

2019

STEROWANIE SILNIKI & NAPĘDY

Wdrażanie systemu **DCS** w zakładzie przemysłowym

Co zrobić, by przejście ze starego systemu automatyki
na nowy odbyło się efektywnie
i bezproblemowo?

- Nowoczesne układy napędowe w przemyśle
- Pomiary rezystancji izolacji silników elektrycznych

Dodatek do:

CONTROL
ENGINEERING

Polska

INŻYNIERIA &
**UTRZYMANIE
RUCHU**

www.controlengineering.pl, www.utrzymanieruchu.pl

Firmy współpracujące:



HF INVERTER®
drive solutions



Cantoni®
GROUP

ifm electronic



SEW
EURODRIVE

**Grupa Cantoni
oferuje silniki elektryczne
i systemy napędowe
od 0,04 kW do 6000 kW**

Cantoni[®]
GROUP

**SILNIKI 3-FAZOWE
INDUKCYJNE KLATKOWE
od 0,04 kW do 2200 kW**



**SILNIKI
PRZECIWWYBUCHOWE
BUDOWY WZMOCNIONEJ
od 0,06 kW do 22 kW**



**SILNIKI 3-FAZOWE
Z WYMUSZONĄ WENTYLACJĄ
od 0,06 kW do 250 kW**



**SILNIKI
OGNIOZCZELNE
od 0,55 kW do 3200 kW**



**SILNIKI HAMULCOWE
od 0,04 kW do 160 kW**



**SILNIKI 3-FAZOWE
WYSOKIEGO NAPIĘCIA
od 160 kW do 6000 kW**



**SILNIKI 1-FAZOWE
INDUKCYJNE KLATKOWE
od 0,04 kW do 2,2 kW**



**SILNIKI NEMA
od 1 HP do 250 HP**



oraz cały zakres hamulców elektromagnetycznych i zwalniaków ...



www.cantonigroup.com

Redakcja

Zespół redakcyjny

Agata Abramczyk
agata.abramczyk@trademedia.pl

Agnieszka Korzeniewska
agnieszka.korzeniewska@utrzymanieruchu.pl

Redaktor merytoryczny

dr inż. Andrzej Ożadowicz

Korekta

Małgorzata Wyrwicz

Reklama

Piotr Wojciechowski
piotr.wojciechowski@trademedia.pl

Beata Kaczmarek
beata.kaczmarek@trademedia.pl

Małgorzata Pałuba
malgorzata.paluba@trademedia.pl

Sales Support Manager

Edyta Sekula
edyta.sekula@trademedia.pl

Marketing & Event Manager

Magdalena Bednarek
magdalena.bednarek@trademedia.pl

Młodszy specjalista ds. marketingu

Aleksandra Fura
aleksandra.fura@trademedia.pl

Prenumerata

Aneta Marciniak
aneta.marciniak@trademedia.pl
prenumerata@controlengineering.pl
prenumerata@utrzymanieruchu.pl

www.controlengineering.pl/prenumerata
www.utrzymanieruchu.pl/prenumerata

DTP

Grzegorz Solecki
grzegorz.solecki@trademedia.pl

Druk i oprawa

ArtDruk Zakład Poligraficzny

Wydawnictwo

Trade Media International

ul. Gintrowskiego 30 lok. 413A
02-697 Warszawa
tel. +48 22 852 44 15
faks +48 22 899 30 23
e-mail: kontakt@trademedia.us
www.trademedia.us



Wydawca

Michael J. Majchrzak
michael.majchrzak@trademedia.pl

Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treść reklam i ogłoszeń oraz nie zwraca materiałów niezamówionych. Redakcja zastrzega sobie prawo do adiacji i skracania tekstów oraz zmiany ich formy graficznej i tytułów.

W trosce o efektywniejszą i tańszą produkcję

Systemy sterowania, silniki oraz napędy to elementy, bez których trudno wyobrazić sobie sprawny przebieg procesów technologicznych w zakładach przemysłowych. W najnowszym numerze specjalnym, przygotowanym wspólnie przez redakcje magazynów *Control Engineering Polska* oraz *Inżynieria i Utrzymanie Ruchu*, poruszamy wiele istotnych zagadnień z tego zakresu tematycznego. A mianowicie na łamach tej publikacji wyjaśniamy, w jaki sposób powinno się odbywać wdrażanie rozproszonego systemu sterowania (DCS) w zakładzie przemysłowym, a także, jak można poradzić sobie z wyzwaniami dotyczącymi prawidłowego doboru silników do napędów.

Jakie korzyści wynikają z używania napędów z przekształtnikami matrycowymi? O czym należy pamiętać, wykonując pomiary rezystancji izolacji silników elektrycznych? Jak przełożenie na redukcję zużycia energii, a tym samym na obniżenie całkowitych kosztów generowanych przez zakład, ma zastosowanie energooszczędnych silników elektrycznych? Odpowiedzi na te oraz inne ważne pytania znajdują Państwo w artykułach zamieszczonych w tym wydaniu, do których lektury serdecznie zachęcamy. Czerpanie bowiem z wiedzy i doświadczenia specjalistów to duży krok w stronę produkcji wydajniejszej i tańszej.

Redakcja

Spis treści

- 2 Wdrażanie systemu DCS w zakładzie przemysłowym
- 8 Nowoczesne układy napędowe w przemyśle
- 14 Dobór silników i napędów – w obliczu wyzwań
- 18 Pomiary rezystancji izolacji silników elektrycznych
- 21 Redukcja wyższych harmonicznych dzięki zastosowaniu napędów z przekształtnikami matrycowymi
- e1 Innowacyjne sterowanie ruchem a projektowanie maszyn
- e4 Podstawy obliczania momentu obrotowego silników krokowych

Spis materiałów reklamowych

ABB	IV okładka
Cantoni Group	II okładka
Elmodis	III okładka
HF Inverter Polska	12, 13
ifm electronic	16, 17
SEW-EURODRIVE Polska	6, 7
Wydawnictwo Trade Media International	20
ZELTECH-ME	11

Wdrażanie systemu DCS w zakładzie przemysłowym

Gdy nadejdzie czas na uruchomienie nowego rozproszonego systemu sterowania (DCS) w zakładzie, co należy uczynić, aby przejście ze starego systemu automatyki na nowy odbyło się jak najlepiej, efektywnie i bezproblemowo?

Brian Batts
Charles Tooth

Większość dyskusji na temat projektów migracji klasycznych przemysłowych systemów sterowania do nowoczesnych rozproszonych systemów sterowania (DCS – *distributed control system*) koncentruje się na wczesnych etapach planowania lub potencjalnie spornych kwestiach wyboru dostawcy nowego systemu. Są to ważne tematy, jednak jeżeli projekt rozwija się w pełni, to na pewnym jego etapie nowy system automatyki zostaje przywieziony do fabryki, oczekując następnie na zainstalowanie i uruchomienie. Zagrożenie dla płynności funkcjonowania tej fabryki podczas całego procesu instalacji, szczególnie podczas przełączenia ze starego systemu automatyki na nowy, jest ogromne. Istnieje możliwość wpływu tego przełączenia na produkcję – pozytywnego lub negatywnego. To właśnie wtedy następuje chwila prawdy i weryfikacji, czy wszystkie założenia projektowe i aplikacyjne były poprawne i przemyślane.

Dobrze zaplanowany projekt powinien mieć szczegółową „mapę drogową” dotyczącą etapów wdrożenia. Jeśli dana firma już współpracuje z integratorem systemów lub dostawcą systemu automatyki, to etapy przełączenia na nowy system powinny być starannie nakreślone i ujęte w harmonogramie. Jeśli nie lub jeśli jeszcze wszystko jest na etapie planowania, to warto spojrzeć na to, co powinno być uwzględnione w procesie przełączenia systemu sterowania na nowy.

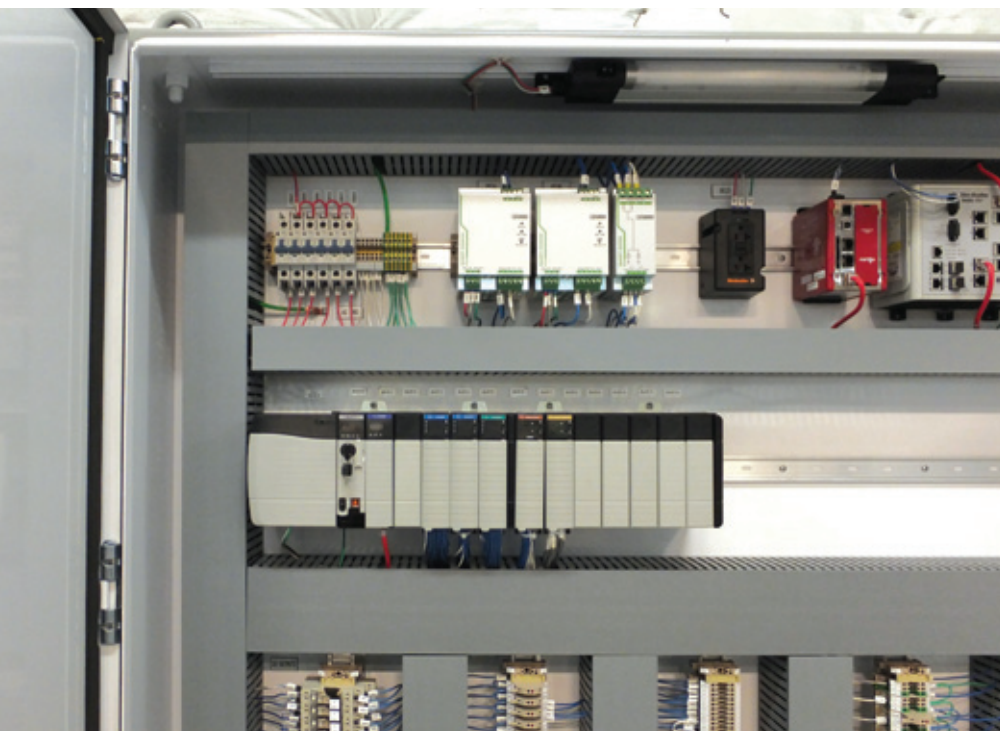
To właśnie procedura przełączenia systemu sterowania na nowy jest tym punktem projektu, w którym części większego, istniejącego już systemu automatyki, przeznaczonego do pozostania na miejscu, zostają przeniesione na nową platformę i z nią powiązane komunikacyjne oraz funkcjonalnie. Elementy te zwykle obejmują oprzyrządowanie obiektowe, zawory, napędy silników i tak dalej, wraz z ich oprzewodowaniem i obsługującymi je sieciami informatycznymi. Komponenty te są sprzęgane z systemem automatyki za pomocą odpowiednich kart wejść/wyjść (I/O), zaś każde połączenie musi być przeniesione ze starej platformy na nową.

Etapy przed dostawą systemu DCS

Przełączenie na nowy system automatyki jest finalnym etapem projektu wdrożenia, tak więc zanim nowy system DCS zostanie dostarczony do fabryki, należy:

- przeanalizować i zaktualizować dokumentację zakładu lub urządzeń,
- sprawdzić, ocenić i naprawić, w razie takiej konieczności, urządzenia obiektowe, ich oprzewodowanie oraz wszystkie oznaczenia.
- wykonać fabryczny test akceptacyjny (FAT – *factory acceptance test*) nowego systemu automatyki, który powinien zakończyć się zatwierdzeniem tego systemu,
- zainstalować i uruchomić infrastrukturę wspierającą nowy system automatyki.

Te cztery punkty są tematycznie dość obszerne, dlatego zdecydowaliśmy się na przeanalizowanie znaczenia i wpływu na projekt każdego indywidualnie:



✓ Weryfikacja lokalizacji i działania urządzeń oraz ich podłączeń do szaf sterowniczych i oznaczeń przewodów to szczególnie istotny etap w przygotowaniu urządzeń obiektowych na podłączenie do nowego rozproszonego systemu sterowania (DCS).

Wystarczy powiedzieć, że do czasu dostarczenia szaf sterowniczych oraz teleinformatycznych do określonego zakładu sprzęt i oprogramowanie automatyki powinny już przejść rozległe testy, wykonane przez dostawcę i zespół projektowy. Jeśli testy przeprowadzono poprawnie, to nie powinno być żadnych niespodzianek, takich jak niewłaściwie dobrane karty We/Wy (I/O) czy uszkodzenia sprzętu.

4 Każda infrastruktura, która jest niezbędna do działania nowego systemu, powinna zostać zainstalowana i uruchomiona do czasu dostawy nowego systemu.

Wszelkie zmiany w sieci zasilającej, ulepszenia w oświetleniu oraz ogrzewaniu, wentylacji i klimatyzacji (HVAC), otwory pod przewody, korytka i rury, a nawet pomalowanie ścian, powinny już zostać wykonane. Elementy te mogą być przeoczone jako mało znaczące, ale w rzeczywistości często okazują się problematyczne, jeśli muszą być wykonane w ostatniej chwili. Wywiercenie dodatkowego otworu w ścianie z pustaków może spowodować powstanie dużej ilości gruboziarnistego pyłu oraz ryzyko uszkodzenia szafy sterowniczej, tak więc wszystkie niezbędne otwory powinny być wykonane przed zainstalowaniem nowego sprzętu.

Po dostarczeniu nowego systemu DCS

Po zainstalowaniu nowych szaf sterowniczych i teleinformatycznych oraz podłączeniu ich do zasilania nadchodzi czas na wykonanie testu akceptacyjnego w miejscu zainstalowania (*site acceptance test* – SAT). Niektóre z tych samych procedur wykonanych podczas testu FAT u dostawcy zostają teraz powtórzone u odbiorcy w celu upewnienia się, że w czasie transportu nie nastąpiły żadne uszkodzenia sprzętu, ale prawdopodobnie są one wykonywane raczej wyrywkowo niż kompleksowo, dla każdego punktu po

1 Należy zweryfikować dokumentację, gdyż może ona zadecydować o losie projektu migracji.

Skuteczne wdrożenie nowego systemu sterowania zależy w znacznej mierze od identyfikacji i ustalenia szczegółowego, kompletnego i dokładnego obrazu systemu istniejącego w danym zakładzie przemysłowym. Jeżeli system DCS jest wymieniany, oznacza to, że zakład musiał przejść przez wiele zmian i różnych modernizacji od czasu zainstalowania starszego systemu automatyki. Jeśli dokumentacja nie odzwierciedla wszystkich tych zmian, to na wielu etapach projektu migracji pojawią się problemy. Jeśli po wcześniejszych etapach projektu pozostają jakieś luki, to z pewnością pojawią się one podczas przełączania na nowy system, gdy stanie się konieczne odnalezienie indywidualnych połączeń, jednego po drugim, oraz bezproblemowe dokonanie zmian w połączeniach.

Podczas realizacji projektu jego dokumentacja powinna być analizowana szczegółowo. Obejmuje to:

- schematy orurowania i oprzyrządowania (schematy OO, P&ID),
- schematy pętli sterowania aparaturą i oprzyrządowaniem (*loop sheet*),
- rysunki szaf sterowniczych,

- rysunki sterowni,
- listy kabli, przewodów oraz korytek i rur.

Jeżeli dany zakład wynajmuje integratora systemów lub korzysta z pomocy innej firmy zewnętrznej podczas przełączenia na nowy system, to sprawą kluczową jest, aby kierownik projektu wykonał audyt dokumentacji na pewnym poziomie. Poziom szczegółowości będzie się zmieniał stosownie do sytuacji, jednak wiele zależy od dokumentacji, tak więc jej dokładność nie powinna być uważana za pewnik.

2 Urządzenia obiektowe i ich oprzewodowanie powinny zostać zweryfikowane. Należy sprawdzić, czy:

- wszystkie urządzenia znajdują się w lokalizacjach podanych na schemacie OO,
- ich oprzewodowanie jest zgodne ze schematem,
- przewody są odpowiednio podłączone do szaf sterowniczych i kart We/Wy (I/O) oraz prawidłowo oznaczone (fot.).

3 Test FAT powinien zostać wykonany przed wysyłką nowego systemu od dostawcy do zakładu. To, co dzieje się na tym etapie, zasługuje na osobny artykuł.

kolei. Przeważnie test SAT obejmuje podstawową weryfikację sprzętu i oprogramowania.

Osoby, które będą zaangażowane w proces przełączenia systemu sterowania na nowy, powinny się upewnić, że karty We/Wy (I/O) znajdują się we właściwych położeniach, połączenia sieciowe i tak dalej działają. Technicy wyposażeni w mierniki będą musieli poświęcić czas na sprawdzenie podłączeń i komunikacji, zanim proces przełączenia się rozpocznie.

Przełączenie na nowy system: na zimno czy na gorąco

Istnieją dwa podstawowe podejścia do przełączenia systemu automatyki w zakładzie na nowy: na zimno (*cold cutover*) i na gorąco (*hot cutover*). Przełączenie na zimno jest realizowane po wyłączeniu wszystkich maszyn i urządzeń. Stary system zostaje odłączony, zaś wszystkie urządzenia obiektowe oraz inne komponenty zostają następnie podłączone do nowego systemu i przetestowane podczas przerwy w pracy fabryki. Gdy proces produkcji zostaje wznowiony, bazuje już całkowicie na nowej platformie automatyki.

Przełączenie na gorąco to procedura aplikacji i uruchomienia nowej platformy automatyki realizowana w czasie, gdy stara infrastruktura systemowa cały czas jeszcze działa. Obydwa systemy muszą pracować jednocześnie i być skoordynowane, tak więc wykonują te same funkcje sterowania. Podczas tego procesu technicy metodycznie przenoszą kolejno każde urządzenie i pętlę sterowania na nową platformę, stąd istnieje potrzeba skoordynowanego działania równoległego. Jeśli przełączenie zostanie zrealizowane poprawnie, to zakład nie doświadczy żadnej straty na produkcji.

Opisy te brzmią jak dość jasne opcje wyboru, jednak jak się one sprawdzają w realnym świecie? Dlaczego firma wybiera jedną zamiast drugiej? Przeważnie przełączenie na zimno będzie lepszym wyborem, jednak naturalnie istnieją do tej procedury pewne zastrzeżenia.

Po pierwsze firma przemysłowa musi być gotowa na tolerowanie dłuższego przestoju na produkcji i powinna go zaplanować w odpowiednim terminie lub przełączenie na nowy system musi być tak zaplanowane, aby zbiegło się z przestojem i tak już zaplanowanym, np.

w harmonogramie serwisowym. Oznacza to, że wszystkie elementy muszą zbiec się w wyznaczonym czasie. Przy dobrym planowaniu jest to z pewnością możliwe, jednak mało jest firm gotowych na nieokreślony przedział czasowy przestoju. Ponieważ każdy przestój ma termin rozpoczęcia oraz konkretny termin zakończenia, terminy te nie mogą być przeoczone, bo wówczas mogą wyniknąć poważne problemy. Straty produkcji wynikające z wyłączenia oraz ponownego uruchomienia maszyn i urządzeń powinny zostać uwzględnione w większych planach i obliczeniach finansowych.

Ponieważ procedury przełączenia na zimno muszą być zakończone w jakimś wyznaczonym terminie, cechuje je zwykle duża intensywność pod względem wykorzystywanych zasobów ludzkich. Większość firm korzysta przy nich z zasobów zewnętrznych, co generuje istotną pozycję w kosztorysie. Po pierwsze: jak zysk z jednego dnia produkcji porównuje się z kosztem wynajęcia dodatkowych ludzi w celu zrealizowania projektu? Po drugie: o ile dni wcześniej zakończy się realizacja projektu dzięki wynajęciu dodatkowych zasobów? Te rodzaje i kategorie twardych obliczeń finansowych muszą się znaleźć w ewaluacji projektu.

Niektóre firmy wolą przełączanie na gorąco

Gdy proces produkcji/technologiczny nie może być łatwo przerwany lub gdy popyt na wyroby danej fabryki jest duży, co sprawia, że koszty przestojów w produkcji są zbyt wysokie do zaakceptowania, dobrym rozwiązaniem jest przełączenie systemów sterowania na gorąco, ponieważ sama produkcja nie jest przerywana. Nowy system DCS zostaje podłączony i uruchomiony, będąc połączonym ze starym systemem automatyki, tak więc obydwa mogą pracować równolegle, wykonując jednocześnie te same polecenia. Następnie technicy przenoszą urządzenia i obsługiwane przez nie pętle sterowania ze starego systemu do nowego, podczas gdy obydwa systemy współdzielą zadania związane ze sterowaniem. W tym czasie dane urządzenie jest odłączone w celu przeniesienia na nową platformę automatyki i sterowania, dlatego operatorzy i obsługa przestają go widzieć. W efekcie każda funkcja, która zależy od tego urzą-

dzenia, musi być obsługiwana ręcznie. Jest to trudne z różnych powodów.

Po pierwsze, technicy muszą dokładnie wiedzieć, co się dzieje. Podłączenie konkretnego urządzenia powinno być prawidłowo zidentyfikowane. Następnie należy odłączyć przewody, zamontować nowe wtyki i podłączyć do prawidłowych gniazd nowych kart We/Wy (I/O). W przypadkach, gdy istnieją szafy sterownicze, strona DCS złączy może być rozłączona i nowy kabel wielożyłowy podłączony do karty We/Wy nowego systemu DCS.

Gdy proces produkcji/technologiczny nie może być łatwo przerwany lub gdy popyt na wyroby danej fabryki jest duży, co sprawia, że koszty przestojów w produkcji są zbyt duże, dobrym rozwiązaniem jest przełączenie systemów sterowania na gorąco, ponieważ sama produkcja nie jest przerywana.

W takich sytuacjach dokumentacja odgrywa nadzwyczaj ważną rolę. Technicy trzymający odłączony kabel nie chcą się znaleźć w sytuacji, gdy stwierdzą, że miejsce jego podłączenia do nowych złączy nie jest tym, o jakim myśleli. Istnieją różne sposoby dokonania takiego ruchu, zależnie od instalacji. W łatwych sytuacjach można to bardzo szybko zrealizować w szafie sterowniczej. Natomiast w sytuacjach bardzo trudnych może się okazać konieczne wyciągnięcie kabla z jednej szafy i ułożenie go tak, aby można było podłączyć go do nowej szafy.

Po drugie, technicy muszą dokładnie zaplanować porządek swoich działań związanych z przenoszeniem systemów. Wymaga to od nich gruntownej znajomości różnych urządzeń i pętli sterowania oraz ich wzajemnego oddziaływania z realizowanym procesem. I znów doku-

mentacja odgrywa tu główną rolę. Szczegółowe schematy układów sterowania, zgodne ze standardem Międzynarodowego Stowarzyszenia Automatyki (*International Society of Automation – ISA*), mogą ułatwić wykonanie podłączeń przewodów i kabli sterowniczych do nowego systemu, jednak wybór wymaga wiedzy fachowej ze strony planistów zaangażowanych w wykonanie końcowych podłączeń. Nie można tego wykonać w sposób przypadkowy albo w pośpiechu.

Po trzecie, w czasie przenoszenia kabla sterowniczego danego urządzenia obiektowego na nową platformę system DCS oraz sterowania tracą kontakt z tym urządzeniem i w systemie nie są dostępne otrzymywane z niego dane. Brak danych z czujnika poziomu cieczy w dużym zbiorniku może być prawdopodobnie tolerowany przez kilka minut, ponieważ poziom ten nie będzie się szybko zmieniał. To samo można powiedzieć w przypadku wielu przyrządów obiektowych w aplikacjach monitoringu.

Sytuacja staje się bardziej złożona w przypadku urządzeń działających jako końcowe elementy systemu sterowania, realizujących funkcje w czasie rzeczywistym. Jeżeli proces technologiczny jest stabilny i ma tendencję do przebiegania w stanie ustalonym, to firma może chcieć spróbować przełączenia na gorąco. Jeśli system DCS stale dokonuje korekt sygnałów dla elementów wykonawczych, to może się okazać konieczne wykorzystanie operatora, który będzie siedział obok odłączonego urządzenia i przekazywał do sterowni przez krótkofalówkę odpowiednie informacje typu: „Otwórz zawór nieco więcej...”, „za dużo. Z powrotem około połowę...”.

Po czwarte, gdy proces nie może być wyłączony całkowicie, to możliwe jest, że sterowanie ręczne przez operatorów i techników może spowodować wyprodukowanie wyrobu o parametrach poza specyfikacją. Naturalnie prawdopodobieństwo wystąpienia takiego przypadku i jego skutków zależy od sytuacji, ale użytkownicy nie powinni zakładać, że sterowanie ręcznie nie wpłynie na produkcję.

Są to rozważania podane ku przestrodze, jednak istnieją ważne pozytywne aspekty na korzyść przełączania na gorąco, poza nieprzerwywaniem pracy fabryki. Ponieważ nie musi się to zdarzyć podczas wyłączenia, sporządzenie harmo-

nogramu jest znacznie łatwiejsze. Presja czasowa na wykonanie przełączenia także może być mniejsza, sprawiając, że będą potrzebne mniejsze zasoby, niż w przypadku przełączenia na zimno. Mniejsza grupa techników może wykonać podłączenia przewodów i kabli do nowych złączy według sekwencji logicznej, chociaż ci pracownicy muszą posiadać wysokie umiejętności ze względu na to, że wszelkie błędy popełnione podczas przełączenia na gorąco mogą mieć poważne konsekwencje.

Przełączenie hybrydowe: zrównoważenie czynników ryzyka

Często ostatecznym czynnikiem decydującym o wyborze metody przełączenia systemów automatyki – na zimno czy na gorąco – staje się ryzyko w wielu formach, takich jak:

- ryzyko niezrealizowania celów produkcyjnych, ponieważ przestój musi być przedłużony, gdy przełączenie na zimno trwa dłużej, niż oczekiwano;
- w przypadku przełączenia na gorąco ryzyko wypadku będącego zagrożeniem dla bezpieczeństwa w fabryce realizującej niebezpieczne procesy technologiczne, w czasie gdy sterowanie musi być realizowane ręcznie;
- ryzyko wyprodukowania wyrobu o parametrach niezgodnych ze specyfikacją w czasie przełączania na gorąco, jeśli sterowanie procesem technologicznym/produkcji zostaje częściowo utracone.

Na szczęście decyzja o wyborze metody przełączania – na zimno czy na gorąco – niekoniecznie musi być w postaci: albo ta, albo tamta. Wiele fabryk wybiera przełączenie na zimno z powodów opisanych powyżej. Gdy niektórzy integratorzy systemów współpracują z klientami, to dokonuje się właśnie takiego wyboru, chyba że zespół ds. migracji systemów chce przełączenia na gorąco. Niektórzy klienci bardzo chcą rzeczywistego przełączenia na gorąco, ale jest ich stosunkowo mało.

Wiele firm optuje za projektem hybrydowym: większość kluczowych pętli i funkcji sterowania zostaje przeniesionych na nową platformę automatyki podczas krótkiego przestoju, natomiast mniej kluczowe pętle i funkcje monitoringu mogą być przeniesione na gorąco. To podejście wymaga jednak okresowego

zatrzymania produkcji, tak więc dla niektórych firm nie jest praktyczne. Jednak większość fabryk przemysłu procesowego może zaplanować zatrzymanie produkcji w kontekście projektu tej wielkości.

Naturalnie wymaga to precyzyjnego planowania i posiadania lub dostępności elastycznych zasobów. Wszystkie kluczowe funkcje muszą być zbadane, zidentyfikowane i ujęte w harmonogramie przełączenia w najbardziej odpowiednim porządku. Właściwi ludzie muszą być gotowi do działania w momencie wyłączenia produkcji, aby zapewnić, że wszystko może być przeniesione na nową platformę w wyznaczonym czasie.

Przełączenie hybrydowe oferuje najlepsze z obydwu metod podejście w wielu sytuacjach, ograniczając zagrożenia związane z przełączeniem na gorąco, zmniejszając koszty i zasoby niezbędne dla realizacji przełączenia na zimno. Współpraca z właściwym partnerem przy projekcie może sprawić, że ten typ hybrydowego przełączenia zostanie zrealizowany bez przeszkód i zostaną wykorzystane wszystkie jego zalety.

Dostępność wystarczającej liczby ludzi posiadających odpowiednie umiejętności, w momencie gdy zajdzie potrzeba wykonania intensywnych prac podczas przełączania systemów, musi być zrównoważone mniejszymi zasobami ludzkimi, wykonującymi prace przygotowawcze i dalsze. Niewiele firm posiada własne zasoby ludzkie, które są na tyle elastyczne, że mogą zminimalizować czas przestoju oraz utrzymać rozpęd podczas dalszych prac. Zmienić to może skorzystanie z usług skutecznej firmy partnerskiej z branży automatyki.

Brian Batts jest dyrektorem ds. konsultingu i rozwiązań w firmie Maverick Technologies, należącej do firmy Rockwell Automation.

Charles Toth jest menedżerem ds. rozwoju biznesu w firmie Maverick Technologies.



Online

Więcej artykułów na temat rozproszonych systemów sterowania, w tym m.in. migracji systemów DCS, znajdą Państwo na naszej stronie internetowej:

www.controlengineering.pl

Wyznaczamy trendy, tworzymy fabryki przyszłości

Firma SEW-Eurodrive, światowy producent techniki napędowej i rozwiązań automatyzacji produkcji, zrealizowała modernizację linii produkcyjnej w fabryce Audi w Brukseli.



Fot. 1. Unikalne rozwiązanie w branży: dwutorowa kolejka podwieszana (EHB) z redundantnym napędem podnoszenia

inne dane do tzw. Segment-Controllera, który z kolei komunikuje się z nadrzędnym sterownikiem (PLC).

Całe rozwiązanie – MAXOLUTION® – zostało opracowane przez ekspertów techniki napędowej z SEW-Eurodrive, którzy wspólnie z firmą LogSystems zaprojektowali i uruchomili system.

Dodatkowym wyzwaniem, ze względu na warunki przestrzenne, było wykonanie elektrycznej kolejki podwieszanej EHB w wersji dwutorowej. Zupełnie inne długości szyn w zakręcie i wynikająca z tego geometria układu wymusiły zastosowanie dwóch różnych napędów, sprzężonych ze sobą za pomocą funkcji dyferencjału elektronicznego.

Od wielu lat jako decentralny falownik mechatyzmu jazdy w rozwiązaniach MAXOLUTION® dla przemysłu samochodowego stosuje się urządzenia serii MOVIFIT® o stopniu ochrony IP54. Dla linii produkcyjnej modelu e-tron eksperci SEW-Eurodrive jako napęd jazdy zastosowali silnik mechatroniczny DRC, którego sercem jest serwowymotor synchroniczny wyposażony w magnesy trwałe. W przeciwieństwie do typowego silnika asynchronicznego nie ma konieczności indukowania pola magnetycznego. Silniki te są wykonane w klasie sprawności IE4, co czyni całą instalację wysoce energooszczędną.

Decentralne falowniki MOVIPRO® mają moduły znane z falowników MOVIDRIVE®. System jest skalowalny i korzysta z elektroniki zaprojektowanej przez SEW-Eurodrive, zapewniając w ten sposób wysoki poziom dostępności zarówno w kwestiach technicznych, jak i w logistyce zakupowej. Jak twierdzą eksperci SEW-Eurodrive, system modułowy umożliwia także elastyczną i kompaktową zabudowę w jednostkach mobilnych (EHB, Skillet). W przypadku awarii istnieje

Cel

- Modernizacja linii produkcyjnej w fabryce Audi dostosowanej do produkcji elektrycznego modelu e-tron.
- Stworzenie elastycznej i ergonomicznej linii produkcyjnej o wysokim standardzie bezpieczeństwa i bez sztywno określonych czasów taktu produkcyjnego.

Wyzwanie

Utrzymanie bieżącej produkcji Audi A1 wraz z równoczesną modernizacją linii montażowych oraz wdrożeniem nowego modelu e-tron wyposażonego w silnik elektryczny.

Ze względu na większą masę i wymiary modelu e-tron oraz stosunkowo niski budynek fabryki nie było możliwe wykonanie, zazwyczaj stosowanej, elektrycznej kolejki podwieszanej EHB w wersji jednotorowej. Konieczne było zastosowanie kompaktowej kolejki dwutorowej EHB o zwartej budowie.

Zastosowane rozwiązanie

Produkcja elektrycznego modelu Audi e-tron realizowana jest obecnie na zmodernizowanej linii produkcyjnej wyposażonej w urządzenia transportowe z własnymi, inteligentnymi systemami sterowania połączonymi w sieć.

Podstawową ideą produkcji w fabryce Audi w Brukseli było odejście od zamkniętych w sztywnych ramach czasowych taktów, tak by ruch montowanego samochodu był płynny, bez cyklicznych zatrzymań oraz charakterystycznego terkotania łańcuchów. Zawieszki kolejki podwieszanej poruszają się zależnie od potrzeb – raz szybko, raz wolno. Są jednak zawsze zsynchronizowane ze stołami podnoszonymi oraz poruszającymi się w posadzce skiletami – specjalnymi platformami transportowymi. Dzięki zastosowaniu takich rozwiązań udało się odejść od sztywno zadanego czasu taktu produkcyjnego. Każdy skillet i każda zawieszka zna dokładnie swoją pozycję i wysyła dane o swojej lokalizacji oraz

Źródło: SEW-Eurodrive



Źródło: SEW-Eurodrive

Fot. 2. Produkcja pojazdów o różnych wymiarach w okresie przejściowym – dwutorowa elektryczna kolejka podwieszana z kompaktowym Audi A1 na linii.



Źródło: SEW-Eurodrive

Fot. 3. Kolejka podwieszana z mechatronycznym silnikiem DRC oraz sterownikiem bezpieczeństwa Movisafe HM31B.

możliwość wymiany samych modułów, w których zdiagnozowano zakłócenia. – Wszystkie urządzenia i najważniejsze cechy procesu mogą być zamodelowane w oprogramowaniu symulacyjnym oraz instalacyjnym MOVIVISION®, a także już na tym etapie sparаметryzowane. Wygenerowane w ten sposób pliki instalacyjne i symulacyjne udostępniane są integratorowi systemu sterowania przed rzeczywistym uruchomieniem w zakładzie w celu przeprowadzenia testów interfejsów i funkcji. Gwarantuje to bezpieczną i szybką fazę rozruchu produkcji – wyjaśnia Dieter Stenkamp.

Wyjątkową cechą elastycznego montażu jest brak stałych zderzaków pomiędzy zawieszkami kolejki podwieszanej. Minimalny dopuszczalny odstęp pomiędzy zawieszkami kontroluje teraz funkcja bezpieczeństwa Maxolution Safe Distance Monitoring SDM.

Oprogramowanie MOVIVISION® steruje prędkością każdej z zawieszek kolejki podwieszanej, niezależnie z prędkością pomiędzy 1 a 70 metrów na minutę. SEW-Eurodrive gwarantuje zakres nastaw prędkości 1:2000 (sic!). Jest to możliwe właśnie dzięki silnikowi mechatronicznemu DRC, który umożliwia tak szeroką regulację prędkości bez straty momentu obrotowego. To sprawia, że na odcinkach linii produkcyjnej, gdzie pracują operatorzy, zachowuje on prędkość nieprzekraczającą 15 metrów na minutę. Funkcja bezpieczeństwa SDM umożliwia wykorzystanie zakrętów jako obszarów pracy dla operatorów.

Osiągnięte korzyści

Innowacyjne rozwiązanie, zastosowane na rynku po raz pierwszy, które umożliwia przejazd kolejki EHB po zakręcie przy jednoczes-

nym prowadzeniu prac montażowych. Zapewniona jest większa elastyczność rozmieszczania stanowisk pracy dla operatorów, praca jest bardziej ergonomiczna, a cały układ dużo bardziej cichy niż poprzednia wersja z napędem łańcuchowym.

Zastosowanie dwutorowej kolejki (przystosowanej do większego, cięższego modelu e-tron) umożliwiło realizację projektu przy ograniczonych warunkach przestrzennych hali.

Wykorzystano wszystkie możliwości, jakie daje symulacja oraz uruchomienie wirtualne – dzięki temu możliwa była minimalizacja czasu realizacji projektu do czterech tygodni, zmniejszenie rzeczywistych nakładów oraz realizacja modernizacji linii montażowej przy jednoczesnym utrzymaniu bieżącej produkcji Audi A1.



Źródło: SEW-Eurodrive

Fot. 4. Sterownik MOVIPRO® i skrzynka rozdzielcza elektrycznej kolejki podwieszanej linii montażu deski rozdzielczej

Case study
Automated by
SEW EURODRIVE

SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o.
ul. Techniczna 5, 92-518 Łódź
tel. +48 42 293 00 00
sew@sew-eurodrive.pl
www.sew-eurodrive.pl



Nowoczesne układy napędowe w przemyśle

Stale rośnie w przemyśle zapotrzebowanie na napędy energooszczędne i do zastosowań związanych z systemami automatyki. Tymczasem nowe technologie dla przemysłu są obecnie coraz częściej zgodne z koncepcją Przemysłu 4.0.

Bohdan Szafrński

Silniki elektryczne napędzają różne procesy przemysłowe, takie jak wytwarzanie sprężonego powietrza, pompowanie wody, wentylacja, obróbka mechaniczna oraz przetwarzanie materiałów i produktów.

W raporcie dotyczącym rynku silników przemysłowych na świecie, opublikowanym przez Mordor Intelligence,

oszacowano jego wartość w 2017 r. na 76,14 mld dolarów. Zgodnie z przedstawionymi prognozami ma on osiągnąć do 2023 r. wartość 105,27 mld dolarów przy zakładanym przeciętnym rocznym wzroście w latach 2018–2023 na poziomie 5,44%. Jak podano, najwięcej zamówień na nowe silniki przemysłowe będzie pochodzić z branży wydobywczej i przetwórstwa ropy naftowej, spożywczej i energetycznej z Ameryki Północnej oraz Azji. Dzięki postępowi technologicznemu i wdrażaniu w niektórych krajach polityk rządowych, takich jak standardy minimalnej wydajności energetycznej (MEPS), powstały energooszczędne systemy silnikowe, które zwiększyły udział w rynku silników przemysłowych.



Zdjęcie: SEW-Eurodrive

Według ONZ systemy silników elektrycznych odpowiadają obecnie za 60% zużycia energii elektrycznej w przemyśle. Jak informują autorzy raportu, szacuje się, że silniki elektryczne odpowiadają za ok. 29% globalnego i 69% przemysłowego zużycia energii elektrycznej, a koszty energii wynoszą ok. 362 mld dolarów rocznie. Z tego powodu ogromne znaczenie ma aktywne wspieranie rozwoju i upowszechnienie silników energooszczędnych.

Wykorzystując dostępne obecnie technologie, producenci mogą dostarczać energooszczędne silniki elektryczne, pozwalające na efektywne obniżenie kosztów o 20–30%. Oczekuje się, że potencjał ten zmniejszy zużycie energii elektrycznej o 3–5 EJ (eksadźul: 10^{18}), a także obniży emisję dwutlenku węgla o 770–1100 Mt, oszczędzając w ten sposób 72–108 mld dolarów rocznie dla przemysłu.

Jeśli chodzi o rodzaje silników, to według analityków Mordor Intelligence silniki prądu przemiennego (AC) będą miały największy udział w rynku. Zyskały one na znaczeniu w różnych gałęziach przemysłu ze względu na takie właściwości, jak generowanie znacznego momentu obrotowego, współczynnik mocy, kontrola prędkości i brak potrzeby wykorzystania komutatora, bezobsługowość i przystępne ceny.

Eksperti zwracają uwagę, że europejski sektor produkcyjny i przemysłowy jest jednym z najbardziej zaawansowanych technicznie i innowacyjnych gałęzi przemysłu na świecie. Dodatkowo polityka Unii Europejskiej wspiera działania w kierunku zmniejszenia zanieczyszczenia środowiska naturalnego i obniżenia zużycia energii do 2020 r. o 20%.

Rynek

Wśród głównych graczy na światowym rynku napędów wymienia się takie firmy, jak: General Electric, ABB, Rockwell Automation, Siemens, AMETEK, Arc Systems, Johnson Electric, Emerson Electric, Toshiba, Nidec Motor, Maxon Motor, Franklin Electric, Baldor Electric, Fuji Electric, ATB Austria Antriebstechnik i MENZEL Elektromotoren.

W układach napędowych wykorzystywanych w przemyśle duże znaczenie mają systemy sterowania, takie jak GA700 firmy YASKAWA. Jest to falownik, który, jak podaje firma, może być zastosowany do wielu zadań – od prostego transportu, pras itp. do złożonych systemów z napędami podłączonymi do sieci lub tam, gdzie wymagane są wyższe poziomy bezpieczeństwa. Może sterować silnikami indukcyjnymi z magnesami stałymi oraz silnikiem synchronicznym reluktancyjnym bez konieczności tuningu. W systemie można rozszerzać funkcjonalności, ma on też szeroki zakres obsługiwanych mocy – do 630 kW. Sterowanie jest wektorowe, a konfiguracja możliwa również poprzez aplikację mobilną DriveWizard na smartfony i tablety. W ofercie firmy Siemens znajduje się cała gama produktów z serii SINAMICS oraz MICROMASTER, co daje możliwość elastycznej konfiguracji układów napędowych do najróżniejszych zastosowań. Dostępne są interfejsy komunikacyjne, począwszy od starszego Profibus po nowoczesny Profinet, co pozwala

na integrację z nadrzędnymi systemami sterowania i wizualizacji (*Totally Integrated Automation* – TIA). Przykładowo seria napędów SINAMICS S jest przeznaczona do zaawansowanych aplikacji maszynowych i procesowych wymagających sterowania ruchem. Portfolio pokrywa zakres mocy od 0,12 kW do 5700 kW. Są oferowane w wielu wersjach i wielkościach.

Trendy rynkowe

Obecnie, przy rosnących kosztach energii, użytkownicy szukają efektywnych i praktycznych sposobów na obniżenie jej zużycia. Odpowiedzią na tego typu zapotrzebowanie jest np. instalacja napędów o zmiennej częstotliwości.

Jeśli chodzi o główne trendy na rynku napędów, serwonapędów oraz silników krokowych, to w badaniu przeprowadzonym przez magazyn *Control Engineering Polska* w 2017 r. 87% respondentów informowało, że wykorzystuje lub planuje zastosować napędy regulowane w ciągu roku od badania, 46% informowało, że wykorzystuje lub w tym samym czasie planuje zastosować serwonapędy albo silniki krokowe, a 22% respondentów używa lub planuje zastosować napędy średniego napięcia. Przy okazji warto zauważyć, że wśród najważniejszych parametrów technicznych branych pod uwagę przy wyborze napędu wymieniano: odporność na częste załączanie/wyłączanie napędu (78%), dokładność pozycjonowania – dla serwonapędów i silników krokowych (93%), dokładną regulację momentu i prędkości – dla napędów średniego napięcia (88%).

Jeśli chodzi o silniki o średniej i dużej mocy, to obecnie w zakładach przemysłowych najczęściej korzysta się z indukcyjnych silników trójfazowych (wielofazowych). W większości są to silniki klatkowe. Zwłaszcza tam, gdzie są to kluczowe układy napędowe o dużej mocy, stosuje się wysokonapięciowe silniki klatkowe. Wynika to z dobrego stosunku ich ceny do niezawodności. Podkreśla się prostą konstrukcję oraz we współczesnych rozwiązaniach łatwe kształtowanie dowolnych charakterystyk zewnętrznych silnika, co pozwala wykorzystać je w napędach, w których dotychczas stosowano silniki prądu stałego.

W celu ograniczenia prądu rozruchowego (3,5–8-krotności prądu pracy) obec-

nie stosuje się układy energoelektroniczne typu softstart lub falownikowe. Jednak coraz częściej efektywność energetyczną stawia się na pierwszym miejscu, a koszt samego napędu z perspektywy wielu lat eksploatacji traci tu na znaczeniu.

Opląca się także zastosowanie silników energooszczędnych poniżej 0,75 kW, jak informuje firma SEW-Eurodrive. Od początku 2018 r. oferuje ona silniki trójfazowe serii DRN w klasie IE3 również o mocy poniżej 0,75 kW. Od 1 stycznia 2017 r. w Unii Europejskiej, w Szwajcarii oraz Turcji wszystkie nowe 2-, 4- lub 6-biegunowe silniki asynchroniczne o mocy nominalnej 7,5 kW lub wyższej muszą spełniać ustawowe wytyczne w zakresie klasy energooszczędności IE3. Dla tego zakresu mocy silniki asynchroniczne nie mogą być wprowadzane do obrotu w przypadku, gdy ich wydajność energetyczna nie spełnia norm. Planowane są jednak nowe rozporządzenia dotyczące efektywności energetycznej, które dotyczą również silników asynchronicznych o mocy znamionowej poniżej 0,75 kW. SEW-Eurodrive już dziś oferuje takie modele w klasie energooszczędności IE3 o mocy od 0,09 kW do 0,55 kW. Dzięki temu zapewnione jest bezpieczeństwo inwestycji. Nowe silniki IE3 są też zgodne ze wszystkimi globalnymi standardami technicznymi i normami, w tym IEC 60034, NEMA MG1, UL 1004-1, CSA C22.2-100, ABNT 17094-1 oraz GB 12350 (CCC). Już teraz, jak informuje firma, spełniają wymagania przyszłych wytycznych w zakresie oszczędności energetycznej, dotyczących Europy, Indii, Brazylii, USA, Kanady, Chin oraz innych krajów. Silniki mają też możliwość podłączenia opcji dodatkowych, takich jak hamulec BEO3 czy wbudowany enkoder EI7C od rozmiaru 63 (instalacja enkodera nie ma wpływu na długość urządzenia). Dostępne są standardowo w stopniu ochrony IP54, natomiast opcjonalnie od IP55 do IP66.

Coraz większym zainteresowaniem cieszą się silniki synchroniczne z magnesami trwałymi. Postęp w technologiach materiałowych, zwłaszcza dotyczących magnesów trwałych, pozwala na konstruowanie silników napędowych o sprawności większej niż energooszczędnych silników indukcyjnych. Oczekuje się też, by wyposażone w nie napędy były przystosowane do zmiennego obciążenia i zachowywały

w takich warunkach stałą sprawność. Poszukiwane są też rozwiązania zwiększające niezawodność, np. przez upraszczanie konstrukcji.

W październiku 2017 r. Dolnośląska Fabryka Maszyn Elektrycznych (DFME) otrzymała wyróżnienie Dolnośląskiego Gryfa za skuteczne zrealizowanie innowacyjnego w skali światowej projektu dotyczącego silnika synchronicznego dużej mocy z magnesami trwałymi o rozruchu bezpośrednim. Jak podaje firma, dzięki zastosowaniu silnika uzyskuje się oszczędności, które wynikają ze zmniejszenia zużycia energii elektrycznej (o ok. 20%) oraz ze względu na wyeliminowanie lub ograniczenie konieczności bieżącej obsługi silnika, w tym kosztów części zamiennych. Silnik ma zabezpieczenia przed uszkodzeniem nawet podczas pracy w warunkach wysokiej wilgotności powietrza i wysokiego zapylenia.

W opinii specjalistów jest obecnie wiele zastosowań dla silników synchronicznych z magnesami trwałymi lub generatorów synchronicznych z magnesami trwałymi. Silniki z magnesami trwałymi o rozruchu bezpośrednim typu LSPMSM (*Line-Start Permanent Magnet Synchronous Motor*) wykonuje np. firma EMIT (Grupa Cantoni). W ofercie ABB znajduje się rodzina silników z magnesami trwałymi, która rozszerza efektywny zakres prędkości dostępny dla przemysłowych napędów na zakres od 100 do 850 obr./min. Pozwala to na eliminowanie urządzeń służących redukcji prędkości obrotowej. Silniki te są przeznaczone do zasilania wyłącznie poprzez przetwornicę częstotliwości i umożliwiają precyzyjne sterowanie prędkością nawet bez użycia urządzeń sprzężenia zwrotnego – zaprojektowane zostały jako konstrukcje synchroniczne, pozbawione poślizgu. Jak podaje producent, konstrukcja nawiązuje do standardowych projektów silników indukcyjnych i np. może zastąpić tradycyjny silnik klatkowy wraz z przetwornicą częstotliwości i przekładnią, silnik niskoprędkościowy, zazwyczaj 10-, 16-biegunowy zasilany przez przetwornicę częstotliwości lub sterowany silnik prądu stałego z przekładnią.

Jeśli chodzi o silniki serwowymechanizmowe AC, to w ofercie Siemens są to np. silniki synchroniczne 1FT6 i 1FK7 z magnesami trwałymi, przeznaczone do współpracy z falownikami. Ich zastoso-

wanie to: roboty, manipulatory, napędy posuwowe precyzyjnych obrabiarek CNC, precyzyjne maszyny produkcyjne itp.

Firma WObit rekomenduje do serwonapędów napędy firmy Kinco, której jest przedstawicielem w Polsce. To bezszczotkowe silniki synchroniczne prądu przemiennego z magnesami trwałymi zamontowanymi na wirniku. Napędy mają wysoką sprawność, która pozostaje stała w dużym zakresie obciążenia i mogą osiągać duże przyspieszenie kątowe wirnika. Jak podaje firma, dla silników z magnesami trwałymi właściwa jest szybka reakcja na polecenia układu sterowania, wynikająca ze stosunkowo małego momentu bezwładności. Firma WObit implementuje te silniki m.in. w modułach liniowych własnej produkcji. Jest to siedem serii silników serwo o rozmiarach kołnierza od 40 do 180 mm. Zakres znamionowego momentu obrotowego wynosi od 0,64 Nm do 28 Nm. Wszystkie mają wbudowany enkoder inkrementalny o rozdzielczości 2500 imp./obr., a dostępna moc silnika, w zależności od serii, wynosi od 200 W do 4,4 kW.

Przemysł 4.0

Koncepcja czwartej rewolucji przemysłowej polega m.in. na połączeniu systemów fizycznych oraz rozwiązań Przemysłowego Internetu Rzeczy (IIoT) w spójny komunikujący się system.

Klienci oczekują od producentów elastyczności, a producenci dążą do jak najlepszego wykorzystania posiadanych zasobów i jak najwyższej wydajności. Podstawą jest pełna automatyzacja na wszystkich etapach produkcji. Ważna jest zarówno łączność maszyny z maszyną, jak i człowieka z maszyną. Proces digitalizacji produkcji musi też objąć wszystkie wykorzystywane układy napędowe.

Możliwą odpowiedzią na takie potrzeby jest wyposażanie silników w sensory przekazujące informacje do nadrzędnych inteligentnych systemów. Przykładem takiego rozwiązania jest ABB Ability™ Smart Sensor. Czujnik montowany jest na kadłubie silnika indukcyjnego niskiego napięcia bez potrzeby okablowania czy wprowadzania zmian mechanicznych. Przesyła dane bezprzewodowo do serwera w chmurze obliczeniowej. Zwrot nie użytkownik otrzymuje, np. poprzez aplikację zainstalowaną w smartfonie,

informacje o pracy i stanie silnika. Czujnik wykonuje pomiary drgań, temperatury oraz innych parametrów. Dzięki wykorzystaniu bazy wiedzy zgromadzonej w systemie można wyeliminować nieplanowane przestoje, identyfikować elementy systemu o niskiej efektywności i wydłużyć żywotność silników.

W informacji przygotowanej przez firmę Bosch Rexroth zwraca się uwagę, że systemy automatyki i obsługi muszą stawiać się coraz bardziej elastyczne – aż do poziomu napędu. Dlatego firma poszerza możliwości komunikacji napędów IndraDrive z kolejnymi interfejsami czasu rzeczywistego i enkodera. Technologia Open Core Interface for Drives oferuje obecnie więcej możliwości integracji napędów w ramach automatyzacji infrastruktury IT. Jak podano, koncepcje Przemysłu 4.0 zakładają decentralizację analizy danych oraz wysoki stopień łączności elementów procesu automatyzacji we wszystkich kierunkach. Dlatego napędy IndraDrive komunikują się z każdym środowiskiem.

Nowością jest integracja cyfrowego interfejsu ACURO@link oraz interfejsu BiSS. Otwartość protokołu Acuro-Link oraz łatwość integracji to kluczowe zalety tego rozwiązania wpisujące się w koncepcję technologii jednoprzewodowej, dzięki której zmniejsza się liczba przewodów, zapotrzebowanie przestrzeni oraz masa wyposażenia w maszynie.

Warto zaznaczyć, że standard BiSS to rozwiązanie typu open source, zaprojektowane pod kątem zwiększenia dynamiki.

Znajduje on zastosowanie w sektorze wysokich technologii, takich jak symulacja lotu, w przemyśle półprzewodników, w systemach montażu precyzyjnego w branży mikroelektronicznej, a także w inżynierii medycznej. Napędy IndraDrive komunikują się również między sobą – umożliwia to system logiki ruchu IndraMotion MLD.

Podsumowanie

Przemysł na całym świecie wchodzi na kolejny poziom rozwoju, w którym wszędzie tam, gdzie aplikacja ma dostęp do sieci Internet, pozwala użytkownikom monitorować i zdalnie sterować zadaniami, począwszy od pojedynczej instalacji do całej floty maszyn. Obserwowany jest stały postęp w konstrukcjach napędów, np. w maju 2017 r. poinformowano, że firma Yaskawa Electric opracowała pierwszy na świecie silnik serwo z wbudowanym wzmacniaczem, który jest wyposażony w półprzewodniki mocy GaN, jako najnowszy dodatek do serwonapędów AC jej serii Σ (Sigma) -7. Następuje też szybki rozwój technologii IIoT i jej praktyczne zastosowanie w zakładach produkcyjnych.

Z drugiej strony nadal w wielu zakładach przemysłowych wykorzystywanych jest wiele starszych napędów i silników. Użytkownicy muszą odpowiedzieć sobie na pytanie, czy je modernizować, remontować lub wymieniać. W przygotowanym w ramach programu PEMP (Polski Program Efektywnego Wykorzystania Ener-

gii w Napędach Elektrycznych) opracowaniu „Remontować czy wymieniać silniki elektryczne dużej mocy” stwierdzono, że w wyniku remontu (wymiany uzwojeń) współczynnik sprawności silnika w zależności od technologii remontu ulega zwykle obniżeniu od 1% do 3%, a w silnikach wielokrotnie remontowanych może nawet dochodzić do 5%. Z tego wynika, że eksploatacja silników o średniej i dużej mocy, starszych niż 20-letnie lub remontowanych więcej niż dwa razy, jest nieefektywna ekonomicznie. Obecnie, przy stale rosnących kosztach energii, postępie technologicznym i rozwijającej się koncepcji Przemysłu 4.0 tym bardziej warto stawiać na nowoczesne i energooszczędne rozwiązania.

Bohdan Szafrński jest od początku lat 90. związany z branżą informatyczną. Ukończył studia podyplomowe z zakresu informatyki i telekomunikacji na Politechnice Warszawskiej. Zajmował się zagadnieniami normalizacyjnymi w Polskim Komitecie Normalizacyjnym. Publicysta, dziennikarz. Obecnie publikuje m.in. w prasie specjalistycznej skierowanej do odbiorców z branży automatyki przemysłowej.



Online

Więcej artykułów na temat układów napędowych w przemyśle znajdą Państwo na naszej stronie internetowej: www.utrzymanieruchu.pl

Producent komutatorów

Produkujemy komutatory do przetwornic PTA, LTA oraz do silników LDs.

Wykonujemy komutatory na indywidualne zamówienie w granicach parametrów technicznych:

- średnica bieżni 50 ÷ 950 mm
- średnica kołnierza do 950 mm
- średnica piór do 1600 mm
- długość miedzi 15 ÷ 600 mm
- Dopuszczalna prędkość obr.
- znamionowa: 3000 obr/min
- maksymalna: 6500 obr/min



Remonty silników elektrycznych

Zajmujemy się naprawami następujących silników:

- silniki indukcyjne 3-faz. jedno i wiele biegowe
- silniki budowy specjalnej
- silniki prądu stałego i prądu przemiennego
- prądnice prądu stałego i przemiennego wzbudnice, amplidyny itp.



Usługowe zwojenie pakietów

Producent głowic pierścieni ślizgowych

Głowice pierścieni ślizgowych wykonujemy na indywidualne zamówienie w granicach parametrów technicznych:

- pierścienie z brązu o średnicy: 100 ÷ 350 mm
- pierścienie stalowe o średnicy: 200 ÷ 850 mm
- długość głowicy pierścieni: 60 ÷ 300 mm





Fot. 1. Przebiegniki częstotliwości E-800 oraz E-2000

Główne produkty to napędy ogólnego przeznaczenia – przebiegniki częstotliwości, softstartery, napędy małych mocy i motoreduktory.

Przebiegniki częstotliwości EURA Drives

W naszej ofercie znajdują się przebiegniki częstotliwości marki EURA Drives Electric znanych serii E-800 i E-2000. Oferujemy również przetwornice częstotliwości w zakresie mocy od 0,25 kW do 315 kW zarówno ze sterowaniem U/f, jak i wektorowym beczujnikowym i w pętli zamkniętej. Nasza oferta zawiera również napędy dla techniki zdecentralizowanej w obudowie IP66. Są to przetwornice częstotliwości EP-66 oraz EM-30, które można zabudować bezpośrednio na silniku elektrycznym.

Softstartery

Ofertę napędów uzupełniają softstartery ogólnego zastosowania serii HFR-1000. Zwartą obudowę, komunikację RS-485 protokołem Modbus, kontrola napięcia i prądu w trzech fazach pozwalają na zastosowanie softstarterów w zaawansowanych aplikacjach w przemyśle maszynowym. Zakres mocy od 15 kW do 315 kW, rozruch zboczem napięcia, zboczem prądu oraz rozruch udarowy pozwalają na użycie tej serii softstarterów w większości aplikacji, gdzie konieczny jest łagodny start i zatrzymanie silnika elektrycznego.

Reduktory i motoreduktory

Naszym głównym produktem w ofercie przekładni są przekładnie hipoidalne THF.

HF Inverter Polska – technika napędowa

Mariusz Snowacki

Firma HF Inverter Polska od początku swojej działalności gospodarczej (od 2006 roku) jest rozwijana w oparciu o trzy wartości: współpraca, pasja i profesjonalizm. W biznesie cenimy przejrzyste zasady współpracy oraz partnerskie kontakty, które zapewniają najwyższy poziom zadowolenia i lojalności naszych klientów. Każdą ich potrzebę traktujemy jako niepowtarzalne wyzwanie, któremu sprostamy dzięki naszej kreatywności, sprawności w działaniu i szerokiej ofercie. Jesteśmy technicznie autentyczni, gdy zaczynamy zajmować się powierzonym zadaniem, wykonujemy je z pełnym zaangażowaniem i pasją. Klient może liczyć na nasze pełne wsparcie techniczne. Klienci cenią naszą obecność w całym procesie tworzenia maszyn – od prac projektowych do serwisu posprzedażowego, od koncepcji sterowania do elementów wykonawczych. Stale poszukujemy nowych rozwiązań, inwestujemy w rozwój naszych produktów i naszą firmę. Wprowadzone systemy obsługi klientów i przyjęta polityka jakości są gwarancją rzetelnej realizacji umów oraz ciągłego wzbogacania oferty w innowacyjne produkty. Z pewnością to ludzie są kluczem do naszego sukcesu, dlatego tak ważny jest szacunek dla klientów, dostawców i pracowników. Dzięki takiemu podejściu HF Inverter Polska cieszy się opinią Firmy Godnej Zaufania. Możemy pochwalić

się wypracowanym przez lata modelem sprzedaży, który umożliwia generowanie coraz lepszych wyników. Wykorzystujemy zalety bezpośredniej pracy zarówno z klientami (rzetelna obsługa i serwis), jak i dostawcami (staranny wybór). Przyjęty ponad dekadę temu nasz model biznesowy sprawdza się doskonale. Na naszą działalność można spojrzeć jak na rozmowę z rynkiem, czasem to my proponujemy nowe rozwiązania, a czasami to rynek stawia swoje wymagania. Zapraszamy do zapoznania się z naszą ofertą produktową.



Fot. 2. Przebiegniki częstotliwości EM-30

Pojawiły się w ofercie HF Inverter Polska w czerwcu 2012 roku. Stanowiło to odpowiedź na potrzeby rynku maszynowego, który poszukiwał alternatywy dla przekładni ślimakowej, która pomimo szeregu korzystnych cech technicznych ma jedną istotną wadę – niską sprawność. Dodatkowo producenci maszyn oczekiwali produktu, który będzie miał wszystkie korzystne cechy techniczne przekładni ślimakowej, zachowując istotne wymiary montażowe przekładni ślimakowych (wznos wału, średnica wału, rozstawy śrub montażowych) i dodatkowo musi się wykazać korzystnym stosunkiem ceny do przenoszonej mocy z wału czynnego na bierny.

Najważniejsze cechy techniczne przekładni hipoidalnych THF:

- **większa obciążalność** niż przekładni stożkowej o takich samych wymiarach, dzięki wydłużeniu czynnej długości zęba (przesunięcie hipoidalne);
- **większy moment wyjściowy** niż w przekładniach ślimakowych o takich samych wymiarach gabarytowych;
- **wysoka cichobieżność** w porównaniu z innymi przekładniami o tych samych przełożeniach (dzięki zębom łukowo-skośnym);
- **równomierność przekazywania momentu obrotowego** (wydłużenie czynnej długości zębów);
- **wysoka sprawność** w stosunku do innych przekładni o tych samych przełożeniach (sprawność 94% dla przekładni dwustopniowych i 92% dla przekładni trójstopniowych);
- **szeroki zakres dostępnych przełożeń** dla jednej wielkości mechanicznej przekładni (od $i = 7,5$ do $i = 300$);
- **moment wyjściowy do 500 Nm**;



Fot. 4. Softstarter HFR-1000

- **korzystne warunki smarowania** łożysk, zębniaka, dzięki przesunięciu hipoidalnemu;
- **korzystny stosunek gabarytów przekładni do przenoszonej mocy**.

Napędy małych mocy ZD-Motor

Pod tą marką dostępna jest technika napędowa z segmentu małych napędów AC/DC, monobloków napędowych, precyzyjnych przekładni planetarnych oraz napędów dedykowanych – wykonanych precyzyjnie z myślą o potrzebach klienta bądź branży. Pod marką ZD Motor Polska montowane są w Polsce małe napędy AC i DC, które w 2012 roku zostały certyfikowane przez Polski Rejestr Statków i uzyskały certyfikat EMC i LVD. W Polsce produkowane są również prototypy konstrukcji na potrzeby klienta, które po przejściu stosownych testów i badań są przekazywane do produkcji w zakładach w Ningbo w Chinach, pod stałym nadzorem ZD Motor Polska.

Napędy dedykowane dostępne są już w produkcji małoseryjnej (od 1000 szt. rocznie). Produkcja takich napędów jest realizowana zarówno na podstawie dokumentacji technicznej dostarczonej przez klienta, jak i stworzonej przez ZD Motor Polska na podstawie danych technicznych dostarczonych przez klienta.

HF Inverter Polska jest oficjalnym dystrybutorem firm:

- **EURA Drives Electric CO., Ltd.** – lidera w zakresie projektowania i produkcji nowoczesnych przemienników częstotliwości, softstarterów i serwonapędów elektrycznych,
- **ZD Motor CO., Ltd.** – jednego z największych producentów napędów małych mocy AC i DC.

Specjaliści pracujący w firmie HF Inverter Polska dzięki swojemu długoletniemu doświadczeniu są w stanie optymalnie dobrać układ napędowy bezawaryjnie pracujący w warunkach procesu technologicznego w dowolnej branży. Zapraszamy.



Fot. 3. Przemenniki częstotliwości EP-66



HF Inverter Polska s.c.
ul. M. Skłodowskiej-Curie 101e
87-100 Toruń, Polska
tel. +48 56 653 99 16
tel. +48 56 623 73 16
fax +48 56 623 73 17
biuro@hfinverter.pl
www.hfinverter.pl

Dobór silników i napędów – w obliczu wyzwań

W praktyce inżynierskiej obsługi aplikacji sterowania ruchem popularnym podejściem jest stosowanie silnika oraz napędu pochodzących od tego samego producenta. Jednak gdy jakiś element aplikacji zawiedzie, wybór odpowiedniego komponentu może nie być już tak prosty. Posiadając wiedzę na temat natury problemu, można podjąć właściwą decyzję dotyczącą dalszych działań.

Chris Moskaites

Dobór silników i napędów nie zawsze jest tak oczywisty, jak można by oczekiwać. Nierzadko zdarza się inżynierom napotykać problemy dotyczące kompatybilności, które mogą negatywnie wpłynąć na czynności planowania lub budżet projektu. W przypadku budowy nowego systemu sterowania ruchem lub przy kapitalnym remoncie już istniejącego większość inżynierów współpracuje z jednym dostawcą silników i napędów. Co jednak w przypadku napraw, modernizacji i doposażania?

Być może jakiś komponent jest przestarzały lub jego trwałość nie odpowiada trwałości maszyny... Poprzez wymianę jednego elementu utrzymanie maszyny nie powinno mieć znaczącego wpływu na wydatki spowodowane przestojem. W zależności od tego, kiedy dana maszyna została zaprojektowana, może zawierać wiele przestarzałych komponentów, które z kolei mogą wymagać rozszerzonego planu modernizacji w celu poprawy ogólnych parametrów pracy maszyny.

Inną możliwą sytuacją jest zastosowanie silnika przewymiarowanego do danej aplikacji, co w przeszłości było często spotykaną praktyką. Możliwe, że często przyczyną takiego postępowania była zasada „coś się zepsuło i musi być naprawione, by ponownie mogło funkcjonować”. By zapewnić odpowiednie połącze-

nie i współpracę napędu i silnika, warto zwrócić uwagę na poniższe zagadnienia:

Moment obrotowy

W przypadku normalnego procesu projektowania systemu od początku należy zacząć od określenia aplikacji i wyboru silnika spełniającego wymagania mechaniczne i posiadającego odpowiednie osiągi. Od tego punktu wybór przekładni i inwertera zależy od silnika. Inwerter określa maksymalny moment obrotowy. Jeżeli silnik może wygenerować większy moment, niż może przenieść inwerter, system będzie przeciążony i prawdopodobnie wystąpi awaria napędu.

Określenie maksymalnego momentu obrotowego jest stosunkowo proste, ale podczas wyboru silnika należy również określić wartość RMS momentu (średnią kwadratową – skuteczną), by uwzględnić zmienną wartość momentu oraz czas, w którym dana wartość momentu i związana z nim energia musi zostać wygenerowana.

Sprężenie zwrotne

W przypadku serwowatorów i silników indukcyjnych należy także mieć pewność, że wybrano napęd, który może współpracować z informacją zwrotną pochodzącą z silnika. Jeżeli silnik pracuje z wysoką prędkością, a inwerter nie jest w stanie pracować z tak wysoką częstotliwością, żaden z komponentów nie będzie w stanie wykonywać powierzonej mu pracy.

Okablowanie silników i napędów

Jeżeli zastosowano silnik i napęd od różnych producentów, wówczas problema-

tyczna może się okazać nawet tak prosta kwestia, jak okablowanie łączące te dwa podzespoły. Przewody można kupić u producenta silnika/napędu, lecz mogą one nie być zgodne ze standardami przesyłu sygnałów, łączenia urządzeń lub mogą być niezgodne z liczbą faz, którymi zasilane jest urządzenie. Również ułożenie samych złączy może być różne.

Nie zawsze jest jasne, czy awaria wystąpiła na skutek błędu w okablowaniu. W przypadku silnika indukcyjnego błąd w podłączeniu przewodów będzie skutkować prawdopodobnie jedynie odwrótnymi obrotami. Jednak w przypadku serwomotoru fazy muszą być podłączone prawidłowo, ponieważ w przeciwnym wypadku system sterowania ruchem nie będzie działał. Może również wystąpić trwałe uszkodzenie przewodów, jeśli źle podłączono przewody odpowiadające za sygnał zwrotny (sprężenia zwrotnego).

Programowanie i konwertowanie sygnałów

Ustawienie inwertera może być proste. Dla popularnych rozwiązań z silnikami indukcyjnymi bądź liniowymi zwykle stosuje się sterowanie prędkościowe, ale jego ustawienie może być wyzwaniem. Im bardziej skomplikowana, dynamiczna i mocniejsza aplikacja, tym trudniej zapewnić to, że wszystkie podzespoły silnika i napędu będą ze sobą współpracować.

W przypadku otwartego sterowania wektorowego niezbędne są dodatkowe charakterystyki silnika, takie jak jego rezystancja. Niestandardowe typy silników mogą mieć swoje własne wymagania. Nawet silniki indukcyjne, pracujące w systemie z zamkniętą pętlą i sterowaniem wektorowym, mogą się cechować precyzyjnym pozycjonowaniem dzięki odpowiedniemu oprogramowaniu.

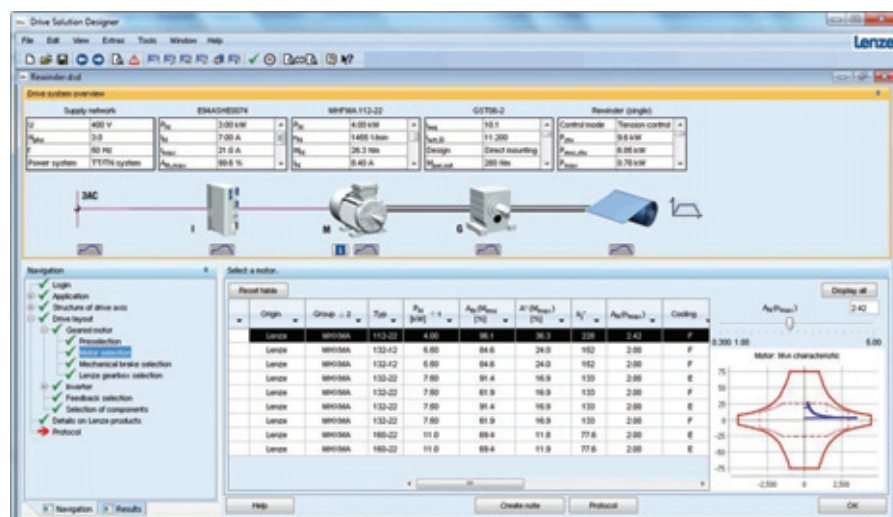
Wiele wyzwań, jedna rozdzielczość

Większość wyzwań stawianych przed inżynierami podczas doboru silników i napędów powstaje, gdy korzystają oni z usług dwóch różnych dostawców. Większość producentów posiada przynajmniej dokumentację na temat kompatybilności swoich komponentów, co sprawia, że trudniej jest dokonać nieprawidłowego wyboru. Istnieją też inne korzyści wynikające ze współpracy z jednym dostawcą.

Są to szybsza realizacja i uproszczenie wszystkich aspektów naprawy lub modernizacji, począwszy od wyboru urządzenia aż po etap konwersji sygnałów.

Niektórzy dostawcy oferują odpowiednie oprogramowanie, które eliminuje problemy niekompatybilności i pomaga

potrzeby wsparcia technicznego. Niezależnie od tego, czy jest to naprawa, unowocześnienie lub przebudowa systemu sterowania ruchem, należy uważnie dobrać silnik i napęd oraz określić cel modernizacji, zanim zapadnie ostateczna decyzja dotycząca tego, gdzie zamówić komponenty.



➤ Wybór rozwiązania DSD: Optymalny wybór bazujący na charakterystyce M-n napędu

optymalizować system dla jednego celu, takiego jak redukcja kosztów lub długoterminowe oszczędności energii. Zaawansowane technologie modelowania systemów dają możliwość porównywania osiągnięć dwóch produktów i wgląd w to, jak będą one działać w danej aplikacji. Zwykle bazują one na wartościach obliczonych, a nie empirycznych. Modele te mogą zapewnić dokładny obraz oparty na tych wartościach.

Jeden dostawca silnika i napędu to większe możliwości każdego komponentu i ich lepsze dopasowanie do aplikacji, automatycznie sprawdzane podczas procesu doboru. Nie ma potrzeby ponownej weryfikacji obliczeń, a proces doboru jest znacząco szybszy.

Uzyskanie pomocy związanej z systemem sterowania ruchem jest również prostsze. Podczas pracy z komponentami od różnych dostawców zawsze istnieje niepewność i ryzyko, że ktoś zacznie pokazywać palcem winnych, jeśli coś pójdzie nie tak. Jedna ekipa serwisowa dla silnika i napędu oznacza, że nikt nie będzie spychał odpowiedzialności na innych w przypadku zaistnienia

Jeśli maszyna ma być zmontowana i działać dalej, zamawianie części od oryginalnego dostawcy silnika lub napędu ma sens, niezależnie od tego, czy pasują one do innych komponentów, czy nie. By zwiększyć wydajność i oszczędzić czas oraz wysiłki, warto odpowiednio dopasować silnik z napędem, wyszukując jednego dostawcę w celu uzyskania najlepszego rezultatu końcowego.

Chris Moskaites jest Product Managerem w firmie Lenze Americas.

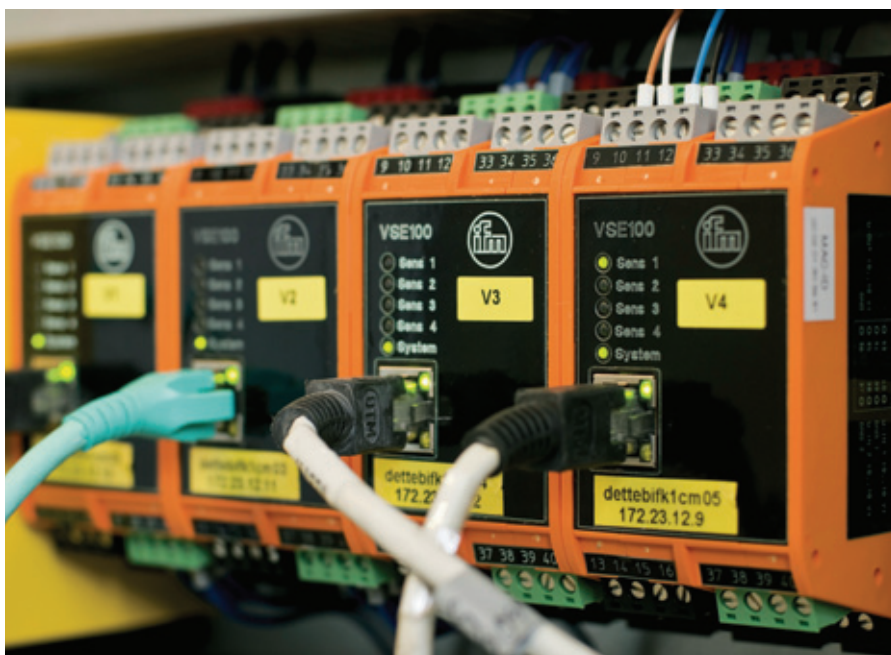


Online

Współczesna oferta rynkowa silników elektrycznych i napędów, szczególnie dla aplikacji przemysłowych, wydaje się nie mieć końca. O tym, w jaki sposób poradzić sobie z tym wyzwaniem, przeczytaj Państwo w artykułach: „Silniki – dobór i wymiarowanie – wyzwania i zasady” oraz „Właściwy dobór napędu”, dostępnych na naszej stronie internetowej: www.controlengineering.pl

Systemy diagnostyki drgań silników i napędów

Dla każdego producenta jednym z priorytetów jest bezawaryjność linii produkcyjnej. Szczególnie narażone na uszkodzenia są maszyny poddawane permanentnym drganiom. W tym przypadku niezbędne jest wdrożenie odpowiedniego systemu monitorowania wibracji.



Piotr Szopiński
kierownik działu technicznego
w ifm electronic Sp. z o.o.

Aby linie produkcyjne funkcjonowały bez jakichkolwiek awarii, a co za tym idzie, przerw i związanych z tym kosztów, konieczna jest bieżąca kontrola parametrów poszczególnych jednostek. Z doświadczeń ekspertów od diagnostyki drganiowej wynika, że ok. 75 proc. problemów z maszyną można zdiagnozować poprzez wibrodiagnostykę. Stąd też aż 75 proc. wszystkich urządzeń sprawdzających stan linii produkcyjnych to te służące do monitorowania wibracji.

– Trudno wymagać od szefów produkcji szczegółowej wiedzy na temat diagnostyki poszczególnych elementów maszyny – mówi Piotr Szopiński, kierownik działu technicznego w ifm electronic Sp. z o.o. – *Dział, którym zarządzają, ma na celu wyprodukowanie danej partii materiału w określonym czasie*

i odpowiedniej jakości, unikając jakichkolwiek przestojów. Obecne systemy informatyczne firmy przy planowaniu produkcji biorą pod uwagę bieżący stan maszyn. Aby dostarczyć im jak najbardziej aktualnych i zgodnych z rzeczywistością danych, niezbędne są systemy monitorujące. Nawet najprostsza maszyna składa się z dużej ilości ruchomych elementów, które są podatne na zużycie. Dlatego tak ważne są systemy do monitorowania wibracji, pozwalające na wykrycie nieprawidłowości w wielu obszarach funkcjonowania urządzeń.

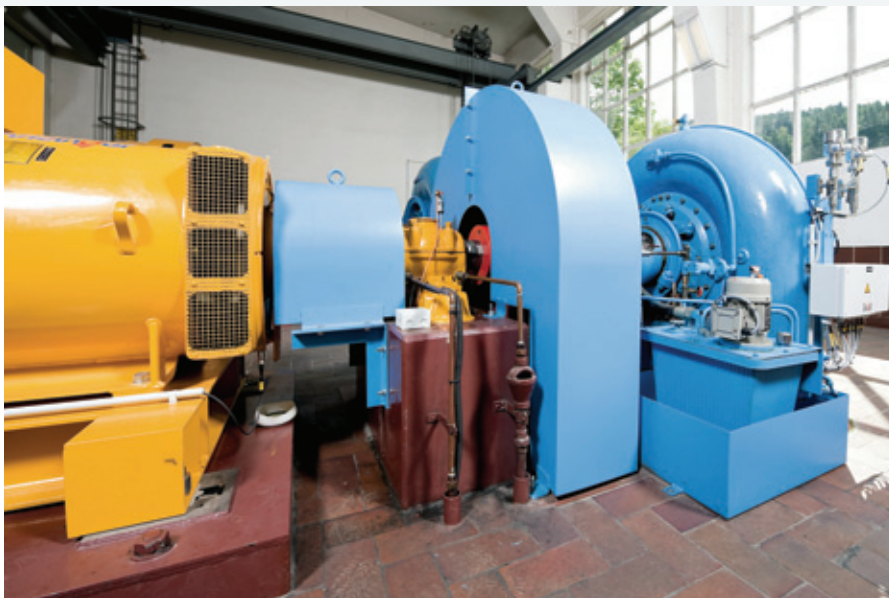
Wszystkie maszyny podczas pracy wpadają w drgania, które mogą stosunkowo szybko przekroczyć dopuszczalny poziom. Dzieje się tak m.in. z powodu niewyważenia, niewspółosiowości lub rezonansów. Może to negatywnie wpłynąć na stan techniczny urządzenia i przyczynić się do jego awarii. Dlatego tak ważne jest jak najszybsze wykrycie powstałych uszkodzeń, co pozwoli również na uniknięcie szkód następnych i związanych z tym

jeszcze większych kosztów. Podstawą prewencyjnego utrzymania ruchu jest więc diagnostyka maszyn. Jej celem jest zwiększenie ich dyspozycyjności przez wczesną detekcję uszkodzeń, a także koordynacja napraw. Kompleksowym narzędziem do monitorowania maszyn w tym zakresie jest efector octavis od ifm electronic – uniwersalny system monitorowania drgań maszyn wirujących w trybie online.

Aby zobrazować monitorowanie stanu maszyn, konieczny jest pomiar wartości krytycznych. Taką rolę pełnią wartości v-RMS i szczytowa wartość przyspieszenia. Jednak do postawienia właściwej diagnozy i rozpoczęcia działań konserwacyjnych często konieczne jest pozyskanie dodatkowych informacji. Niezbędna jest również specjalistyczna wiedza ekspercka. Wykorzystując odpowiednie systemy czujników, można pozyskać dane niezbędne do podjęcia właściwej decyzji na wszystkich poziomach kontroli stanu maszyn.

– W normach przemysłowych jako podstawę oceny stanu maszyny przyjmuje się ogólną prędkość drgań – mówi Piotr Szopiński. – System efector octavis monitoruje pracę urządzeń i kontroluje, czy nie doszło do przekroczenia dopuszczalnego stopnia wibracji. Obejmuje on szereg komponentów, począwszy od prostych czujników mierzących wartość skuteczną drgań, a skończywszy na złożonych systemach przeprowadzających ich zapis, analizę oraz pomiar bezpośrednio na maszynie. Umożliwia także dalsze przetwarzanie zebranych danych w nadrzędnych systemach automatyki w celu optymalizacji procesu produkcyjnego na wyższych poziomach. Najważniejsze jest jednak, że pozwala na wykrywanie nieprawidłowości. Jednym z elementów o największym współczynniku zużycia w napędach są łożyska. Trzeba pamiętać, że łożysko w napędzie to nie bieżnik opony, którego stan możemy określić na podstawie obserwacji. Jest ono szczelnie zamknięte i najczęściej nawet nie słyszymy o problemach aż do momentu, gdy cała maszyna się zatrzyma. Dzięki systemowi octavis jesteśmy na bieżąco informowani o aktualnym jej stanie. Odpowiednio prowadzony monitoring pozwoli 3–4 miesiące wcześniej przewidzieć konieczność wymiany łożysk lub innych komponentów, a co za tym idzie, zapobiec przestojom w firmie.

Najprostszą wersją systemu efector octavis są czujniki drgań VK i VT. Urządzenia te wykonują pomiary wartości skutecznej prędkości



ofertę o możliwość zbierania danych z linii produkcyjnych i takie ich przetwarzanie, aby informacje były przyjazne dla osób obsługujących maszyny. Dodatkowo informacje te jesteśmy w stanie przestać do systemów zarządzania produkcją, w szczególności SAP ERP.

Zastosowanie systemu służącego do monitorowania obracji pozwala na dyspozycyjność maszyn oraz utrzymanie wysokiej jakości procesów produkcyjnych. Nie bez znaczenia jest również możliwość zmniejszenia zapasów części zamiennych, co ma ogromny wpływ na ekonomiczną stronę produkcji.

drgań (RMS) w zakresie od 10 do 1000 Hz, zgodnie z normą ISO 10816. Mierzą też prędkość drgań w obr./min na nieobracającej się powierzchni podzespołu i włączają alarm, jeśli drgania maszyny są zbyt silne. Pozwala to na ogólną ocenę stanu urządzeń, jak również na szybkie wyłączenie ich w przypadku przekroczenia krytycznych wartości. Z kolei nieco bardziej zaawansowaną formę diagnostyki zapewnia czujnik VN. Dzięki niemu możliwe jest stałe wskazywanie i rejestrowanie drgań i wstrząsów. Pozwala to na wykrycie

nieoczekiwanych awarii i zapobiega skróceniu żywotności urządzeń.

– Dodatkowo montujemy także m.in. czujniki przepływu powietrza, ciśnienia, stanu zaworów czy zużycia energii elektrycznej, aby mieć pełen obraz stanu, w jakim znajduje się maszyna – twierdzi Piotr Szopiński. – Każdy przypadek należy traktować indywidualnie i ustalić, czy potrzebny jest ekspert od wibrodiagnostyki, mechanik lub specjalista od procesu. W ostatnich latach wzbogaciliśmy



ifm electronic

ifm electronic Sp. z o.o.
ul. Węglowa 7
40-105 Katowice
tel.: +48 32 705 64 00
e-mail: info.pl@ifm.com



OCTAVIS SYSTEMY DO MONITOROWANIA WIBRACJI



optymalne rozwiązanie
dla wszystkich wymagań

- Monitorowanie drgań
- Monitorowanie stanu
- Ochrona maszyny

- Monitorowanie procesu
- Ustawienia systemu
- Przegląd systemu



ifm electronic sp. z o.o., Węglowa 7, 40-105 Katowice
Globalny producent aparatury automatyki przemysłowej



ifm.com.pl



info@ifm.com.pl



+48 32 70 56 400

Pomiary rezystancji izolacji silników elektrycznych

Chociaż istnieje wiele sposobów oceny stanu izolacji silników elektrycznych, to pomiar rezystancji izolacji (R_i) wciąż pozostaje użytecznym narzędziem, pozwalającym na podjęcie decyzji, czy silnik może być przekazany do eksploatacji, czy powinien być wycofany z użytku.

Mike Howell

Oto sześć wskazówek dotyczących wykonywania testu i opracowywania wyników pomiarów.

1 Rozładowanie uzwojenia silnika ze względu na bezpieczeństwo osoby wykonującej test oraz dokładność pomiarów. Przed wykonaniem pomiarów R_i oraz po ich przeprowadzeniu należy zewrzeć końcówki uzwojeń silnika z uziemieniem. Dobrą regułą jest uziemienie uzwojenia na 15 minut lub na okres równy czterokrotności czasu wykonywania testu, w zależności od tego, która z tych wielkości jest większa.

2 Odpowiednie wykonanie połączenia uzwojeń do pomiarów.

Jeśli to możliwe, należy odizolować i zmierzyć rezystancję uzwojenia każdej fazy osobno, zaś uzwojenia pozostałych dwóch faz uziemić. Umożliwia to pomiar zarówno rezystancji izolacji międzyfazowej, jak i pomiędzy fazą a uziemieniem.

3 Zapisywanie warunków mających znaczenie dla przeprowadzenia testu.

Należy udokumentować temperaturę otoczenia, wilgotność względną, temperatury uzwojeń, czas pomiaru, napięcie probiercze i schemat połączeń pomiarowych.

4 Wykonanie prostej procedury testowej. Testowane uzwojenie trzeba podłączyć na jedną minutę pod odpowiednie napięcie probiercze (tabela 1), a następnie przeli-

Tabela 1. Zalecane wartości napięcia probierczego DC przy pomiarach rezystancji izolacji

Znamionowe napięcie uzwojenia [V]*	Napięcie probiercze przy pomiarach rezystancji izolacji [V]
<100	500
1000–2500	500–1000
2501–5000	1000–2500
5001–12 000	2500–5000
>12 000	5000–10 000

* Znamionowe napięcie międzyfazowe dla maszyn trójfazowych, faza-ziemia dla maszyn jednofazowych oraz znamionowe napięcie stałe dla maszyn prądu stałego lub uzwojeń twornika

czyć otrzymaną wartość R_i w odniesieniu do temperatury 40°C, mnożąc ją przez współczynnik K_T (tabela 2). Większość nowoczesnych izolacji zalicza się do kategorii „izolacja termoutwardzalna”. Natomiast wartości z kolumny „izolacja termoplastyczna” należy wykorzystać, gdy wiadomo, że testowany silnik jest bardzo

stary i ma uzwojenia z izolacją wykonaną z asfaltu, szelaku lub miki.

5 Uwzględnienie czynników, które mogą mieć wpływ na pomiar R_i . Podczas testu należy zwracać uwagę na następujące czynniki:

- zanieczyszczenia powierzchni takimi substancjami, jak oleje, pyły i sole. Mogą one być przewodzące, co spowoduje otrzymanie mniejszych wartości R_i ;
- jeśli temperatura uzwojenia jest mniejsza lub równa punktowi rosy, na powierzchni może gromadzić się wilgoć, która spowoduje otrzymanie niższych wartości R_i . Gdy uzwojenie jest pod innym względem w dobrym stanie, to jego osuszenie rozwiąże problem;
- rezystancja izolacji uzwojenia zmniejsza się przy spadku temperatury uzwojenia, tak więc zaleca się przeliczać wyniki pomiarów na temperaturę odniesienia;
- wartość napięcia probierczego oraz istniejący w uzwojeniach ładunek mogą także wpływać na wynik pomiaru R_i , jednak wybranie właściwego napięcia (tabela 1) i przestrzeganie prawidłowych praktyk uziemiania przed wykonaniem pomiarów powinny wyeliminować ten problem.

Tabela 2. Wartości współczynnika K_T w zależności od temperatury dla izolacji stojana wykonanej z tworzyw termoplastycznych i termoutwardzalnych

Temperatura [°C]	K_T – izolacja z tworzyw termoplastycznych	K_T – izolacja z tworzyw termoutwardzalnych
10	0,125	0,7
20	0,25	0,8
30	0,5	0,9
40	1	1,0
50	2	1,5
60	4	2,3
70	8	3,3
80	16	4,6

Tabela 3. Zalecane minimalne wartości rezystancji izolacji w temperaturze 40°C (wszystkie wartości podane w $M\Omega$)

Minimalna rezystancja izolacji	Opis
$R_{i, 1 \min} = R_{UN} + 1$	Dla większości uzwojeń wyprodukowanych przed ok. 1970 r., wszystkich uzwojeń tworników oraz innych, nieopisanych poniżej
$R_{i, 1 \min} = 100$	Dla większości uzwojeń stojanów i wirników silników prądu stałego, wyprodukowanych po ok. 1970 r. (uzwojeń wykonanych z drutu o przekroju prostokątnym)
$R_{i, 1 \min} = 5$	Dla większości silników z uzwojeniami stojana wykonanymi z drutu o przekroju okrągłym oraz z uzwojeniami wykonanymi z drutu o przekroju prostokątnym na napięcie znamionowe poniżej 1 kV

Uwagi:

- $R_{i, 1 \min}$ jest zalecaną wartością rezystancji izolacji w temperaturze 40°C całego uzwojenia maszyny;
- R_{UN} jest rezystancją odpowiadającą liczbowo znamionowemu napięciu maszyny pomiędzy jej zaciskami, wyrażonemu w kV (wartość skuteczna).

6 Ocena wyników pomiarów.

Wyniki pomiarów należy porównać z zalecanymi wartościami minimalnymi dla skorygowanej rezystancji izolacji (tabela 3). Uzyskanie niższych wartości powinno być przyczyną przeprowadzenia dalszych testów, zanim silnik zostanie oddany do eksploatacji. Niektóre maszyny pracują przy wartościach R_i niższych od podanych. Dlatego warto mieć do dyspozycji dane historyczne.

Mike Howell jest specjalistą ds. wsparcia technicznego w Stowarzyszeniu EASA (Electrical Apparatus Service Association), zrzeszającym firmy zajmujące się sprzedażą i serwisem urządzeń elektromechanicznych.



Online

Pomiar stanu uzwojenia silników elektrycznych powinien być stałym elementem regularnych przeglądów tych urządzeń. Więcej na ten temat przeczytaj Państwo w artykule „Analiza stanu uzwojenia silników elektrycznych”, dostępnym na naszej stronie internetowej:

www.utrzymanieruchu.pl



Świat technologii w zasięgu ręki

Jesteśmy Wydawnictwem specjalizującym się w publikowaniu treści kierowanych do inżynierów związanych z branżą produkcyjną. Za pośrednictwem naszych magazynów zawsze będą Państwo na bieżąco z praktycznymi oraz najnowszymi trendami, które kształtują światowy przemysł.

www.trademedia.us

Redukcja wyższych harmonicznych dzięki zastosowaniu napędów z przekształtnikami matrycowymi

Filtry pasmowo-zaporowe są popularnym rozwiązaniem do ograniczania wyższych harmonicznych w napędach silników elektrycznych, jednak napędy z przekształtnikami matrycowymi mogą przynieść użytkownikowi dodatkowe korzyści w tym zakresie, bez konieczności posiadania sprzętu peryferyjnego i ponoszenia wysokich kosztów.

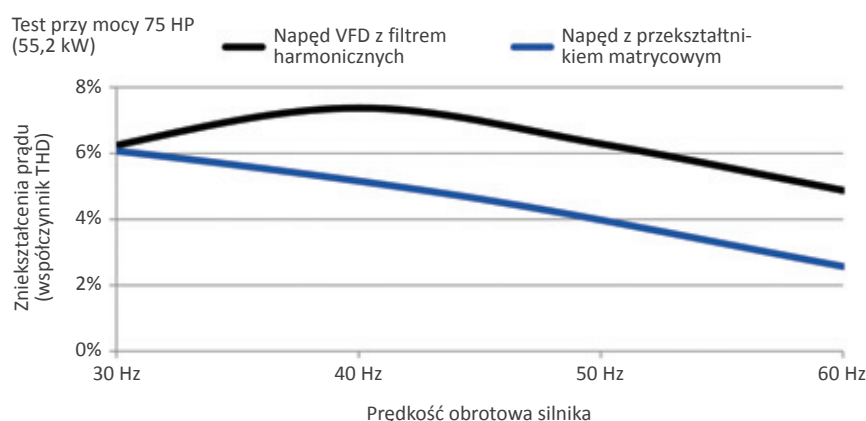
Christopher Jaszczołt

Ze względu na możliwości swobodnej regulacji prędkości obrotowej oraz coraz wyższej sprawności energetycznej napędy o zmiennej częstotliwości (*variable frequency drive* – VFD) są powszechnie używane do sterowania pracą silników elektrycznych. Jednak większość konwencjonalnych napędów VFD to odbiorniki nieliniowe, co wynika z charakteru realizowanego w nich procesu przetwarzania energii. W rezultacie prąd pobierany przez te napędy z sieci zostaje zniekształcony i generowane są w nim wyższe harmoniczne częstotli-

wości. Nadmierna ilość harmonicznych powoduje przegrzewanie się sprzętu elektrycznego przyłączonego do sieci zasilania przed napędem, zmniejszenie współczynnika mocy, zmniejszenie sprawności energetycznej oraz generowanie dodatkowych częstotliwości harmonicznych napięcia, które mogą spowodować problemy ze zgodnością z normą IEEE 519, dotyczącą wymogów w zakresie możliwości występowania harmonicznych oraz praktycznych sposobów ograniczania ich liczby i poziomów.

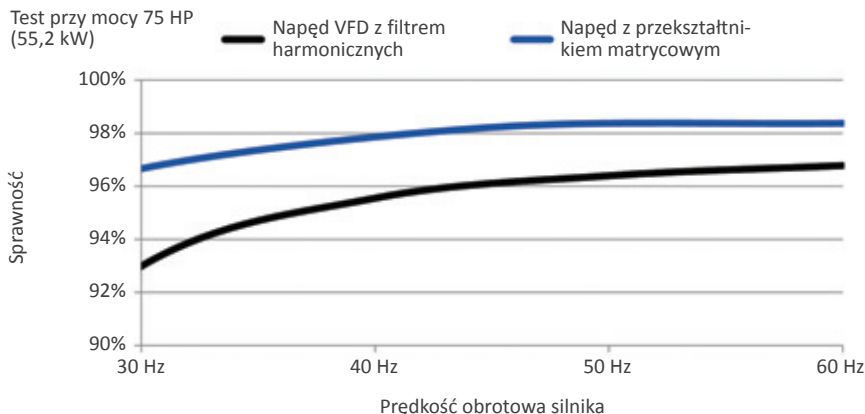
Popularnym rozwiązaniem do ograniczania harmonicznych generowanych przez napędy VFD jest wykorzystywanie wejściowego filtra harmonicznych, określanego także mianem filtra pasmowo-zaporowego („pułapkowego”, *trap filter*). Filtry te wyłapują harmoniczne, aby odizolować sieć zasilającą od nieliniowego prądu pobieranego przez napęd. Takie rozwiązania skutecznie ograniczają harmoniczne, jednak mają swoją cenę. Zawsze, gdy do takiego systemu jest dodawany nowy sprzęt, oznacza to

Zawartość harmonicznych w prądzie wejściowym napędu



➤ Napędy z przekształtnikami matrycowymi zwykle pracują ze współczynnikiem zawartości harmonicznych prądu wejściowego mniejszym od 5%.

Sprawność napędów



➤ Sprawność napędu z przekształtnikiem matrycowym wynosi niemal 98%. Wysoka sprawność takiego napędu jest utrzymywana w całym zakresie roboczym. Filtry harmonicznym, które także utrzymują niską zawartość harmonicznym, wymagają dodatkowego sprzętu i oprzewodowania.

konieczność poniesienia dodatkowych kosztów i przydzielenia dodatkowej przestrzeni, zaś sprawność energetyczna samego systemu spada. Alternatywą dla filtrów pasmowo-zaporowych jest technologia napędów z przekształtnikami matrycowymi, oferująca kompaktowe rozwiązanie techniczne do ograniczania harmonicznym, bez potrzeby instalowania dodatkowego sprzętu peryferyjnego.

Porównanie zawartości harmonicznym w napędach VFD i z przekształtnikami matrycowymi

Niska zawartość harmonicznym w prądzie wejściowym jest jedną z kluczowych zalet wykorzystania technologii przekształtników matrycowych w przetwarzaniu energii elektrycznej. Podczas pracy silnika prąd jest pobierany z sieci przez napęd w sposób naturalny, przy niskim poziomie harmonicznym. Napędy z przekształtnikami matrycowymi zwykle pracują przy współczynniku zawartości harmonicznym prądu wejściowego THD (*total harmonic distortion*) mniejszym od 5%. Wejściowe filtry harmonicznym utrzymują niską zawartość częstotliwości harmonicznym zarówno przy obciążeniu znamionowym, jak i przy niskim. Trzeba podkreślić, że napęd z przekształtnikiem matrycowym utrzymuje mniejszą zawartość harmonicznym niż napęd VFD

wyposażony w filtr pasmowo-zaporowy, w całym zakresie obciążeń.

Porównanie sprawności energetycznej napędów VFD i z przekształtnikami matrycowymi

Napędy z przekształtnikami matrycowymi mają kompaktową budowę i są tak zaprojektowane, aby zawartość harmonicznym w prądzie wejściowym była niska, przy jednocześnie wysokiej sprawności napędu

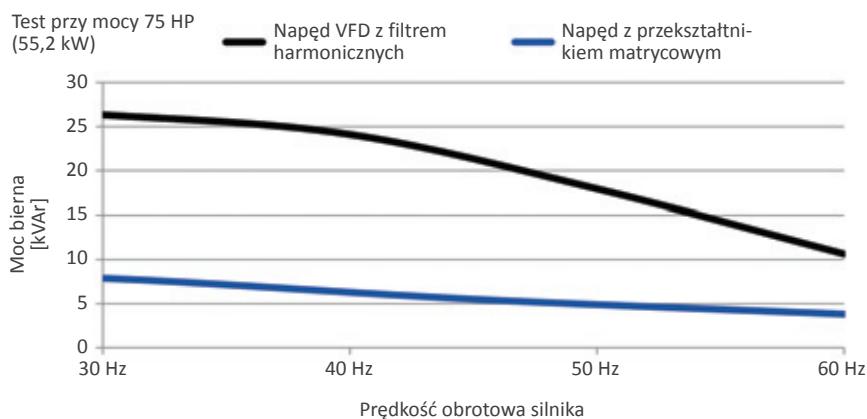
na poziomie niemal 98%. Ich działanie z wysoką sprawnością jest utrzymywane w całym zakresie roboczym. Natomiast, aby utrzymać niską zawartość harmonicznym w przypadku napędów VFD z filtrami pasmowo-zaporowymi, konieczne jest zainstalowanie dodatkowego sprzętu i oprzewodowania. Ponadto taki układ ma mniejszą sprawność, zarówno przy mocy znamionowej, jak i mniejszej, w porównaniu z napędami z przekształtnikami matrycowymi.

Porównanie mocy biernej pobieranej przez napędy VFD i z przekształtnikami matrycowymi

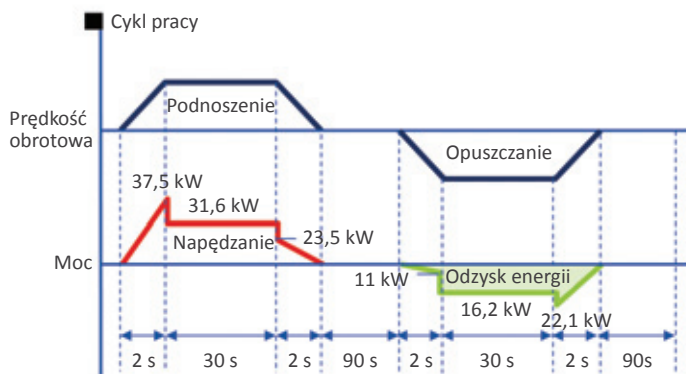
Poza mniejszą sprawnością energetyczną wejściowe filtry harmonicznym wymagają dużych kondensatorów do utrzymania niskiej zawartości harmonicznym w prądzie. Duży kondensator oznacza większe prądy pojemnościowe, które krążą pomiędzy siecią zasilającą a filtrem i generują dodatkowe straty oraz zmniejszają całkowitą sprawność energetyczną systemu.

Napęd z przekształtnikiem matrycowym wyposażony jest w mały filtr wejściowy, który izoluje sieć zasilającą od wyjścia AC napędu oraz konwertuje napięcie generowane przez układ odzysku energii z powrotem na „czystą” sinusoidę, aby zaoszczędzić potencjalnie marnowaną energię. Ponieważ napęd z przekształtnikiem matrycowym naturalnie pobiera

Pobór mocy biernej przez napędy



➤ Konstrukcja napędu z przekształtnikiem matrycowym zawiera mały filtr wejściowy, który izoluje napęd od sieci zasilającej oraz konwertuje napięcie generowane przez układ odzysku energii na czystą sinusoidę, zwracaną następnie do sieci w celu oszczędzania energii.



Roczne zużycie energii
 Poprzednio: 10 150 kWh
 Przy wykorzystaniu napędu z przekształtnikiem matrycowym: 4700 kWh

Redukcja o 5450 kWh

Roczne koszty energii
 Poprzednio: 2030 dolarów
 Przy wykorzystaniu napędu z przekształtnikiem matrycowym: 940 dolarów

Redukcja o 1090 dolarów

Koszty zmniejszone
o 54%
 dzięki oszczędnemu
 użytkowaniu energii

Źródło: Yaskawa America

➤ Wykorzystywanie napędów z przekształtnikiem matrycowym zamiast napędów VFD z filtrami harmonicznymi obniża roczne zużycie energii oraz koszty ogólne firm.

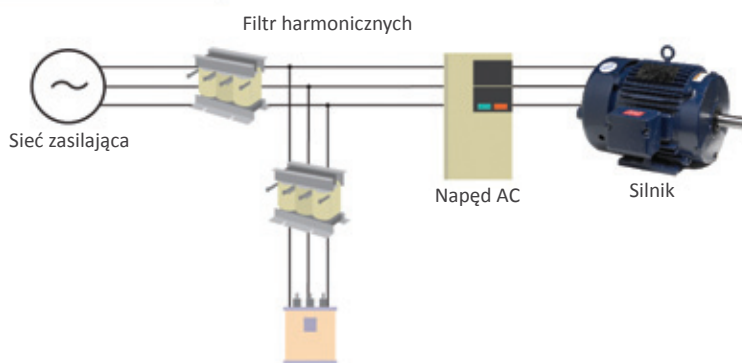
prąd o niskiej zawartości harmonicznym z sieci, gdy steruje pracą silnika, to nie ma potrzeby stosowania filtra pasmowo-zaporowego.

Odzysk energii w napędach z przekształtnikami matrycowymi

Napęd z przekształtnikiem matrycowym wykorzystuje jako dwukierunkowe łączniki tranzystory bipolarnie z izolowaną bramką (*insulated-gate bipolar transistor – IGBT*), które bezpośrednio łączą wejście sieciowe AC z wyjściem mocy AC. Inną ważną zaletą tego selektywnego bezpośredniego połączenia napięcia wejściowego z wyjściowym jest to, że energia regeneracyjna może być automatycznie zwracana do sieci. Gdy ma to miejsce, napięcie jest zwykle kierowane do innych obciążeń tego samego źródła, co oznacza, że z sieci pobierana jest mniejsza energia, a rachunki wystawiane przez zakład energetyczny są niższe.

Wejściowe filtry pasmowo-zaporowe tylko ograniczają harmoniczne prądu wejściowego, nie mają natomiast żadnych możliwości odzysku energii. Aby w układzie z takim filtrem pojawił się odzysk, to trzeba by zainstalować dodatkowe komponenty do rozpraszania lub odzyskiwania energii wytwarzanej przez aplikację. Bez nich prawdopodobnie podczas pracy silnika wystąpiłyby uszkodzenia napędu (wskutek przepięć). Te problemy związane z odzyskiwaną energią są wyeliminowane przy wykorzystaniu technologii napędów z przekształtnikami matrycowymi.

Napęd VFD z filtrem harmonicznym



Napęd z przekształtnikiem matrycowym

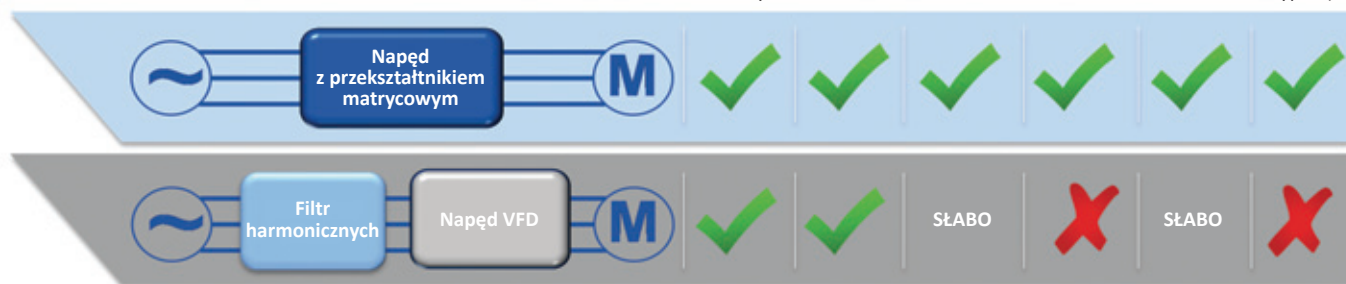


Źródło: Yaskawa America

Złożoność napędów VFD z filtrami

Kompaktowe, uniwersalne napędy z przekształtnikami matrycowymi pozwalają na sterowanie pracą silnika przy jego pełnej mocy, możliwość odzysku energii oraz zachowanie niskiej zawartości harmo-

nicznych z sieci zasilania. Oprzewodowanie tych napędów jest proste – wystarczą 3 przewody po stronie wejściowej i 3 po stronie wyjściowej. Natomiast filtry pasmowo-zaporowe wymagają dodatkowego oprzewodowania dla kilku dodatkowych komponentów, które tworzą te



Źródło: Yaskawa America

- Technologia napędów z przekształtnikami matrycowymi umożliwia naturalny pobór prądu o niskiej zawartości harmonicznych przez napęd, gdy steruje on pracą silnika. Natomiast filtry harmonicznych wymagają kosztów i czasu na ich zainstalowanie.

filtry. Wszystko to musi być zamontowane w obudowie ochronnej lub w większym panelu. Oprzewodowanie i wyposażenie filtra stanowią dodatkowy element w zakresie wymagań dotyczących okablowania napędu oraz jego panelu, który jest niezbędny do sterowania pracą silnika.

Technologia napędów z przekształtnikami matrycowymi pozwala na produkcję kompaktowych i uniwersalnych napędów, które umożliwiają odzysk energii z silników, czyniąc te urządzenia efektywnymi energetycznie napędami regeneracyjnymi.

Praca napędów z przekształtnikami matrycowymi bez wyzwalania zabezpieczeń (bez zakłóceń)

Konstrukcja wejściowego filtra harmonicznych wymaga użycia dużych kondensatorów do utrzymania niskiej zawartości harmonicznych w prądzie. Duży kondensator oznacza większe prądy pojemnościowe i większe zapotrzebowanie na moc pozorną, co zmniejsza sprawność energetyczną i zwiększa koszty operacyjne.

Filtry te działają także jak wzmacniacze napięcia. Gdy napęd nie steruje pracą silnika lub pracuje z niskim obciążeniem, to obwód filtra wejściowego zwiększa napięcie sieciowe, aby zwiększyć napięcie na szynie DC napędu, co w efekcie może spowodować powstanie przebiegu. W takiej sytuacji mogą występować irytujące zadziałania zabezpieczeń lub nawet brak możliwości działania napędu.

Jedyną metodą rozwiązania problemu wzrostu napięcia jest dodanie dodatkowego sprzętu. Należy zainstalować stycznik, który odłącza kondensator przy braku obciążenia lub pracy silnika przy niskich prędkościach obrotowych. I znowu: dodatkowy sprzęt oznacza dodatkowe koszty oraz zmniejszenie sprawności i niezawodności systemu. Dodanie stycznika może rozwiązać problem wysokiego napięcia na szynie DC i wyzwalania zabezpieczeń przepięciowych napędu, jednak wykorzystanie stycznika zapobiega także pracy z niską zawartością harmonicznych przy małych obciążeniach. Napęd z przekształtnikiem matrycowym oferuje pracę układu bez wyzwalania zabezpieczeń i konieczności instalowania dodatkowego sprzętu oraz utrzymuje niską zawartość harmonicznych pobieranego z sieci prądu w całym zakresie prędkości obrotowej sterowanego silnika.

Podsumowanie

Filtry pasmowo-zaporowe mogą być skutecznym sposobem ograniczania harmonicznych w napędach elektrycznych, jed-

nak mają też swoje wady. Filtry harmonicznych oznaczają dodatkowe koszty, dodatkowy sprzęt, przestrzeń montażową, czas instalowania i oprzewodowanie. Ponadto zmniejszają sprawność i niezawodność napędów. Natomiast technologia napędów z przekształtnikami matrycowymi umożliwia naturalny pobór prądu z sieci o niskiej zawartości harmonicznych podczas sterowania pracą silników elektrycznych. Technologia ta pozwala na produkcję kompaktowych i uniwersalnych napędów, które umożliwiają odzysk energii z silników, czyniąc te urządzenia efektywnymi energetycznie napędami regeneracyjnymi, o niskiej zawartości harmonicznych w prądzie pobieranym z sieci. Napędy takie są łatwe w instalacji, uruchomieniu i obsłudze.

Christopher Jaszczołt jest menedżerem produktu w firmie Yaskawa America.



Online

Z pojęciem harmonicznych oraz metodami ich tłumienia nierozdzielnie związanych jest kilka kwestii, o których warto pamiętać. Więcej na ten temat przeczytaj Państwo w artykule „Metody redukcji zaburzeń harmonicznych w układach napędowych prądu przemiennego”, dostępnym na naszej stronie internetowej:

www.controlengineering.pl



Innowacyjne sterowanie ruchem a projektowanie maszyn

Innowacje w zakresie sterowania ruchem mają ogromne znaczenie dla projektantów maszyn, którzy chcą sprostać coraz bardziej restrykcyjnym wyzwaniom.

Jason Crawford

Inżynierowie sterowania ruchem maszyn muszą coraz częściej sięgać po różnorodne technologie, rozwiązania i narzędzia, aby sprostać rosnącemu zróżnicowaniu aplikacji, takich jak automatyka laboratoryjna, obróbka materiałów w fabryce oraz ciężkie maszyny przemysłowe. Wielu producentów maszyn zwraca się do dostawców sprzętu sterującego ruchem o pomoc, poszukując produktu oferującego lepszą wydajność i zajmującego mniej miejsca. Producenci oczekują również krótszego czasu dostarczenia prototypów i finalnych produktów, lepszych możliwości w zakresie sterowania, dobrej ceny, bezproblemowej integracji i poprawnego działania.

Dlatego też branża sterowania ruchem ewoluowała znacząco w ostatnich latach, korzystając z najnowszych zdobyczy technologicznych, które przyniosły wiele wymiernych korzyści. Innowacje w tej branży zmieniają podejście do organizacji aplikacji przemysłowych, w odpowiedzi na stojące przed nimi najważniejsze wyzwania. Pięć z nich omówiono w niniejszym artykule.

1 Mniejsze produkty

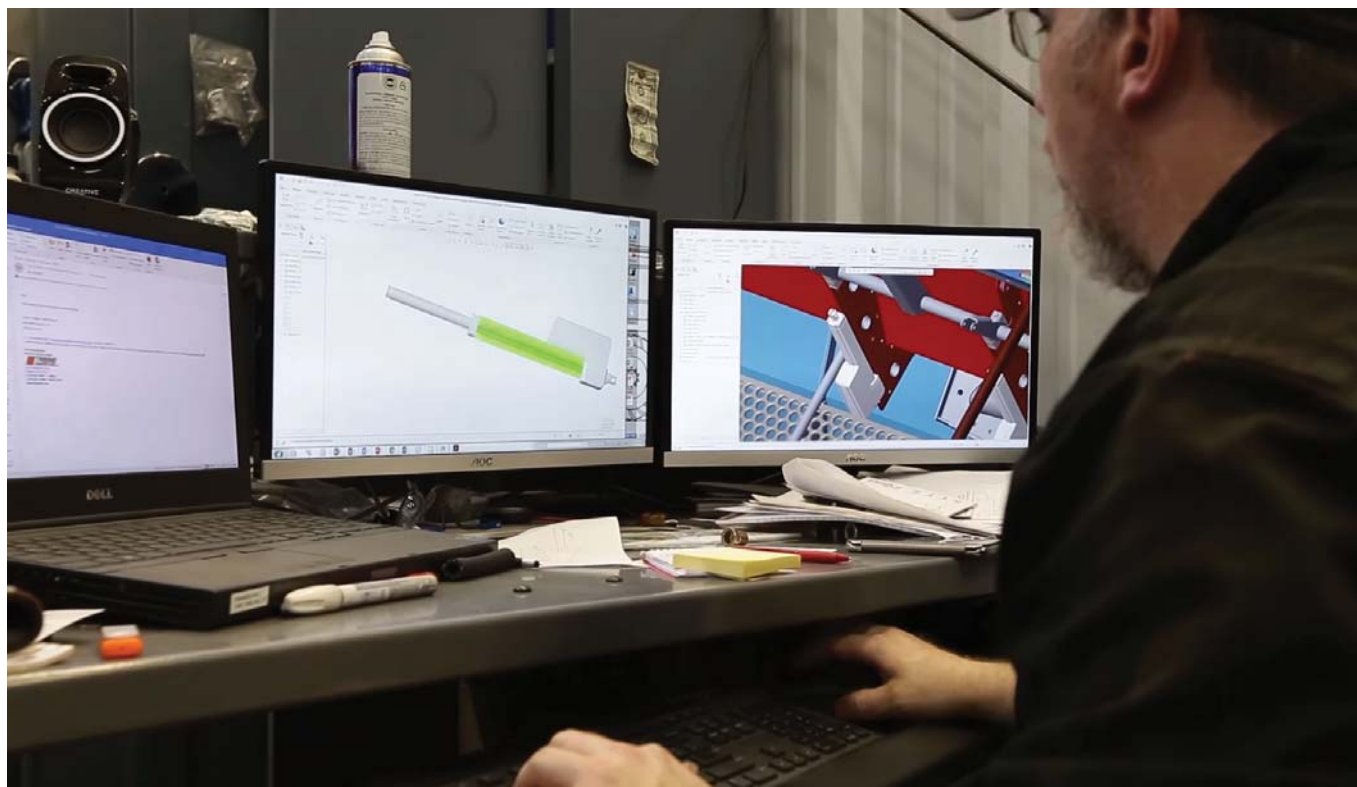
Konstruktorzy niewielkich systemów dla produkcji dążą do dalszej ich miniaturyzacji, tak aby ich systemy były bardziej kompaktowe, łatwiejsze do przenoszenia i przechowywania. Wielu klientów chce mieć możliwość przeniesienia sprzętu do analizy i monitorowania bliżej punktu ich użycia, aby np. ułatwić życie pacjentom i pracownikom opieki medycznej. Takie

urządzenia są doskonałym przykładem możliwości aplikacyjnych np. dla niewielkich i bardzo małych silników liniowych.

Z kolei konstruktorzy systemów dla fabryk chcą pomóc klientom w jak najlepszym wykorzystaniu przestrzeni w fabryce i stworzeniu mniej zabudowanej i otwartej przestrzeni roboczej. Producenci jeszcze większego sprzętu, takiego jak kombajny rolnicze, również dążą do lepszego wykorzystania przestrzeni w produkowanych przez nich maszynach w celu implementacji technologii umożliwiających zwiększenie wydajności i poprawę bezpieczeństwa lub oferującej inne korzyści na zróżnicowanym rynku produktów.

By sprostać wymaganiom ograniczonej przestrzeni, osiągnięcia technologii wytwarzania umożliwiły produkcję mniejszych komponentów w sposób bardziej wydajny, pozwalając konstruktorom na tworzenie bardziej funkcjonalnych produktów w mniejszej formie. Przykładowo miniaturowe gwinty toczone czy wyposażone w silnik liniowy siłowniki i łożyska liniowe są coraz częściej wybierane do aplikacji o niewielkich rozmiarach. Elektromechaniczne siłowniki coraz częściej wspomagają pompy, sprężarki, systemy doprowadzające i inne wielkogabarytowe technologie, niezbędne w układach sterowania hydrauliką i pneumatyką.

Elektronika wbudowana w inteligentne liniowe siłowniki i inne produkty sterujące ruchem pozwala na budowanie i oferowanie produktów ze wsparciem sieciowym, monitorowaniem pozycji i innymi funkcjami, które wcześniej zwykle realizowane były przez dodatkowe moduły zewnętrzne. Elektronika znajdująca się wewnątrz urządzenia to również mniejsza liczba nieestetycznych i nieporęcznych wiązek przewodów. Najnowsze rodzaje



Zdjęcie: Thomson Industries

➤ Konstruktorzy poszukują obecnie coraz mniejszych gabarytowo rozwiązań, które są bardziej wydajne i łatwe do przechowywania, jak ma to miejsce w przypadku miniaturowych gwintów tocznych i sprzężonych z silnikiem liniowych siłowników.

siłowników łączą się ze źródłem napięcia i portami komunikacyjnymi za pomocą zaledwie kilku przewodów.

2 Szybsze prototypowanie

Wraz z rozwojem konkurencji na rynku wzrasta również zapotrzebowanie na szybszą dostawę bardziej spersonalizowanego sprzętu. Efektywne prototypowanie jest ważne w przypadku wielu aplikacji, ponieważ zwykle konstruktorzy muszą próbować różnych komponentów przed wyborem tego jednego, który najlepiej odpowiada ich aplikacji. Zaawansowane technologie modelowania, takie jak drukarki 3D drukujące detale z metalu i oprogramowanie do symulacji, dają konstruktorom większą swobodę działania i przyspieszają ich pracę. Lepsze możliwości modelowania również mocno wpływają na branżę urządzeń sterowania ruchem. W przeszłości konstruktorzy zmuszeni byli do oczekiwania od 6 do 8 tygodni na zamówiony komponent. Obecnie mogą go otrzymać już po kilku dniach.

By sprostać wymaganiom ograniczonej przestrzeni, osiągnięcia technologii wytwarzania umożliwiły produkcję mniejszych komponentów w sposób bardziej wydajny, pozwalając konstruktorom na tworzenie bardziej funkcjonalnych produktów w mniejszej formie.

Potrzeba szybkich dostaw napędza zmiany w sektorze wytwarzania produktów. Niektórzy z dostawców zmienili swoje procesy po to, by oferować jednolity czas oczekiwania na produkcję jednostkowych części na użytek prototypowy. Niektórzy rozszerzają inwentarz produktów, coraz częściej niezbędnych do budowy

prototypów. Również kanały dystrybucyjne wspierają ten model rynku przez zwiększenie u siebie zasobów komponentów zwykle używanych do prototypów.

3 Holistyczne spojrzenie na dobór elementów i ich integrację

Krytycznym czynnikiem wpływającym na wykonanie maszyny na czas jest prawidłowy dobór komponentów oraz ich optymalna integracja w celu uzyskania maksymalnej dokładności, precyzji działania, prostoty konstrukcji, wymaganego niskiego poziomu emitowanego hałasu i innych parametrów pracy. Dlatego też wyzwanie optymalizacji sterowania ruchem jest tak złożone. Mimo że wielu konstruktorów systemów posiada odpowiednie doświadczenie, niezbędne do doboru komponentów, wielu z nich bliżej jest już do emerytury niż do czasów studenckich. Ich zastąpienie nie będzie łatwe.

Mniej doświadczeni konstruktorzy mogą wiedzieć, jaka prędkość lub prostoliniowość układu są potrzebne, ale mogą nie mieć wiedzy, jak parametry podze-



społów sterujących ruchem wpływają na spełnienie założeń konstrukcyjnych. Ktoś, kto zajmuje się konstruowaniem stołu operacyjnego dla pacjentów, może np. wiedzieć, jaki poziom hałasu jest zgodny ze standardami przemysłu medycznego, lecz nie mieć pojęcia o tym, w jaki sposób gwint toczny wpłynie na emisję hałasu lub jego ton. Inżynier elektryk podszedłby do problemu od strony elektrycznej, a mechanik od strony fizycznej, jednak oboje mogą nie posiadać odpowiedniego doświadczenia, aby ocenić współzależności komponentów. Aby skompensować ową niewiedzę, konstruktorzy mogą „przekonstruować” produkt, stosując przy jego budowie komponenty o wyższych możliwościach, niż jest to wymagane, i optymalizując działanie gotowej maszyny. Od tego momentu zmiany konstrukcyjne mogą niepotrzebnie wydłużyć czas dostarczenia produktu na rynek i zwiększać koszty jego wyprodukowania.

Rosnące znaczenie holistycznego spojrzenia na konstrukcję układu, w połączeniu z brakiem ekspertów od sterowania ruchem, to dobry argument, aby wykorzystywać udział dostawców sprzętu sterującego ruchem już od początkowego stadium projektu. Mają oni więcej doświadczenia i wiedzy na temat wielu możliwości i zastosowań, dlatego, jeżeli skonsultujemy z nimi coś odpowiednio wcześniej, pomoże to zaoszczędzić nasz czas i pieniądze.

Dla inżynierów, którzy zdecydują się na samodzielny dobór komponentów, niektórzy dostawcy oferują internetowe narzędzia konfiguracji. Zwykle pozwalają one zmniejszyć czas doboru optymalnego rozwiązania dla danej aplikacji z godzin do kilkunastu minut. Konstruktorzy mogą wykorzystywać oprogramowanie, aby pomóc w doborze liniowych siłowników, gwintów tocznych czy przekładni.

4 Koszt komponentu a jego trwałość

Pomimo tego, że konstruktorzy zwykle dążą do wykorzystania w swoich systemach komponentów jak najwyższej jakości, niekoniecznie potrzebują części, które będą trwalsze niż cała maszyna. Instalacja komponentu sterującego ruchem, zaprojektowanego do pracy przez 20 lat w systemie, który może się okazać przestarzały już po pięciu latach, nie jest ani rentowna, ani poprawna z inżynierskiego punktu widzenia.

Wraz z dojrzewaniem rynku konstruktorzy, którzy poświęcają czas na poszukiwanie nowych rozwiązań, mogą znaleźć produkt, który odpowiada ich potrzebom i mieści się w ich budżecie, lecz dokonanie odpowiedniej oceny użyteczności takiego komponentu nie wymaga niczego więcej, jak dobrego rozumienia systemów ruchu, ich specyfiki aplikacyjnej i technologii.

Elektronika wbudowana w inteligentne produkty sterujące ruchem pozwala na tworzenie produktów ze wsparciem sieciowym, monitorowaniem pozycji i innymi funkcjami, które wcześniej zwykle realizowane były przez dodatkowe moduły zewnętrzne.

Konstruktor, dla którego najważniejszym czynnikiem jest koszt, może dokonać nieprawidłowego wyboru komponentu pod względem trwałości. Mimo że testy wykazują, czy konstrukcja spełnia założone wymagania, zwykle nie jest możliwe przeprowadzenie testów na pełną żywotność wszystkich komponentów, w związku z czym zostaje wdrożona skrócona procedura testowa. Takie badanie nie zawsze dostarcza wystarczająco dużej ilości danych, aby możliwe było rozróżnienie wysokiej jakości komponentu od produktu niskiej jakości lub gorzej zaprojektowanego, czego nikt nie odkryje, dopóki nie nastąpią problemy podczas pracy.

W przypadku wielu zastosowań to całkowity koszt użytkowania maszyny może być czynnikiem decydującym. Producent sprzętu, który sprzedaje wiele produktów na rynku, może np. bardziej doceniać długofalowy koszt użytkowanego sprzętu. Jeżeli cena zakupu byłaby głównym czynnikiem, mógłby on zdecydować się na hydrauliczne lub pneumatyczne siłowniki, zamiast inteligentnych elektromechanicznych komponentów. Kiedy jednak weźmiemy pod uwagę inne czynniki, takie jak niezawodność, czas działania, zajmo-

wana przestrzeń oraz czynności utrzymania i konserwacji w trakcie eksploatacji, okaże się, że opcja elektromechaniczna ma o wiele więcej zalet.

5 Wartość dodana produktu

Prawdopodobnie największe komercyjne wyzwanie stojące przed producentami maszyn dzielą oni z producentami podzespołów. Tym wyzwaniem jest zrozumienie, na jakie rozwiązania i technologie jest największe zapotrzebowanie na rynku i w jaki sposób dostarczyć odpowiednie produkty i technologie. Nowe podejście do organizacji pracy maszyn – połączone produkty wymieniające się danymi w chmurze – to obiecująca szansa dla zróżnicowania strategii ofert rynkowych.

Na przykład jeden z większych producentów sprzętu medycznego uznał wdrożenie technologii Przemysłowego Internetu Rzeczy za centralny element swojej strategii. System zapisuje dane na temat osiągnięć maszyny, stanu jej komponentów i wykrytych błędów. W przypadku systemu konwencjonalnego wykorzystanie tych danych wymagałoby przeszkolonego technika, który, uzyskując dostęp do maszyny, przeczytałby zapisane logi danych i manualnie zaplanował czynności naprawcze dla części, które wymagają zamówienia. W przypadku maszyn połączonych w sieci dane tego typu (logi) są bezpiecznie przesyłane kanałami transmisji do analizy i planowania z dowolnej lokalizacji.

Przemysł sterowania ruchem również podąża tą ścieżką, przygotowując się na pomoc firmom w integracji technologii odpowiedzialnej za ruch za pomocą rozwiązań komunikacji i transmisji danych. Dostawcy podzespołów sterowania ruchem dodają oraz ciągle udoskonalają inteligentne funkcje do swoich komponentów, oferując możliwości obliczeniowe i komunikacje niezbędne w przypadku wdrażania strategii maszyn połączonych w sieci systemów automatyki.

Niezależnie od tego, czy są to systemy połączone, czy też inne rozwiązania, przemysł sterowania ruchem wspiera innowacje producentów maszyn, oferując nowe i zróżnicowane możliwości podzespołów za odpowiednią cenę.

Jason Crawford pracuje w firmie Thomson Industries.

Podstawy obliczania momentu obrotowego silników krokowych

Silniki krokowe są popularne z uwagi na ich niewielki koszt, prostotę budowy, wysoki moment obrotowy przy rozruchu i niskiej prędkości obrotowej, a przy tym nie są wymagające w zakresie serwisowania i mogą pracować w układach w pętli otwartej.

Eric Rice

Ppełen obrót silnika krokowego składa się z określonej liczby równych kroków. Silnik może wykonać obrót i zatrzymać się na dowolnym kroku, jeśli jest on prawidłowo dobrany do zastosowania, z uwzględnieniem momentu obrotowego oraz prędkości obrotowej. Moment trzymający to wartość oznaczająca moment niezbędny do wytrącenia wirnika silnika krokowego z zadanej pozycji. Moment trzymający (T) jest zależny od stałej momentu (K_t) oraz natężenia prądu (i) w uzwojeniu stojana.

$$T = K_t \cdot i$$

W większości wypadków silnikiem krokowym steruje odpowiedni sterownik elektroniczny. Wykorzystuje on modulację zmiennym współczynnikiem wypełnienia (sygnał PWM) do monitorowania natężenia prądu w stojanie i regulacji napięcia, w celu uzyskaniażądanego natężenia prądu i momentu obrotowego. Gdy silnik znajduje się w spoczynku, sterownik musi zasilić silnik niewielkim napięciem – takim, aby umożliwić pokonanie rezystancji cewek. Zjawisko to opisuje prawo Ohma, według którego napięcie równe jest natężeniu [A] pomnożonemu przez rezystancję [Ω]. Gdy spada napięcie, spada również natężenie prądu, lecz jeżeli rośnie rezystancja, spada wartość natężenia prądu.

$$U = i \cdot R$$

Ponieważ większość wydajnych silników krokowych ma niską rezystancję cewek, sterownik nie musi zasilać silnika wysokim napięciem w celu utrzymania pozy-

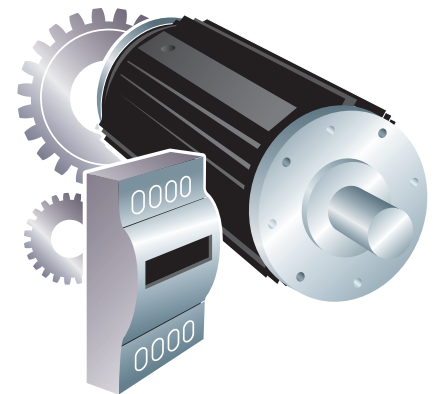
cji wirnika. W rzeczywistych zastosowaniach wirnik nie pozostaje dłużej w pozycji stacjonarnej, a służy do przemieszczania obciążenia mechanicznego, ładunku. Ruch z określoną prędkością wymaga momentu obrotowego dostępnego przy zadanej prędkości. Silniki krokowe nie zmieniają prędkości wirnika nagle. Muszą przyspieszać, podobnie jak ma to miejsce w przypadku samochodu, gdy jego kierowca naciśnie pedał gazu. W celu gwałtowniejszego przyspieszenia w samochodzie zużyje się więcej paliwa. Podobnie jest w przypadku silników krokowych, których to bez wyjątku dotyczy II zasada dynamiki Newtona $F = m \cdot a$.

Proces doboru rozmiarów silnika do zastosowania polega na obliczeniu wymaganego momentu i zakresu prędkości niezbędnych do przemieszczania ładunku.

Poniżej znajduje się zapis zasady dynamiki Newtona wyrażony w wartościach charakterystycznych dla prądu elektrycznego. Moment obrotowy (T) jest proporcjonalny do bezwładności wirnika oraz obciążenia (J) i przyspieszenia kąowego (A).

$$T = J \cdot A$$

By móc poruszać cięższym ładunkiem lub przyspieszać szybciej, silnik musi generować więcej momentu obrotowego. Jednakże moment dynamiczny silnika krokowego zmniejsza się wraz ze wzrostem prędkości obrotowej, ponieważ gdy wirnik zaczyna się poruszać, staje się generatorem. Gdy pole magnetyczne wytwarzane przez wirnik porusza się względem cewek stojana, indukuje napięcie na przyłączach silnika. Sterownik musi więc zwiększyć napięcie sterujące, aby pokonać indukowane napięcie znane



jako EMF, które jest skutkiem prędkości (ω) i stałej napięcia (K_e). Ponadto cewki stojana, jak wszystkie cewki, charakteryzują się indukcyjnością, która zmniejsza przepływ ładunku elektrycznego. Ze zmianą natężenia prądu w stojanie, by utrzymać wirnik w ruchu, większe napięcie musi zostać doprowadzone do silnika w celu pokonania indukcyjności (L). Napięcie w silniku znajdującym się w ruchu opisuje równanie:

$$U = K_e \omega + i \cdot R + L \frac{di}{dt}$$

Sterownik PWM zwiększa napięcie sterujące w celu utrzymania natężenia i momentu obrotowego na stałym poziomie. Przy określonej prędkości obrotowej napięcie zasilające będzie zbyt niskie, co spowoduje spadek natężenia prądu. Spadek ten będzie zaś przyczyną spadku momentu. W przypadku użycia źródła zasilania o wyższym napięciu moment dynamiczny pozostanie stały w wyższym zakresie prędkości obrotowej.

Proces doboru rozmiarów silnika do zastosowania polega na obliczeniu wymaganego momentu i zakresu prędkości niezbędnych do przemieszczania ładunku. Na przykład, jeśli aplikacja silnika potrzebuje 0,5 Nm momentu przy 10 obr./s, silnik ten można zasilać napięciem 24 V. Jeśli chcemy, by silnik był w stanie generować moment 0,5 Nm przy 20 obr./s, będzie to wymagać zastosowania napięcia zasilającego o wartości 48 V.

Eric Rice jest inżynierem aplikacji w Applied Motion Products. W branży sterowania ruchem pracuje od 20 lat. Specjalizuje się w silnikach krokowych, serwomechanizmach, napędach i sterowaniu.



ELMODIS

WE MAKE INDUSTRY SMARTER

- Predykcja stanu maszyn z wykorzystaniem algorytmów machine learning
- Monitorowanie stanu maszyn w czasie rzeczywistym
- Intuicyjny system powiadamiania i alarmowania
- Elastyczny system raportowania i dostęp do danych archiwalnych
- Brak potrzeby rozbudowy infrastruktury IT



**POZNAJ
SMART
PREDICTIVE
MAINTENANCE**

Oferujemy kompletne środowisko (sprzęt i oprogramowanie) pozwalające na kompleksowe monitorowanie, diagnostykę i predykcję stanu technicznego maszyny. Wszystko za sprawą zaawansowanej technologii opartej na analizie pomiarów elektrycznych urządzenia.

www.elmodis.com



Laserowy przetwornik poziomu LLT100

Teraz wszystko staje się możliwe

LLT100 to kolejna generacja laserowego przetwornika położenia i poziomu marki ABB. Łatwy w obsłudze dzięki takim udogodnieniom jak zasilanie z pętli czy wbudowanemu wyświetlaczowi. Jego prostota i niezawodność zapewniają stały pomiar poziomu, jednocześnie pozwalając obniżyć koszty operacyjne. Dostępny w różnych odmianach przyłączy procesowych. Dowiedz się więcej na abb.pl/pomiary

