

# Zastosowanie przemienników częstotliwości średniego napięcia w pompowni szlamów średniej mocy

Andrzej Morawski, Robert Skarżyński

Obserwowany od wielu lat wzrost mocy napędów prądu przemiennego niskiego napięcia (NN) z przemiennikami częstotliwości spotyka się z tendencją obniżania mocy jednostkowej napędów średniego napięcia (SN) z przemiennikami częstotliwości. Zarówno rozwiązanie z przemiennikiem na niskie, jak i średnie napięcie jest równorzędne technicznie z punktu widzenia osiągniętych rezultatów. Jednakże wybór optymalnego rozwiązania wymaga szczegółowej analizy porównawczej, uwzględniającej argumenty techniczne, energetyczne, serwisowe oraz – często decydujące – koszty wykonania.

Poniżej przedstawiono analizę porównawczą, decydującą o wyborze napędu z przemiennikiem częstotliwości średniego napięcia na przykładzie modernizowanej pompowni odpadów poflotacyjnych.

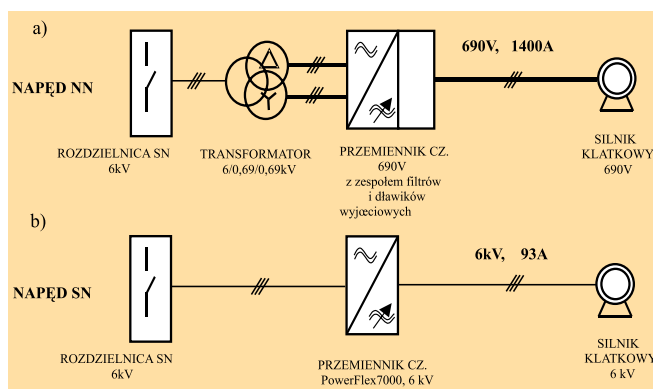
## Kryteria wyboru techniki napędowej dla pompowni

Projekt technologiczny modernizowanej pompowni szlamów poflotacyjnych wprowadził trzy nowe zestawy pompowe, w tym jeden rezerwowo, po trzy pompy połączone szeregowo w każdym zestawie. Do sterowania wydatkiem zestawu pompowego przewidziano przemiennik niskiego napięcia (690 V) do regulacji napędu jednej pompy o mocy 800 kW w każdym zestawie. Pozostałe pompy o mocy 630 kW przewidziano do zasilania sieciowego z napięciem 6 kV. Łączna moc napędów pompowni wynosi ok. 6 MW.

BIAP, Biuro Inżynierskie Automatyki Przemysłowej, przeprowadziło analizę porównawczą napędów SN i NN. Wykonana analiza dostarczyła szeregu argumentów na rzecz zastosowania napędów średniego napięcia.

Zaprojektowane pierwotnie rozwiązanie techniczne z przemiennikami niskiego napięcia zestawiono z równoważnym układem napędowym wykonanym z przemiennikiem prądowym średniego napięcia PowerFlex7000. Podstawowa różnica w budowie układu napędowego polega na wyeliminowaniu indywidualnych transformatorów, obniżających napięcie zasilania do poziomu zastosowanego przemiennika NN, wymianie kabli siłowych i zmianie napięcia silnika. Wielkość silnika i gabaryty montażowe układu pozostają bez zmian, niezależnie od napięcia. Również pole zasilające rozdzielnicę 6 kV pozostaje niezmiennione. Na rys. 1 przedstawiono schematy każdego z rozwiązań.

Porównując zalety i wady obydwu rozwiązań, w pierwszej kolejności wzięto pod uwagę parametry oraz właściwości



Rys. 1 Schemat układu zasilania: a) z przemiennikiem niskiego napięcia, b) z przemiennikiem średniego napięcia

techniczne i eksploatacyjne – w tym sprawność, jakość energii (napięcie wyjściowe i oddziaływanie na sieć zasilającą) oraz niezawodność.

Techniczne różnice wykonania porównywanych napędów polegają na zmianie sposobu kształtowania napięcia i prądu silnika. Bezpośrednia modulacja prądu w falowniku PowerFlex7000 pozwala na bardzo dobre odwzorowanie sinusoidy napięcia i prądu silnika z zawartością harmoniczną nie przekraczającą 5%. Ponadto w przemienniku PowerFlex7000 stromość zmian napięcia silnika jest niemal dwa rzędy wielkości niższa niż w przemienniku NN (ok. 10V/μs). W efekcie możliwe jest stosowanie typowych kabli zasilających silnik – bez ekranowania i osłony metalowej oraz silnika w zwykłym wykonaniu, również starej konstrukcji, bez konieczności zabezpieczenia przed prądami łożyskowymi i bez wzmocnienia izolacji dla ochrony przed przepięciami. W omawianym przypadku zastosowanie przemiennika na 6000 V pozwoliło na zmniejszenie łącznego przekroju żył kabli około dziesięciokrotnie (cena kabli niskiego napięcia łączących silnik z przemiennikiem przy odległości ponad 100 m przewyższała cenę przemiennika NN!). Zakłócenia elektromagnetyczne pochodzące od przemiennika, pomimo braku ekranowania kabli, są zdecydowanie mniejsze. W wyniku eliminacji transformatorów i zespołu filtrów wyjściowych przemiennika układ napędowy zajmuje mniej miejsca, bowiem sam przemiennik SN ma wymiary zbliżone do przemiennika NN. Zawartość harmoniczną w prądzie zasilania przemiennika sprowadzono do minimum przez zastosowanie prostownika z modulacją PWM. Konstrukcja przemiennika PowerFlex7000 umożliwia zwrot energii do sieci w fazie hamowania. Ponadto przemiennik pracuje prawidłowo w szerokim zakresie zmian napięcia zasilania,



Fot. 1 Wielkość regulowanego zestawu pompowego od 4600 do 7260 V, co czyni napęd niewrażliwym na zakłócenia zasilania.

Układ napędowy SN bez transformatora obniżającego i filtrów wyjściowych, wymaganych dla przemienników NN, dla rozważanego projektu ma wyższą sprawność znamionową od układu NN o ponad 1%, a różnica sprawności jest jeszcze wyższa przy niskim obciążeniu napędu. Z powodu małej zawartości harmonicznycy i stromości napięcia dodatkowe straty mocy w silniku są znikomo małe i nie mają



Fot. 2 Przemiennik PowerFlex7000

praktycznie wpływu na temperaturę silnika. Podobnie wpływ harmonicznycy na sieć zasilającą i pracę innych urządzeń jest znacznie mniejszy w napędzie SN z przemiennikiem PowerFlex7000 wyposażonym w prostownik PWM. Współczynnik mocy napędu jest bliski jedności w całym zakresie zmian obciążenia.

Za zastosowaniem napędu średniego napięcia przemawiają także argumenty dotyczące niezawodności i serwisu. Obwód falownika przemiennika PowerFlex7000 jest zbudowany z 18 szybkich kluczy półprzewodnikowych SGCT, a topologia falownika prądu czyni go odpornym na zwarcia po stronie zasilania i silnika – przemiennik nie wymaga szybkich zabezpieczeń niezbędnych w napędach NN. Liczba urządzeń wymagających obsługi jest mniejsza w napędzie średniego napięcia, a małe przekroje kabli ułatwiają operacje serwisowe.

Decyzja o zastosowaniu przemienników średniego napięcia, niezależnie od wymienionych powyżej zalet napędu średniego napięcia, nie byłaby możliwa bez porównania kosztów wykonania obydwu układów napędowych. Wykonane w oparciu o projekt zestawienie cen podstawowych urządzeń, czyli toru zasilania od rozdzielnicy SN do silnika włącznie, wykazało różnicę około 3% na korzyść układu napędowego średniego napięcia. Inne zalety, w tym eliminacja komór transformatorowych, niski koszt wykonania tras kablowych, skrócenie czasu realizacji inwestycji, stanowią dodatkowe oszczędności, oszacowane na poziomie nie mniejszym niż około 10% kosztu układu napędowego. Poza kosztami inwestycyjnymi wyższa sprawność i niezawodność napędu SN obniża koszty eksploatacji pompowni.

Wobec przedstawionych argumentów oraz w wyniku porównania obydwu rozwiązań napędowych zdecydowano o zabudowie przemienników średniego napięcia do sterowania wydajnością pomp szlamowych.

### Uruchomienie pompowni

Doboru właściwej dla projektu wersji wykonania i wyposażenia oraz sterowania przemienników średniego napięcia dokonała firma BIAP, która również dostarczyła przemienniki. Wymiana układów napędowych następowała kolejno bez

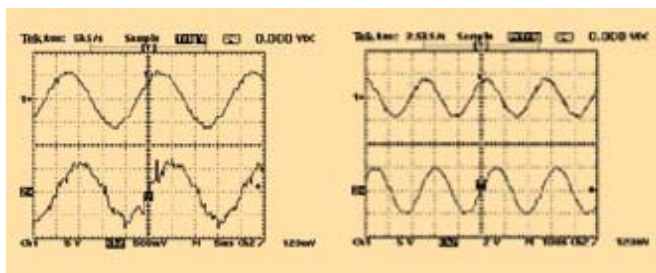


Fot. 3 Przemiennik Power Flex 7000 w trakcie uruchamiania



Fot. 4 Tandem pompowy w układzie technologicznym pompowni





Rys. 2 Przebiegi napięcia (1) i prądu (2): A – zasilania prze-  
miennika, B – zasilania silnika, dla warunków obciążenia  
409 kW, 70 A, 4090 V, prędkość 456 obr/min

przerwywania pracy pompowni. Zmodernizowana pompownia pracuje ponad rok. Układy napędowe uruchamiał zespół Serwisu Napędów BIAP i Serwisu Rockwell Automation, producenta przemienników. Uruchomienie każdego napędu trwało dwa dni. Pierwszy dzień był przeznaczony na zaprogramowanie i testy urządzeń oraz sprawdzenie wszystkich funkcji współpracy przemiennika z urządzeniami sterowania technologicznego i zabezpieczeń. W drugim dniu uruchamiano i testowano kompletny napęd pompowni oraz dostrajano układy sterowania.

Przykładowe przebiegi napięć i prądów silnika oraz zasilania przemiennika zarejestrowane podczas uruchomienia przedstawiono na rys. 2.

Przebiegi elektryczne potwierdzają oczekiwane właściwości energetyczne napędów.

robotyka

mechatronika



roboty spawalnicze  
roboty paletyzujące  
roboty przenoszące  
roboty malarskie  
manipulatory



BIAP Sp. z o.o.  
 ul. Muchoborska 16, 54-424 Wrocław  
 tel. 071 76 97 800, fax 071 76 97 801  
 www.biap.com.pl, biap@biap.com.pl

W czasie eksploatacji pompowni nie stwierdzono zauważalnego oddziaływania napędów na jakość parametrów energii elektrycznej zakładu oraz oddziaływania na inne urządzenia we wspólnej sieci zakładu.

## Podsumowanie

Wobec przewidywanych i analizowanych, na etapie projektu pompowni, problemów technicznych zastosowania napędów regulowanych, właściwości układów napędowych potwierdzają słuszność decyzji wyboru przemienników średniego napięcia. Oczekiwane korzyści zastosowania tej techniki zostały potwierdzone w eksploatacji. Doświadczenie eksploatacyjne i podobna analiza techniczno-ekonomiczna przesądziły o zastosowaniu przemienników prądowych średniego napięcia do innych pompowni szlamów, także do napędów mniejszej mocy.

Należy się spodziewać, że wynik porównania technicznego i ekonomicznego napędów regulowanych będzie przemawiał na rzecz napędów średnionapięciowych dla coraz szerszej grupy zastosowań, w tym dla napędów o niższych mocach. Obecna granica zastosowań napędu SN w okolicach 400–700 kW ulegnie jeszcze w przyszłości obniżeniu, przyuszczalnie do poziomu wcześniej stosowanego podziału dla napędów nieregulowanych prądu przemiennego, tj. około 300 kW. Jednakże istotne jest, aby analiza techniczno-ekonomiczna została przeprowadzona dla każdej aplikacji indywidualnie, zgodnie z wymaganiami, warunkowaniami i ograniczeniami odnoszącymi się do danego przypadku. W każdym indywidualnym przypadku ekonomiczne warunki wyboru rodzaju napędu wymagają szczegółowego rozpatrzenia składników kosztów inwestycji i eksploatacji napędu, a decyzja nie powinna być podejmowana jedynie w oparciu o cenę samego przemiennika częstotliwości bez uwzględnienia pozostałych istotnych elementów.

Gwałtowny wzrost zainteresowania napędami średniego napięcia typu prądowego oraz zastosowaniami w różnego rodzaju układach napędowych, obserwowany w ostatnich latach, wskazuje na upowszechnienie się wiedzy o tych napędach i korzyściach, jakie przynosi ich wykorzystanie.

Prawidłowy wybór rozwiązania dla układu napędowego, zwłaszcza dużej mocy, wymaga wiedzy i doświadczenia. Firma BIAP, dostawca rozwiązań napędu elektrycznego we wszystkich wykonaniach technicznych, w tym na napięcia do 15 kV, zaprasza do współpracy. Pomagamy w rozwiązywaniu problemów napędowych, wykonujemy prace od projektu do uruchomienia „pod klucz” oraz zapewniamy obsługę serwisową napędów przemiennikowych. ■

Artykuł promocyjny  
 BIAP Sp. z o.o.  
 dr inż. Andrzej Morawski  
 mgr inż. Robert Skarżyński