

PUBLIKACJA SPECJALISTYCZNA



UTRZYMANIE RUCHU

2/2015

**Drogi komunikacyjne
i transportowe
w zakładzie produkcyjnym**

**Techniki i zasady
programowania
napędów**

**Błędy pomiarów
termowizyjnych**

**Środki smarne
– metody oceny
stopnia zużycia**

**Czyszczenie
suchym lodem**

Techniki i zasady programowania napędów

Napędy elektryczne maszyn i linii technologicznych zyskały ugruntowaną pozycję w licznych gałęziach nowoczesnego przemysłu. Spośród wielu zalet (m.in.: niskich kosztów, wysokiej niezawodności oraz sprawności, prostoty montażu, łatwości zasilania) istotna jest możliwość swobodnej konfiguracji ich parametrów pracy. Coraz częściej można też spotkać elektryczne napędy liniowe, które stanowią konkurencję w odniesieniu do jednostek pneumatycznych i hydraulicznych. W artykule przedstawiono przegląd podstawowych technik programowania napędów elektrycznych, ze zwróceniem szczególnej uwagi na grupę napędów prądu przemiennego sterowanych przy użyciu przetwornic częstotliwości.

Nowoczesne systemy napędowe to rozbudowane układy pozwalające na swobodne kształtowanie parametrów pracy urządzeń i maszyn technologicznych [1]. Kontrola prędkości, pozycji, momentu, kształtowanie cech dynamicznych w zależności od zmienności cech procesowych (np. ciśnienia, temperatury itp.) oraz możliwość uzyskania programowalnej sekwencji ruchów (przy zadanych parametrach dynamicznych układu) prowadzą do ciągłego wzrostu ich popularności [2].

Zrozumienie podstaw programowania napędów elektrycznych wymaga znajomości sygnałów wejściowych i wyjściowych oraz dostępnych na rynku konfiguracji sprzętowych urządzeń sterujących (rys. 1).

Na rynku dostępnych jest wiele odmian urządzeń pozwalających na sterowanie przebiegiem pracy silników elektrycznych prądu przemiennego [3]. Warto jednak podkreślić, że dostępne w napędach falownikowych funkcje są silnie uzależnione od typu i konfiguracji zastosowanych przetwornic częstotliwości, silników oraz dodatkowych urządzeń wspomagających przebieg procesu [4].

Sterowanie parametrami pracy prostych układów napędowych można sprowadzić do kontroli momentu dostępnego na wale silnika, momentu oporowego oraz prędkości kątowej wału (rys. 2). W przypadku bardziej skomplikowanych systemów istotne jest także pozyskanie informacji zwrotnej o bieżącej pozycji elementu napędzanego (obsługa enkodera lub resolvera) [5].

Najprostszymi układami sterującymi są przełączniki kierunku obrotów umożliwiające zaprogramowanie jednej lub



fot. Thinkstock

dwóch wartości prędkości obrotowej. Kolejną grupę stanowią przetwornice do zabudowy w szafach sterowniczych lub bezpośrednio na maszynie (dedykowane do obsługi najczęściej jednego silnika). Do zastosowań zdecentralizowanych używane są moduły przetwornic z interfejsami sieci przemysłowych, do zabudowy bezpośrednio na maszynach roboczych. Na rynku można odnaleźć także wiele rozwiązań przetwornic częstotliwości zintegrowanych ze sterownikami logicznymi PLC. Ostatnia grupa obejmuje urządzenia dedykowane do zaawansowanego sterowania wieloosiowego.

Ogólne wytyczne programowania napędów

Proces programowania układu napędowego składa się z kilku podstawowych etapów: wyboru sposobu programowania

(panel przetwornicy, dedykowane oprogramowanie komputerowe lub programator ręczny), parametryzacji przekształtnika częstotliwości, konfiguracji parametrów pracy napędu oraz urządzeń dodatkowych, wstępnego uruchomienia, testowania opracowanego algorytmu pracy oraz strojenia parametrów.

Parametryzacja jest procesem pozwalającym na konfigurację podstawowych parametrów silnika podłączonego do przetwornicy częstotliwości, do których należą: moc, znamionowa prędkość obrotowa, napięcie zasilające, częstotliwość silnika, znamionowe natężenie prądu. Układ napędowy powinien zostać sparametryzowany przed pierwszym uruchomieniem. Uruchomienie nie w pełni (lub błędnie) skonfigurowanego napędu może skutkować uszkodzeniem silnika, przetwornicy lub napędzanego urządzenia.

Wszystkie niezbędne do wprowadzenia dane znajdują się na tabliczce znamionowej silnika, co znacznie ułatwia przebieg procesu parametryzacji. W przypadku zastosowania napędu oraz przetwornicy tego samego producenta parametryzacja sprowadza się do wyboru numeru katalogowego silnika. W wielu przypadkach dostępna jest opcja autodetekcji umożliwiająca zmierzenie parametrów elektrycznych zastosowanego silnika oraz szybkie uruchomienie bez ryzyka uszkodzenia jego podzespołów.

Pierwsze uruchomienie wymaga także wprowadzenia podstawowych danych związanych z parametrami działania napędu, w tym: minimalnej oraz maksymalnej wartości częstotliwości (definiujących górną oraz dolną prędkość obrotową), czasów rozpędzania oraz hamowania (tzw. ramp, określających czas narastania ustawionej prędkości obrotowej) oraz kierunku obrotów.

Opisane parametry nie obejmują całej gamy możliwości programowych nowoczesnych napędów falownikowych, a służą jedynie szybkiemu uruchomieniu napędu.

Najwygodniejszym i najszybszym sposobem parametryzacji jest użycie dedykowanego oprogramowania oferowanego przez każdego producenta. Innym rozwiązaniem jest wprowadzenie wartości za pomocą klawiatury falownika lub użycie paneli sterujących.

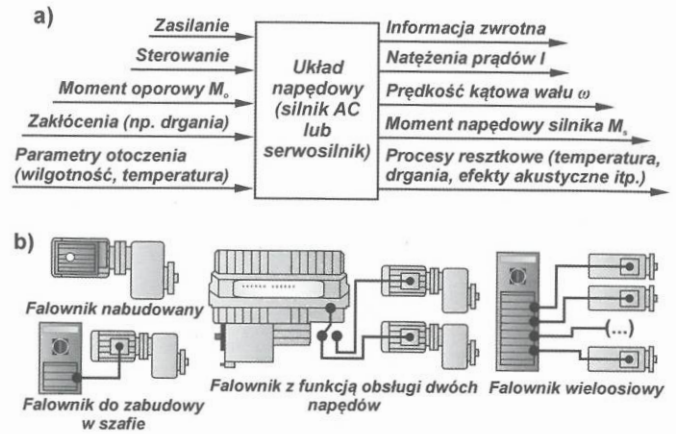
Istotną funkcjonalnością odłączalnych paneli sterujących są także możliwości obejmujące swobodne zastosowanie w grupie urządzeń danego producenta oraz zapis konfiguracji napędu w wewnętrznej pamięci. Ostatnia cecha, pomimo wysokiego stopnia przydatności, może okazać się znaczącą wadą. Używanie panelu do programowania wielu konfiguracji odrębnych układów napędowych (o różnych zestawach i nastawach parametrów pracy) może spowodować zapisanie do przetwornicy parametrów innego silnika.

Parametry oraz sterowanie przetwornic częstotliwości

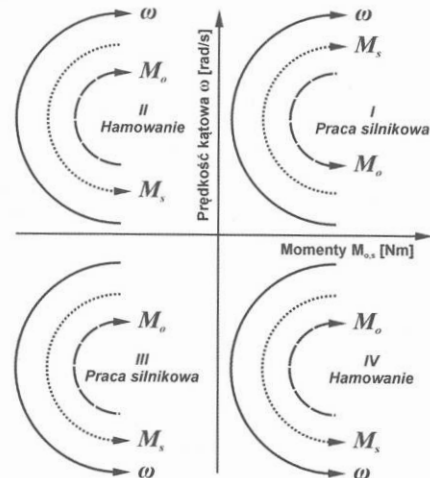
Istota programowania przebiegu pracy napędów sprowadza się do aktywacji oraz określenia zawartości wymaganego zestawu parametrów przetwornicy częstotliwości. Ogólne omówienie parametrów w zakresie wszystkich producentów sprzętu nie jest możliwe, ze względu na ich różnorodność oraz liczbę (nawet kilkaset wartości liczbowych, w odniesieniu do jednej jednostki). Można jednak zdefiniować ogólne grupy parametrów, zawierające dane związane z: ustawieniem trybu pracy napędu, definicją parametrów silnika oraz obciążeń zewnętrznych, wartościami parametrów nastaw sterowania oraz ograniczeń wymaganych przez użytkownika lub proces, definicją obsługi wejść/wyjść, kontrolą funkcji specjalnych, obsługą portów komunikacyjnych, funkcjami autodiagnostyki silnika oraz falownika.

Dodatkowo możliwy jest wybór funkcji dedykowanych do konkretnej aplikacji napędu (m.in. regulacji prędkości w otwartej lub zamkniętej pętli, regulacji momentu w pętli otwartej lub ze sprzężeniem zwrotnym prędkości).

W przypadku aplikacji wymagających kontroli parametrów procesowych oraz obróbki sygnałów za pomocą wbudowanych regulatorów PID należy ustawić parametry zawierające typ regulatora oraz jego podstawowe parametry (wzmocnienie części proporcjonalnej P, wartości stałych całkowania I oraz różniczkowania D), a także ograniczenie wzmocnienia.



Rys. 1. Schematyczne ujęcie napędu elektrycznego: a) schemat blokowy ze zidentyfikowanymi grupami sygnałów wejściowych oraz wyjściowych, b) podstawowe konfiguracje napędu z przetwornicami częstotliwości (z wyłączeniem konfiguracji techniki zdecentralizowanej) [1]

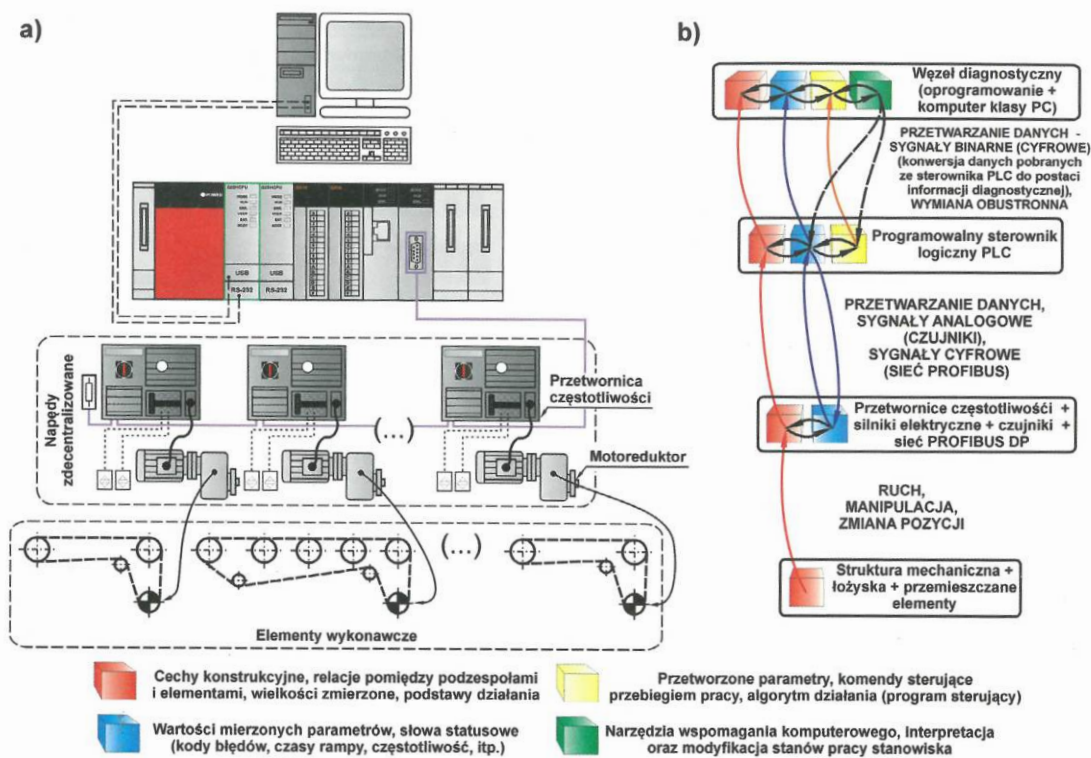


Rys. 2. Schematyczne przedstawienie zasady działania maszyny elektrycznej [5], gdzie: M_s – moment dostępny na wale silnika [Nm], M_o – moment oporowy [Nm], ω – prędkość kątowa wału silnika [rad/s]

Aktywacja wybranych parametrów jest realizowana w sposób programowy (zmiana zawartości adresu pamięci odwołującego się do parametru, zapisanie wartości liczbowej lub dwustanowej) lub sprzętowy (wykonanie mostkowania odpowiednich zacisków lub podanie sygnału sterującego na przyłączy wejść przetwornicy częstotliwości).

Sterowanie napędem może odbywać się według niezależnych metod, z użyciem: panelu sterowania przetwornicy, nadrzędnego systemu sterowania – moduły IO (sprzętowy panel operatora maszyny), sterownika PLC zarządzającego grupą napędów podłączonych do magistrali sieci przemysłowej.

Instalacje zdecentralizowane bazujące na najpopularniejszych standardach sieciowych (m.in.: CANopen, DeviceNet, EtherCAT, Ethernet, EtherNet/IP, Powerlink, Profibus, Profinet) wymagają dodatkowej konfiguracji jednostek lub użycia dedykowanych plików konfiguracyjnych. Przykładem mogą być tutaj pliki GSD (ang. *General Station Description*) oparte na technologii XML (ang. *Extensible Markup Language*) używane w sieci Profibus. Pliki konfiguracyjne stanowią zunifikowany opis urządzenia, które jest identyfikowane za pomocą unikalnego adresu sieciowego. W tym przypadku sekwencja ruchu napędu jest realizowana za pomocą algorytmu zapisanego w pamięci sterownika lo- ▶



Rys. 3. Schematyczne przedstawienie konfiguracji: a) zdecentralizowanego systemu napędowego opartego na sieci Profibus DP, b) pozyskiwania istotnych do celów sterowania i diagnostyki danych procesowych [1]

gicznego PLC, a także wymiany danych pomiędzy falownikiem i jednostką sterującą. Przykładową konfigurację systemu sterującego i diagnostycznego [6, 7] wraz ze schematem pozyskiwania i dystrybucji danych przedstawiono na rys. 3.

Zastosowanie sterownika logicznego PLC otwiera przed użytkownikiem wiele nowych możliwości, m.in.: możliwość konfiguracji wieloprocesorowej, zastosowania dedykowanych modułów do kontroli napędów oraz implementacji redundancji sprzętowej.

Opisane rozwiązania wpływają na podniesienie niezawodności aplikacji napędowych. Sterownik logiczny PLC może zostać zastąpiony przez komputer przemysłowy o dużej mocy obliczeniowej.

Systemy sterowania wieloosiowego programowane są za pomocą dedykowanych bibliotek, bloków funkcyjnych, makr, modułów programowych lub tzw. szablonów. Spośród wielu dostępnych funkcjonalności na uwagę zasługują m.in. zaawansowane funkcje bazowania, obsługi ruchu osi z enkoderami, elektroniczne tarcze krzywkowe oraz przekładnie (tryb pracy synchronicznej napędów), wirtualna oś główna, minimalizacja szarpnięć ruchów roboczych, wzorcowanie, zaawansowana diagnostyka itp. Komputerowe narzędzia do programowania przetwornic są także elementami

wspomagającymi diagnozę stanu tych urządzeń. Diagnostyka napędów może zostać wykonana w oparciu o wskazania kodów błędów bezpośrednio na panelu przetwornicy, gniazdo serwisowe lub słowa statusowe wysyłane do sterownika PLC. Dodatkowo istnieje możliwość zaprogramowania reakcji wyjść przetwornic częstotliwości na określony błąd w celu uruchomienia zewnętrznych urządzeń.

Osobną grupę urządzeń stanowią napędy obrabiarek sterowanych numerycznie CNC. Programowanie zaawansowanego ruchu osi obejmuje jednoczesną definicję parametrów geometrycznych oraz technologicznych. W takim przypadku niezbędna jest znajomość składni języka G-Code (RS-274) oraz dedykowanego sterownika (np. Sinumerik, Fanuc, Mazatrol, Heidenhain).

Podsumowanie

Programowanie systemów napędowych jest procesem wymagającym znajomości działania oraz wymagań konfigurowanego układu napędzanego. Każdy z producentów oferuje wiele narzędzi umożliwiających przejście przez etapy obejmujące konfigurację, parametryzację, strojenie oraz programowanie napędów. Przetwornice częstotliwości wyposażone są często w zestawy wejść oraz wyjść pozwalających na obsługę

zaawansowanych funkcji oraz podłączenie dodatkowych urządzeń peryferyjnych (np. czujników, wyłączników krańcowych). W każdym z przypadków niezbędne są instrukcje obsługi z opisem parametrów oraz konfiguracji układów napędowych. Warto także zwrócić uwagę na rozbudowane opcje związane z autodiagnostyką, które ułatwiają eksploatację [6, 7].

Piśmiennictwo

1. Świder J., Hetmańczyk M.: *Komputerowo zintegrowany system sterowania diagnostyki napędów rozproszonych*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011.
2. Toliyat H.A., Kliman G.B.: *Handbook of Electric Motors*. CRC Press, Boca Raton 2004.
3. Kalus M., Skoczkowski T.: *Sterowanie napędami asynchronicznymi i prądu stałego*. Pracownia Komputerowa Jacka Skalmierskiego. Gliwice 2003.
4. De Silva C.W.: *Mechatronics: an integrated approach*. CRC Press, USA 2005.
5. Kosmol J.: *Serwonapędy obrabiarek sterowanych numerycznie*. WNT, Warszawa 1998.
6. Dhillon B.S.: *Engineering Maintenance – A Modern Approach*. CRC Press, USA 2002.
7. Korbicz J., Kościelny J. M., Kowalczyk Z., Cholewa W.: *Diagnostyka procesów: modele, metody sztucznej inteligencji, zastosowania*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002.