

Ocena energooszczędności układu napędowego



Pułapki przy realizacji projektów zmniejszenia zużycia energii elektrycznej

W czasach drogiej energii elektrycznej i zmniejszających się naturalnych zasobów surowców oraz ostrzeżeń przed skutkami dalszego ocieplania się klimatu, użytkownicy maszyn i urządzeń poszukują sposobów pozwalających na zmniejszenie zapotrzebowania na energię. Z jednej strony poprawia to ich konkurencyjność, z drugiej zaś wpływa w dużej mierze na pozytywny wizerunek firmy.

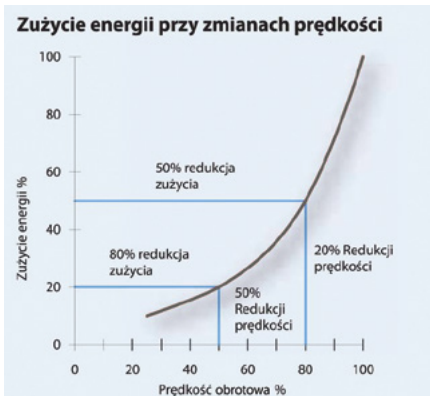
Kluczem jest w tym przypadku zastosowanie odpowiednich napędów elektrycznych. Podczas gdy nowsze instalacje są w większości zaprojektowane z myślą o mniejszym zużyciu energii, w istniejących już systemach nie zawsze można w prosty sposób otrzymać poprawne analizy i dane z procesów, które pozwalałyby osiągnąć jak największe oszczędności.

procesy w wielu instalacjach utrudniają jednocześnie wybór optymalnych podzespołów. Dokładniejsze przyjrzenie się i wiedza dotycząca działania własnej instalacji oraz informacje o procesach powinny jednak wystarczyć do osiągnięcia sukcesu. Poniżej opisano możliwe pułapki, które można napotkać podczas planowania efektywnych środków zaradczych.

pełnym obciążeniem, obniża efektywność energetyczną.

Wynika to z faktu, że ona również potrzebuje energii do pracy i wytwarza niewielkie straty ciepłne, które w tym przypadku nie przynoszą żadnej korzyści. W sumie wzrasta więc zapotrzebowanie na energię systemu napędu składającego się z przetwornicy i silnika.

Korzystniejsze jest wówczas zastosowanie soft startu (układu łagodnego rozruchu) z bypassem, który uruchamia silnik w sposób kontrolowany i następnie za pomocą bypasu podłącza bezpośrednio do sieci. Następnie układ łagodnego rozruchu przechodzi w tryb czuwania i prawie nie zużywa dodatkowej energii. Jednak w znaczącej większości przypadków regulacja obrotów przyniesie oszczędności.



Rysunek 1. Stosując napęd VLT Aqua Drive można uzyskać znaczne oszczędności energii nawet przy niewielkiej redukcji prędkości obrotowej pompy lub dmuchawy

Wielokrotnie zdarza się, że podjęte w zakresie poprawy napędu środki nie przynoszą przekonujących efektów albo powodują znaczne, negatywne skutki z zakłóceniami działania urządzeń włącznie. Może mieć to mnóstwo przyczyn, których większość leży po stronie niepełnej albo nawet błędnej analizy sytuacji wyjściowej i bazujących na niej decyzjach oraz zbyt małej staranności doboru komponentów takich jak silniki i przetwornice częstotliwości.

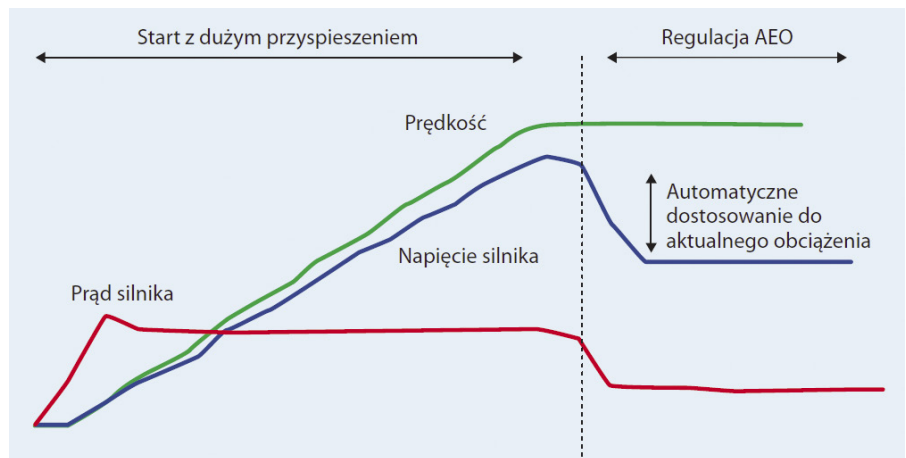
Różnorodność urządzeń z ich różnymi wersjami i coraz bardziej skomplikowane

Pułapka 1: przetwornica dla silników pracujących pod maksymalnym obciążeniem roboczym

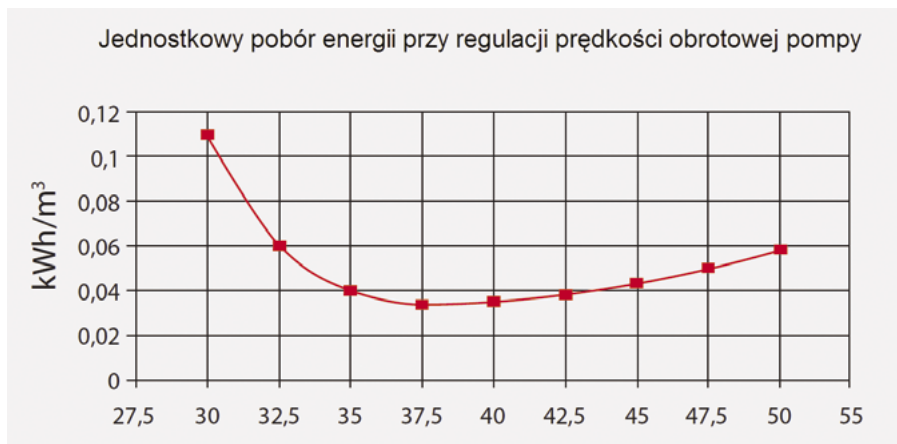
Często słyszy się sugestię, aby po prostu wyposażać silniki instalacji w przetwornice częstotliwości. Jednak takie rozwiązanie może mieć również wady. Ważna jest znajomość profilu obciążenia i pracy poszczególnych silników oraz to, jak długa jest praca z częstotliwym obciążeniem. Przetwornica częstotliwości w silnikach, które ciągle pracują pod

Pułapka 2: zbyt krótkie okresy analizy

Aby podjąć właściwe decyzje, użytkownik potrzebuje odpowiednich danych o instalacji. W tym przypadku pomocne są systemy, które zapisują aktualne obciążenie dla każdego napędu i w ten sposób tworzą wyraźny profil obciążenia. Jak długo taka analiza musi trwać? W dużym stopniu zależy to od zastosowania. Przy działaniach, które przebiegają (lub powinny przebiegać) w określonym rytmie do uzyskania właściwej informacji o zachodzą-



Rysunek 2. Dopasowane strategie regulacji zapewniają eksploatację optymalną energetycznie - w przetwornicach firmy Danfoss zaimplementowana jest sprawdzona regulacja AEO



Rysunek 3. Wykres zużycia energii wybranej pompy przy regulacji obrotami

cych procesach można ograniczyć okres zapisu do kilku cykli.

Inaczej wygląda sytuacja w zastosowaniach, które przebiegają w uzależnieniu od sytuacji losowej. Typowymi przykładami są tu systemy klimatyzacji budynków albo pompownie ścieków. Obydwie instalacje są mocno zależne od pogody.

Klimatyzacja osiąga swe szczytowe obciążenie przy ekstremalnie gorącej pogodzie latem, podczas gdy pompownia pracuje w pobliżu swojego maksimum przy silnych opadach. Jeśli w okresie analizy takie ekstremalne przypadki nie wystąpiły, to dane mogłyby być zafałszowane. To z kolei potencjalnie prowadzi do błędnej interpretacji albo wyboru nieodpowiednich komponentów, a zatem do mniejszej efektywności.

Pałupka 3: czy jest wykorzystana odpowiednia strategia regulacji?

Jeśli wykorzystywana jest przetwornica częstotliwości, to w aspekcie efektywności energetycznej rozwiązaniem decydującą rolę odgrywa również zastosowana strategia regulacji. Ogólna zasada mówi, że im lepsza strategia przetwornicy, tym dokładniejsza jest jej regulacja i większe oszczędności. Przykładowo – sama regulacja skalarna (krzywa charakterystyki U/f) przy obciążeniu częściowym prowadzi do znacznie gorszych wyników niż sterowanie wektorowe.

Dzieje się tak, ponieważ proste regulacje U/f często nie uwzględniają aktualnego obciążenia, gdyż nie przeprowadza się dodatkowego pomiaru prądu. Inaczej pracują zaawansowane systemy regulacji, jednakże podnoszą one jednocześnie cenę urządzeń. Zaawansowane układy mierzą aktualny prąd silnika i pozwalają na ocenę obciążenia, na które reagują.

W sumie więc procesy regulujące o wyższej jakości prowadzą do większej efektywności energetycznej napędów. W tym miejscu uwidacznia się reguła, że tanie przetwornice niekoniecznie są lepszym wyborem. Wiele zależy znowu od profilu obciążenia instalacji – im krócej silnik pracuje pod maksymalnym obciążeniem przy obrotach znamionowych,

tym mniej opłacalne są tanie procesy regulujące.

Pałupka 4: ograniczenia przy zakresie regulacji obrotami

Kolejne zjawisko mogące udaremnić efektywną energetycznie regulację obrotami pochodzi z samego procesu i związane jest ze znajomością tego ostatniego przez użytkownika. Przykładowo pompy transportujące mieszaninę cieczy i ciał stałych muszą osiągnąć minimalny poziom przepływu, aby ciała stałe nie osiadały w przewodach i urządzeniach.

Zależy to oczywiście od rodzaju materiałów stałych, ich koncentracji i pompowanego medium. Jeśli użytkownik przy takim zastosowaniu wybierze zbyt małe obroty, aby pracować możliwie oszczędnie, może dojść do sedimentacji.

W tym przypadku konieczne są przeprowadzane regularnie płukania, naprawy albo inne czynności serwisowe, które ewentualne oszczędności szybko zniweczą. Jeszcze go-

rzej jest, gdy do tego dochodzą nieplanowane przestoje spowodowane uszkodzeniami i awariami systemu. W tym przypadku użytkownik i wykonawca instalacji muszą dokładnie zbadać redukcję obrotów dla danego medium.

Pałupka 5: maszyny przepływowe nie pracują w optymalnym stopniu sprawności

W przypadku pomp i wentylatorów kolejną wielkością wpływającą na efektywność energetyczną systemu jest punkt pracy instalacji. Właśnie przy urządzeniach przepływowych istotne jest, żeby napędy pracowały w optymalnym punkcie pracy, ponieważ w wielu zastosowaniach wentylatorów i pomp pobór mocy rośnie do kwadratu wraz z prędkością obrotową i już niewielkie redukcje mogą mieć ogromny wpływ na ich zapotrzebowanie energetyczne.

Niestety projektowanie takich systemów stanowi przeciwność tego faktu – wentylatory i pompy zaprojektowane są najczęściej do maksymalnych wymagań systemu i w dużej mierze pracują w obszarze częściowego obciążenia. Przykładem są tu znowu instalacje klimatyzacji, które nawet w najgorętszym dniu roku mają zadbać o przyjemny chłód.

Producenci takich urządzeń już odkryli problem i dostarczają na rynek rozwiązania, których optymalny stopień sprawności osiągnąć jest przy 70-80% maksymalnego obciążenia. Umożliwia to szczególnie oszczędną energetycznie pracę. Jeszcze bardziej problematyczny jest przypadek, w którym różnice między maksymalnym obciążeniem i pracą pod obciążeniem częściowym są nawet większe.

Wykonawca urządzeń i użytkownik powinni zastanowić się tu nad kaskadowaniem



Fotografia 4. Do instalacji, w których pracują systemy wielopompowe, optymalnym rozwiązaniem są układy kaskadowe

instalacji, tak aby pompy i wentylatory mogły pracować zawsze w optymalnym punkcie. Nawet w przypadku modernizacji takie kaskadowanie może często zamortyzować się w ciągu krótkiego czasu, ponieważ optymalizacja nie się ze sobą znaczne oszczędności.

Pułapka 6: błędne planowanie

Optymalne planowanie przebiega od maszyny do sieci i wymaga rozległej znajomości procesów i zastosowania. Tylko w ten sposób użytkownik może zapobiec nadmiarowości całego napędu z powodu "wystarczających" rezerw na różnych stopniach projektowania. Każde niepotrzebne nadmiarowanie odbija się negatywnie na kosztorysach.

W praktyce zdarza się to przede wszystkim wtedy, gdy część elektryczna i mechaniczna projektu nie są ze sobą odpowiednio skomunikowane albo przy istniejących instalacjach nie zostają odnotowane zmiany w procesach. W wielu przypadkach powstają wówczas większe koszty z powodu wyboru zbyt dużego silnika.

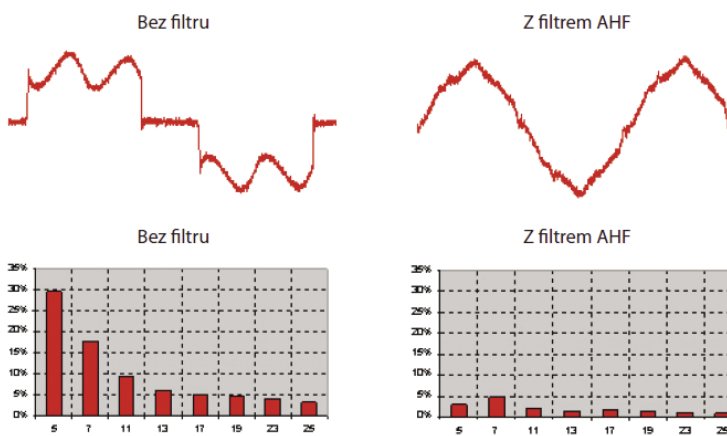
Przyczyna leży w tym, że silniki asynchroniczne osiągają optymalny stopień sprawności w punkcie znamionowym. Przy zredukowanym obciążeniu stopień sprawności obniża się, przy czym spadek zależy od rodzaju silnika i jego mocy. W ten sposób stopień sprawności w obszarze częściowego obciążenia spada przy dużych silnikach wolniej niż przy małych.

Jeśli silnik osiąga w punkcie znamionowym instalacji sprawność 77% zamiast 80%, oznacza to w ciągu całej żywotności silnika wcale niemałe koszty dodatkowe. Należy jednak uwzględnić, że w przypadkach szczególnych nadmiarowanie może mieć sens i poprawia ono stopień sprawności dla określonych punktów pracy.

Pułapka 7: czy bezpośredni zwrot energii rzeczywiście jest zapowiedzią sukcesu?

Przetwornice częstotliwości z modułami bezpośredniego zwrotu mogą dostarczać energię wygenerowaną przez inercję obciążenia z powrotem do sieci zasilającej. Występują tam moduły inwertera zastępujące tradycyjny prostownik lub moduły zewnętrzne dołączane do obwodu pośredniego przetwornicy. Oba rozwiązania przetwarzają energię z silnika, zapewniając dopasowanie do napięcia i częstotliwości w sieci zasilającej.

Pomimo że na pierwszy rzut oka wydaje się to być bardzo korzystne, zdziwienie budzi fakt, że w większości przypadków z punktu widzenia ekonomii i ekologii zastosowanie rezystorów hamowania jest bardziej uzasadnione niż wykorzystywanie wytworzonej podczas hamowania energii. Użytkownicy z reguły przeceniają udział wytworzonej generatorowo energii. Energia



Rysunek 5. Porównanie zawartości harmonicznyc w układzie z filtrem AHF oraz bez niego

taka powstawać może maksymalnie tylko w 50% czasu roboczego, a więc wtedy, gdy system hamuje.

W normalnych zastosowaniach, w których maszyny mają być napędzane, tylko 10-20% ogólnego czasu pracy spełnia ten warunek. W zależności od wielu czynników, takich jak wielkość napięcia obwodu pośredniego, prędkość obrotowa silnika, straty tarcia i moment bezwładności, obliczyć można ilość wytworzonej energii. Należy przy tym uwzględnić, że wytworzona energia zmniejsza się z obrotami.

Jakkolwiek stopień sprawności synchronicznego silnika trójfazowego pozostaje taki sam, zarówno w trybie silnikowym, jak i generatorowym, to nie cała podawana na wale silnika energia oddawana jest do sieci zasilającej.

Zmniejszają ją straty w silniku, na przewodach i w przetwornicy. Aby móc oddać generowaną energię z powrotem do sieci, przystosowane do tego przetwornice potrzebują aktywnych, sterowanych prostowników w układzie dodatkowego inwertera. Ich straty mogą być aż do 25% większe niż przy porównywalnych urządzeniach z niesterowanymi prostownikami i występują zarówno w silnikowym, jak i w generatorowym trybie pracy.

Już żeby wyrównać te dodatkowe straty w silnikowym trybie pracy, napęd musi pracować 20 do 30% czasu w trybie generatorowym. Ponadto aktywne prostowniki muszą pozostać w tym stanie również podczas postoju silnika. Wymaga to wyższego prądu gotowości.

Wreszcie przetwornice pozwalające na aktywny zwrot wytwarzają poprzez sterowanie prostowników dodatkowe wyższe harmoniczne, które obciążają sieć. W ocenie ekonomicznej muszą być jeszcze uwzględnione wyższe koszty zakupu przetwornic pozwalających na bezpośredni zwrot energii z powrotem do sieci.

Pułapka 8: oddziaływania sieci a rezonanse

Układ połączeń na wejściu przetwornicy częstotliwości z pojemnościowym obwodem

pośredniczącym prowadzi do impulsowego poboru prądu, a więc już nie sinusoidalnego, lecz składającego się z fali podstawowej i jej harmonicznyc. Częstotliwości harmoniczne w zakresie 2 kHz określane są jako oddziaływania zwrotne na sieć.

Wytwarzają one prąd o wysokiej częstotliwości, który dodatkowo obciąża transformatory i przewody. Określenie przetwornicy jako "wolnych od oddziaływań zwrotnych na sieć" nie oznacza wcale, że nie wytwarzają one żadnych harmonicznyc powyżej 2 kHz.

Ponieważ składowe prądu o wyższych częstotliwościach mogą się rozprzestrzeniać poprzez impedancję sieci jako harmoniczne napięcia, niosą ze sobą niebezpieczeństwo wzbudzenia drgań pojemnościowych i indukcyjnych w sieci. Staje się to problematyczne, gdy wyższa harmoniczna napotka częstotliwość rezonansową takiego obwodu drgającego.

Może to doprowadzić nawet do zniszczenia elementów konstrukcyjnych urządzeń lub układów kompensacji mocy biernej w sieci. Jeśli używanych jest niewiele odbiorników, które obciążają sieć harmonicznymi, to nie stanowi to często żadnego problemu. Jeśli jednak obciążenia rosną wraz z liczbą użytych odbiorników, wówczas jest prawdopodobne, że użytkownik poniesie dodatkowe koszty.

Oprócz możliwych zniszczeń instalacji dochodzą środki potrzebne do identyfikacji i usunięcia problemów. Przetwornice częstotliwości z obwodem pośrednim wyposażonym w odpowiedni zapas pojemności i w dławiki DC generują harmoniczne głównie w określonym normatywnie zakresie częstotliwości do 2 kHz, co ułatwia usuwanie omawianych problemów.

Trudniej jest, gdy harmoniczne pojawiają się w dalszym spektrum częstotliwości, co przykładowo występuje w przetwornicach z tzw. zredukowanym pojemnościowo obwodem pośrednim albo przy niesinusoidalnym zasilaniu w układach z bezpośrednim



Fotografia 6. VLT Low Harmonic Drives – przemienniki częstotliwości firmy Danfoss będące najlepszym rozwiązaniem problemu harmonicznych

zwrotem do sieci. Wymaga to wówczas zastosowania systemów w postaci aktywnych filtrów, które pobierają chwilowe informacje o sieci i zasilają sieć odpowiednimi prądami komplementarnymi.

Pałapka 9: strategia regulacji z układem łagodnego rozruchu bez bypassu nie daje oczekiwanego efektu

W silnikach, które przez cały czas pracują pod pełnym obciążeniem, łagodny rozruch albo zatrzymanie są również korzystne. Użytkownicy stosują wówczas często układy łagodnego rozruchu, ponieważ są one tańsze niż przetwornice częstotliwości. Oprócz tego pozwalają na niewielkie dopasowanie prędkości obrotowej. Jednakże strategie oszczędności przy sterowaniu tyrystorowym opłacają się tylko wtedy, gdy obciążenie spada na dłuższy czas poniżej 45%, co z reguły przy zastosowaniach przemysłowych jest rzadkim przypadkiem i dlatego realistyczny czas amortyzacji jest raczej nieprawdopodobny.

Przyczyną tego są relatywnie wysokie straty w tyrystorach, które występują również podczas pracy z pełnym obciążeniem podłączonego silnika. Dlatego przekazanie obciążenia do sieci po rozruchu napędu jest przeważnie znacznie korzystniejsze, ponieważ typowe straty układu łagodnego rozruchu w trybie bypass wynoszą tylko kilka watów.

Kolejną wadą układów łagodnego rozruchu, która ujawnia się przy rozpatrywaniu ekonomiczności energetycznej, jest obniżenie napięcia silnika. Wraz z tym zmniejsza się jednocześnie prędkość obrotowa, co z powo-

du regulacji poślizgowej może ewentualnie w systemie wywołać efekt oszczędności, przykładowo w przypadku pompy. Wynikający z obniżenia napięcia wyższy prąd podgrzewa jednak mocniej silnik, co może skrócić jego żywotność. W tym przypadku bardziej opłacalna jest raczej przetwornica częstotliwości.

Podsumowanie: warto zwracać uwagę na warunki wyjściowe

Realizacja projektów oszczędności energii obok szans na znaczne oszczędności w produkcji kryje wiele pułapek, które mogą umniejszyć sukces takiego projektu. Omówione w artykule przykłady przedstawiają tylko pewną grupę problemów, choć też uwidaczniają, że aby zastosować efektywne środki, należy zwrócić uwagę na warunki wyjściowe systemu.

Aby osiągnąć sukces przy realizacji projektów oszczędzania energii, warto zasięgnąć porady specjalistów w tej dziedzinie. Mają oni niezbędne doświadczenie, które pozwala na ominięcie niebezpieczeństw na drodze do zwiększenia efektywności energetycznej i obliczenia maksymalnych oszczędności dla użytkownika. Danfoss oferuje zarówno doradztwo na etapie przygotowania projektu, jak i na etapie wdrożenia i oddania do ruchu.

Danfoss
www.danfoss.pl/napedy

REKLAMA



Międzynarodowe Targi Poznańskie



spotkaj przyszłość

14-16.05.2013 Poznań

Międzynarodowe Targi Energetyki
EXPOPOWER



ZNANE MARKI Z BRANŻY ENERGETYCZNEJ JUŻ NIEDŁUGO ZAGOSZCZĄ W POZNANIU!

Nie przegap!

- szerokiej oferty ponad 200 firm z 11 krajów
- warsztatów i seminariów dla elektroinstalatorów, hurtowników elektrotechnicznych, architektów i projektantów
- wydarzeń specjalnych:
 - szkolenia elektrotechniczne TIM SA
 - IV Forum Elektroenergetyki Polskiej
 - wystawa i konferencja „Energooszczędność w oświetleniu”
 - konferencje tematyczne i seminaria produktowe

Czekamy także na Twoje zgłoszenie do konkursu:



www.zlotymedal.mtp.pl



PARTNER STRATEGICZNY

Szczegółów szukaj na:
www.expopower.pl