

Piotr Błaszczyk, Sławomir Barański
Politechnika Łódzka, Łódź

STEROWANIE I DIAGNOSTYKA NAPĘDÓW Z SILNIKAMI ASYNCHRONICZNYMI

CONTROL AND DIAGNOSTICS OF DRIVES WITH ASYNCHRONOUS MOTORS

Abstract: The paper concerns of the analysis of traction characteristics of the asynchronous motor fed from frequency inverter. The Simovert powertrain diagnostics use DriveMonitor software, which is also used for precise control of propulsion systems. DriveMonitor software allows to handle and record the measurement results obtained as a percentage of reference values for the memory controller. Work measurement concern starting and braking vector controlled asynchronous motor with frequency. The calculations take into account the idle state and condition of the powertrain load Simovert with frequency. The study was conducted for three speeds of 500, 1000, 1500 rpm. The results obtained, were used to diagnose the drive and reach conclusions on the effect of selected parameters on the mechanical characteristics of motor.

1. Wstęp

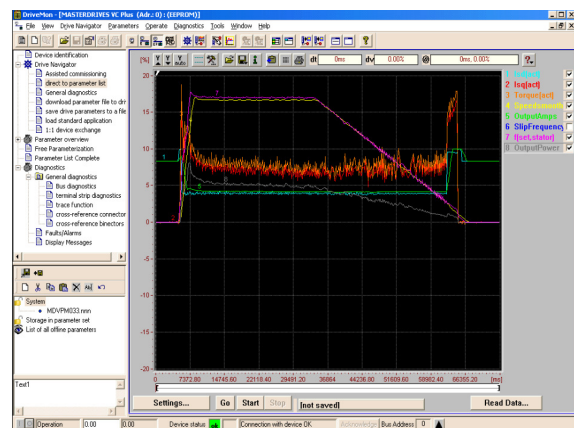
Diagnostyka układów napędowych SIMOVERT MASTERDRIVES z silnikami prądu przemiennego SIEMENS pozwala na ocenę przygotowania układu do pracy w określonym systemie użytkowym. W kolejnym kroku oceny pozwala na weryfikację poprawności działania wykonawczego układu napędowego, rys.1. Najnowsze rozwiązania programowe DriveMonitora umożliwiają wykonywanie pomiarów testujących, jak również służą do precyzyjnego sterowania układami napędowymi.



Rys. 1. Silnik prądu przemiennego na stanowisku diagnostycznym sterowany z przemiennika częstotliwości

Oprogramowanie układu przekształtnikowego SIMOVERT programem DriveMonitor pozwala na obróbkę i zapis otrzymywanych wyników pomiarów w postaci procentowej wartości parametru odniesienia, wprowadzonej wstępnie do pamięci sterownika. Pozwala to na ujednoczenie wykreślanych charakterystyk roboczych w oknie rejestratora Trace, dla badanego układu

napędowego. Rozpoczęcie prac pomiarowych i sterowanie pracą układu napędowego wymaga wstępnego zaaplikowania do systemu danych znamionowych przekształtnika i sterowanego silnika. Po wprowadzeniu wymaganych podstawowych danych znamionowych można przeprowadzić tzw. automatyczną parametryzację układu, poprzez wykonanie określonej programowo sekwencji procedur testujących.



Rys. 2. Ustawienie rejestratora Trace w programie DriveMonitor

Do definiowania przez użytkownika procedur oraz przeprowadzenia procesu parametryzacji służą zakładki diagnostyczne oprogramowania DriveMonitor, rys.2. Pełna lista parametrów dostępnych z poziomu użytkownika obejmuje 996 pozycji zmiennych, które są monitorowane przy pracy układu napędowego. Każdy parametr identyfikowany jest poprzez nazwę oraz numer ewidencyjny. Dla część parametrów możliwe

jest wprowadzanie zmian korekcyjnych. Proces podstawowej parametryzacji układu napędowego można przeprowadzić kilkoma sposobami, które pozwalają przygotować stanowisko do pomiarów diagnostycznych poprzez:

- kasowanie aktualnie zaimplementowanych parametrów i powrót do nastaw fabrycznych,
- przeprowadzenie uproszczonej procedury tzw. szybkiej parametryzacji,
- zastosowanie parametryzacji szczegółowej przy uwzględnieniu schematu zastępczego typu T badanego silnika.

2. Parametryzacja nastaw układu napędowego

Pierwszym sposobem i najczęściej stosowanym, kiedy użytkownik nie posiada dobrej znajomości układu napędowego jest wywołanie procedury kasowanie parametrów i powrót do nastaw fabrycznych. Możliwe jest zastosowanie takiej formuły tylko w przypadku gdy nastawy fabryczne wszystkich parametrów dotyczą układu napędowego z silnikiem dedykowanym przez producenta sterownika programowalnego, [1]. W przypadku zastosowania napędu z silnikiem nietypowym, nastawy takie należy zdefiniować na podstawie wyników pomiarów testujących. Tak powstałe nastawy mogą zostać przyjęte jako stan początkowy napędu. Stan taki dla układu napędowego można zdefiniować po procesie identyfikacji, realizującym kolejne procedury testujące przez wywołanie parametru funkcyjnego (P115 =1(2,3)). Po wybraniu określonej wartości parametru funkcyjnego, można wykonać doboru podstawowych parametrów silnika, a także nastaw regulatorów dla określonych algorytmów sterowania napędem. Ten cykl pracy pozwala także na wprowadzenie identyfikacji parametrów schematu zastępczego typu T silnika. Najczęściej realizuje się taki cykl pomiarów przy nieruchomym wirniku. Powrót do stanu początkowego układu napędowego jest często potrzebny po wymianie uszkodzonego elementu robocznego. W takim przypadku można go przywracać w każdej chwili, przez ponowny powrót parametrów do zadanych nastaw. Uruchomienie procesu wprowadzania nastaw fabrycznych, powoduje kasowanie aktualnie zapisanych w sterowniku parametrów układu napędowego. Operacja ta nie zmienia między innymi parametrów definiujących opcje technologiczne. Pozostają także bez zmian parametry określa-

jące sekcję mocy jak również licznik godzin pracy i pamięć błędów sterownika.

Kolejny sposób parametryzacji to procedura szybkiej parametryzacji. Zadanie szybkiej parametryzacji najczęściej przeprowadza się w sytuacji, kiedy znane są warunki zastosowania układów napędowych. Wykorzystuje się ją w sytuacjach, gdy niezbędne jest szybkie uruchomienie układu napędowego. W procedurze tej nie ma możliwości przeprowadzenia dodatkowych prób i kolejnych testów napędu w celu dodatkowej korekcji parametrów. Dla układu napędowego szybka parametryzacja może zostać przeprowadzona w oparciu o trzy możliwe sposoby pozyskiwania parametrów:

a) Parametryzacja z uwzględnieniem nastaw użytkownika.

Wybór tego szybkiego sposobu parametryzacji wiąże się z wyborem ustalonych nastaw użytkownika w jednym kroku procedury. Poprzez wprowadzenie tylko kilku zmian parametrów, uzyskujemy wykonanie kompletnej parametryzacji układu napędowego. Zdefiniowany sposób parametryzacji wynika z wcześniejszego kompletnego przygotowania specjalistycznych ustawień, dla określonego użytkownika napędu.

b) Parametryzacja z zestawem parametrów zapisanych w pliku.

Dla wykonalności tego typu parametryzacji potrzebny jest interfejs szeregowy, w celu konfiguracji napędu parametrami zapisanymi wcześniej w pamięci napędu nadrzędnego. Transmisja parametrów może odbywać się poprzez interfejsy szeregowy SCom1, SCom2 czy też magistrale komunikacyjne, [2].

Tabela 1. Parametry niezmiennie przy powrocie do nastaw fabrycznych, [1]

Numer parametru	Nazwa parametru
P070	Numer zamówieniowy 6SE70...
P072	Prąd znamionowy przemiennika
P073	Moc znamionowa przemiennika
P366	Wybór sposobu kasowania parametru

Zapisanie parametrów z pliku pozwala w dalszym etapie pracy na dostęp do parametrów otwartych, które mogą być ustawiane na nowe wartości wymagane przez użytkownika napędu. Oprogramowanie DriveMonitor, umożliwia przeprowadzenie takiej parametryzacji, poprzez: odczytanie ustawienia parametrów napędów, następnie zapisanie ich na dysku kompu-

tera i w ostatnim etapie przesłanie pliku z powrotem do napędu i uaktualnienie parametrów.

Tabela 2. Parametry konieczne do wprowadzenia przy załadowaniu, w menu parametru P060, [1]

Numer parametru	Nazwa parametru
P109	Liczba par biegunów
P352	Częstotliwość odniesienia=P353xP109/60
P353	Częstotliwość odniesienia=P352x60/P109

Można również edytować parametry w stanie rozłączenia przemiennika (off-line), a następnie definiować pliki parametrów specjalnie do wybranych ustawień pracy układu.

c) Parametryzacja z wykorzystaniem modułów parametrów.

Wprowadzenie szybkiej parametryzacji modułowej, polega na wyborze modułu parametrów dla każdej grupy funkcji. Moduły parametrów często łączone są ze sobą, w celu dopasowania napędu do konkretnej aplikacji. W określonych grupach funkcji mamy dostęp do takich modułów parametrów jak: silniki (parametryzacja automatyczna w otwartej pętli sterowania oraz w układzie zamkniętym), otwarta i zamknięta pętla sterowania oraz wartość zadana i źródła rozkazów sterowania. Po dokonaniu określonego wyboru w grupach funkcji, niezbędne parametry napędu zaczynają funkcjonować. Pozostałe parametry silnika i ustawienia przemiennika są obliczane podczas automatycznej parametryzacji P115=1.

Parametryzacja szczegółowa.

Jest to trzeci sposób parametryzacji, który jest stosowany w przypadku nieznamośći badanego układu napędowego. Należy wtedy przeprowadzić szczegółowe dostosowanie parametrów dla adaptowanego układu napędowego. Stosując tą procedurę często mówimy o inicjalizacji układu podczas uruchomienia wstępnego. Zaistnienie tej procedury wiąże się z określeniem trzech funkcji decyzyjnych: definicją sekcji mocy, konfiguracją kart opcjonalnych oraz nastawami napędu. Określenie pierwszej funkcji w standardowym rozwiązaniu przeprowadza się przed dostarczeniem przemiennika do użytkownika. W przypadku ustawiania sekcji mocy informację o tym z jaką sekcją mocy układ napędowy będzie pracował, wysyła się do sterowania elektroniką definiując kod (P070=...). Także konfigurując karty opcjonalne, należy przesłać informację do

sterowania elektroniki w jaki sposób będą konfigurowane zainstalowane karty opcjonalne. Nastawy napędu przy parametryzacji szczegółowej stanowią niezbędny element poprawności działania układu napędowego. Diagnostowanie poprawności tych ustawień stanowi jeden z podstawowych aspektów dokładności sterowania implementowanym układem napędowym. W nastawach szczegółowych również definiuje się rodzaj sterowania silnika: U/f w otwartej pętli sterowania lub wektorowe sterowanie oraz częstotliwość impulsów.

3. Ustawianie wielkości odniesienia przy diagnozowaniu parametrów napędu

W programie DriveMonitor wartości otrzymywanych wielkości są rejestrowane, jako procent wielkości odniesienia ustawionych w pamięci sterownika. Zmienne odniesienia stosowane są w celu przedstawienia wartości zadanych i ujednolicenia rzeczywistych wartości sygnałów. Szybka parametryzacja automatyczne wyznaczanie parametrów definiuje układ w ten sposób, że zmienne odniesienia ustawiane są odpowiednio do parametrów silnika. Diagnostując nastawione i aktualne wartości nastaw sygnałów, bierze się pod uwagę fizyczne zmienne odniesienia, przedstawione w tab. 3.

Tabela 3. Parametry, niezmiennie przy ustawieniach fabrycznych

Numer parametru	Nazwa parametru	Jednostka
P350	Prąd odniesienia	A
P351	Napięcie odniesienia	V
P352	Częstotliwość odniesienia	Hz
P353	Prędkość odniesienia	obr/min
P354	Moment odniesienia	Nm

Wartości wielkości odniesienia definiuje się w stosunku do określanego parametru przemiennika:

Wartości odniesienia dla częstotliwości i prędkości obrotowej. Prędkość obrotowa odniesienia i częstotliwość odniesienia są połączone ze sobą poprzez liczbę par biegunów. Przy zmianie jednego z tych parametrów, drugi jest obliczany według równania parametrów (1).

$$P353 = P352 \cdot 60 / P109 \quad (1)$$

Wartość momentu odniesienia. Stosunek momentu odniesienia (P354) do momentu znamionowego silnika (P113) jest bardzo ważny dla

dokładności sterowania, ze względu na wyświetlanie sygnału momentu jako wielkości procentowej. Istotnym parametrem dla poprawności diagnozowania momentów na przebiegach jest podanie bardzo dokładnej wartości znamionowej momentu napędowego przy definicji parametru P113, wg (2).

$$P113 = P_{WN} \cdot 60 / 2 \cdot \pi \cdot n_N \quad (2)$$

Wartość mocy odniesienia obliczana jest według wartości odniesienia momentu oraz prędkości. W systemach kontroli i diagnozowania poprawności pracy układu, wartość mocy jest określana jako procent wyszczególnionej mocy odniesienia, wg (3) i (4).

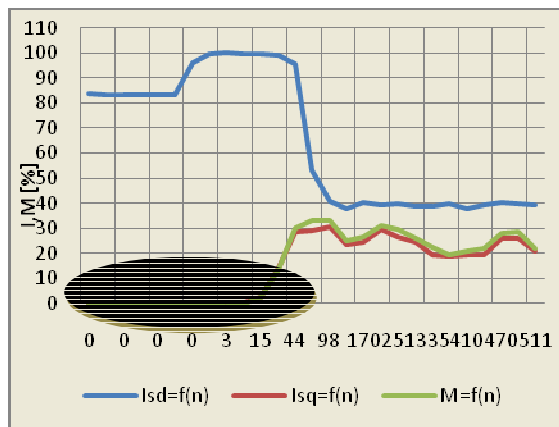
$$P_{Wodn} = P354 \cdot P353 \cdot 2 \cdot \pi / 60 \quad (3)$$

$$P_{Nsil} = P113 \cdot 2 \cdot \pi \cdot P108 / 60 \quad (4)$$

Prąd odniesienia. Przy wprowadzeniu zmiany wartości odniesienia momentu (P354) według określonego współczynnika, również wartość odniesienia prądu (P350) zostanie zmieniona według takiej samej wartości współczynnika.

4. Diagnoza poprawności wzbudzenia silnika dla pracy układu napędowego

Przedstawiony cykl badań obejmuje rozruch silnika asynchronicznego sterowanego przez kształtnikiem programowalnym SIEMENS przy zaimplementowaniu nastaw fabrycznych.



Rys. 3. Charakterystyki podczas rozruchu silnika: a) $M=f(n), I_{sd}=f(n)$ b) $I_{sq}=f(n)$

Wybrano sterowanie wektorowe, które opiera się na wykorzystaniu wielkości fazowych w układzie współrzędnych (d, q), [2], [3]. Zaproponowane sterowanie silnika odbywa się poprzez dwie składowe prądu stojana I_{sd} oraz I_{sq} . Analizując pierwszą chwilę rozruchu widać generację tylko jednej składowej I_{sd} prądu sto-

jana w osi d , rys.3. W celu wzbudzenia silnika indukcyjnego niezbędne jest wytworzenie odpowiedniego strumienia, przez jego zasilanie określoną wartością napięcia. W przedstawionym typie sterowania uzyskujemy wzbudzenie przez odpowiednie wymuszenie prądowe wartością I_{sd} prądu stojana, aż do uzyskania ustalonej wartości strumienia. Po ustaleniu się wartości I_{sd} , w kolejnym etapie generowana jest składową I_{sq} , odpowiedzialna za regulację wartości momentu. Prąd wypadkowy tego silnika jest sumą wektorów składowych I_{sd} i I_{sq} .

$$I = \sqrt{I_{sq}^2 + I_{sd}^2} \quad (5)$$

Układ sterowania, przeprowadza kontrolowane rozpędzanie dzięki modelowi zadawania prądu oraz modelowi SEM.

5. Podsumowanie

Wybór parametryzacji układu napędowego nastawami fabrycznymi, nie jest rozwiązaniem optymalnym, ze względu na długi czas generacji składowej I_{sd} . Powodem tego jest użycie dwóch modeli zastępczych silnika indukcyjnego (modelu zadawania prądu i modelu SEM). Istotne skrócenie czasu generacji składowej I_{sd} jest miarą poprawności definicji parametrów napędu w procesie nastaw układu napędowego. Diagnozowanie poprawności ustawień oraz wybór odpowiedniej metody parametryzacji układu jest niezbędne dla uzyskania wysokiej jakości regulacji parametrów pracy napędu.

6. Literatura

- [1]. SIMODRIVE 611 universal Function Manual. Siemens, 04/2006.
- [2]. Siemens Direct Drives of higher dynamic performance and precision. Brochure Siemens, 2005.
- [3]. Sieklucki G.: Automatyka napędu. Wyd. AGH Kraków 2009.
- [4]. Lewicki A, Guziński J.: Sterowanie skalarne silnikiem indukcyjnym Politechnika Gdańska 2010.

Autorzy

dr inż. Piotr Błaszczyk,
 dr inż. Sławomir Barański
 Zakład Transportu i Przetwarzania Energii,
 Instytut Elektroenergetyki, Politechnika Łódzka
 email: piotr.blaszczyk@p.lodz.pl,
 slawomir.baranski@p.lodz.pl