

Poprawa efektywności energetycznej napędów przemysłowych – analiza porównawcza stacji odpylania

Janusz Flaszka, Dariusz Kazirod

1. Wprowadzenie

Racjonalne wykorzystanie energii elektrycznej jest coraz częstszym zagadnieniem poruszonym w zakładach przemysłowych. Jest to reakcja m.in. na coraz wyższe ceny energii elektrycznej związane głównie z wprowadzonymi limitami emisji dwutlenku węgla do atmosfery, które znacząco wpływają na koszty wytwarzania, oraz rosnące z roku na rok ceny węgla stanowiącego nadal podstawowe paliwo polskich elektrowni. Elektryczne układy napędowe składające się głównie z silników elektrycznych, układów zasilających, regulacyjnych oraz obciążających, takich jak np. pompy czy wentylatory, zużywają ok. 40 do 50% energii elektrycznej wyprodukowanej na potrzeby polskiego przemysłu. Zdecydowana większość eksploatowanych



Rys. 1. Silnik Sh400H6Bs [2]



Rys. 2. Silnik SZUre-136r/01 [2]

aktualnie silników dużej mocy to wyroby stare, kilkudziesięcioletnie, technicznie przestarzałe [1].

Jednym ze sposobów na poprawę efektywności energetycznej napędów przemysłowych jest optymalizacja napędów elektrycznych poprzez zastosowanie energooszczędnych silników oraz układów o zmiennej regulacji prędkości obrotowej.

2. Charakterystyka układów napędowych porównywanych stacji

Wentylatory stacji nr 1 napędzane są silnikami asynchronicznymi niskiego napięcia Sh400H6Bs (rys. 1) o danych znamionowych podanych w tabeli 1.

Do zasilania i regulacji obrotów silników zmodernizowanej stacji filtrów workowych wykorzystuje się przetworniki częstotliwości czołowego producenta światowego o parametrach:

- moc na wale silnika od 0,75–400 kW;
- napięcie zasilania $3 \times 380\text{--}500\text{ V}$;
- napięcie wyjściowe 0–100% napięcia zasilającego;
- częstotliwość wyjściowa 0–132 Hz, 0–1000 Hz.

Wentylatory stacji nr 2 napędzane są silnikami asynchronicznymi średniego napięcia SZUre-136r/01 (rys. 2) o danych znamionowych przedstawionych w tabeli 2.

Regulacja prędkości odbywa się za pośrednictwem przekształtnika tyrystorowego typu PTK-07/08/042 wyprodukowanego przez Fabrykę Transformatörów i Aparatury Trakcyjnej w Łodzi – tabela 3.

3. Główne założenia modernizacji

Głównymi założeniami modernizacji stacji filtrów workowych było zastąpienie wyeksploatowanych i energochłon-

Streszczenie: Przemysł zaczyna zwracać coraz większą uwagę na oszczędności wynikające z racjonalnego wykorzystania energii elektrycznej. Mają na to wpływ coraz wyższe ceny energii elektrycznej. Związane jest to głównie z wprowadzonymi limitami emisji dwutlenku węgla do atmosfery, które znacząco wpływają na koszty wytwarzania, oraz rosnące z roku na rok ceny węgla stanowiącego nadal podstawowe paliwo polskich elektrowni. Artykuł przedstawia analizę porównawczą dwóch bliźniaczych stacji odpylania, zmodernizowanej stacji nr 1 i stacji nr 2 pracującej w oparciu o stare rozwiązania.

IMPROVING ENERGY EFFICIENCY OF INDUSTRIAL DRIVES – COMPARATIVE ANALYSIS OF EXTRACTION STATION

Abstract: Industry begins to pay more attention to the savings resulting from the rational use of energy. They have the effect of higher and higher electricity prices. This is mainly due to the introduced limits carbon dioxide emissions into the atmosphere, which significantly affect production costs and increasing from one year to the price of coal is still the principal fuel forming Polish power plants. This paper presents a comparative analysis of two twin extraction station, upgraded the station 1 and station 2 working on the basis of the old solution.

nych silników średniego napięcia nowoczesnymi wysokosprawnymi silnikami klatkowymi niskiego napięcia, wycofanie z eksploatacji wysłużonej i trudnej w eksploatacji kaskady tyrystorowej oraz uzyskanie wyższej sprawności energetycznej układów napędowych [4].

Tabela 1. Dane znamionowe silnika Sh400H6Bs

Moc	400 kW
Obroty	992 obr/min
Napięcie znam.	400 V
Prąd znam.	714 A
Współcz. mocy	0,84
Moment znam.	3851 Nm
Sprawność	96,3

Tabela 2. Dane znamionowe silnika SZUre-136r/01

Moc:	630 kW
Obroty	990 obr/min
Napięcie stojana	Uz = 6000 V
Prąd stojana	I = 75 A
Napięcie wirnika	Uz = 835 V
Prąd wirnika	I = 480 A
Współczynnik mocy	cosφ = 0,87
Klasa izolacji	F
Praca	S1

Tabela 3. Dane techniczne przekształtnika PTK-07/08/042

Zestaw tyrystorowo-diodowy	TDK-07/08 04-2
Napięcie zasil. tyrystorów	3×400 V 50 Hz
Napięcie zasilania diod	3×830 V 2–50 Hz
Moc silnika	740 kW
Prąd zasilania	545 A
Regulacja obrotów	1–0,6 obr. nomin.

Stojan silnika asynchronicznego pierścieniowego przyłączony jest do sieci zasilającej poprzez wyłącznik wysokiego napięcia. Do wirnika tego silnika poprzez łącznik ręczny przyłączony jest prostownik trójfazowy diodowy. Szeregowo z prostownikiem połączony jest trójfazowy mostkowy przekształtnik tyrystorowy, który przyłączony jest po stronie prądu przemiennego do sieci zasilającej stojan poprzez transformator. Moc i napięcie transformatora dostosowane są do parametrów wirnika silnika i zakresu regulacji prędkości obrotowej. Przekształtnik tyrystorowy pracuje, jako falownik, a układ zmiany kąta wysterowania tyrystorów sterowany jest układem regulacji, który może pracować w dwóch trybach:

Tabela 4. Liczbowe zestawienie łącznej mocy pobranej przez stację nr 2 w okresie 1.04.2009 – 1.05.2009 r. [2]

	Wentylator nr 1	Wentylator nr 2	Wentylator nr 3	Razem
Moc pobrana [kWh]	87208,75	189341,25	161352	437902

Tabela 5. Liczbowe zestawienie łącznej mocy pobranej przez stację nr 1 w okresie 1.04.2009 – 1.05.2009 r. [2]

	Wentylator W3	Wentylator W1 i W2	Razem
Moc pobrana [kWh]	7856,5	110960,5	118816,998

Tabela 6. Liczbowe zestawienie łącznej mocy pobranej przez stację nr 1 i 2 w okresie 1.04.2009 – 1.05.2009 r. [2]

	Stacja nr 1	Stacja nr 2	Razem	Różnica
Moc pobrana [kWh]	118816,998	437902	556718,998	319085,002

- w układzie otwartym z ograniczeniem prądu oddawanego na sieć;
- w układzie zamkniętym ze sprzężeniem prądowym i sprzężeniem od prędkości obrotowej.

Równoległe z prostownikiem diodowym do wirnika poprzez łącznik przyłączone są rezystory, które służą do rozruchu silnika do około 50% prędkości znamionowej oraz do tłumienia przepięć łączeniowych pojawiających się w uzwojeniach wirnika.

4. Techniczno-energetyczne efekty modernizacji przedstawionych układów napędowych

Jak zaznaczono powyżej, jednym ze spodziewanych efektów modernizacji napędów stacji filtrów workowych miała być znaczna poprawa efektywności energetycznej układu. Rysunki 3, 4, 5 przedstawiają porównanie energochłonności stacji pracującej w oparciu o stare rozwiązania i zmodernizowanej stacji, gdzie do napędu wykorzystuje się przemiennika częstotliwości [6].

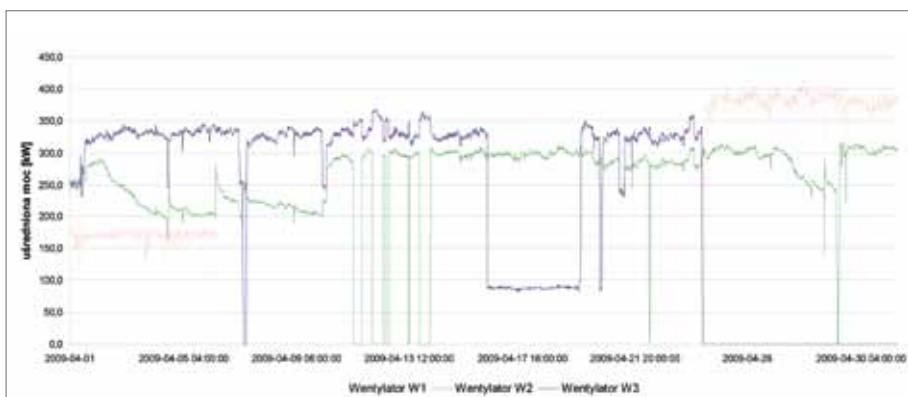
5. Podsumowanie

Jak wynika z tabeli 6, różnica w zużyciu energii przez obie stacje wyniosła w badanym okresie ok. 320 [MWh]. W ujęciu rocznym daje to prawie 4 GWh zaoszczędzonej energii elektrycznej.

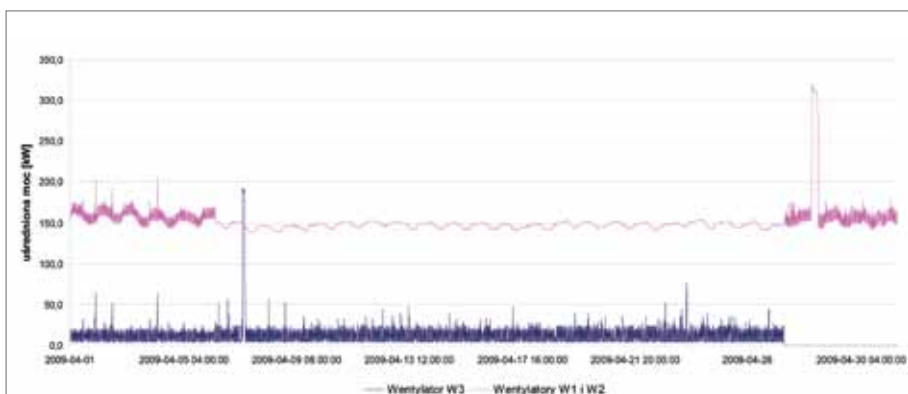
Przyjmując cenę 1 [MWh] energii na poziomie 200 zł, roczna oszczędność wynosi w przybliżeniu ok. 800000,00 zł.

Jako efekt ekonomiczny należy uznać również fakt, iż modernizując stacje nr 1 i wycofując z ruchu energochłonne i wyeksploatowane urządzenia, uniknięto kosztownych napraw i przeglądów. Przeliczając uzyskany zysk energetyczny na redukcję emisji dwutlenku węgla do atmosfery przy założeniu, że podczas wytworzenia 1 [kWh] energii powstaje w elektrowni węglowej ok. 950 g CO₂ osiągnięte zmniejszenie emisji sięga 3800 Mg/rok CO₂ [5, 6]

Zastosowane w opisywanych układach napędowych przemienniki częstotliwości w standardowym wyposażeniu posiadają układ mikroprocesorowy nadzorujący praktycznie wszystkie czynności wykonywane przez układ napędowy. Jednym z głównych zadań przemiennika jest zabezpieczenie silnika umożliwiające bezpieczną pracę napędu niezależnie od wybranego reżimu pracy [3]. Mikroprocesorowy układ nadzorujący przemiennika w sposób ciągły kontroluje najważniejsze parametry, tj. prądy silnika, temperaturę uzwojeń, napięcia zasilania itp. W przypadku przekroczenia któregoś z zaprogramowanych progów przemiennik przerywa pracę, nie dopuszczając do uszkodzenia silnika. Stosowane przemienniki częstotliwości umożliwiają szybką i prostą diagnostykę stanów awaryjnych. Wystąpienie stanu awaryjnego (przebiegnięcie, przekroczenie temperatury, zanik fazy, osłabienie izolacji itp.) spowoduje, że przemiennik, przerywając pracę, generuje odpowiedni kod informacyjny, za pomocą którego służby eksploatacyj-



Rys. 3. Wykres mocy pobieranej przez wentylatory stacji nr 2 w okresie 1.04.2009 – 1.05.2009 r. [2]



Rys. 4. Wykres mocy pobieranej przez wentylatory stacji nr 1 w okresie 1.04.2009 – 1.05.2009 r. [2]



Rys. 5. Wykres łącznej mocy pobieranej przez stację nr 1 i stację nr 2 w okresie 1.04.2009 – 1.05.2009 r. [2]

ne mogą rozpoznać przyczynę wystąpienia awarii. Jest to rozwiązanie w znaczny sposób skracające czas identyfikacji niesprawności i pozwalające na szybkie przystąpienie do działań mających na celu przywrócenie pełnej gotowości układu napędowego.

Do niewątpliwych technicznych efektów modernizacji należy zaliczyć również:

- bardzo łatwy rozruch napędów;

- płynną regulację w pełnym zakresie obrotów;
- eliminację udarów prądowych i mechanicznych;
- znakomitą dynamikę układów regulacji;
- możliwość wykorzystania komputera PC i/lub sterownika PLC do sterowania i wizualizacji pracy napędu;
- możliwość zastosowania tańszych silników klatkowych;

- zmniejszenie zużycia mechanicznego;
- doskonałe zabezpieczenie silnika;
- uzyskanie wysokiej sprawności układu napędowego;
- łatwa diagnostyka.

Literatura

- [1] FLASZA J.: *Współczesny napęd elektryczny – kierunki badań energooszczędności w układach napędowych*, Wybrane Zagadnienia Elektrotechniki i Elektroniki WZEE'2003, Częstochowa-Poraj, wrzesień 2003.
- [2] Dane raportowe i pomiarowe, własność – Koksownia Przyjaźń Sp. z o.o., 2008.
- [3] BUYSEE P. (Wielka Brytania): *Silniki elektryczne i napędy – wyzwania dla działań globalnych*, (*Electric engines and drives - challenge for global workings*), 2002.
- [4] ŚWIĄTKOWSKI E.: *Silniki energooszczędne wg przepisów amerykańskich NEMA i kanadyjskich CSA*. Zeszyty Problematyczne 46/1993.
- [5] KAZMIERKOWSKI M.P.: *Nowoczesne energooszczędne układy sterowania i regulacji napędów z silnikami indukcyjnymi klatkowymi*. Polski Program Efektywnego Wykorzystania Energii w Napędach Elektrycznych. PEMP, Krajowa Agencja Poszanowania Energii SA, Wydanie I, Warszawa 2004.
- [6] KAZIROD D., CZENCZEK P.: *Analiza zasadności zastępowania w Koksowni Przyjaźń Sp. z o.o. energochłonnych układów napędowych nowoczesnymi opartymi o przemienniki częstotliwości*. AGH, Wydział Energetyki i Paliw, Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla. Kraków 2009. Praca zrealizowana w ramach „Nowoczesnych metod zarządzania i technologii w koksownictwie”.

dr inż. Janusz Flaszka – Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, e-mail: januszflaszka@o2.pl;
mgr inż. Dariusz Kazirod – Koksownia Przyjaźń Sp. z o.o., Wydział Utrzymania Ruchu, e-mail: d.kazirod@przyjazn.com.pl