

SLUR



SŁUŻBY UTRZYMANIA RUCHU

PROFESJONALNE PISMO DLA BRANŻY UTRZYMANIA RUCHU

6(56)/2015 listopad-grudzień



Superior Clamping and Gripping

SCHUNK 

TEMAT NUMERU: DIAGNOSTYKA

20

KONTROLA STANU
TECHNICZNEGO MASZYN
I URZĄDZEŃ Z NAPĘDEM
HYDRAULICZNYM

26

LICZNIKI ENERGII
ZE ZDALNYM DOSTĘPEM
DO INFORMACJI

54

RYNEK OLEJÓW
DO ZASTOSOWAŃ
PRZEMYSŁOWYCH

PRAKTYCZNE ASPEKTY

zastosowania techniki 87 Hz w sterowaniu napędami elektrycznymi

SPOŚRÓD WIELU TECHNIK DEDYKOWANYCH DO SWOBODNEGO KSZTAŁTOWANIA PARAMETRÓW PRACY ELEKTRYCZNYCH ZESPOŁÓW NAPĘDOWYCH NAJPOPULARNIEJSZA JEST METODA STEROWANIA SKALARNEGO ($U/F=CONST.$), REALIZOWANA NAJCZĘŚCIEJ W ZAKRESIE CZĘSTOTLIWOŚCI $0 \div 50$ HZ. W PRZYPADKACH ZASTOSOWAŃ, W KTÓRYCH KONIECZNE JEST SPEŁNIENIE SZCZEGÓLNEJ GRUPY WYMAGAŃ ODNOŚNIE DO GÓRNEGO ZAKRESU PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ ORAZ OGRANICZENIA GABARYTÓW SILNIKA NAPĘDOWEGO LUB MOTOREDUKTORA, CORAZ CZĘŚCIEJ UŻYWA SIĘ TECHNIKI 87 HZ. W ARTYKULE PRZEDSTAWIONO OGÓLNAJ CHARAKTERYSTYKĘ METODY 87HZ, JEJ WADY ORAZ ZALETY, A TAKŻE WPŁYW NA PARAMETRY KONFIGURACJI ROZWAŻANEGO UKŁADU NAPĘDOWEGO.

TEKST: DR INŻ. MARIUSZ HETMAŃCZYK, CENTRUM SZKOLEŃ INŻYNIERSKICH EMT-SYSTEMS SP. Z O.O.



WPROWADZENIE

Regulacja prędkości obrotowej napędów elektrycznych jest realizowana zgodnie z zależnością:

$$(1) \quad n = 60 \frac{(1-s)f}{p} \left[\frac{obr}{min} \right]$$

gdzie:

p – liczba par biegunów,

s – poślizg,

f – częstotliwość napięcia zasilania Hz.

Zgodnie z zależnością 1. regulacja prędkości obrotowej silnika jest możliwa za pomocą zmiany liczby par biegunów, poślizgu lub częstotliwości napięcia zasilającego silnik. W większości aplikacji przemysłowych rosnące wymagania dotyczące oszczędności energii elektrycznej skłaniają integratorów systemów napędowych do zastosowania metod umożliwiających płynną zmianę parametrów pracy za pomocą przetwornicy częstotliwości.

Przebiegi częstotliwości stanowią popularną grupę urządzeń stosowanych

w wielu aplikacjach napędowych z silnikami prądu przemiennego. Najczęściej stosowane przebiegi częstotliwości należą do grupy z pośrednim obwodem napięcia stałego. Różnorodność odmian oraz dostępnych metod sterowania pozwala na zastosowanie napędów elektrycznych o regulowanych parametrach pracy w większości aplikacji przemysłowych.

Najbardziej efektywnym sposobem zmiany parametrów pracy silnika jest regulacja poprzez zmianę częstotliwości napięcia zasilającego. W takim przypadku zmiana prędkości wirowania pola magnetycznego wpływa bezpośrednio na prędkość obrotową silnika. W celu utrzymania stałej wartości momentu obrotowego silnika konieczna jest proporcjonalna zmiana napięcia zasilającego silnik. Zmiana częstotliwości, w większości przypadków, odbywa się w zakresie $0 \div 50$ Hz. Jednak istnieje możliwość zastosowania szerszego zakresu zmienności częstotliwości (rys. 1).

Sterowanie skalarnie należy do najbardziej popularnej grupy oraz cechuje się prostotą

implementacji w dostępnych na rynku falownikach. Ma jednak wiele wad, które objawiają się:

- ▣ spadkiem mocy silnika wprost proporcjonalnym do zmniejszania częstotliwości (wyrażonej prędkością obrotową rotora silnika),
- ▣ brakiem możliwości precyzyjnej kontroli wartości parametrów w stanach przejściowych silnika m.in. momentu elektromagnetycznego, natężenia prądu lub strumienia magnetycznego (układ sterowania przetwornicy częstotliwości nie oddziałuje w tym przypadku na wzajemne położenie wektorów prądów i strumieni skojarzonych).

Parametry dynamiczne w stanach przejściowych układu silnika klatkowego oraz przetwornicy częstotliwości (z metodą regulacji skalarnej) można porównać do dynamiki samego silnika włączonego bezpośrednio do sieci.

Technika 87 Hz stanowi rozszerzenie metody podstawowej i jest najbardziej

odpowiednia, gdy istnieje konieczność uruchomienia standardowych silników jako jednostek osiągających wysokie prędkości obrotowe.

ZMIANA WARTOŚCI PARAMETRÓW UKŁADU NAPĘDOWEGO ORAZ WYMAGANIA TECHNICZNE STAWIANE SILNIKOM

Specyfika metody 87 Hz wymaga rozważenia kilku istotnych faktów dotyczących zmiany wartości parametrów pracy przetwornicy częstotliwości, silnika oraz reduktora. Nie można pominąć niezbędnych wymagań dotyczących silnika napędowego:

- ▣ wykonanie uzwojeń – oznaczenie uzwojeń na tabliczce znamionowej powinno zawierać oznaczenie zasilania napięciem 230/400 V (występuje w odniesieniu do większości silników o mocy do 5,5 kW),
- ▣ konfiguracja silnika napędowego – uzwojenia silnika napędowego powinny zostać połączone w trójkąt co powoduje pobór większego natężenia prądu (połączenie w gwiazdę wyklucza zastosowanie techniki 87 Hz),
- ▣ konieczność zasilania silnika napięciem 3 x 400 V,
- ▣ konstrukcja silnika – nie można stosować techniki 87 Hz do silników jednobiegowych ze względu na zbyt dużą prędkość obrotową wału (ograniczenie prędkości granicznej łożysk tocznych wirnika).

W wyniku zastosowania techniki 87 Hz zmianom ulegają podstawowe parametry silnika napędowego, w postaci wartości:

- ▣ mocy:

(2)

$$P_{87[Hz]} = 1,73 \cdot P_{zn/50[Hz]} [kW]$$

- ▣ prędkości obrotowej:

(3)

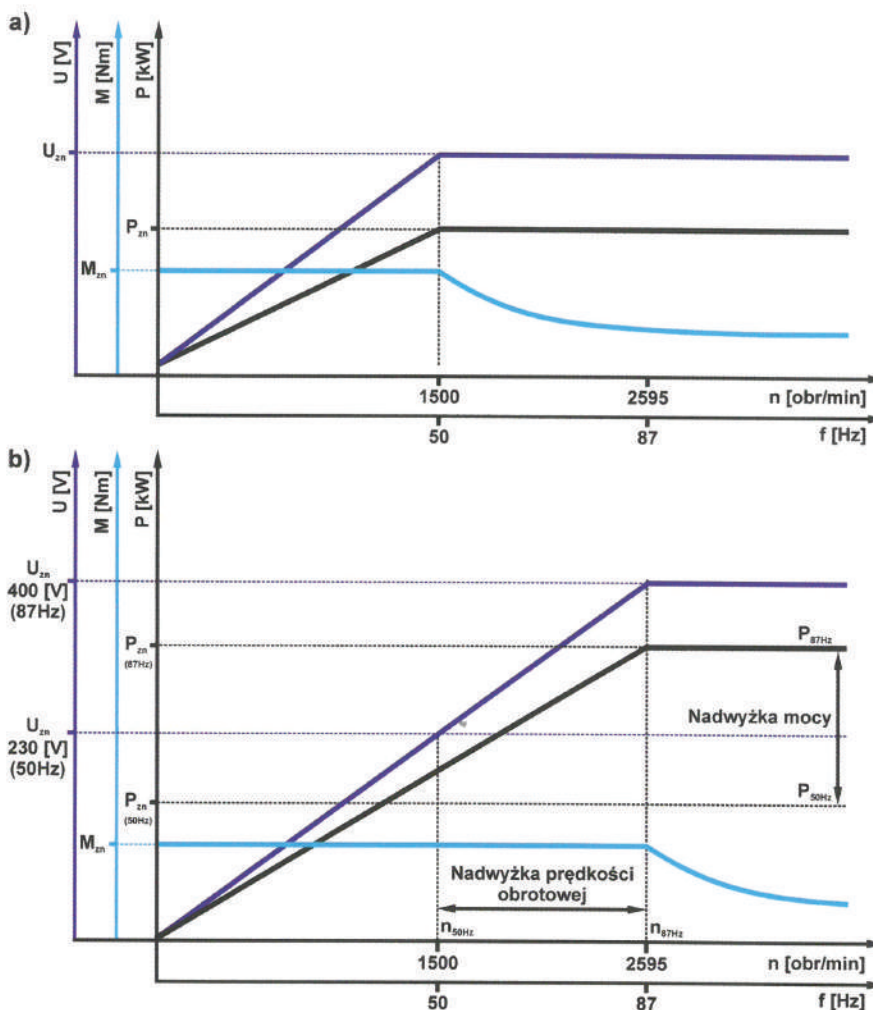
$$n_{87[Hz]} = 1,73 \cdot n_{zn/50[Hz]} \left[\frac{obr}{min} \right]$$

gdzie:

P_{zn} – moc znamionowa silnika odczytana z tabliczki znamionowej kW,

n_{zn} – znamionowa prędkość obrotowa obr/min.

Zwiększając napięcie znamionowe silnika z 230 V do 400 V (połączenie uzwojeń w trójkąt) wymagane jest równoczesne



RYS. 1. Charakterystyki przebiegu mocy P , napięcia U oraz momentu M silnika pracującego w technice:
 a) konwencjonalnego sterowania skalarnego $U/f = \text{const}$. ($f_{\text{max}} = 50$ Hz),
 b) 87 Hz

Zastosowanie techniki 87 Hz w aplikacjach napędowych wymaga rozważenia wad oraz zalet przedstawionej metody. Istotną cechą jest zwiększenie zakresu prędkości obrotowej, mocy przy jednoczesnym zmniejszeniu wymiarów gabarytowych silnika napędowego.

podwyższenie wartości częstotliwości znamionowej w takim samym stosunku, aby utrzymać stały prąd magnesowania i uniknąć załamania się silnika spowodowanego większą stratą mocy w stojanie. Rezultatem jest uzyskanie 1,73 razy więcej energii z tej samej standardowej wielkości silnika. Wzrost mocy silnika wynika ze wzrostu prędkości obrotowej silnika napędowego, przy niezmiennym momencie obciążenia.

Niezmiennym parametrem pozostaje wartość momentu napędowego obliczana z wzorów, w przypadku:

□ silnika $M_{zn,s}$:

(4)

$$M_{zn,s(50/87[Hz])} = \frac{9550 \cdot P_{zn(50/87[Hz])}}{n_{zn(50/87[Hz])}} [Nm]$$

□ motoreduktora $M_{zn,mr}$:

(5)

$$M_{zn,mr(50/87[Hz])} = \frac{9550 \cdot P_{zn(50/87[Hz])}}{n_{zn(50/87[Hz])}} \cdot \eta [Nm]$$

gdzie:

η – sprawność przekładni motoreduktora,
 i – przełożenie przekładni motoreduktora.

W związku ze zwiększeniem natężenia prądu oraz mocy silnika wymagany jest dobór przetwornicy częstotliwości, która spełnia wymagane parametry pracy. Wytyczne producentów elektrycznych urządzeń napędowych zawierają informację o konieczności doboru przetwornicy częstotliwości z wyższego typszeregu (zazwyczaj o jeden lub dwa). Wymaga to doboru falownika nie do wartości mocy silnika, lecz do odpowiedniej rzeczywistej wartości natężenia prądu (jeżeli silnik nie jest w pełni obciążony natężenie prądu może zostać zmierzone w podobnym napędzie pracującym przy pełnej wydajności).

Warto pamiętać o konieczności ustawienia w parametrach przetwornicy częstotliwości odpowiedniej wartości punktu załomu (tj. częstotliwości odpowiadającej osiągnięciu wartości napięcia zasilania sieciowego), odpowiadającego wartości częstotliwości równej 87 Hz.

ZALETY ORAZ WADY TECHNIKI 87 HZ

Podobnie jak inne techniki kontroli parametrów pracy napędów elektrycznych, metoda 87 Hz nie jest pozbawiona cech o charakterze pozytywnym i negatywnym.

Do zalet zastosowania techniki 87 Hz można zaliczyć:

- stałą wartość momentu obrotowego w zakresie częstotliwości 0÷87 Hz (przy zasilaniu 400 V),
- moc wyjściową napędu większą o 73% w stosunku do tradycyjnej techniki sterowania 50 Hz,
- większy zakres prędkości obrotowej w porównaniu z techniką 50 Hz (bez zmian konstrukcyjnych silnika oraz reduktora),
- mniejszy rozmiar silnika oraz hamulca,
- zmniejszenie wartości momentu bezwładności wirnika silnika napędowego oraz momentu bezwładności zredukowanego na wał silnika (dotyczy przypadku motoreduktorów, w których występuje mniejsza wartość przełożenia),
- możliwości eliminacji zastosowania wentylatora zewnętrznego (poprawa warunków chłodzenia),
- wzrost współczynnika sprawności silnika napędowego.

Do wad przedstawionej metody należą:

- spadek dynamiki napędu w przypadku silników o szybkozmiennych parametrach,
- możliwa redukcja prędkości wału wyjściowego reduktora,
- ograniczenia prędkości obrotowej, zwłaszcza w przypadku silników o dużych wymiarach gabarytowych,
- podwyższenie temperatury pracy przekładni,

- zwiększenie sumarycznego poziomu strat układu napędowego (wynikających z podwyższenia strat na prądy wirowe i histerezę oraz strat na wentylatorze silnika),
- głośniejsza praca układu napędowego.

PODSUMOWANIE

Zastosowanie techniki 87 Hz w aplikacjach napędowych wymaga rozważenia wad oraz zalet przedstawionej metody. Istotną cechą jest zwiększenie zakresu prędkości obrotowej, mocy przy jednoczesnym zmniejszeniu wymiarów gabarytowych silnika napędowego. Mniejsze gabaryty są szczególnie ważne w aplikacjach, w których rozważany napęd stanowi element ruchomy, ponieważ obniżenie wartości masy pozwala na jednoczesne zmniejszenie siły lub momentu bezwładności. W przypadku zastosowania techniki 87 Hz należy zwrócić także uwagę na własności termiczne silnika oraz dopuszczalne prędkości napędzanych elementów (m.in. łożysk tocznych silnika, przekładni, napędzanych wałów oraz innych wprawianych w ruch elementów). Do niepodważalnych zalet techniki 87 Hz można zaliczyć m.in. oszczędność energii elektrycznej, dobór optymalnych układów wykonawczych (silników elektrycznych oraz motoreduktorów), zmniejszenie kosztów eksploatacji i obsługi, płynną pracę maszyny z jednoczesną minimalizacją przestojów maszyn. □

LITERATURA

1. Hughes A., Electric Motors and Drives. Fundamentals, Types and Application, Elsevier Linacre House, London, 2006.
2. Acamley P.P., Stepping Motors: A Guide to Modern Theory and Practice, IEE Publishing, London, 2002.
3. Toliyat H. A., Kliman G. B., Handbook of Electric Motors, CRC Press, Boca Raton, 2004.
4. Kosmol J., Serwonapędy obrabiarek sterowanych numerycznie, WNT, Warszawa, 1998.
5. Kalus M., Skoczkowski T., Sterowanie napędami asynchronicznymi i prądu stałego, Wydawnictwo Pracowni Komputerowej Jacka Skalmierskiego, Gliwice 2003.
6. Mężyk A., Analiza i kształtowanie cech dynamicznych napędów elektromechanicznych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
7. Przepiórkowski J., Silniki elektryczne w praktyce elektronika, Wydawnictwo BTC, Warszawa 2007.
8. Ptaszyński L., Przetwornice częstotliwości: budowa, dobór, zastosowanie i eksploatacja, Wydawnictwo Envirotech, Poznań 1996.
9. Świtoński E., Modelowanie mechatronicznych układów napędowych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004.
10. Nawracaj S., SEW o falownikach o prosto i zrozumiale.