

Janusz Flasza, Politechnika Częstochowska, Częstochowa
Dariusz Kazirod, Koksownia Przyjaźń, Dąbrowa Górnicza

POPRAWA EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ NAPĘDÓW PRZEMYSŁOWYCH – ANALIZA PORÓWNAWCZA STACJI ODPYLANIA

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

Abstract: Industry begins to pay increasing attention to the savings resulting from the rational use of electricity. They have an impact on higher and higher electricity prices. This is due mainly to the introduced limits on carbon dioxide emissions into the atmosphere, which significantly affect production costs and increasing from year to year price of coal which is still the principal fuel of Polish power plants.

This article presents a comparative analysis of two twin scrubbing station, upgraded stations No. 1 and No. 2 station working under the old arrangements.

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 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. 2.1 o danych znamionowych podanych w tabeli 1.

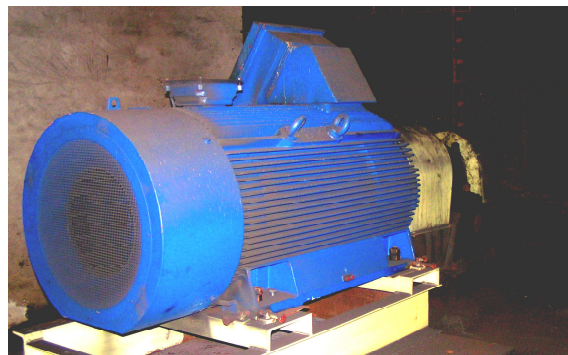
Do zasilania i regulacji obrotów silników zmodernizowanej stacji filtrów workowych wy-

korzystuje się przemienniki częstotliwości czołowego producenta światowego o parametrach:

- moc na wale silnika od 0,75 - 400 kW
- napięcie zasilania 3 x 380-500 V
- napięcie wyjściowe 0-100% napięcia zasilającego
- częstotliwość wyjściowa 0-132Hz, 0-1000Hz

Tabela 1. Dane znamionowe silnika Sh400H6Bs

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



Rys. 2.1. Silnik Sh400H6Bs, [2]

Wentylatory stacji nr 2 napędzane są silnikami asynchronicznymi średniego napięcia SZUre-136r/01 rys. 2.2 o danych znamionowych przedstawionych w tabeli 2:



Rys. 2.2. Silnik SZUre-136r/01, [2]

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

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

| | |
|-------------------|-----------------|
| Moc: | 630 kW |
| Obroty | 990 obr/min |
| Napięcie stojana | $U_z=6000V$ |
| Prąd stojana | $I=75A$ |
| Napięcie wirnika | $U_z=835V$ |
| Prąd wirnika | $I=480A$ |
| Współczynnik mocy | $\cos\phi=0,87$ |
| 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 | 3x400V 50Hz |
| Napięcie zasilania diod | 3x830V 2 – 50Hz |
| Moc silnika | 740kW |
| Prąd zasilania | 545A |
| Regulacja obrotów | 1 - 0,6 obr. nomin. |

3. Główne założenia modernizacji

Głównymi założeniami modernizacji stacji filtrów workowych było zastąpienie wyeksploatowanych i energochłonnych 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].

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 jest 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:

- 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 4.1, 4.2, 4.3 przedstawiają porównanie energochłonności stacji pracującej w oparciu o stare rozwiązanie i zmodernizowanej stacji, gdzie do napędu wykorzystuje się przemienniki częstotliwości, [6].

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

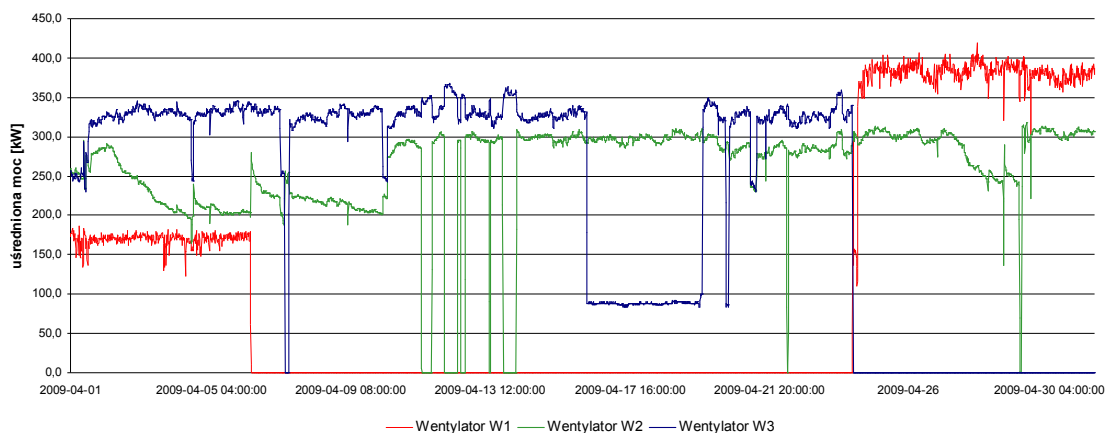
| | Wentylator nr 1 | Wentylator nr 2 | Wentylator nr 3 | Razem |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|
| Moc pobrana [kWh] | 87208,75 | 189341,25 | 161352,00 | 437902,00 |

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

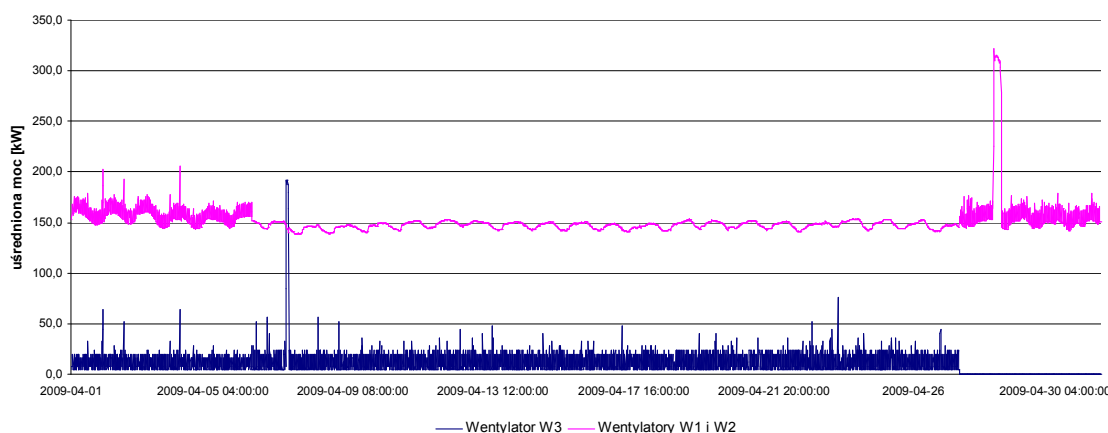
| | Wentylator W3 | Wentylator W1 i W2 | Razem |
|-------------------|---------------|--------------------|----------|
| Moc pobrana [kWh] | 7856,5 | 110960,5 | 118817,0 |

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

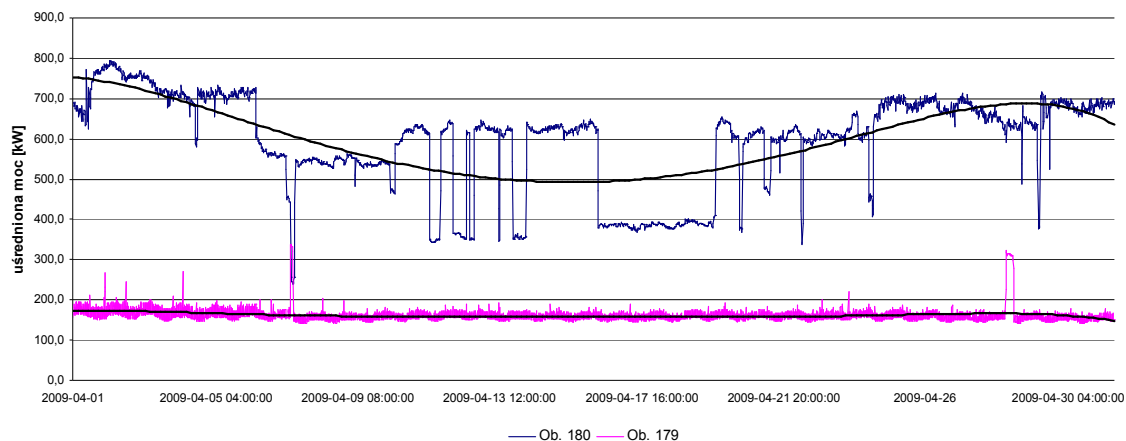
| | Stacja nr 1 | Stacja nr 2 | Razem | Różnica |
|-------------------|-------------|-------------|--------|---------|
| Moc pobrana [kWh] | 118817 | 437902 | 556719 | 319085 |



Rys. 4.1. Wykres mocy pobieranej przez wentylatory stacji nr 2 w okresie od 1.04.2009 – 1.05.2009r., [2]



Rys. 4.2. Wykres mocy pobieranej przez wentylatory stacji nr 1 w okresie od 1.04.2009 – 1.05.2009r., [2]



Rys. 4.3. Wykres łącznej mocy pobieranej przez stację nr 1 i stację nr 2 w okresie od 1.04.2009 – 1.05.2009r, [2]

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 200zł, roczna oszczędność wynosi w przybliżeniu ok. 800.000,00 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. 950g CO₂ osiągnęto 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 któregośkolwiek z zaprogramowanych progów przemiennik przerywa pracę nie dopuszczając do uszkodzenia silnika. Stosowane przemienniki częstotliwości umożliwiają szybką i prostą diagnostykę

stanów awaryjnych. Wystąpienie stanu awaryjnego (przeciążenie, przekroczenie temperatury, zanik fazy, osłabienie izolacji itp.) spowoduje, że przemiennik przerywając pracę generuje odpowiedni kod informacyjny, za pomocą którego służby eksploatacyjne 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

6. Literatura

- [1]. Flaszka J.: *Współczesny napęd elektryczny – kierunki badań energooszczędności w układach napędowych*, Wybrane Zagadnienie 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 Problemowe - Maszyny Elektryczne BOBRME Komel nr 46/1993.
- [5]. Kaźmierkowski 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 S A, 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 z zakresu „Nowoczesnych metod zarządzania i technologii w koksownictwie”.

Autorzy

dr inż. Janusz FLASZA, Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny
42-200 Częstochowa, Al. Armii Krajowej 17
fje@el.pcz.czyst.pl
mgr inż. Dariusz Kazirod
Koksownia Przyjaźń Sp. z o.o.
Wydział Utrzymania Ruchu
42-523 Dąbrowa Górnicza, ul. Koksownicza 1
e-mail:d.kazirod@przyjazn.com.pl