

Waldemar KEMPSKI

Instytut Elektryfikacji i Automatykacji Górnictwa
Politechniki Śląskiej w Gliwicach

ASPEKT ENERGETYCZNY STEROWANIA PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ GŁÓWNYCH WENTYLATORÓW KOPALNIANYCH

Streszczenie. W referacie przedstawiono efekty energetyczne wprowadzania regulacji wydajności wentylatorów przez sterowanie ich prędkości obrotowej, zamiast stosowanej obecnie regulacji aerodynamicznej. Podano wartości możliwych do uzyskania oszczędności energetycznych i oszacowano efektywność ekonomiczną modernizacji napędów wentylatorów. Przedstawiono obecny stan możliwości w zakresie praktycznego wdrożenia na kopalniach napędów sterowanych.

1. WSTĘP

Prawidłowe kierowanie wentylacją kopalń głębinowych wymaga bieżącego dostosowywania wydajności wentylatorów do zapotrzebowania sieci wentylacyjnej. Najlepszym znanym sposobem zmiany wydajności wentylatorów jest sterowanie ich prędkości obrotowej. Stosując ten sposób uzyskuje się pełną dyspozycyjność i pełną sterowalność wentylatorów, powstaje również możliwość optymalnego sterowania procesu przewietrzania przy uwzględnieniu kryterium minimalizacji wskaźnika energochłonności przewietrzania. Do tej pory sposób ten nie był praktycznie stosowany - nie istniały sprawne układy napędowe zdolne sprostać wysokim wymaganiom niezawodnościowym przy praktycznie ciągłej pracy stacji wentylatorowych. W ostatnich latach napędy takie zostały zbudowane i powstała możliwość stosowania ich w praktyce. Stwarza to nowe możliwości w technice kierowanie procesami przewietrzania kopalń tak przy normalnej pracy systemów przewietrzania, jak i w stanach awaryjnych.

Powstają również możliwości uwzględnienia w praktyce postulatu zmniejszenia energochłonności procesu wentylacyjnego. To zagadnienie jest przedmiotem tego referatu.

Wentylatory głównego przewietrzania są znaczącym odbiorem energii elektrycznej na kopalniach. łączna moc zainstalowana w stacjach wentylatorowych kopalń jest równa ok. 260 MW, roczne zużycie energii elektrycznej przez wentylatory wynosi ok. 850 mln kWh. Odpowiada to ok. 12,6 procentom całkowitej energii pobieranej przez kopalnie. Wysoki jest również wskaźnik energochłonności przewietrzania - 4,50 kWh/t przy całkowitym wskaźniku energochłonności produkcji górniczej równym 35,89 kWh/t ([8]).

Racjonalizacja zużycia energii na przewietrzania kopalń jest więc ważnym zadaniem.

2. STEROWANIE PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ WENTYLATORÓW JAKO METODA ZMNIEJSZANIA ENERGOCHŁONNOŚCI PROCESU PRZEWIETRZANIA

Możliwości, jakie otwiera sterowanie prędkości obrotowej wentylatorów w zakresie zmniejszenia energochłonności procesu przewietrzania, można rozpatrywać w dwóch grupach zagadnień:

- zmniejszenie ilości powietrza dostarczanego ponad uzasadnione potrzeby do sieci wentylacyjnej,
- zmniejszenie strat przepływowych w wentylatorze.

Określenie rzeczywistych potrzeb sieci wentylacyjnej jest zagadnieniem złożonym. Ogólnie uważa się, że na kopalniach nie ma nadmiaru powietrza. Do rzeczywistych potrzeb sieci wlicza się bowiem również tzw. gorącą rezerwę powietrza w postaci prądów rezerwowych przepływających przez obiekty nie wymagające przewietrzania. W przypadku potrzeby prądy te, poprzez manewr tamami, można skierować w inne miejsce sieci. Utrzymywanie w sieci gorącej rezerwy powietrza jest - jak dotąd - uzasadnione praktyką górniczą. Nie ma bowiem możliwości szybkiego wykorzystania tzw. rezerwy ciepłej tkwiącej w wentylatorach (jeżeli taka rezerwa istnieje). Nie pozwala ją na to obecnie stosowane metody regulacji wydajności wentylatorów kątem ustawienia łopatek kierownicy lub/i wirnika.

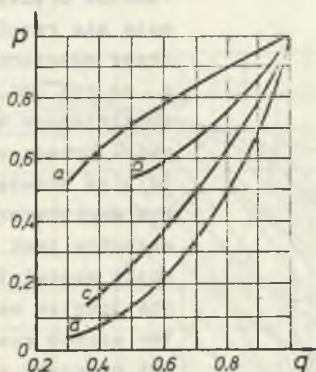
Z energetycznego punktu widzenia gorąca rezerwa jest stratą. Możliwość natychmiastowego, zdalnego zwiększenia (lub zmniejszenia) wydajności jednego lub kilku wentylatorów działających w systemie wentylacyjnym może pozwolić na częściową, a w prostych sieciach nawet na całkowitą likwidację rezerwy gorącej. Z energetycznego punktu widzenia jest to zysk prowadzący do obniżenia energochłonności procesu przewietrzania.

Możliwość płynnego, precyzyjnego nastawiania wydajności kilku lub wszystkich wentylatorów pracujących w systemie daje podstawę do realizacji w praktyce znanej zasady: co najmniej jedna niezależna droga wentylacyjna wolna od urządzenia regulacyjnego. Prowadzi to do redukcji depresji lub spiętrzenia na stacjach wentylatorowych i daje w efekcie zmniejszenie zużycia energii.

Stosowanie sterowania prędkości obrotowej daje również możliwość wykorzystania w praktyce paragrafu 295 przepisów [10], dopuszczającego zmniejszenie o 50 procent ilości powietrza kierowanego do wyrobisk w okresach niewydobywczych. Zyski energetyczne wynikające z tego tytułu są oczywiste.

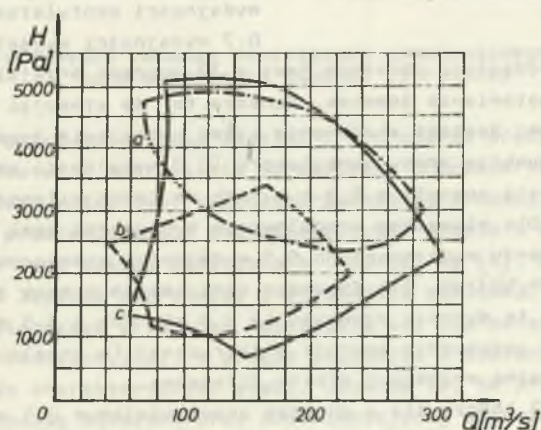
Zyski energetyczne wynikające ze zmniejszenia ilości powietrza dostarczanego ponad uzasadnione potrzeby do sieci wentylacyjnej mają charakter potencjalny. Ich uzyskanie jest uwarunkowane wprowadzeniem zmian - głów-

nie organizacyjnych - w kierowaniu siecią wentylacyjną. Inaczej jest, jeżeli chodzi o zmniejszenie strat przepływowych w samym wentylatorze. Zyski energetyczne wynikają tu z istoty działania wentylatora jako maszyny przepływowej. Na rys. 1 przedstawiono wykres przedstawiający zależność mocy na wale wentylatora p od jego wydajności q dla różnych metod sterowania tej wydajności. Wynika z niego, że sterowanie prędkości obrotowej (krzywe c i d) jest zdecydowanie bardziej sprawne od pozostałych metod. Znacznie większy jest również zakres ekonomicznej regulacji wydajności. Szczegółowo ilustruje to rys. 2.



Rys. 1. Zależność mocy p od wydatku q dla różnych metod regulacji wentylatorów

a) dławienie, b) nastawianie łopatek kierownicy, c) włączanie rezystancji w obwód wirnika silnika, d) sterowanie prędkości obrotowej



Rys. 2. Obszary ekonomicznej regulacji wydajności dla różnych metod

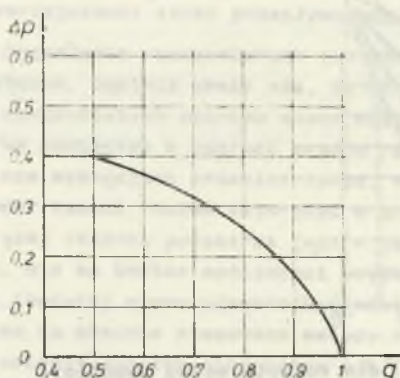
a) nastawianie łopatek kierownicy wentylatora promieniowego, b) jak a, lecz dla osiowego, c) sterowanie prędkości obrotowej [4]

Przedstawione zależności mają charakter ogólny. Ilościowe określenie zysków energetycznych jest możliwe w oparciu o szczegółowe analizy.

3. ILOŚCIOWE OKREŚLENIE ZYSKÓW ENERGETYCZNYCH WYNIKAJĄCYCH Z WPROWADZENIA STEROWANIA PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ

3.1. Zyski z tytułu zmniejszenia strat przepływowych w wentylatorze

W opracowaniach dotyczących energochłonności wentylatorów za punkt odniesienia do szacowania zysków energetycznych z tytułu wprowadzenia sterowania



Rys. 3. Zależność zysku energetycznego z wprowadzenia sterowania prędkości obrotowej Δp dla różnych stopni zregulowania wydajności q

przy regulacji prędkością obrotową jest o 32 procent mniejsza niż przy regulacji kątem ustawienia łopatek. Oznacza to, że stosując sterowanie prędkości obrotowej zamiast sterowania kątem ustawienia łopatek otrzymuje się w tym samym punkcie pracy wentylatora (0,7 wydajności znamionowej) zmniejszenie zużycia energii o 2,8 tys. kWh na jeden kilowat mocy zainstalowanej rocznie. Dla większego zregulowania wydajności zysk jest większy, np. przy zregulowaniu wydajności do 0,5 wydajności znamionowej zysk jest równy 3,5 tys. kWh/kW/rok. Dla typowego wentylatora o mocy zainstalowanej równej 1 MW zyski te wynoszą odpowiednio 2,8 mln kWh i 3,5 mln kWh rocznie. Znając koszt pozyskania energii elektrycznej (w kopalniach od 1,80 do 3,50 zł/kWh) można wyznaczyć efekty finansowe.

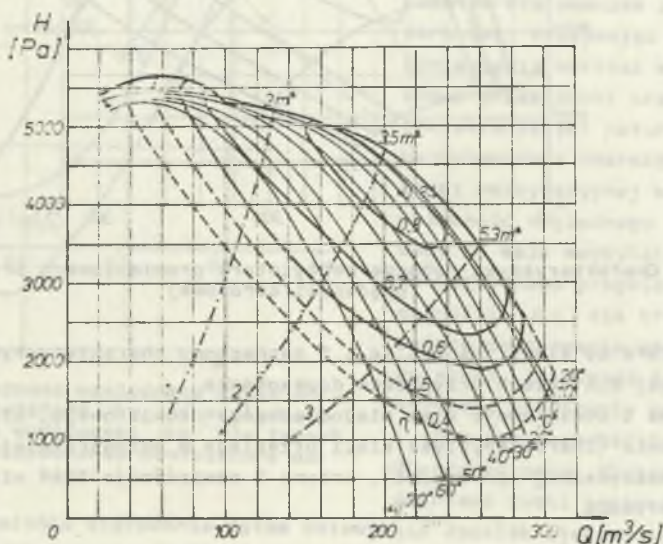
Wykres z rys. 3 kończy się w punkcie odpowiadającym 0,5 wydajności znamionowej. Wynika to z faktu, iż przy regulowaniu wydajności kątem ustawienia łopatek uzyskanie większego zregulowania jest niemożliwe bez

regulację wydajności przez dławienie przepływu (krzywa a na rys. 1). Dla wentylatorów kopalnianych nie ma to zastosowania - orzeczenia górnicze nie zezwalają na dławienie przepływu w samym wentylatorze. W górnictwie powszechne jest regulowanie wydajności wentylatorów kątem ustawienia łopatek aparatu kierowniczego. Ten sposób zostanie w dalszej części przyjęty za sposób odniesienia.

Szacunkowe zyski energetyczne z wprowadzenia sterowania prędkości obrotowej można określić posługując się wykresem z rys. 3. Wynika z niego, że przy zmniejszeniu wydajności wentylatora o 30% (do 0,7 wydajności wyjściowej) moc

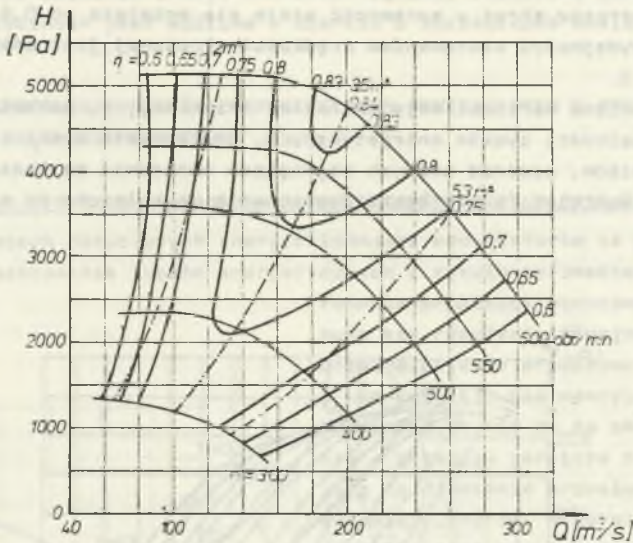
znacznego wzrostu strat - sprawność staje się mniejsza od 0,6. Zakres regulowania wydajności sterowaniem prędkości obrotowej jest znacznie większy - rys. 2.

Przedstawione wartości mają charakter orientacyjny, pozwalają oszacować rząd wielkości zysków energetycznych. Rzeczywiste zyski zależą od wielu czynników, spośród których największe znaczenie ma kształt krzywych sprawności wentylatora i stopień dopasowania wentylatora do sieci wentylacyjnej.



Rys. 4. Charakterystyki robocze wentylatora promieniowego przy sterowaniu kątem ustawienia łopatek kierownicy

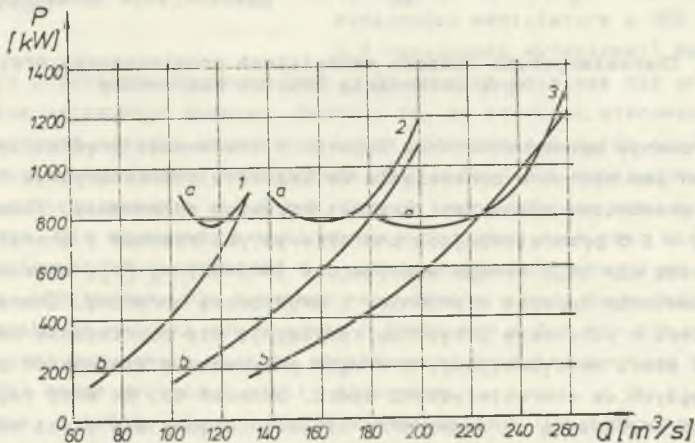
Sterowanie kątem ustawiania łopatek i sterowanie prędkością obrotową mają ten sam skutek w odniesieniu do kształtu charakterystyk roboczych, jednak zasadniczo różny jest kształt krzywych sprawności. Ilustrują to rysunki 4 i 5 przedstawiające charakterystyki robocze i charakterystyki sprawności dla tego samego wentylatora (WCD-32) wg [5], sterowanego kątem ustawienia łopatek kierownicy i prędkością obrotową. Charakterystyki sprawności w pierwszym przypadku rozciągają się poprzecznie do charakterystyki sieci wentylacyjnej, w drugim przypadku w kierunkach praktycznie równoległych do charakterystyki sieci. Oznacza to, że przy regulacji wydajności prędkością obrotową przy niezmienniejącej się sieci wentylacyjnej, regulacja odbywa się praktycznie przy stałej sprawności. Przy regulacji kątem ustawiania łopatek sprawność, przy zmniejszaniu wydajności, szybko się pogarsza. Wartość zysków energetycznych zależy od dopasowania



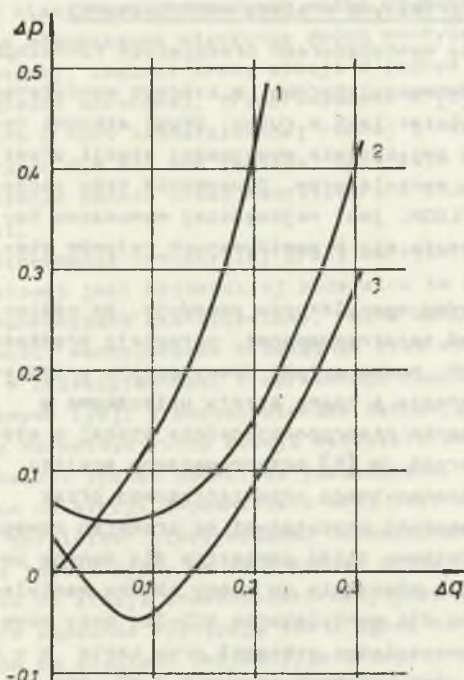
Rys. 5. Charakterystyki robocze wentylatora promieniowego przy sterowaniu prędkości obrotowej

wentylatora do sieci. Na rys. 4 i 5 zaznaczono charakterystyki sieci wentylacyjnej dla trzech przypadków dopasowania.

Krzywa 1 odwzorowuje stan niedopasowania nadmiarowego, krzywa 2 stan dopasowania (charakterystyka sieci przebiega w bezpośredniej bliskości punktu maksymalnej sprawności), krzywa 3 odwzorowuje stan niedopasowania niedomiarowego.



Rys. 6. Zależność mocy P pobieranej przez wentylator od wydajności Q przy sterowaniu kątem łopatek kierownicy (a) i prędkością obrotową (b) dla trzech przypadków dopasowania wentylatora do sieci (1-3)



Rys. 7. Zależność względnego zysku mocy na wale wentylatora Δp od względnego zmniejszenia wydajności Δq dla trzech przypadków dopasowania wentylatora do sieci (1-3)

z tytułu zastąpienia sterowania kątem ustawienia łopatek sterowaniem prędkością obrotową wynoszą rocznie:

- 3,4 tys. kWh na jeden kilowat mocy odniesienia przy niedopasowaniu niedomiarowym,
- 1,3 tys. kWh/kW przy dopasowaniu wentylatora do sieci,
- 0,9 tys. kWh/kW przy niedopasowaniu niedomiarowym.

Przy niedopasowaniu niedomiarowym i przy zmniejszeniu wydajności o 6 do 14 procent sterowanie kątem ustawienia łopatek jest korzystniejsze.

Przy większym zregulowaniu wydajności zyski z tytułu wprowadzenia sterowania wydajności prędkością obrotową bardzo szybko rosną, wynika to z gwałtownie pogarszającej się sprawności wentylatora przy regulacji wydajności kątem ustawienia łopatek.

Wykresy mocy na wale wentylatora dla tych trzech przypadków dopasowania i dla obydwu rozpatrywanych sposobów regulowania wydajności przedstawia rys. 6. Z wykresów tych można określić wartość zysków energetycznych możliwych do uzyskania w przypadku zastąpienia sterowania kątem ustawienia łopatek sterowaniem prędkością obrotową. Przyjmując za punkt odniesienia wartość mocy wyznaczoną przez punkt przecięcia charakterystyki naturalnej wentylatora z charakterystyką sieci wentylacyjnej wyznaczono zależność względnego obniżenia mocy na wale wentylatora Δp od względnego zregulowania wydajności Δq dla trzech przypadków dopasowania wentylatora do sieci. Zależność tę przedstawiono graficznie na rys. 7.

Już przy niewielkim, np. 20-procentowym, obniżeniu wydajności zyski energetyczne z

3.2. Zyski z tytułu zmniejszenia przepływu w sieci wentylacyjnej

3.2.1. Zmniejszenie przepływu przy wentylatorach pracujących równolegle

W górnictwie stosuje się stacje dwuwentylatorowe, w których wentylatory pracują na przemian - jeden wentylator jest w ruchu, drugi stanowi rezerwę. Zdarzają się jednak przypadki zwiększania wydajności stacji przez równoległe włączenie do pracy obydwu wentylatorów. Stosowanie tego sposobu, zwłaszcza widoczne w kopalniach LGOM, jest najczęściej wymuszone koniecznością otwierania nowych, uprzednio nie przewidywanych rejonów eksploatacyjnych.

Równoległe włączenie do pracy obydwu wentylatorów powoduje, że całkowita wydajność stacji jest większa od zapotrzebowanej, wzrastają prędkości powietrza w szybie i w wyrobiskach, rosną straty dysypacji w urządzeniach regulujących, zwiększa się depresja i rosną straty ucieczkowe w stacji. Z energetycznego punktu widzenia nieproporcjonalnie więcej w stosunku do potrzeb wzrasta zużycie energii. W [5] przeprowadzono analizę przypadku dołączenia do rejonu eksploatacyjnego przewietrzanego przez stację wentylatorową z dwoma wentylatorami pracującymi na przemian nowego pola eksploatacyjnego, przy czym dodatkową ilość powietrza dla nowego pola zamierzano uzyskać przez równoległe włączenie do pracy obydwu wentylatorów. Analiza została przeprowadzona dla wentylatorów WCD-32, przy czym przed dołączeniem nowego pola każdy wentylator pracował przy kącie $\alpha = 0$ z wydajnością $255 \text{ m}^3/\text{s}$ przy otworze równoznacznym równym $5,3 \text{ m}^2$, zaś pożądane parametry stacji po dołączeniu pola powinny były wynosić: wydajność - $350 \text{ m}^3/\text{s}$ przy otworze równoznacznym równym 7 m^2 . Jednoczesne załączenie obydwu wentylatorów bez zmiany kąta ustawienia łopatek spowodowałoby wzrost wydajności stacji do $400 \text{ m}^3/\text{s}$, przy czym moc na wałach wentylatorów wzrosłaby z początkowych 1090 kW do 2280 kW, a więc 37-procentowy wzrost wydajności spowodowałby ponad dwukrotny wzrost mocy. Żądaną wydajność stacji ($350 \text{ m}^3/\text{s}$) można uzyskać zmieniając kąt ustawienia łopatek z $\alpha = 0$ do $\alpha' = 52^\circ$. Moc wentylatorów wyniosłaby 1705 kW. Tę samą wydajność można uzyskać pozostawiając kąt ustawienia łopatek bez zmian ($\alpha = 0$) i zmniejszając prędkość obrotową z 600 do 530 obr/min. łączna moc wentylatorów będzie równa 1515 kW. Wykazuje to, że wprowadzenie sterowania prędkości obrotowej przy równoległej pracy wentylatorów w analizowanym przypadku daje zmniejszenie poboru mocy o 190 kW. Uwzględniając straty występujące w układzie sterowania prędkości obrotowej i w samym silniku otrzymuje się zysk energetyczny na poziomie 1,4 mln kWh rocznie dla napędu o mocy zainstalowanej równej 1 MW.

W stosunku do pracy równoległej bez jakiegokolwiek regulacji zysk ten jest równy 6,3 mln kWh (ok. 10 mln zł rocznie przy koszcie inwestycyjnym układu do sterowania prędkości obrotowej równym ok. 3,5 mln zł - [9]).

Wskazuje to na celowość i opłacalność wyposażania stacji wentylatorowych w układy do sterowania prędkości obrotowej (w tym przypadku kaskady podsyncronicznej) i prowadzenia równoczesnego ruchu wentylatorów.

W niektórych przypadkach można uzyskać liczące się zyski energetyczne przez równoczesne włączenie dwóch wentylatorów przy obniżonej prędkości obrotowej, zamiast pracy stacji z jednym wentylatorem przy znamionowej prędkości obrotowej. Przeprowadzona w [5] analiza wykazała, że dla wentylatora o mocy zainstalowanej równej 1 MW zyski energetyczne z tego tytułu są rzędu 0,5 mln kWh rocznie, przy czym wielkość tych zysków zależy od położenia punktu pracy wentylatora w stosunku do punktu maksymalnej sprawności.

Stosowanie równoległej pracy wentylatorów przy obniżonej prędkości obrotowej jest najbardziej opłacalne na stacjach wyposażonych w silniki asynchroniczne pierścieniowe. Można bowiem szybko uzyskać poprawę dyspozycyjności wentylatorów i osiągnąć zysk energetyczny przez wyposażenie stacji w przekształtniki z wdrażanego obecnie tyoos szeregu kaskad podsynchronicznych ([9]) z pozostawieniem istniejącego silnika. Jest to wykonalne przy normalnym ruchu stacji wentylatorowej.

Należy jednak dodać, że jednoczesne, trwałe włączenie obydwu wentylatorów na stacji dwuwentylatorowej jest obecnie z punktu widzenia przepisów górniczych niedozwolone. Odpowiednie jednostki Urzędu Górniczego wydają jednak zgody na taki rodzaj pracy. Jednoczesna praca dwóch wentylatorów na stacji dwuwentylatorowej jest stosowana w kopalniach LGOM, niektóre kopalnie występują tam o zgodę na pracę równoległą trzech wentylatorów na stacjach trójwentylatorowych. Wydaje się, że szersze wprowadzenie napędów o sterowanej prędkości obrotowej może po pewnym czasie spowodować zmiany w definicji "wentylator rezerwowy" stosowanej przez przepisy górnicze i może spowodować zmiany nowelizacyjne w samych przepisach.

3.2.2. Zmniejszenie przepływów w sieciach wentylacyjnych w okresach niewydobywczych

Z paragrafu 295 przepisów [10] wynika, że: "w pokładach niemetanowych i w pokładach zaliczonych do I kategorii zagrożenia metanowego ilość świeżego powietrza dopływającego do nieobłożonych przodków eksploatacyjnych lub do nieobłożonych oddziałów można zmniejszyć do 50 procent w stosunku do tej ilości, którą kieruje się do tych przodków i oddziałów, kiedy są czynne".

Możliwość ta, poza nielicznymi przypadkami, nie jest w praktyce wykorzystywana. Przyczyną tego jest niska dyspozycyjność wentylatorów głównych, tj. znaczna trudność sprawnego i szybkiego ograniczenia ich wydajności.

Trudność ta nie występuje w przypadku, gdy wentylatory są wyposażone w napędy o sterowanej prędkości obrotowej, zwłaszcza gdy sterowanie tej prędkości może się odbywać zdalnie z dyspozytorni kopalnianej. W [5] wykazano, że wyposażanie stacji w napędy o sterowanej prędkości obrotowej jest celowe nawet w przypadku, gdy ciągle praca przy zmiennej prędkości obrotowej nie jest przewidywana. Przeanalizowano tam przypadek obniżenia

intensywności przewietrzania w okresach niewydobywczych dla stacji wentylatorowej wyposażonej w wentylatory WCD-32 dla trzech przypadków dopasowania wentylatora do sieci. Analiza wykazała, że w przypadku niedopasowania nadmiarowego (krzywa 2 m^2 na rys. 5) zysk energetyczny wynosi $0,82 \text{ kWh}$ na 1 kW mocy zainstalowanej i na jedną godzinę pracy ze zmniejszoną prędkością obrotową, przy dopasowaniu optymalnym $-0,84 \text{ kWh/kW/h}$, przy niedopasowaniu niedomiarowym (krzywa $5,3 \text{ m}^2$) $-0,90 \text{ kWh/kW/h}$. Dla przyjętego średniego zysku w wysokości $0,85 \text{ kWh/kW/h}$ oszacowano efektywność ekonomiczną wyposażenia wentylatora w napęd o sterowanej prędkości obrotowej (wyposażenie istniejącego silnika w przekształtnik kaskadowy). Zakładając, że wentylator będzie pracował z obniżoną prędkością obrotową przez jeden niewydobywczy dzień w miesiącu oraz przez $1,5$ godziny na przełomie każdej zmiany oraz przyjmując według [9] koszt inwestycyjny przekształtnika w wysokości $3,2 \text{ mln zł}$ (przekształtnik TDK-8/1200/400) otrzymano, że nakłady inwestycyjne na wyposażenie wentylatora w układ do sterowania prędkości obrotowej zostaną zwrócone po roku eksploatacji układu.

Dokładne określenie efektywności ekonomicznej tego typu przedsięwzięć może być dokonane po przeprowadzeniu szczegółowej analizy techniczno-ekonomicznej, indywidualnie dla każdego przypadku. Taka szczegółowa analiza przeprowadzona w [6] dla KWK "Makoszowy" potwierdziła wysoką efektywność tego typu przedsięwzięć.

Warto dodać, że w przypadku wentylatorów wyposażonych w silniki asynchroniczne pierścieniowe celowe jest ograniczenie wydajności wentylatorów nawet przez włączenie rezystancji w obwód wirnika silnika. Analiza przeprowadzona w [5] dla tego przypadku wykazała, że tą drogą można uzyskać obniżenie zużycia energii na poziomie $0,7 \text{ kWh/kW}$ na jedną godzinę pracy z obniżoną prędkością, co dla napędu o mocy 1 MW przy 1900 godzinach pracy z obniżoną prędkością daje zysk energetyczny w wysokości $1,3 \text{ mln kWh}$ rocznie (ok. $2,5 \text{ mln zł}$ rocznie przy koszcie rezystora wirnikowego równym ok. $0,25 \text{ mln zł}$). Rozwiązanie to, mimo swej (pozornej) anachroniczności, daje znaczące zyski energetyczne i jest efektywne ekonomicznie, i z tego powodu powinno być w analizach brane pod uwagę, zwłaszcza w przypadku możliwości zagospodarowania ciepła wydzielającego się w rezystorze wirnikowym.

4. AKTUALNY STAN W ZAKRESIE MOŻLIWOŚCI WPROWADZANIA NAPĘDÓW STEROWANYCH

Dążenie do stosowania w praktyce sterowania prędkości obrotowej wentylatorów głównego przewietrzania wynika głównie z przesłanek technologicznych i z konieczności podnoszenia bezpieczeństwa i komfortu pracy załóg górniczych. Decyzja o wprowadzeniu sterowania prędkości obrotowej wentylatorów na określonej kopalni powinna być poprzedzona analizą sieci wentylacyjnej, która to analiza określi możliwe do uzyskania korzyści rucho-

wę i korzyści w zakresie poprawy warunków bezpieczeństwa tak przy normalnej pracy, jak i przy pracy zakłóconej (pożary, wyrzuty gazowe). Analizy takie wykonuje Zakład Aerologii Górniczej Instytutu Techniki Eksploatacji Złóż Politechniki Śląskiej. Wyniki analizy są podstawą doboru układu napędowego wentylatorów i do określenia efektywności energetycznej przedsięwzięcia. Prace w tym zakresie prowadzi Instytut Elektryfikacji i Automatykacji Górnictwa Politechniki Śląskiej. Projekty techniczne modernizacji stacji wentylatorowych wykonują Biura Projektów Górniczych, zwłaszcza katowickie BPG. Biura te są przygotowane do projektowania napędów pracujących w układzie kaskady podsynchronicznej według typoszeregu opracowanego w Centrum Naukowo-Produkcyjnym EMAG Katowice. Typoszereg ten obejmuje napędy o mocy od 160 do 3150 kW przy zakresie sterowania prędkości obrotowej równym 0,66-1 [7], [9]. Prace montażowe, rozruch i szkolenie obsługi prowadzi odpowiednio przedsiębiorstwa elektromontażowe PW przy współpracy z CNP EMAG Katowice.

Z rozwiązań już wdrożonych w górnictwie należy wymienić stację dwuwentylatorową z napędami 2 x 0,5 MW w KWK "Generał Zawadzki" oraz stację trójwentylatorową z trzema wentylatorami WPK-5,0 na szybie "Pawłów Górny II" KWK "Zabrze-Bielszowice". Wentylatory na tej stacji wyposażono w napędy o mocy 2,5 MW i o prędkości obrotowej regulowanej w granicach 0,66 do 1 prędkości znamionowej. Wdrożenia te potwierdziły uprzednie analizy dotyczące efektywności ekonomicznej przedsięwzięć - koszt zaoszczędzonej energii elektrycznej w ciągu jednego roku zwraca nakłady inwestycyjne na wyposażenie stacji w napędy o sterowanej prędkości obrotowej (układ kaskady podsynchronicznej).

Kaskadowy układ napędowy może być stosowany tylko w przypadku wyposażenia wentylatora w silnik indukcyjny pierścieniowy i umożliwia on wyłącznie zmniejszanie prędkości obrotowej. W praktyce zachodzi jednak również potrzeba zmiany wydajności w szerokich granicach (również ponad wydajność znamionową), a większość (ok. 65 procent) silników na obecnie eksploatowanych stacjach to silniki synchroniczne. W Kraju trwają prace nad układem napędowym, wyposażonym w silnik synchroniczny, zdolnym do zmiany prędkości w szerokich granicach [2], [3]. Prace takie zostaną najprawdopodobniej również podjęte w resorcie górnictwa z przeznaczeniem między innymi dla wentylatorów głównego przewietrzania.

5. ZAKOŃCZENIE

Sterowanie prędkości obrotowej głównych wentylatorów kopalnianych, poza możliwością zdecydowanego zwiększenia ich dyspozycyjności, odznacza się również wysoką efektywnością energetyczną w porównaniu z innymi metodami regulacji wydajności. Szacunkowy czas zwrotu nakładów inwestycyjnych na modernizację napędu stacji wentylatorowej, liczony przy uwzględnieniu tylko oszczędności energii, jest rzędu jednego roku.

Przemysł elektromaszynowy oraz zaplecze naukowo-badawcze i projektowe przemysłu węglowego są przygotowane do wyposażenia stacji wentylatorowych w napędy kaskadowe o mocy do 3150 kW przy zakresie regulacji prędkości obrotowej równym 0,66-1.

LITERATURA

- [1] Piesiur J.: Tyristorowe kaskady podsynchroniczne o mocy 2,5 MW do regulacji stacji trójwentylatorowej w KWK Zabrze-Bielszowice. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa, 1983, nr 11.
- [2] Turek R., Pyziak A.: Charakterystyka produkcji FTiAT ELTA w zakresie przekształtników. Wiadomości Elektrotechniczne, 1981, nr 1.
- [3] Przywara G., Przybysz J.: Tyristorowa regulacja prędkości obrotowej silnika synchronicznego dużej mocy. Mat. konf. XX Sympozjum maszyn elektrycznych, Kazimierz 1984.
- [4] Baropolski B.H., Lewin K.P., Boczarow K.P.: Awtomatyzacja szachtnych wentylatorowych ustanowok. Nedra, Moskwa 1976.
- [5] Zmniejszenie zużycia energii na wentylację przez kompleksową modernizację układu silnik-wentylator. Praca naukowo-badawcza Instytutu Elektryfikacji i Automatyzacji Górnictwa Politechniki Śląskiej nr NB-166/RG1/83 (niepublikowana), Gliwice 1983.
- [6] Opracowanie programu zmniejszenia energochłonności przewietrzania przez modernizację stacji wentylatorowych i usprawnienie kierowania siecią wentylacyjną dla wytypowanych KWK wg obecnego stanu możliwości technicznych. Praca naukowo-badawcza Instytutu Elektryfikacji i Automatyzacji Górnictwa Politechniki Śląskiej nr NB-277/RG1/84 (niepublikowana), Gliwice 1984.
- [7] Opracowanie wytycznych do projektowania układów regulacji wentylatorów głównych oraz dokumentacji urządzeń przekształtnikowych i regulacyjnych. Praca naukowo-badawcza Centrum Naukowo-Produkcyjnego E1AG EMAG nr 248.02.01.07 (niepublikowana), Katowice 1979.
- [8] Dane statystyczne Ministerstwa Górnictwa (niepublikowane). Departament Energomechaniczny MG, Katowice 1983.
- [9] Materiały informacyjne nt. "Tyristoryzacja urządzeń i napędów w górnictwie węglowym". Centrum Naukowo-Produkcyjne E1AG EMAG, Katowice 1983.
- [10] Szczegółowe Przepisy Prowadzenia Ruchu i Gospodarki Złożem w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny i brunatny. MG, Katowice 1984.

Recenzent: Doc. dr inż. Franciszek SZCZUCKI

Wpłynęło do Redakcji we wrześniu 1984 r.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ГЛАВНЫХ
ШАХТНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ

Резюме

В статье представлены энергетические эффекты внедрения регуляции производительностью вентиляторов, путём управления их вращательной скоростью, напротив применяемой до сих пор аэродинамической регуляции. Приведены значения возможных энергетических сбережений и дана оценка экономической эффективности по модернизации приводов вентиляторов.

Показано сегодняшнее состояние по возможности практического внедрения в шахтах управляющих приводов.

THE POWER ENGINEERING ASPECT OF CONTROLLING
THE ROTATIONAL SPEED OF THE PRINCIPAL MINE FANS

Summary

In the paper have been presented the effects of introducing efficiency control of fans through controlling their rotational speed instead of the used at present aerodynamic control. The values of the possible power savings have been given, and the economic effectiveness of modernization of fan drives has been estimated. The present state of the chances in the field of practical implementation of controlled drives in mines has been presented.