

2023

STEROWANIE SILNIKI & NAPĘDY

Zmniejszanie kosztów produkcji za pomocą lepszego zarządzania silnikami elektrycznymi

- Osiem parametrów napędów VFD często pomijanych przy ich optymalizacji
- Wzrost wartości rynku silników prądu przemiennego niskiego napięcia o 21,2% w 2022 r.
- Dziesięć najlepszych sposobów zabezpieczenia inwestycji w napędy o zmiennej częstotliwości

Dodatek do:

CONTROL
ENGINEERING Polska

U^{TRZYMANIE}
RUCHU

Osiem parametrów napędów VFD często pomijanych przy ich optymalizacji

Poznanie parametrów napędów o zmiennej częstotliwości (VFD), takich jak prąd termiczny, częstotliwość modulacji PWM oraz innych, **może pomóc inżynierom i technikom pracującym w zakładach przemysłowych** uzyskać większą sprawność tych napędów w wielu różnych zastosowaniach.

W ciągu ostatniego stulecia silniki elektryczne stały się wszechobecne w napędach wielu urządzeń przemysłowych, w tym pomp, wentylatorów i sprężarek. W ciągu ostatnich kilku dziesięcioleci napędy o zmiennej częstotliwości (falowniki, inwertery; napędy VFD) stały się narzędziem o potężnych możliwościach zmniejszania zużycia energii i optymalizacji sterowania silnikami elektrycznymi, które jest obecnie powszechnie wykorzystywane.

Podczas konfigurowania napędów VFD w automatyce przemysłowej inżynierowie i technicy przeważnie współpracują z wykonawcami instalacji elektrycznej w zakładzie, aby się upewnić, że każdy napęd VFD odpowiednio steruje swoim silnikiem podczas uruchamiania tej instalacji. Jednak wykonawcy prac elektroinstalacyjnych często nie są ekspertami w zakresie optymalizacji napędu pod kątem konkretnego silnika i potrzeb jego aplikacji. Większość nowoczesnych napędów VFD to złożone urządzenia sterujące, posiadające wiele parametrów, które można precyzyjnie dobrać w celu uzyskania jeszcze większych korzyści dla danej aplikacji.

prąd wyjściowy napędu VFD, który różni się od jego znamionowego prądu wyjściowego². Podczas gdy prąd znamionowy odpowiada mocy znamionowej (i napięciu znamionowemu) oraz oznacza maksymalne natężenie prądu dopuszczalne dla silnika w długim okresie, to prąd termiczny oznacza prąd o większym natężeniu, który może płynąć krótkotrwale, umożliwiając napędowi VFD bezpieczne dostarczenie mocy większej niż standardowa moc znamionowa silnika.

Ustawiona wartość prądu termicznego informuje napęd VFD, jak dużą „dodatkową” moc może rozwinąć silnik i nadal pracować bez awarii wywołanej przegrzaniem. Gdy ten limit zostanie przekroczony, VFD może wyzwolić zabezpieczenie jeszcze przed wystąpieniem przeciążenia silnika, chroniąc go przed awarią termiczną. Podczas konfigurowania parametrów napędu dla prądu silnika użytkownicy mogą znaleźć wartość prądu znamionowego i współczynnik przeciążalności SF³, podany na tabliczce znamionowej maszyny. Pomnożenie wartości prądu znamionowego przez współczynnik SF daje nam wartość prądu termicznego w amperach.

Więcej INFORMACJI

► SŁOWA KLUCZOWE:

Napędy o zmiennej częstotliwości (VFD), produkcja dyskretna

► CELE DYDAKTYCZNE

Poznanie ośmiu najbardziej istotnych parametrów napędów o zmiennej częstotliwości (VFD),

które są często pomijane przez użytkowników podczas instalowania i konfigurowania tych napędów.

Zrozumienie, w jaki sposób przeanalizowanie i ustawienie tych parametrów może pomóc firmom produkcyjnym ulepszyć operacje realizowane w swoich zakładach.

Dowiedzenie się, w jaki sposób inżynierowie mogą poprawić doświadczenie użytkownika (user experience; UX) dzięki wyświetlaczom graficznym interfejsów operatorskich (HMI) napędów VFD.

► DO ROZWAŻENIA

Jakie są najważniejsze parametry napędów VFD, które bierze się pod uwagę przy ich doborze?

Osiem parametrów napędów o zmiennej częstotliwości do wykorzystania w automatyce przemysłowej

Istnieje osiem parametrów napędów o zmiennej częstotliwości, które często nie są brane pod uwagę podczas ich instalowania, a często można je zoptymalizować, aby wprowadzić szereg ulepszeń w sterowaniu silnikami elektrycznymi.

W przypadku wszystkich ustawień omawianych w tym artykule powinniśmy najpierw sprawdzić, czy dany parametr odpowiada temu, co jest podane w dokumentacji producenta, zwracając szczególną uwagę na jednostki miar¹.

Parametr 1: Prąd termiczny

Prąd termiczny jest parametrem wskaźującym maksymalny dopuszczalny

Parametr 2: Częstotliwość modulacji szerokości impulsów (PWM)

Każdy napęd VFD zasilający silnik prądu przemiennego działa następująco: napięcie przemiennie z sieci jest konwertowane na napięcie stałe, które z kolei jest modulowane, tworząc napięcie przemiennie. Modulacja ta odbywa się poprzez szybkie włączanie i wyłączanie napięcia stałego w celu utworzenia fali napięcia przemiennego. Napęd VFD reguluje amplitudę i częstotliwość tej fali, tak aby zasilany silnik wirował z wymaganą prędkością. Ustawiana przez użytkownika częstotliwość modulacji szerokości impulsów PWM, czyli częstotliwość kluczkowania (przełączania tranzystorów mocy napędu), wpływa na kształt fali napięciowej (mniej lub bardziej łagodny) doprowadzanej do silnika.

Gdy częstotliwość modulacji PWM nie jest zoptymalizowana dla silnika i jego aplikacji, odprowadzanie ciepła wytwarzanego przez silnik oraz jego napęd nie są zrównoważone. Jeśli częstotliwość modulacji PWM jest zbyt niska, silnik będzie się szybciej nagrzewał, co będzie sygnalizowane jego piskiem. Przegrzewanie może w końcu doprowadzić do uszkodzenia izolacji uzwojeń i/lub wizerów w łożyskach. Z kolei wysoka częstotliwość modulacji powoduje większe straty mocy w napędzie, co ostatecznie prowadzi do jego przegrzewania i skrócenia żywotności.

Podwyższona częstotliwość modulacji PWM może również zwiększyć powstawanie fal odbitych pomiędzy silnikiem a na-

pędem, co może spowodować zwiększone indukowanie się napięcia wzdłuż wału silnika i przepływ prądów łożyskowych, a to w konsekwencji powoduje wżery w łożyskach silnika i zwarcia doziemne w napędzie. Poprzez prawidłowe, dokładne dostrojenie częstotliwości modulacji PWM użytkownicy mogą zrównoważyć odprowadzanie ciepła z silnika oraz napędu i w konsekwencji wydłużyć żywotność obydwu tych urządzeń.

Parametr 3: Czas hamowania

Jest to parametr, który określa czas, jakiego VFD będzie potrzebował na zahamowanie silnika. Dłuższy czas hamowania oznacza dłuższą rampę czasową (zmniejszanie przez VFD częstotliwości do zera) dla pełnego zatrzymania silnika. Wielu instalatorów napędów wie, że należy zoptymalizować czas przyspieszania, aby zapobiec problemom z nadmiernym prądem przy rozruchu, natomiast czas hamowania jest często przez nich pomijany.

Ustawianie czasu hamowania jest ważne dla zapobiegania przepięciom, które mogą powstać, gdy od silnika zostanie odłączona zasilanie, a bezwładność obciążenia mechanicznego maszyny będzie powodowała kontynuowanie wirowania. Powoduje ono generowanie przez silnik napięcia, które jest doprowadzane z powrotem do przemiennika, powodując jego uszkodzenie. W tym przypadku odpowiedni czas hamowania zmniejszy wartość napięcia wytwarzanego przez silnik podczas wybiegu i zapobiegnie uszkodzeniu VFD. Na przykład, jeśli mamy silnik sterujący wentylatorem, a hamowanie do zatrzymania wentylatora trwa 10 sekund, to w napędzie powinniśmy ustawić właśnie taki czas hamowania, aby przedłużyć żywotność silnika. Powinniśmy jednak pamiętać, że jeśli ze względu na proces technologiczny lub bezpieczeństwo wymagane jest szybkie zatrzymanie silnika, to może być tu wymagany dodatkowy sprzęt i powinniśmy skonsultować się w tej sprawie z odpowiednimi ekspertami.

Parametr 4: Minimalna prędkość robocza

Minimalna prędkość robocza to wartość zadana prędkości obrotowej, zwykle obliczana jako procent prędkości maksymalnej, poniżej której napęd wyłączy silnik. Ponieważ większość silników jest chłodzona za pomocą wewnętrznego wentylatora, którego prędkość obrotowa jest bezpośrednio powiązana z prędkością silnika, ustawienie minimalnej prędkości roboczej jest ważne, aby zapobiec przegrzaniu silnika, które może wystąpić przy niskich prędkościach. Na przykład, jeśli minimalna prędkość robocza zostanie ustawiona na 10%, a ktoś wprowadzi do VFD wartość referencyjną prędkości równą 5%, to napęd VFD nie będzie pozwalał na pracę silnika. Miejmy na uwadze, że integrator systemów sterowania powinien się upewnić, że zostało to uwzględnione przy wdrażaniu wszelkich konfiguracji współpracujących z VFD sterowników programowalnych (PLC), takich jak algorytmy sterowania proporcjonalno-różniczkująco-całkującego (PID), w których napęd jest sterowany za pomocą zmiennej sterującej (CV).

Parametr 5: Przeskok częstotliwości zabronionych

Funkcja przeskoku częstotliwości zabronionych⁴ składa się zazwyczaj z kilku parametrów. Parametry przeskoku częstotliwości zabronionych oznaczają przedziały częstotliwości, przy których napęd VFD nie będzie uruchamiać swojego obciążenia. Wiele

8 parametrów napędów VFD	1. Prąd termiczny	2. Częstotliwość modulacji PWM
3. Czas hamowania	4. Minimalna prędkość robocza	5. Przeskok częstotliwości zabronionych
6. Programowanie interfejsu graficznego HMI	7. Charakterystyka sterowania	8. Inteligentne parametry producenta napędu VFD

Znajomość ośmiu parametrów napędów o zmiennej częstotliwości (VFD) może pomóc w optymalizacji pracy układu silnika pod kątem automatyzacji. *Rysunek: Control Engineering; Informacje: Applied Control Engineering*

systemów mechanicznych posiada częstotliwość lub częstotliwości, przy których system taki będzie ulegał nadmiernym wibracjom, co może doprowadzić do uszkodzeń. Na przykład, jeśli częstotliwość rezonansowa systemu wynosi 40 Hz, to silnik pracujący z prędkością obrotową 40 Hz będzie powodował nadmierne wibracje tego systemu, które mogą powodować poluzowanie jego elementów. Przy prawidłowym ustawieniu wartości przeskoku częstotliwości zabronionych napęd VFD pominię przy zmianach częstotliwości napięcia wyjściowego wartość 40 Hz i zapobiegnie tym wibracjom. Chociaż niektórzy producenci urządzeń mogą zidentyfikować ich częstotliwości rezonansowe, to są one częściej znajdowane przez doświadczenie. Mogą istnieć dodatkowe powiązane parametry wskazujące na pasmo częstotliwości, dlatego też istnieje pewien zakres częstotliwości, w którym VFD nie będzie pracował w ogóle.

Parametr 6: Programowanie ustawień interfejsu graficznego

Każdy z głównych producentów napędów VFD dodaje do nich mały, programowalny moduł interfejsu operatorskiego (HMI) z wyświetlaczem graficznym LCD. Chociaż ustawienia domyślne tego modułu mogą być odpowiednie dla niektórych zastosowań, to jest on zazwyczaj programowalny w celu wyświetlania różnych wartości na wyświetlaczu lub dostosowania do preferencji użytkownika. Poniżej omówimy trzy najważniejsze ustawienia interfejsu: wartość wyświetlania, jednostki wyświetlania i hasło, choć nazwy tych parametrów mogą się różnić w zależności od producenta napędu VFD.

1. Wartość wyświetlana

Większość interfejsów operatorskich VFD posiada domyślne ustawienie fabryczne wyświetlania prędkości obrotowej silnika. W niektórych zastosowaniach lepiej sprawdza się jednak wyświetlanie innej wartości. Na przykład w wielu aplikacjach związanych z mieszaniem moc silnika zmienia się wraz ze zmianą lepkości substancji mieszanej. Wyświetlanie aktualnej wartości mocy silnika na interfejsie HMI pozwala operatorowi zorientować się, w jakim stopniu danych produkt jest wymieszany, bez konieczności pójścia do sterowni i wyświetlenia sobie odpowiedniego ekranu systemu sterowania SCADA. Najlepszym sposobem na określenie idealnej wielkości wyświetlanej na interfejsie operatorskim jest znajomość realizowanego procesu, opcji oraz preferencji operatorów fabryki. W zależności od producenta napędu VFD interfejs HMI może także wyświetlać częstotliwość, prąd, komunikaty niestandardowe lub jakąś wartość obliczoną.

2. Jednostki wielkości wyświetlanych

Wartość interfejsu HMI może być zoptymalizowana tylko wtedy, gdy właściwe informacje o realizowanym procesie są wyświetlane we właściwych jednostkach. W niektórych przypadkach jest to po prostu realizowane przez zmianę ustawień interfejsu, aby wyświetlacz pokazywał wartości w jednostkach metrycznych, takich jak litry/min zamiast anglosaskich, takich jak gal/min. W innych przypadkach może to być dokonywane przez dostosowanie wyświetlanych wartości do ekranów systemów SCADA oraz interfejsów HMI, aby uzyskać prędkość obrotową w procentach zamiast w obr./min (RPM).

3. Hasło

Hasło i powiązane z nim ustawienia można wykorzystać do ograniczenia działania VFD z poziomu interfejsu operatorskiego. Chociaż ograniczenie działania VFD może być podyktowane względami bezpieczeństwa, istnieją również powody operacyjne, aby ograniczyć sterowanie silnikiem. Na przykład może nie być pożądane zaskoczenie operatora w sterowni przez włączenie silnika za pomocą interfejsu HMI na obiekcie czy w terenie. Ustawienia haseł w napędach wielu producentów mogą zablokować dostęp nieautoryzowanym użytkownikom, zachowując widoczność parametrów wyświetlanych na ekranie. Wyznaczenie najlepszego wykorzystania tych środków bezpieczeństwa najlepiej jest wykonać we współpracy z personelem zakładu odpowiedzialnym za bezpieczeństwo, ochronę i operacje, w tym inżynierskim.

Parametr 7: Charakterystyka i cztery najczęściej stosowane ustawienia sterowania

Charakterystyka sterowania to grupa parametrów, które pomagają określić, jak napęd VFD będzie zmieniać częstotliwość i moc, aby utrzymać zaprogramowane nastawy w napędach wysokiej klasy. Może to być istotne dla zapewnienia, że odpowiednia wartość momentu obrotowego silnika zostanie zastosowana w odpowiednim czasie dla danej aplikacji. Nie powinniśmy tego mylić z ustawieniami tych wartości regulowanych, które są zawsze konfigurowane podczas uruchamiania napędu. Większość producentów VFD umożliwia kilka różnych ustawień charakterystyki sterowania, aby pomóc użytkownikom w konkretnej aplikacji, przy czym cztery najczęściej spotykane to:

1. Sterowanie skalarne U/f (U do f; ang. V/Hz). Utrzymywany jest stały stosunek napięcia do częstotliwości. Dobrze nadaje się do silników napędzających wentylatory i pompy, gdzie przepływ płynu jest ważniejszy niż jego ciśnienie. Utrzymywany jest pełny zakres momentu obrotowego w granicach około 1/2 poślizgu silnika (różnicy prędkości obrotowych pól magnetycznych stojana i wirnika), ale może nie być w stanie utrzymać momentu obrotowego dla częstotliwości poniżej 2 Hz.

2. Sterowanie wektorowe bezczujnikowe (ang. *sensor-less vector*; SV). Zapewnia wyższy moment rozruchowy i regulację prędkości w granicach 1/4 poślizgu silnika. Dobrze nadaje się do silników napędzających pompy głębinowe i zastosowań o wyso-

kim stałym momencie obrotowym (przy tej metodzie sterowania należy stosować autotuning, czyli automatyczne rozpoznawanie parametrów silnika przez napęd).

3. Sterowanie wektorowe w pętli otwartej. Ulepsza sterowanie U/f poprzez zapewnienie kontroli zarówno momentu, jak i kąta obrotu. Dzięki pomiarom strumienia magnetycznego silnika oraz położenia jego wału metoda ta zapewnia bardziej precyzyjną kontrolę prędkości i momentu obrotowego silnika.

4. Sterowanie wektorowe w pętli zamkniętej. Ta metoda wykorzystuje enkoder zamontowany na silniku, który dostarcza informacje o położeniu wału i prędkości obrotowej silnika z powrotem do napędu. Dzięki temu silnik może uzyskać pełny moment obrotowy przy zerowej prędkości. Metoda idealna dla silników stosowanych w dźwigach i podnośnikach.

Niektóre z powyższych metod sterowania oddziałują na siebie wzajemnie, a inne wykluczają użycie różnych parametrów. Na przykład wprowadzenie nastaw regulacji momentu obrotowego wyklucza możliwość autotuningu.

Parametr 8: „Inteligentne” parametry, specyficzne dla producenta

Obecnie wiele napędów VFD ma szereg „inteligentnych” funkcji, które mogą pomóc w dalszej poprawie sprawności oraz żywotności silnika. Ponieważ jednak funkcje te różnią się w zależności od napędu, w praktyce często wiele z nich nie jest w pełni wykorzystywanych. Na przykład niektóre napędy posiadają czujniki monitorujące to, ile mocy jest potrzebne do uzyskania określonej prędkości obrotowej przez silnik. Podczas pierwszej konfiguracji napędu VFD można ustalić podstawową krzywą mocy i wykorzystać ją do zaprogramowania ostrzeżenia o konieczności przeprowadzenia konserwacji, gdy jakieś łożysko zaczyna się już zużywać, co objawia się większą mocą potrzebną do uzyskania tej samej prędkości.

Niektóre napędy mogą również mieć możliwość wykonywania określonych działań na podstawie czynników wyzwalających. Na przykład napęd podłączony do silnika pompy może na podstawie zwiększonej mocy wymaganej do przemieszczenia płynu przez rurę wykryć, że rurociąg zaczyna się blokować. Taki „inteligentny” napęd może być zaprogramowany tak, aby tymczasowo zwiększył moc silnika pompy w celu oczyszczenia rurociągu.

Jeśli te specyficzne dla producenta napędu VFD inteligentne funkcje są zrozumiałe i prawidłowo wdrożone, możliwa jest poprawa efektywności energetycznej oraz proaktywne wykonywanie niektórych zadań konserwacyjnych. Gdy te funkcje są ustawione w połączeniu z odpowiednią charakterystyką sterowania z omówionych powyżej, użytkownicy mogą nawet uzyskać więcej mocy z napędu, niezależnie od tego, czy pracuje on na niskim, czy wysokim poziomie.

Kurt Niehaus, menedżer sprzedaży,

Will Young, inżynier w firmie Applied Control Engineering.

¹ oryg. *engineering units*, angielskie jednostki inżynierskie

² ang. *full load amps*; FLA

³ *motor service factor*; wg NEMA krotność prądu znamionowego, którą silnik może wytrzymać przez krótki czas podczas normalnej pracy

⁴ ang. *frequency jump*

Wzrost wartości rynku silników prądu przemiennego niskiego napięcia o 21,2% w 2022 r.

Według badań firmy Interact Analysis rynek silników prądu przemiennego niskiego napięcia (LV AC) w ciągu ostatnich kilku lat radził sobie dobrze i odnotował znaczny wzrost, głównie w wyniku wyższych cen. W 2022 roku wartość tego rynku wzrosła do 17 miliardów dolarów przy wzroście cen o około 35% do 40% w pierwszej połowie roku.

Ponieważ w 2022 roku ceny rosły w tempie wykładniczym, umożliwiło to wzrost wartości rynku silników LV AC w tym roku o 21,2%. Oczekuje się jednak, że niewielki spadek cen w drugiej połowie tego roku spowoduje efekt domina w stosunku do przychodów i stóp wzrostu. Oczekuje się, że w 2023 roku spadki cen będą trwały nadal, ale wygląda na to, że liczba sprzedanych produktów pozostanie wysoka, dorównując wskaźnikowi z roku 2022. Ogólnie rzecz biorąc, oczekuje się, że wzrost wartości omawianego rynku spowolni, ale nie spadnie, ponieważ obecny klimat gospodarczy i wysokie stopy procentowe prawdopodobnie wpłyną na popyt na silniki LV AC, szczególnie w sektorze maszynowym przemysłu.

Popyt na silniki elektryczne wydaje się odzwierciedlać wyniki sektora produkcyjnego. Przewiduje się, że w 2023 roku wzrost wartości rynku silników niskiego napięcia spowolni do około 0,29% pod względem wolumenu sprzedaży, przy czym przychody spadną o ponad 10% z powodu odpowiednich spadków cen. W 2023 roku sektor produkcyjny również prawdopodobnie odnotuje powolny wzrost z powodu wysokich stóp procentowych i niepewności gospodarczej, spowodowanej wojną Rosji z Ukrainą. Uważa się, że wielu klientów gromadziło nadmierne zapasy w poprzednich latach, a rynek silników elektrycznych wychodzi z okresu gwałtownego wzrostu popytu. Patrząc na ten rynek w dłuższej perspektywie, przewiduje się, że rok 2026 będzie rokiem spadku gospodarczego, co wpłynie na sprzedaż silników.

Wprowadzenie silników o klasie sprawności IE4 (super premium) zostało dobrze przyjęte przez kraje z regionu EMEA (Europy, Bliskiego Wschodu i Afryki), a legislacja UE regulująca sprawność energetyczną silników elektrycznych nadal jest siłą napędową ich rynku. Podczas gdy kraje

”
Popyt na silniki elektryczne wydaje się odzwierciedlać wyniki sektora produkcyjnego. Przewiduje się, że w 2023 roku wzrost wartości rynku silników niskiego napięcia spowolni do około 0,29% pod względem wolumenu sprzedaży, przy czym przychody spadną o ponad 10% z powodu odpowiednich spadków cen

EMEA miały tendencję do produkowania silników o najwyższych cenach, nowe przepisy unijne dotyczące wprowadzania silników klasy IE4 spowodowały dalszy wzrost cen, a także zmusiły inne regiony do podniesienia cen swoich silników LV AC. Do 2027 roku prawie 30% przychodów rynkowych w regionach EMEA będzie pochodzić z silników o klasie sprawności IE4. Stanie się tak po części dlatego, że w 2023 roku wszystkie nowe silniki na rynku UE o mocy znamionowej od 75 kW do 200 kW muszą posiadać klasę sprawności energetycznej IE4.

Jak mówi **Blake Griffin**, starszy analityk w Interact Analysis: *Być może najbardziej widocznym wnioskiem z tego raportu jest wpływ zmienności cen na wzrost wartości rynku. W naszym poprzednim raporcie spodziewaliśmy się, że ceny wzrosną do pewnego poziomu i będą stały w miejscu przez kilka lat, a następnie spadną. Zobaczyliśmy jednak coś zupełnie przeciwnego. Rynek silników elektrycznych doświadcza obecnie ogromnej zmienności cen i zmian w gospodarce światowej, co bardzo utrudnia prognozowanie. My jednak możemy z całą pewnością przewidzieć, że ceny będą spadać od 2023 roku, a następnie zaczną się stabilizować w latach 2026/2027.*

Zmniejszanie kosztów produkcji za pomocą lepszego zarządzania silnikami elektrycznymi w zakładach

Wykorzystywanie nowych silników o większej sprawności energetycznej oraz napędów o zmiennej prędkości (VSD) może pomóc firmom przemysłowym w obniżaniu kosztów produkcji dzięki niższym kosztom zużywanej energii elektrycznej.

W przypadku tych sektorów gospodarki, które są bardzo uzależnione od dostaw energii, wahania jej cen i dostępności mogą spowodować poważne zaburzenia łańcuchów dostaw. Szczególnie jest to spowodowane wzrostem cen uprawnień do emisji dwutlenku węgla.

Niestety przechodzenie na energię odnawialną oraz uzależnienie Europy od importu gazu ziemnego czynią dostawy energii dla tego kontynentu coraz bardziej nieprzewidywalnymi. A zatem jest konieczne uczynienie zakładów produkcyjnych tak efektywnymi energetycznie, jak to tylko możliwe. Większość procesów pochłaniających najwięcej energii w przemyśle związana jest z silnikami elektrycznymi.

Zarządzenie istniejącymi w zakładach silnikami

Pierwszym krokiem na drodze do poprawy efektywności energetycznej jest wykonanie oceny stanu silników znajdujących się w zakładach przemysłowych, ponieważ wiele z nich może mieć zbyt dużą moc w stosunku do potrzeb. Silniki wykorzystywane do napędu takich urządzeń jak wentylatory i pompy tradycyjnie pracują przy częściowym obciążeniu, wykorzystując zawory, hamulce czy przepustnice. Oznacza to, że silniki te mogłyby pracować pod większym obciążeniem niż to konieczne, a stosowanie mechanicznych metod regulacji prędkości obrotowej oznacza marnowanie energii.

Zakup silnika o odpowiedniej mocy lub podłączenie napędu o zmiennej prędkości (VSD) do istniejącego silnika



zapewni, że silnik taki będzie do napędzania maszyny czy urządzenia zużywał tylko tyle energii, ile jest konieczne. Napędy VSD, czyli falowniki, umożliwiają bardziej wydajną pracę silników przy częściowym obciążeniu, ponieważ pozwalają na bezpośrednią regulację prędkości i momentu obrotowego. Silnik może być tak sterowany, aby dopasować go do obciążenia, w wyniku czego uzyskamy większą sprawność energetyczną nawet przy różnych prędkościach.

Inwestowanie długoterminowe

Ważne jest też, aby brać pod uwagę wiek i stan techniczny silników w zakładzie produkcyjnym. Starsze silniki mogły mieć silnika, aby uzyskać jego oryginalną sprawność, jednak w wielu przypadkach to się nie udaje. Starsze silniki, które wymagają przewijania, mogą ponadto mieć mniejszą sprawność energetyczną niż najnowsze modele. Obecnie wszystkie nowe silniki sprzedawane w Unii Europejskiej oraz Wielkiej Brytanii muszą spełniać ostrzejsze wymagania dotyczące efektywności energetycznej w zależności od typu silnika i jego zastosowania. Na przykład od lipca 2021 wszystkie nowe silniki trójfazowe, czyli typowo wykorzystywane w przemyśle spożywczym, muszą spełniać wymagania klasy sprawności IE3.

Często może się zdarzyć, że podjęcie decyzji o przewinięciu uzwojeń jakiegoś silnika zamiast o zakupie nowego powoduje początkowo niższe koszty dla zakładu, jednak w dłuższej perspektywie koszty te będą wyższe z powodu większego zużycia energii przez starszy silnik. W rzeczywistości koszt energii elektrycznej zużytej przez silnik elektryczny w okresie ponad 10 lat jest co najmniej 30 razy wyższy od ceny jego zakupu. Oznacza to, że nowe, efektywne energetycznie silniki, choć droższe, mogą szybko przynieść zwrot z inwestycji w ich zakup.

Zastąpienie przewymiarowanych i starzejących się silników nowymi, o prawidłowo dobranej mocy i spełniającymi wymagania klasy sprawności IE3 lub IE4, oznacza znaczne oszczędności energii, szczególnie gdy silniki te będą wykorzystywane w połączeniu z napędami VSD. Jednak skąd dyrekcje fabryk mogą wiedzieć, kiedy istniejące silniki wymagają wymiany?

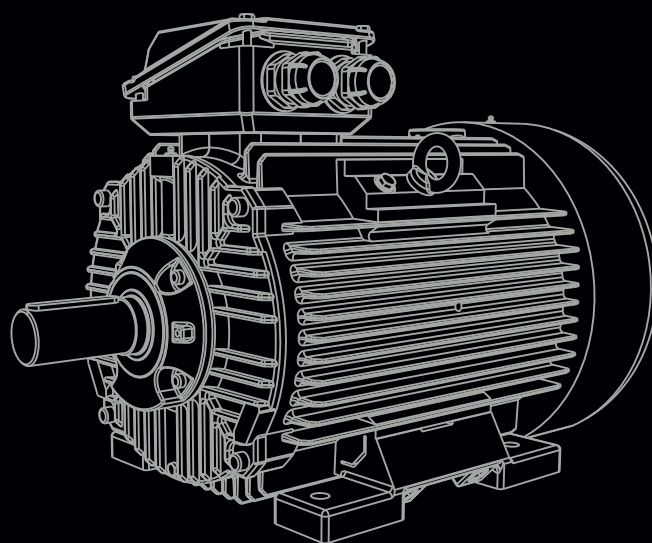
Wyposażenie istniejących silników w inteligentne czujniki da personelowi kierowniczemu fabryk dostęp do ciągłych danych na temat wydajności silnika w czasie rzeczywistym. Czujniki te mogą monitorować takie parametry jak wibracje czy temperatura, dlatego też mogą alarmować personel techniczny zakładów o wszelkich odchyleniach od optymalnej wydajności. Może to pomóc w określeniu, czy dany silnik wymaga już wymiany na nowy.

Przez wdrażanie strategii mających na celu uzyskanie dodatkowych praktycznych informacji na temat efektywności energetycznej silników, zapewnienie dobrania silników o właściwej mocy dla danej aplikacji oraz wymianę starzejących się modeli na nowe, o większej sprawności energetycznej, firmy produkcyjne powinny być w stanie uzyskać znaczne oszczędności energii. Fabryka bardziej efektywna energetycznie uzyskuje korzyści w postaci większych zysków, odporności na zmiany, większej elastyczności oraz lepszych referencji środowiskowych.

Marek Łukaszczyk jest menedżerem ds. marketingu na obszar Europy i Środkowego Wschodu w firmie WEG.

DEMANDING APPLICATIONS
OUR MOTORS – YOUR SUCCESS
POWER OF EXPERIENCE
DEMANDING APPLICATIONS
CHALLENGING PROJECTS

Cantoni®
GROUP



**Energooszczędne
silniki elektryczne
dla różnych gałęzi przemysłu**



OUR MOTORS – YOUR SUCCESS
DRIVING MOST DEMANDING
INTO YOUR ENERGY GLOBAL
ENERGY BUSINESS POWER
WWW.CANTONIGROUP.COM

Dziesięć najlepszych sposobów zabezpieczania inwestycji w napędy o zmiennej częstotliwości

Napędy o zmiennej częstotliwości oferują oszczędności kosztów, jeśli są używane prawidłowo.

Producenti zwiększają wydajność swojego sprzętu, wykorzystując napędy o zmiennej częstotliwości (VFD, falowniki) do sterowania pracą silników elektrycznych w zakładach. W porównaniu do przełączników gwiazda/trójkąt czy starszych napędów prądu stałego, napędy silników prądu zmiennego o zmiennej częstotliwości mogą przynieść użytkownikom oszczędności kosztów, ponieważ dają możliwość lepszego sterowania pracą silników, przy niższych prędkościach obrotowych i wyższym współczynniku mocy (niemal równym jeden). W miarę upływu czasu oszczędności te zmniejszają koszty operacyjne oraz przynoszą zwrot z inwestycji. Jednak jest to możliwe jedynie wtedy, gdy zapewniona zostanie maksymalizacja czasu i optymalizacja eksploatacji tych urządzeń.

Poniżej podano dziesięć sposobów zabezpieczania inwestycji w napęd o zmiennej częstotliwości.

1. Należy poznać swoją aplikację. Zabezpieczenie inwestycji w VFD rozpoczyna się jeszcze przed zakupem sprzętu. Na wybór właściwego modelu napędu ma wpływ kilka czynników, takich jak: wydajność, zakres regulacji prędkości i momentu obrotowego, komunikacja za pomocą magistrali obiektowej fieldbus czy nawet wejścia i wyjścia. Poświęcenie czasu na określenie przede wszystkim potrzeb danego zakładu przed zakupem sprzętu może często spowodować, że projekt zostanie zrealizowany skutecznie, nie dojdzie zaś do sytuacji, w której personel utrzymania ruchu będzie ciągle zwoływany do napraw, nawet w środku nocy.

2. Należy prawidłowo opracować system. Napęd VFD musi zostać dobrany według obciążenia i warunków otoczenia, aby zapewnić, że silnik będzie mógł generować właściwy moment obrotowy we wszystkich sytuacjach. Należy bezwzględnie skonsultować się z producentem napędu VFD, który posiada dostępne zasoby projektowe dla wsparcia klientów.

3. Należy ocenić warunki otoczenia. Jeśli w zakładzie występuje zapylenie, cząstki przewodzące, zanieczyszczenia, wilgoć, olej, wysokie temperatury oraz inne potencjalne nieko-

rzystne czynniki, to należy zainwestować w napęd VFD w obudowie o stopniu ochrony NEMA 12 lub NEMA 4, aby zabezpieczyć go przed tymi niekorzystnymi czynnikami. Ponadto należy poznać temperaturę, wysokość i wilgotność w miejscu zainstalowania przyszłego napędu i porównać go z podanymi w specyfikacjach producentów. Ważnym i często pomijanym czynnikiem jest też instalacja elektryczna – istniejące harmoniczne, różnice potencjałów, nierównoważenia faz lub przepięcia w sieci zasilającej, które mogą niekorzystnie wpłynąć na nowy sprzęt. Do zapewnienia prawidłowych warunków pracy napędu VFD mogą być wymagane dodatkowe elementy, takie jak filtry, dławiki oraz transformatory separujące.

4. Należy wybrać właściwy silnik. Nie wszystkie silniki elektryczne są takie same. Ze względu na naturę przebiegów napięcia z modulacją częstotliwości (PWM), które są generowane w falowniku w celu wytworzenia sinusoidalnego napięcia zmiennego, na wyjściu falownika mogą się pojawiać przepięcia. Silniki dostosowane fabrycznie do współpracy z napędami VFD mają dodatkową izolację w celu zabezpieczenia przed tymi przepięciami. Należy koniecznie skonsultować się z producentem silnika pod względem prędkości obrotowych, współczynnika wypełnienia impulsów, izolowanych łożysk, szczotek uziemiających wał oraz środowiska pracy. Dobry producent silników pomoże klientowi dobrać właściwy produkt do aplikacji.

5. Należy dobrać prawidłowe bezpieczniki, kable i filtry. Przed sfinalizowaniem instalowania napędu należy koniecznie korzystać z instrukcji instalacji, dostarczanych wraz z napędem VFD. Podają one cenne informacje dotyczące odpowiednich wartości bezpieczników, typów i przekrojów kabli (takich jak kabel VFD) oraz wszystkich innych elementów zewnętrznych jak np. dławik obciążenia, które zapobiegają wprowadzaniu harmonicznych do sieci. W dalszej kolejności należy użyć prawidłowego przewodowania i praktyk wykonywania połączeń podczas procesu instalacji. Napęd VFD nie może utrzymać swojego stopnia ochrony NEMA 12 czy NEMA 4, jeśli nie użyje się odpowiednich praktyk wykonywania połączeń oraz komponentów o tym samym stopniu ochrony.



Napędy AC o zmiennej częstotliwości pomagają użytkownikom oszczędzać koszty, umożliwiając lepsze sterowanie silnikami i dzięki temu pracę systemu przy niższych prędkościach obrotowych oraz współczynniku mocy niemal równym jeden. Źródło: Danfoss

6. Sprzęt powinien zostać zainstalowany przez przeszkolony i wykwalifikowany personel, szczególnie w trudnym środowisku pracy. Producenci określają minimalne standardy dla instalowania, często zaś istnieją lokalne przepisy BHP przy urządzeniach elektrycznych, które także muszą być przestrzegane. Przeszkolony i wykwalifikowany instalator będzie w stanie zapewnić, że napęd zostanie zamontowany prawidłowo, zaś wszystkie kable i przewody podłączone i uziemione prawidłowo. Będzie też zapewniony prawidłowy przepływ powietrza oraz wszystkie pokrywy i bariery ochronne ponownie zamontowane prawidłowo.

7. Należy sprawdzić, czy osoby dokonujące uruchomienia i przekazania napędu VFD do eksploatacji są dobrze zorientowane w temacie obsługi napędów VFD. Znajomość i rozumienie tematu prawidłowego wprowadzania danych silnika do napędu, wykorzystywania regulacji PID oraz ustanowienia komunikacji poprzez magistralę obiektową pomoże dyrekcji firmy zapewnić, że założenia budżetowe oraz terminy uruchomienia zostaną utrzymane podczas instalacji.

8. Należy zainwestować w szkolenia. Posiadanie dobrej i kompleksowej znajomości funkcjonowania napędów AC o zmiennej częstotliwości pomaga pracownikom obsługi oraz utrzymania ruchu lepiej rozumieć, co jest uważane za normalną pracę napędu, a co za odbiegającą od normalnej. Poprzez wczesną identyfikację sytuacji odbiegających od normy można zapobiec nieoczekiwanym awariom i przestojom oraz być w stanie lepiej rozwiązywać problemy w razie ich wystąpienia.

9. Należy wykonywać regularnie prace konserwacyjne. Podobnie jak w przypadku większości sprzętu elektrycznego, producenci napędów VFD podają zalecane okresy wykonywania prac konserwacyjnych, których należy przestrzegać. Pozwoli to zakładowi zaplanować terminy wyłączeń w celu wyczyszczenia i sprawdzenia urządzenia, identyfikację potencjalnych problemów oraz usunięcie wszystkiego, co może utrudniać przepływ powietrza i prawidłowe chłodzenie napędu. Ponadto pozwala to określić standardowe warunki operacyjne oraz identyfikować sytuacje, gdy coś zaczyna się psuć, np. kondensatory elektrolityczne obwodu pośredniego.

10. Należy zainwestować w zalecane części zamienne oraz regularnie je sprawdzać. Nabywanie części zamiennych to jedno, zaś wykorzystanie jej to drugie. Wiele dzisiejszych napędów VFD posiada kondensatory elektrolityczne w stopniu pośrednim, które jeśli nie są używane, zaczynają tracić swoje właściwości. Może to spowodować, że nieużywany napęd nagle się zapali po zainstalowaniu i uruchomieniu. Podczas gdy ważne jest posiadanie do dyspozycji dodatkowych części zamiennych, zarówno takich jak bezpieczniki i panele sterownicze, jak i całe napędy VFD, to również ważne jest regularne testowanie i badanie ich, aby zapewnić, że są one w dobrym stanie technicznym i gotowe do użytku.

Ważne jest, aby zdawać sobie sprawę z tego, że co prawda każdy może zakupić napęd VFD i zainstalować go, jednak koniecznością jest, aby proces instalowania był wykonany precyzyjnie. Przez poświęcenie niezbędnej ilości czasu przed zakupem, zainwestowanie w prawidłowy produkt dla aplikacji oraz regularne przeprowadzanie prac konserwacyjnych uzyska się oszczędności energii oraz efektywności operacyjne napędu VFD przez kolejne lata. ■