

Nowoczesne, inteligentne systemy sterowania i diagnostyki kopalnianych stacji wentylatorowych

Zygmunt Szymański

1. Wstęp

Jednym z elementów restrukturyzacji polskiego przemysłu wydobywczego jest łączenie kopalń lub ich likwidacja. Wiąże się to ze zmianami struktury sieci wentylacyjnej oraz ze zmianami parametrów przewietrzania (wydajność i spiętrzenie). Parametry przewietrzania można zmieniać przez: zmianę prędkości obrotowej wentylatora, zmianę ustawienia aparatu kierowniczego oraz dławienie na zasuwach w kanałach wentylacyjnych. W napędach wentylatorów głównego przewietrzania stosowane są silniki synchroniczne oraz silniki indukcyjne [2]. Napędy wentylatorów kopalnianych należą do najważniejszych napędów w kopalniach węgla kamiennego. Wymaga się od nich 100% niezawodności w każdych warunkach eksploatacyjnych. Dlatego w stacjach wentylatorowych stosowane są przeważnie napędy rezerwowe, gwarantujące ciągłość procesu przewietrzania kopalni (szczególnie w kopalniach metanowych) [2]. Część eksploatowanych stacji wentylatorowych posiada wyposażenie elektryczne sprzed około 20 lat [2].

W Katedrze Elektryfikacji i Automatykacji Górniczej Politechniki Śląskiej podjęto prace, których celem jest opracowanie nowoczesnych układów sterowania oraz diagnostyki pracy maszyn przepływowych (w szczególności stacji wentylatorowych), wykorzystując technikę mikroprocesorową. Rozwiązania te wyeliminują większość elementów stykowych z układów regulacji, upraszczając układy sterowania stacji wentylatorowej, zwiększając niezawodność i funkcjonalność oraz zapewniając automatyczny rozruch wentylatora rezerwowego w przypadku awarii wentylatora podstawowego. Duża niezawodność sterowników mikroprocesorowych oraz rezerwowanie napięć zasilających przez UPS zapewni pewne i niezależne sterowanie każdego z wentylatorów stacji.

W artykule przedstawiono modele symulacyjne stacji wentylatorowej oraz algorytmy sterowania automatycznego oparte na sterownikach mikroprocesorowych. Do wizualizacji stanów pracy stacji wentylatorowej zastosowano procedury programu Win CC. W artykule zamieszczono przykładowe wyniki badań przemysłowych oraz ekrany wizualizacyjne, zapewniające bieżącą kontrolę parametrów stacji oraz sygnalizację stanów awaryjnych. Proponowane algorytmy sterowania zostały zweryfikowane w warunkach przemysłowych.

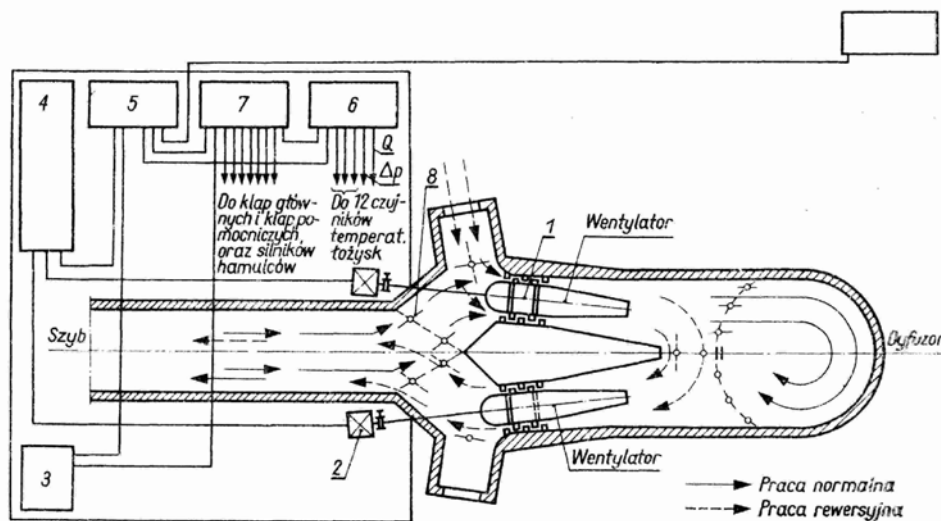
2. Kopalniane stacje wentylatorowe

Ze względu na bezpieczeństwo kopalni problematyka wentylacji kopalń należy do najważniejszych zadań ruchu elektromaszynowego i górniczego. Stacje wentylatorowe muszą zapewniać w sposób ciągły przewietrzanie całej kopalni, pomimo zatrzymania wydobywania lub wystąpienia stanów awaryjnych. Dlatego każda stacja wentylatorowa musi być wyposażona

Streszczenie: W artykule przedstawiono modele matematyczne stacji wentylatorowych napędzanych silnikami indukcyjnymi: pierścieniowym, klatkowym lub synchronicznym. Do sterowania i diagnostyki układu napędowego stacji wentylatorowej zastosowano komputer przemysłowy oraz sterowniki programowalne PLC. W artykule przedstawiono wybrane algorytmy sterowania stacji wentylatorowej z wykorzystaniem procedur programu Matlab-Simulink. Opracowane przez Autora algorytmy sterowania i programy komputerowe zapewniają bieżącą kontrolę parametrów stacji wentylatorowych, sygnalizację stanów awaryjnych oraz prognozowanie stanów awaryjnych przy wykorzystaniu modułów inteligentnych. Proponowana metodyka sterowania została zweryfikowana w warunkach przemysłowych i może być stosowana w układach stacji wentylatorowych na głównych szybach wentylacyjnych KWK.

w dwa niezależnie wentylatory, z których jeden jest czynny, a drugi rezerwowy [1, 2]. Układy sterowania stacjami wentylatorowymi muszą zapewniać bezzwłoczne przełączanie urządzeń rezerwowych w sposób automatyczny lub ręczny. Uproszczony schemat stacji wentylatorowej przedstawiono na rys. 1. Każda stacja wentylatorowa jest wyposażona w aparaturę kontrolno-pomiarową, która przez zespół czujników umożliwia przeprowadzanie ciągłych pomiarów oraz ich rejestrację i transmisję do jednostki centralnej. W stacji wentylatorowej przeprowadza się pomiary: wydajności, depresji lub kompresji, temperatury powietrza w dyfuzorze, temperatury łożysk wentylatora, ciśnienia oleju w obiegu smarowniczym, napięcia zasilania, prądów wzbudzenia [2, 4, 5]. W zależności od wskazań urządzeń kontrolno-pomiarowych przeprowadza się regulację odpowiednich parametrów wentylatora oraz diagnozuje ewentualne stany awaryjne.

Stacja wentylatorowa umożliwia także przeprowadzanie rewersji przepływu powietrza w kanale wentylacyjnym. Zasuwę wykorzystywane są do zamykania kanałów wlotowych podczas rozruchu wentylatora. Zasuwę są napędzane silnikami elektrycznymi sterowanymi ręcznie bądź automatycznie. Stacja powinna posiadać stałą obsługę, której zadaniem jest kontrola pracy urządzeń i odczytywanie czynności związanych z wyłączeniem jednego wentylatora i włączeniem drugiego. Stacja może także pracować w układzie automatycznym. Wszystkie informacje o pracy wentylatora oraz sygnalizacja stanów pracy awaryjnej powinny być przekazywane do dyspozytora kopalni.



Rys. 1. Schemat stacji wentylatorów głównego przewietrzania kopalni

3. Analiza matematyczna układu napędowego wentylatora kopalnianego napędzanego silnikami indukcyjnymi

Wentylatory głównego przewietrzania kopalni są napędzane silnikami: indukcyjnymi (klatkowymi lub pierścieniowymi), lub synchronicznymi. W stacjach wentylatorowych z regulacją wydajności przez zmianę prędkości obrotowej stosowane są głównie silniki indukcyjne pierścieniowe w układzie kaskady podsynchronicznej [1] lub silniki klatkowe zasilane z pośrednich przemienników częstotliwości [6]. Analiza stanów dynamicznych stacji wentylatorowych powinna zawierać aerologiczne stany dynamiczne zachodzące w sieci wentylacyjnej kopalni oraz elektromagnetyczne i elektromechaniczne stany dynamiczne zachodzące w układzie napędowym: wentylator – silnik napędowy. W artykule ograniczono się do analizy stanów dynamicznych układu napędowego wentylatora, zakładając stan quasiustalony w sieci wentylacyjnej [4, 6]. Dynamikę silnika indukcyjnego napędzającego wentylatora opisuje układ równań różniczkowych (1):

$$\begin{aligned} u_s &= R_s i_s + (L_{\delta s} + L_s) \frac{di_s}{dt} + M_{s,w} \frac{di_w}{dt} \\ u_w &= R_w i_w + (L_{\delta w} + L_w) \frac{di_w}{dt} + M_{s,w} \frac{di_s}{dt} \\ M &= \sum_{k=1}^n \left(i_{sk} M_{s,w,k} \frac{\partial}{\partial g} i_{w,k} \right) \\ M - M_{obc} &= J_z \frac{d\omega_M}{dt} \end{aligned} \quad (1)$$

gdzie:

- i_s, i_w, u_s, u_w – prądy i napięcia fazowe uzwojeń stojana i wirnika;
- R_s, R_w, L_s, L_w – rezystancje i indukcyjności własne uzwojeń stojana i wirnika;
- $L_{\delta s}, L_{\delta w}$ – indukcyjności rozproszenia uzwojeń stojana i wirnika;
- M_s, w – indukcyjność wzajemna uzwojeń stojana i wirnika.

Rzeczywisty układ uzwojeń silnika można zastąpić układem ortogonalnym α, β wygodniejszym do analizy stanów dynamicznych silnika. Układ równań silnika (1) po transformacji $\alpha\beta$ przyjmuje postać (2):

$$\begin{aligned} \frac{d\psi_{s\alpha}}{dt} &= -\alpha\psi_{s\alpha} + \alpha K_r \psi_r^{(s)} + u_{s\alpha} \\ \frac{d\psi_{s\beta}}{dt} &= -\alpha\psi_{s\beta} + \alpha K_r \psi_r^{(s)} + u_{s\beta} \\ \frac{d\psi_r^{(s)} \beta}{dt} &= \beta K_s \psi_{s\beta} - \beta \psi_r^{(s)} \beta + \Omega \psi_r^{(s)} \alpha + u_{r,\beta}^{(s)} \\ \frac{d\psi_r^{(s)} \alpha}{dt} &= \beta K_s \psi_{s\alpha} - \beta \psi_r^{(s)} \alpha + \Omega \psi_r^{(s)} \beta + u_{r,\alpha}^{(s)} \\ \frac{d\Omega}{dt} &= \frac{3p^2 K_r}{2\sigma L_s J} [\psi_{s\beta} \psi_r^{(s)} \alpha - \psi_{s\alpha} \psi_r^{(s)} \beta] - \frac{p}{J} M_m \end{aligned} \quad (2)$$

gdzie:

- $\sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_s L_r}, K_s = \frac{L_m}{L_s}, K_r = \frac{L_m}{L_r}, \alpha = \frac{R_s}{\sigma L_s}, \beta = \frac{R_r}{\sigma L_r};$
- σ – wypadkowy współczynnik rozproszenia uzwojeń silnika;
- K_s, K_r – współczynniki sprzężenia uzwojeń stojana i wirnika.

Moment elektromagnetyczny silnika oblicza się z relacji (3):

$$M_M = \frac{3pL_m}{2(L_s L_w - L_m^2)} [\Psi_{s\beta} \Psi_{w,\alpha}^{(s)} - \Psi_{s\alpha} \Psi_{w,\beta}^{(s)}] \quad (3)$$

Dynamikę synchronicznego silnika napędowego wentylatora opisuje układ równań różniczkowych (4):

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt}i_d &= \frac{1}{L}(u_d - R i_d + p_b \Omega_m L i_q) \\ \frac{d}{dt}i_q &= \frac{1}{L}(u_q - R i_q - p_b \Omega_m (L i_d + \Psi_f)) \\ \frac{d}{dt}\Omega_m &= \frac{1}{J}\left(\frac{p_b}{2}\Psi_f i_q - T_L\right)\end{aligned}\quad (4)$$

Dynamikę silnika synchronicznego w układzie współrzędnych dq, po zastosowaniu transformacji Parka, opisuje układ równań różniczkowych (5) [6]:

$$\begin{aligned}\frac{d\psi_{sd}^{(r)}}{dt} &= -\frac{R_s L_f}{L_{sd} L_f - 1,5 M_{sd}^2} \psi_{sd}^{(r)} + \frac{R_s M_{sd}}{L_{sd} L_f - 1,5 M_{sd}^2} \psi_f^{(r)} + \Omega \psi_{sq}^{(r)} + u_{sd}^{(r)} \\ \frac{d\psi_{sq}^{(r)}}{dt} &= -\frac{R_s}{L_{sq}} \psi_{sq}^{(r)} - \Omega \psi_{sd}^{(r)} + u_{sq}^{(r)} \\ \frac{d\psi_f^{(r)}}{dt} &= -\frac{1,5 R_s L_f}{L_{sd} L_f - 1,5 M_{sd}^2} \psi_{sd}^{(r)} - \frac{R_s L_{sd}}{L_{sd} L_f - 1,5 M_{sd}^2} \psi_f^{(r)} + u_f \\ \frac{d\Omega}{dt} &= \frac{3p}{2J} \left[\left(\frac{1}{L_{sq}} - \frac{L_f}{L_{sd} L_f - 1,5 M_{sd}^2} \right) \psi_{sd}^{(r)} \psi_{sq}^{(r)} + \frac{M_{sd}}{L_{sd} L_f - 1,5 M_{sd}^2} \psi_{sq}^{(r)} \psi_f^{(r)} \right] - \frac{p M_{abc}}{J} \\ M_n &= \frac{3p}{2} \left[\left(\frac{1}{L_{sq}} - \frac{L_f}{L_{sd} L_f - 1,5 M_{sd}^2} \right) \psi_{sd}^{(r)} \psi_{sq}^{(r)} + \frac{M_{sd}}{L_{sd} L_f - 1,5 M_{sd}^2} \psi_{sq}^{(r)} \psi_f^{(r)} \right]\end{aligned}\quad (5)$$

gdzie:

- u_s, u_f – napięcia zasilania uzwojenia twornika i wzbudzenia;
- $\psi_{sd}, \psi_{sq}, \psi_f$ – strumieniozwoje sprzęgnięte z uzwojeniami: twornika i wzbudzenia;
- M_{sd}, d – indukcyjność wzajemna między uzwojeniem twornika w osi d a uzwojeniem wzbudzenia.

Dynamikę ruchu powietrza w lutni wentylatora promieniowego opisuje równanie Bernoulliego (6) [5, 6]:

$$p + hgp + \rho v^2 / 2 = \text{const} \quad (6)$$

gdzie:

- p – depresja lub kompresja wentylatora;
- v – prędkość wirowania turbiny;
- ρ – gęstość powietrza w danej temperaturze.

Dla wentylatorów kopalnianych operuje się pojęciem depresji (kompresji): całkowitej H_c i statycznej H_{st} . Wielkości te zależą od parametrów: lutni, dyfuzora oraz od prędkości wirowania turbiny wentylatora. Zależność depresji całkowitej od parametrów konstrukcyjnych wentylatora opisuje w sposób uproszczony wyrażenie (7):

$$H_c = H_{st} + \frac{\chi_p \omega_w^2 R_w}{2g} \quad (7)$$

Wydajność wentylatora można określić z relacji (8):

$$Q_w = S_{zost} \omega_w R_w \quad (8)$$

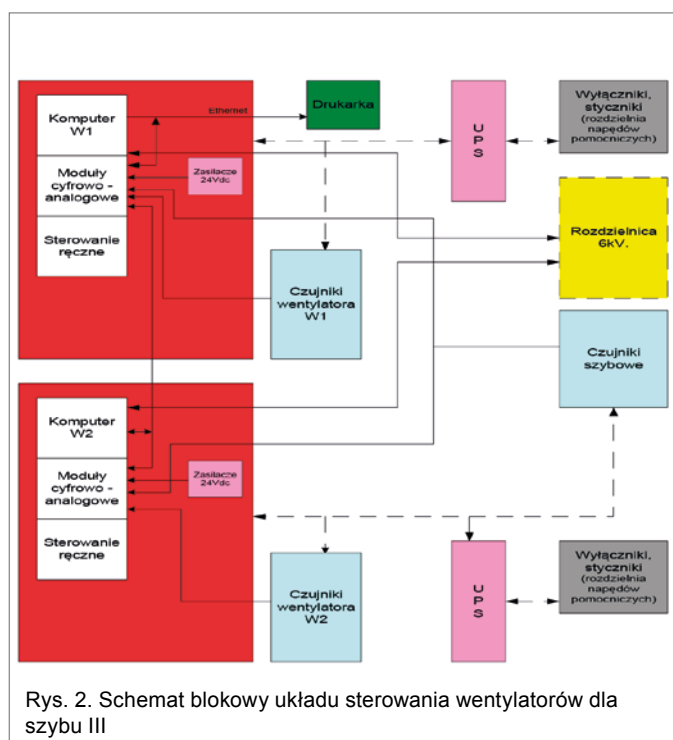
Wypadkowy moment obciążenia spowodowany na wał silnika napędzającego wentylator przez przekładnię o przełożeniu i_p można wyrazić wzorem (9):

$$M_w = S_{zost} i_p \eta_p \left(\frac{H_{st} R_w}{\eta_w} + \frac{\chi_p R_w^3 \omega_w^2}{\eta_w 2g i_p^2} \right) \quad (9)$$

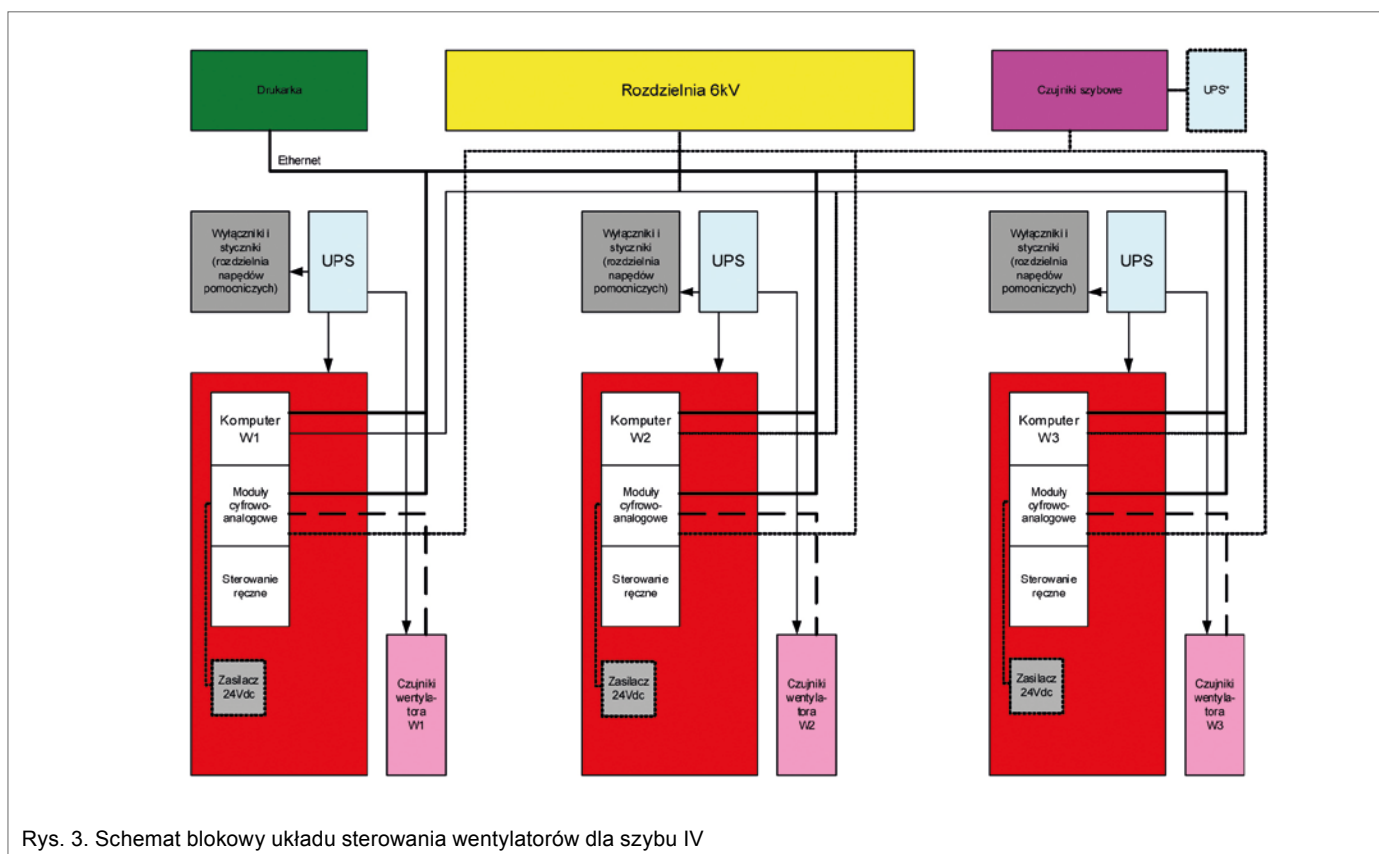
Równania (4–9) umożliwiają zbudowanie modelu symulacyjnego wentylatora kopalnianego napędzanego silnikiem synchronicznym. Do budowy schematu blokowego wykorzystano procedury programu Matlab-Simulink 6,5 [3]. Przykładowy schemat blokowy układu sterowania wentylatora przedstawiono na rys. 2. Układ sterowania umożliwia zmianę parametrów zasilania silnika napędowego: napięcie zasilania stojana, częstotliwość zasilania, oraz parametrów wentylatora: przekrój powierzchni lutni oraz dyfuzora. Analizę procesów symulacyjnych przeprowadzono przy pominięciu dynamiki sieci wentylacyjnej, wprowadzono natomiast wypadkową charakterystykę otworu zastępczego wentylatora [3, 6]. To założenie upraszczające może częściowo zniekształcać uzyskane wyniki obliczeń komputerowych. Analizę przeprowadzono dla układu wentylacyjnego stacji złożonego z silnika synchronicznego napędzającego wentylator promieniowy WPK z regulacją wydajności przy pomocy aparatu kierowniczego.

4. Koncepcja nowoczesnego obwodu sterowania z wykorzystaniem techniki mikroprocesorowej

Ogólną koncepcję rozmieszczenia elementów sterowania pracą stacji wentylatorowych dla szybów wentylacyjnych: III i IV przedstawiono na schematach blokowych zamieszczonych na rys. 2, 3 [6]. W każdej stacji wentylatorowej zastosowano: sterownik główny, moduły wejść/wyjść, czujniki pomiarowe umieszczone w wentylatorze oraz w szybie, zasilacze 24 V DC, źródła napięć gwarantowanych UPS, wyłączniki i styczniki dla napędów pomocniczych, rozdzielnicę 6 kV, a także drukarkę



Rys. 2. Schemat blokowy układu sterowania wentylatorów dla szybu III



Rys. 3. Schemat blokowy układu sterowania wentylatorów dla szybu IV

(jako możliwość transmisji parametrów mierzonych poza stacją). W przypadku stacji dla szybu III będzie to układ dwóch szaf sterowniczych SW1 i SW2 wraz z osprzętem towarzyszącym, dla szybu IV będą to odpowiednio szafy SW3, SW4 i SW5 – również z osprzętem towarzyszącym. Pomiedzy szafami sterowniczymi zrealizowano sieć transmisyjną Ethernet.

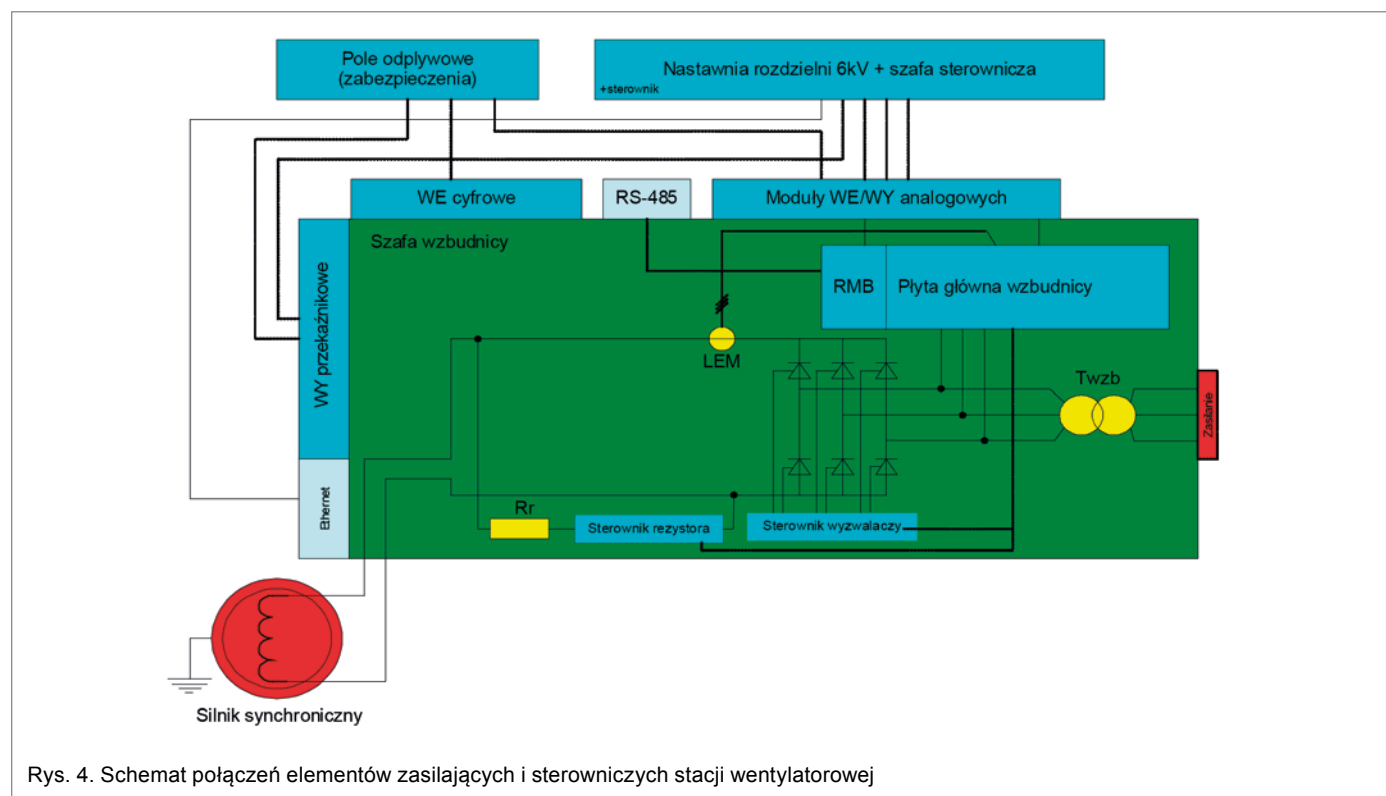
Docelowo, bazując na sieci Ethernet, można przysyłać sygnały do dyspozytorni głównej kopalni. Poszczególne sterowniki są połączone do sieci Ethernet. Sygnały przesyłane do sterowników PLC można podzielić na dwie grupy: sygnały analogowe – sygnały z przekładników prądowych, sygnały z rezystancyjnych czujników poziomu, temperatury, przepływu oraz sygnały cyfrowe – (rozdzielone na wejściowe i wyjściowe) do kontroli dwustanowej położenia klap bądź zasuw, do sterowania stycznikami napędów. Każda szafa jest zasilana z własnego źródła napięcia niewyłączalnego. Czujniki szybowe zasilane mogą być z oddzielnej RNG bądź przyłączone do jednego z 2/3 źródeł przypisanych do konkretnego wentylatora.

Na schemacie blokowym (rys. 4) pominięto szafy wzbudzenia wraz z regulatorami mocy biernej. Układ sterowania stacjami wentylatorów jest zrealizowany na bazie komputera przemysłowego. Komputer umożliwia realizację następujących funkcji sterowniczych i kontrolnych: automatyczny rozruch silnika głównego, kontrola smarowania, kontrola blokad na załączenie silnika, uruchomienie silnika, sterowanie klapami (przed i po rozruchu), współpraca z szafą wzbudzenia i regulatorem mocy biernej, kontrola pracy wentylatora (monitorowanie: stanów zabezpieczeń przez MegaMUZ, poziomu oleju w punktach smarnych; kontrola temperatury łożysk silnika i wentylatora), kontrola układu zasilania napięciem gwarantowanym, współpraca z aparaturą do pomiaru parametrów szybowych (w skró-

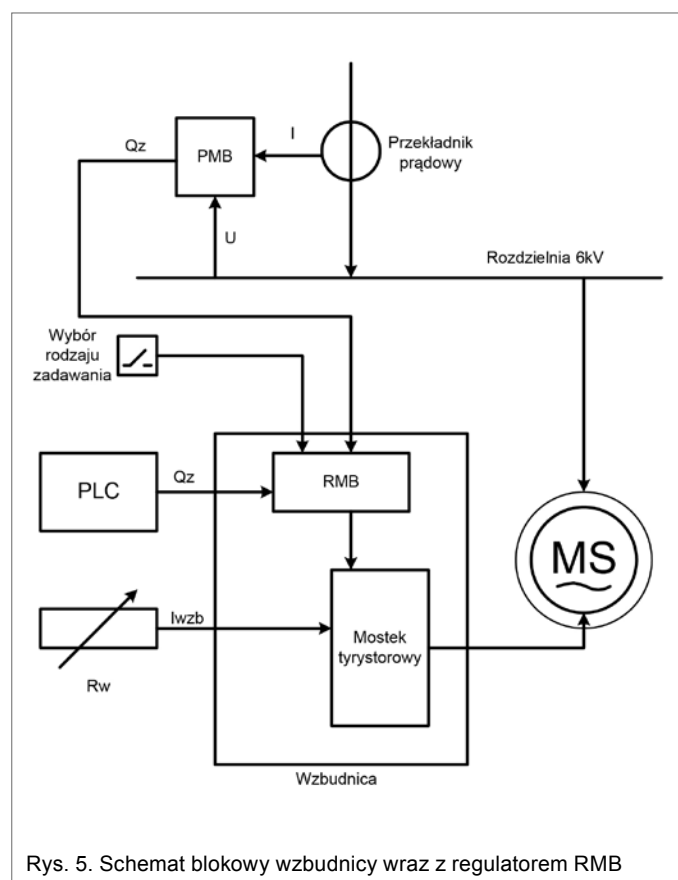
cie AKP), wizualizacja na monitorze komputera przemysłowego parametrów pracy wentylatora, rejestracja parametrów i przedstawianie ich w formie wykresów, wyświetlanie informacji o położeniu klap, zasuw, łączników w układzie zasilania stojana silnika, wyświetlanie informacji o stanie układu SZR (z poziomu rozdzielnic), wyświetlanie na ekranie komputera przemysłowego komunikatów ostrzegawczych i ewentualnych przyczyn wyłączenia silnika głównego wentylatora, sterowanie sygnalizacją alarmową i ostrzegawczą. Schemat blokowy układu zasilania i sterowania wzbudnicy wentylatora przedstawiono na rys. 5.

Proponowany układ sterowania stacji wentylatorowej składa się z następujących układów:

- jednostki centralnej z wprowadzonym programem (na bazie algorytmów sterowania i diagnostyki – por. rozdział 3) współpracującej z komputerem przemysłowym;
- zasilaczy stabilizowanych o napięciu znamionowym; 24 V DC;
- modułu komunikacyjnego RS485 do współpracy z MegaMUZ;
- modułu komunikacji Ethernet do współpracy i wzajemnej kontroli sterowników i komputerów poszczególnych wentylatorów;
- modułu wejść cyfrowych do rozpoznania sygnałów z urządzeń współpracujących (np. z napędów klap i zasuw, położenie przełączników i przycisków sterujących, z zabezpieczeń, stanów położenia wyłącznika); moduł pracuje na napięciu 24 V (DC) i współpracuje z przekładnikami interfejsowymi;
- modułu wyjść cyfrowych (do sterowania cewkami wyłącznika 6 kV, klapami, sygnalizacją alarmową); moduł jest zasilany napięciem 24 V DC, współpracuje z przekładnikami interfejsowymi;



Rys. 4. Schemat połączeń elementów zasilających i sterowniczych stacji wentylatorowej



Rys. 5. Schemat blokowy wzbudnicy wraz z regulatorem RMB

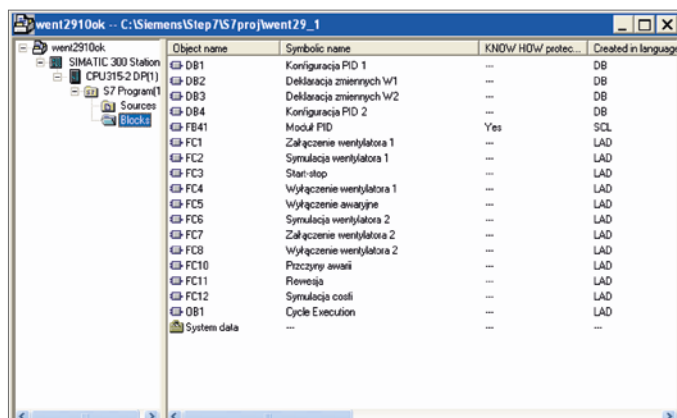
- modułu wejść analogowych (4–20 mA) (do współpracy z czujnikiem poziomu oleju w punktach smarnych);
- modułu wejść Pt100 (do współpracy z czujnikami rezystancyjnymi temperatury stojana silnika, łożysk silnika i wentylatora);
- komputera przemysłowego z panelem dotykowym służącym do wyświetlania parametrów pracy stacji; komputer zostanie wyposażony w panel dotykowy, pozwalający wykonywać wszystkie funkcje sterownicze;
- switcha do utworzenia węzła komunikacyjnego sieci Ethernet;
- regulatora mocy biernej współpracującego ze wzbudnicą tyrystorową.

5. Algorytmy sterowania układem wentylatorów kopalnianych

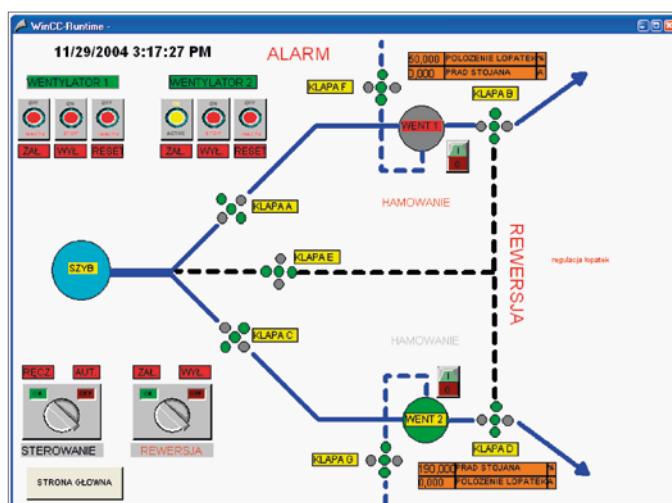
Algorytm sterowania pracą stacji wentylatorów kopalnianych składa się z algorytmu głównego PG, oraz algorytmów pomocniczych: SUB KONTROL, SUB USTAW A, SUB ZAS_A, SUB USTAW_R, SUB USTAW_REW, SUB ZAS_REW, SUB USTAW_PR, SUB ZMIANA_NASTAW, SUB STARTUJ, SUB STOP_WEN, tworzących odrębne podprogramy. Schemat blokowy algorytmów sterowania przedstawiono na rys. 6 [6]. Każdy z algorytmów pomocniczych realizuje odpowiednie procedury sterujące. Poszczególne pomocnicze algorytmy realizują zadania.

Algorytm PG – start algorytmu powoduje wywołanie procedury SUB KONTROL. Odwoływanie się do tej procedury odbywa się praktycznie bez przerwy – czas cyklu równy cyklowi pracy sterownika. Gwarantuje to natychmiastowe wykrycie zaistniałej nieprawidłowości.

Głównym zadaniem realizowanym przez procedurę PG jest oczekiwanie na zmianę ustawienia przełączników ręcznych USTAW i WI/II (WI/II/III) oraz przełączenie, w zależności



Rys. 8. Struktura organizacyjna programu sterowania i diagnostyki stacji wentylatorowej



Rys. 9. Schemat wizualizacyjny panelu sterowania stacji wentylatorowej



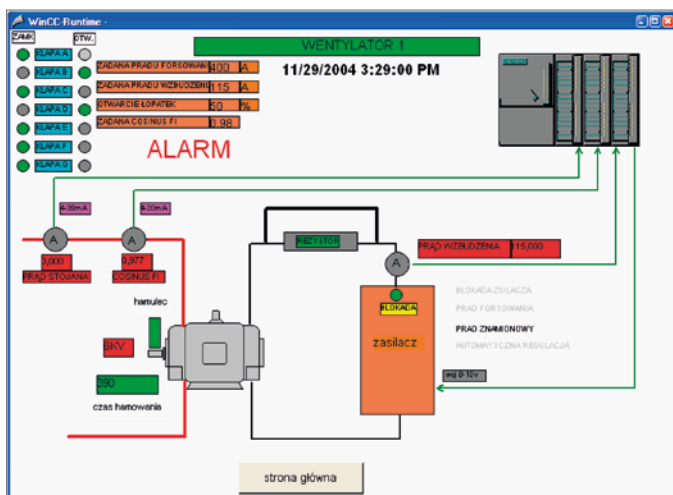
Rys. 10. Schemat blokowy algorytmu sterowania wentylatora

przemysłową Ethernet ze sterownikiem PLC. Zastosowanie sieci przemysłowej pozwala na zamontowanie panelu operatorskiego w oddalonej od stacji wentylatorów dyspozytorni. Do wizualizacji wykorzystano program WIN CC v 6.0 [6], który umożliwia sterowanie, nadzór oraz monitorowanie cyklu pracy urządzeń stacji głównego przewietrzania.

Wizualizacja polega na prezentacji przebiegu i stanu procesu za pomocą struktury plansz przedstawiających różne obszary technologiczne jako grafika bitmapowa. Pojedyncza plansza to

ekran z naniesionymi obiektami animowanymi na podstawie wartości mierzonej lub zdefiniowanej w algorytmie sterowania. Każda plansza przedstawiona na ekranie modułu graficznego uzupełniona jest o stałe pola, na których wyświetlany jest czas, data, nazwa planszy oraz komunikat słowny o zaistniałej awarii.

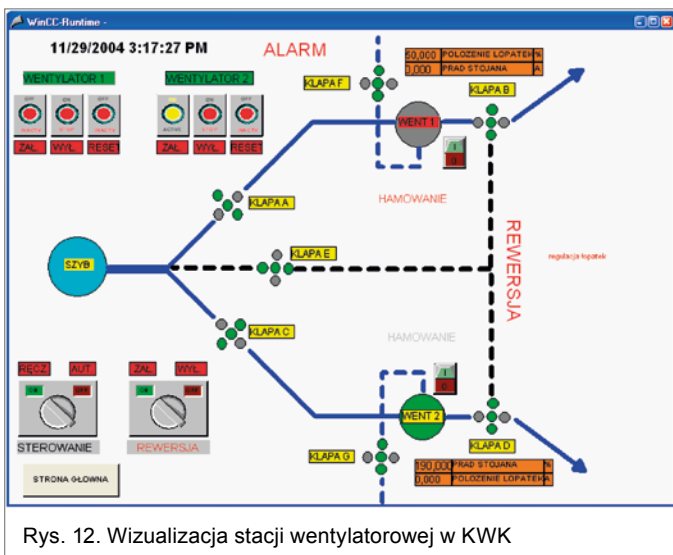
Do wizualizacji prezentowanego na terminalu stanu pracy stacji głównego przewietrzania zaprojektowano zestaw plansz. Przykład wizualizacji pracy stacji wentylatorowej przedsta-



Rys. 11. Tablica synoptyczna wentylatora I na stacji wentylatorowej



Rys. 13. Rejestracja wybranych parametrów wentylatora



Rys. 12. Wizualizacja stacji wentylatorowej w KWK

wiono na rys. 9. Schemat blokowy algorytmu sterowania pracą stacji dwuwentylatorowej w KWK przedstawiono na rys. 10.

Na rys. 11, 12, 13 przedstawiono przykładowe wyniki rejestracji w czasie rzeczywistym wybranych parametrów wentylatora oraz ekrany wizualizacyjne umożliwiające sterowanie lokalne oraz półautomatyczne pracą stacji wentylatorowej z równoczesną sygnalizacją stanów awaryjnych oraz przeciążeniowych

Nowoczesny, inteligentny układ sterowania i diagnostyki pracą stacji wentylatorowej, opracowany przez Autora, został sprawdzony w warunkach przemysłowych. Układ ten po uzyskaniu dopuszczenia może być wykorzystany w kopalnianych stacjach wentylatorowych, przynosząc znaczne korzyści eksploatacyjne i diagnostyczne.

7. Zakończenie

Postęp w dziedzinie elektroniki, informatyki oraz telekomunikacji umożliwia wprowadzenie do sterowania, diagnostyki i monitorowania pracy górniczych maszyn przepływowych sterowników mikroprocesorowych oraz cyfrowej transmisji

sygnałów. Do sterowania systemami wentylacyjnymi w sposób ciągły i niezawodny niezbędne są nowoczesne czujniki pomiarowe, sterowniki mikroprocesorowe do przetwarzania wielkości pomiarowych. Dla zwiększenia niezawodności oraz trwałości pracy wentylatorów muszą być przeprowadzane pomiary diagnostyczne, które zapewniają właściwą kontrolę poszczególnych zespołów stacji wentylatorowej oraz w znacznym stopniu zapobiegają awariom. Zastosowanie sterowników PLC lub komputerów przemysłowych w układach sterowania maszyn górniczych zapewni lepszą kontrolę pracy tych maszyn z możliwością sterowania półautomatycznego lub nawet automatycznego.

Literatura

- [1] KOCUREK J.: *Kaskady tyrystorowe z ograniczonym zakresem regulacji prędkości w napędach pomp, sprężarek i wentylatorów*. Zeszyty BOBRME „Maszyny Elektryczne” 50/1995, Katowice.
- [2] KRASUCKI F.: *Elektryfikacja podziemi kopalń*. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1997.
- [3] OSOWSKI T.: *Modelowanie cyfrowe z wykorzystaniem programu Matlab-Simulink*. WNT, Warszawa 2000.
- [4] SZYMAŃSKI Z.: *Nowoczesne metody sterowania i automatyzacji pracy kopalnianych stacji wentylatorowych*. „Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa”, 12/2004, Katowice.
- [5] SZYMAŃSKI Z.: *Diagnostyka i monitoring górniczych maszyn przepływowych*. Materiały Międzynarodowej Konferencji TEMAG’05, Ustroń, listopad 2005.
- [6] SZYMAŃSKI Z.: *Opracowanie koncepcji sterowania dolowych maszyn górniczych. Etap II: Opracowanie koncepcji sterowania stacji wentylatorowych w podziemnych zakładach górniczych*. Praca naukowo-badawcza BK 241/RG1/2009, niepublikowana.

Zygmunt Szymański – Politechnika Śląska w Gliwicach, Katedra Elektryfikacji i Automatyzacji Górnictwa

artykuł recenzowany