów pełnił sterownik PLC XLT oraz Versa Max Micro. Ich wyjścia cyfrowe wykorzystano do sterowania wejść EN (*Enabled*) i DIR układu SMC62WP.

Sterowniki firmy Horner jak i firmy GE Fanuc posiadają szybkie liczniki HSC (*High Speed Counter*), które zaprogramowano w celu sprawdzenia zgodności ilości kroków zadanych przez program bądź użytkownika, a następnie podano tę samą liczbę impulsów dla silnika.

Precyzując, funkcja HSC umożliwia skorygowanie ilości impulsów zadanych silnikowi z ilością kroków przez niego wykonanych, co było celem badań.

Układ SMC62WP oferuje sterowanie silnikiem krokowym z podziałem kroków na 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ i $\frac{1}{8}$. Podział kroku ustawia się za pomocą zworek, lecz podczas doświadczeń nie było stosowane dzielenie kroku.

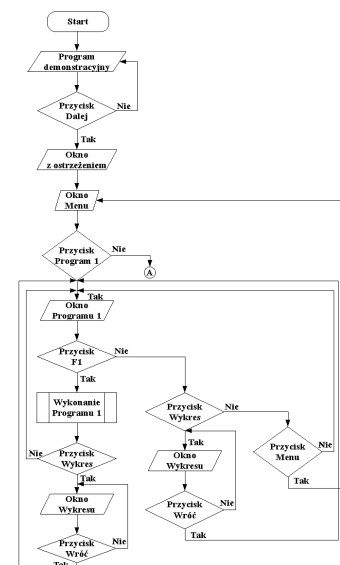
Zastosowano sterowanie falowe [4,6] gdyż jednostkowy kąt obrotu silników wynosił $1,8^\circ$. Dawał wystarczający wynik na potrzeby doświadczenia. Za sterowaniem falowym przemawiał także atut mniejszego nagrzewania się silnika, zachowując lepsze własności dynamiczne. Sterowanie silników hybrydowych za pomocą innych metod mija się z celem patrząc na budowę tych silników, gdyż dokładniejszego (mniejszego) kroku można nie uzyskać.

3. Algorytm sterowania silnikami za pomocą sterownika XLT i układu-SMC62WP

Algorytm ma na celu zapoznanie z programem umożliwiającym zarządzanie sterownikiem XLT połączonym z układem SMC62WP. Program posiada elementy graficzne w postaci paneli operatorskich (HMI). Umożliwia to monitorowanie i sterowanie

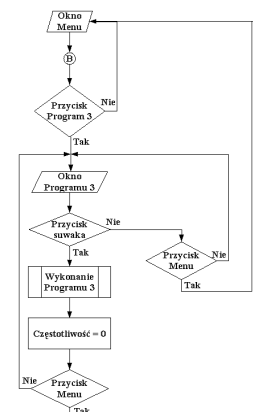
wykonywanymi procesami. Po uruchomieniu stanowiska na samym początku użytkownik ujrzy ekran powitalny, po czym należy wcisnąć przycisk „Dalej”. Następnie ukazuje się okno z informacją o możliwości awaryjnego przerwania pracy sterownika, które zniknie po siedmiu sekundach, po czym zostanie wyświetlone główne menu. Cały program sterownika XLT składa się z trzech oddzielnych podprogramów, które wchodzi w skład menu. Za pomocą przycisku „Opisy programów” pod „Menu” należy przejść do spisu instrukcji podprogramów. Z poziomu każdego opisu podprogramu istnieje możliwość bezpośredniego przejścia do podprogramu, powrót do spisu instrukcji lub powrót do głównego „Menu”.

Pierwszy podprogram (rys. 3) [5, 6, 7, 8, 10] wykona sześć sekwencji ruchu silnika krokowego oddzielonych między sobą pięć sekundową przerwą. Zostanie wykonanych kolejno: 10, 50, 40, 100 i 200 kroków w lewą stronę i 400 w prawą. Podczas wykonywania podprogramu można uruchomić wykres, który pokazuje zależność częstotliwości od czasu, a u dołu lub po bokach ekranu wyświetlane są rzeczywiste wartości zmiennych. Po wykonaniu składni można podprogram uruchomić ponownie bądź powrócić do „Menu”.



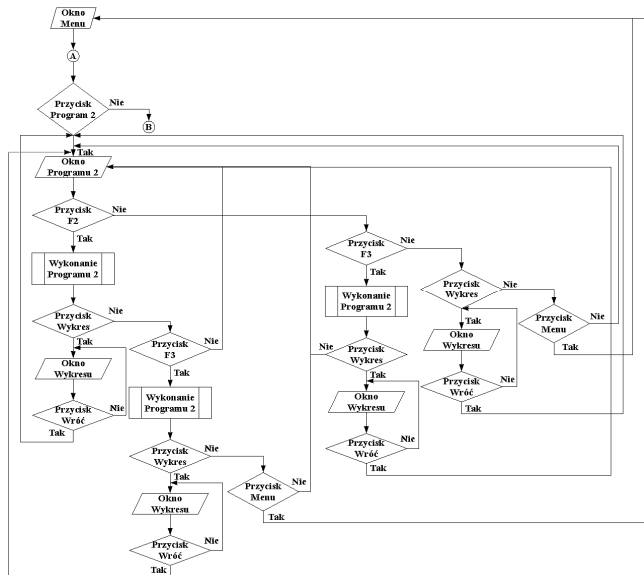
Rys. 3. Schemat blokowy pierwszego podprogramu układu XLT SMC62WP
Fig. 3. Flow chart of the first subprogram of XLT SMC62WP device

Drugi podprogram (rys. 4.) posiada funkcję płynnego rozpędzenia i zatrzymywania silnika. Podczas działania tego podprogramu również można wyświetlić wykres częstotliwości. Zarówno wykres w poprzednim podprogramie jak i w tym podprogramie można zatrzymać przyciskiem „Pause” by dokładniej obejrzeć wykres.



Rys. 4. Schemat blokowy drugiego podprogramu układu XLT SMC62WP
Fig. 4. Flow chart of the second subprogram of XLT SMC62WP device

Trzeci podprogram (rys. 5) daje możliwość manualnego ustawienia częstotliwości impulsów za pomocą suwaka, a dwa przyciski po bokach odpowiednio zmieniają wartość o ± 1 Hz. Za pomocą tego podprogramu można zbadać drgania silnika przy konkretnych częstotliwościach. Należy pamiętać, że istnieje możliwość zatrzymania pracy układu w każdym momencie w podprogramie za pomocą przycisku F4 na sterowniku XLT, a wznowienie pracy wywoła ponowne wciśnięcie tego samego przycisku.



Rys. 5. Schemat blokowy trzeciego podprogramu układu XLT SMC62WP
Fig. 5. Block scheme of third subprogram of XLT SMC62WP device

4. Algorytmy sterowania silnikami za pomocą sterownika Versa Max Micro i układu SMC62WP

W rozdziale tym przedstawione zostaną dwa algorytmy, z racji tego, że sterownik Versa Max dysponuje różnymi sposobami sterowania. Patrząc na kolejne algorytmy będzie można zauważyć duże ich podobieństwo, gdyż wszystkie programy z założenia miały działać w taki sam sposób bądź bardzo zbliżony. Algorytmy liczbą wykorzystanych bloków i swoją wielkością nie będą znacznie się różnić, co nie dowodzi, że objętość programów będzie podlegać tej zasadzie.

Pierwszy algorytm bazuje na wykorzystaniu funkcji ciągu impulsów o profilu rampy (*Pulse Train with Ramp*). Program przedstawiony w postaci algorytmu składa się z trzech podprogramów tak jak to było w przypadku sterownika XLT, a zasada działania i schemat pierwszego podprogramu jest praktycznie taki sam jak schemat podprogramu pierwszego wymienionego sterownika. Różnica między tymi podprogramami polega na innym nazewnictwie przycisków, a także na przejściu przez opis działania podprogramu zanim wyświetli się okno zarządzania.

Drugi podprogram umożliwia łagodne rozpędzenie i zatrzymanie silnika krokowego, z tym, że sterownik Versa Max umożliwia regulację parametrów: przyspieszania (*acceleration*) i zwalniania (*deceleration*). Niestety nie można tymi parametrami sterować podczas pracy sterownika i należy zdefiniować ich wartość w programie Proficy, przed załadowaniem programu do sterownika.

W programie wykorzystanym do badań przyspieszenie i zwalnianie miały wartość 100.

W trzecim podprogramie najpierw trzeba zdefiniować liczbę impulsów. W tym podprogramie można manualnie zdefiniować częstotliwość impulsów, lecz należy pamiętać, że zmiana tej wartości podczas pracy sterownika nie wpłynie na proces. Zatem należy wcisnąć „Stop” zmienić częstotliwość i dopiero ponownie uruchomić podprogram. Takie rozwiązanie z kilku względów jest

praktyczniejsze i bezpieczniejsze niż w przypadku suwaka w programie, XLT, który może pracować w czasie rzeczywistym. Należy pamiętać, że podczas działania jakiegokolwiek podprogramu jest niemożliwe przejście do głównego Menu.

Sterowniki Versa Max Micro i Quick Panel Control wykorzystują funkcje kontroli ruchu (*Motion control functions*). Program ten składa się z dwóch podprogramów, gdzie w pierwszym wykorzystano funkcję łagodnych przejść (*Blending*), a w drugim funkcję impulsowania (*Jogging*). Pierwszy podprogram mocno nie różni się od poprzednich, zmianie uległa tylko liczba impulsów, która odpowiednio wynosi 50, 1000, 2000, 4000 w lewą stronę i po pięciu sekundowej przerwie zostanie wykonanych 7050 impulsów w prawą stronę. Naturalnie cały przebieg programu można monitorować na wykresie. Drugi podprogram jest połączeniem dwóch podprogramów, gdyż w oknie podprogramu drugiego istnieje możliwość manualnego nastawienia częstotliwości za pomocą suwaka jak i manualnego ustawienia przyspieszenia i zwalniania silnika. Zmiany wartości jakiegokolwiek zmiennej podczas pracy sterownika nie są akceptowane, żeby cykl pracy odbył się z nowymi nastawami należy najpierw program zatrzymać, wprowadzić wartości i dopiero na nowo uruchomić program.

5. Wnioski

W wyniku przeprowadzonych badań można stwierdzić, że każdy ze sterowników posiada zalety i wady. Sterownik XLT jest urządzeniem przeznaczonym dla stanowisk o niskim stopniu złożoności. Sterownik ten posiada wyświetlacz i niewielkie wymiary, co czyni go konkurencyjnym dla urządzeń tego typu. Wadą XLT jest długi czas reakcji w czasie rzeczywistym, w niektórych momentach może to stać się dużym problemem

Sterownik Versa Max Micro oferuje wiele ciekawych rozwiązań i sposobów sterowania. Produkt firmy GE Fanuc jest bardzo dokładny, lecz nie posiada wyświetlacza, co prowadzi do zwiększenia kosztów podczas budowy stanowiska. W przeciwieństwie do XLT, Versa Max posiada krótki czas reakcji w czasie rzeczywistym, co daje oczekiwane rezultaty. Sterując każdym sterownikiem z osobna uzyskano zbliżone efekty, lecz sterownik Versa Max znacznie łatwiej się programowało i obsługiwało.

Każdy problem należy rozwiązywać indywidualnie i dokładnie wybierać takie urządzenia, które będą spełniać powierzone im zadanie. Wymagania, jakie były postawione na samym początku oba sterowniki spełniły w równym stopniu.

6. Literatura

- [1] Barczyk J.: Automatykacja procesów dyskretnych, WPW Warszawa 2003 r.
- [2] Grzesik W., Niesłony P., Bartoszek M.: Programowanie obrabiarek NC/CNC, WNT Warszawa 2006 r.
- [3] Honczarenko J.: Roboty przemysłowe, WNT Warszawa 2004 r.
- [4] <http://www.automatykaonline.pl/poradnik/sownik.php?l=N>
- [5] Kamiński K.: Programowanie w Step7 MicroWin, Wydanie własne 2006 r.
- [6] Kamiński K.: Podstawy sterowania z PLC Wydanie własne 2009 r.
- [7] Kasprzyk J.: Programowanie sterowników przemysłowych, WNT Warszawa 2006 r.
- [8] Kwaśniewski J.: Sterowniki PLC w praktyce inżynierskiej. BTC Legionowo 2008 r.
- [9] Kostro J.: Elementy, urządzenia i układy automatyki, WSiP Warszawa 1994 r.
- [10] Legierski T., Kasprzyk J., Wyrwał J., Hajda J.: Programowanie sterowników PLC, Wydawnictwo Pracowni Komputerowej Jacka Skalmierskiego Gliwice 1998 r.