

Aspekty doboru systemu sterowania i wizualizacji dla obiektów o różnej specyfice działania

W referacie przedstawiono różnice w doborze sterownika, algorytmów sterowania, koncepcji układu elektryczno-sygnalizacyjnego oraz innych elementów, które w połączeniu ze sterownikiem realizują system sterowania procesem przemysłowym. Porównania dokonano na bazie rzeczywistych obiektów technologicznych - młyna zbożowego i stacji uzdatniania wody.

Aspects of design of control and visualisation systems for different kind of plants

In the paper a methodology of selection of controller, algorithms of control, the solution of the electric signalization system and the other components, which realize a control system for industrial plant have been presented. A comparison of two control systems for real industrial plant viz. a grain mill and a water treatment station has been made.

1. WPROWADZENIE

Sposób sterowania procesem technologicznym w głównej mierze uzależniony jest od specyfiki obiektu – porównania dokonano dla przykładowych procesów technologicznych - młyna zbożowego oraz stacji uzdatniania wody SUW. Zróżnicowanie dotyczy wielu elementów i ich funkcji. W jednym przypadku jest to szybkość działania, w innym niezawodność oraz bezpieczeństwo systemu sterowania. Główne różnice wynikają ze specyfiki automatyzowanego procesu. W szczególności istotny jest interfejs użytkownika (stacje operatorskie, możliwość nastawy parametrów procesu itd.), bezpieczeństwo działania algorytmów (przewidywanie możliwych sytuacji, zabezpieczenia napędów, bezpieczeństwo człowieka).

Należy zwrócić uwagę na różnice wynikające ze sposobu obsługi alarmów. Stany awaryjne występujące we młynie obsługiwanym przez operatora powinny być łatwe do zdiagnozowania, by maksymalnie upraszczać obsługę młyna, informując o miejscu i przyczynie awarii (dużo napędów rozłożonych na wielu kondygnacjach budynku). W przypadku SUW; pracującej przez większość czasu automatycznie, ważne są sposoby zabezpieczenia procesu przed skutkami awarii, sposoby zdalnego informowania operatora gwarantującego ciągłość pracy stacji. Tutaj występują ekstremalne sytuacje wynikające z dużego rozbioru wody w trakcie pożaru. Sytuacje te nie powinny zakłócić pracy stacji. Zakłócenie pracy SUW wiąże się każdorazowo z brakiem wody u odbiorców. W przypadku pracy młyna awarie powodują przestój dużego przedsiębiorstwa, a tym samym znaczne straty finansowe.

2. PORÓWNANIE STOSOWANYCH TECHNOLOGII

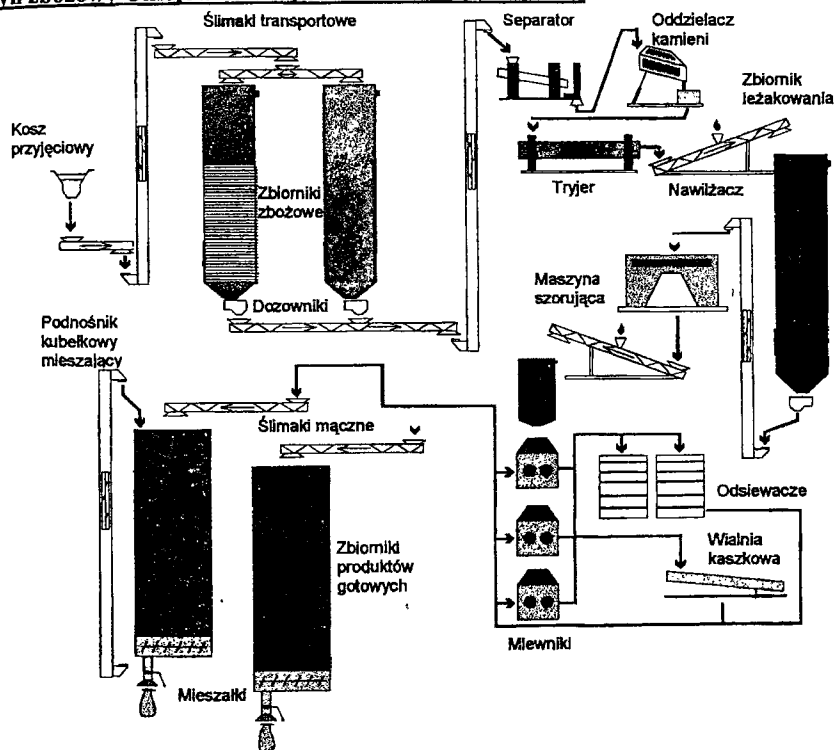
2.1. Technologia mielenia mąki [1, 2]

Proces mielenia zboża rozpoczyna się od przyjęcia surowca do magazynów. Surowy produkt transportowany jest przy pomocy podajnika łańcuchowego do czyszczenia. Czyszczenie składa się z dwóch etapów, wstępnego - zwanego *czyszczeniem czarnym* oraz pomocniczego - zwanego *czyszczeniem białym*. Zadaniem czyszczenia białego jest usunięcie kurzu, plew,

słomy, kukurydzy, gwoździ itp. Podczas czyszczenia czarnego od ziarna oddzielany jest brud oraz naderwane części łuski i zarodki. Jednym z ważniejszych etapów czyszczenia jest nawilżanie zboża. W czyszczeniu czarnym jest to nawilżenie do wilgotności około 16 %, w czyszczeniu pomocniczym dowilża się jedynie łuskę ziarna o około 0.5 %.

Proces przemiału polega na rozdrobieniu materiału oraz odpowiednim jego przesiewaniu. Podstawowymi urządzeniami w młynie właściwym są mławniki, odsiewacze oraz wialnie kaszkowe. *Młownik* służy do mielenia zboża oraz półproduktów wstępnie zmielonych i odsianych. Produktem końcowym jest mąka będąca mieszaniną odpowiednich frakcji pochodzących z *odsiewacza* i *wialni kaszkowych*.

Młyn zbożowy Uniejowice Gospodarstwo Rolne Łukaszów



Rys 1. Uproszczony schemat technologiczny młyna zbożowego w Uniejowicach

Jesienią 1998 oddano do użytku odremontowany młyn zbożowy w Uniejowicach. Proces technologiczny (rys. 1) składa się z 5 grup: przyjęcie, czyszczenie 1, czyszczenie 2, mielenie i pakowanie. Na każdą z tych grup składa się znaczna ilość napędów sterowanych ze sterownika: przyjęcie – 5, czyszczenie 1 – 17, czyszczenie 2 – 6, mielenie – 17 oraz pakowanie – 5. Napędy rozmieszczone są na pięciu piętrach w jednym budynku - dla uzyskania dostatecznie dużych spadków grawitacyjnych do transportu materiału.

Przyjęcie materiału następuje w koszu przyjęciowym, skąd zboże transportowane jest poprzez ślimaki i podnośnik do jednego ze zbiorników. O tym, który zbiornik jest zasypywany, decyduje obsługa mając do dyspozycji zdalne włączniki przy koszu przyjęciowym. Z jednego lub obu zbiorników na etapie *czyszczenia 1* materiał pobierany jest na maszyny dokonujące wstępnego oczyszczenia zboża. Ostatnim z etapów czyszczenia jest nawilżacz, który nawilża zboże i zasypuje zbiornik leżakowania, gdzie zboże oczekuje około 24 godziny na dalszy

etap. Materiał dowilżony w *czyszczeniu 2* transportowany jest do małego zbiornika nad młynkami pierwszego śrutu. We wszystkich etapach transportu zboża, wykorzystuje się aspirację powietrzną maszyn. Zadaniem aspiracji jest oddzielenie zanieczyszczeń unoszących się w powietrzu podczas transportu materiału i gromadzeniu go w zbiorniku śrutowym. Etap *mielenia* obejmuje szereg maszyn transportowych, młynki i odsiewacze. Podstawowym elementem transportowym jest wentylator - zapewnia powietrzny transport w obrębie całego młyna. Ważną rolę odgrywają śluzy wydzielające mąkę ze strumienia powietrznego. Zmieszane odpowiednio frakcje mąki transportowane są na dwa zbiorniki. Etap *pakowania* umożliwia workowanie mąki i śruty, zapewnia stały obieg materiału w zbiorniku. W każdym ze zbiorników jest mieszalka, uruchomienie której pozwala odzyskać materiał z dna zbiornika, podając go do worka lub z powrotem do zbiornika.

2.2. Technologia uzdatniania wody [3, 4]

Woda na potrzeby gospodarcze, technologiczne oraz spożywcze, pochodząca z ujęć wodnych w zdecydowanej większości nie nadaje się do zastosowania i jest poddawana uzdatnianiu. Praktycznie wszystkie wody naturalne mogą być wykorzystane dopiero po odpowiednim przygotowaniu, polegającym na usunięciu pewnych składników lub dodaniu innych. Najczęściej są to procesy: usuwania zawiesin, usuwania domieszek koloidalnych, którymi w wodach naturalnych są związki humusowe nadające barwę wodzie, usuwania organicznych związków wielkocząsteczkowych, które często nadają jej smak i zapach, usuwania bakterii i wirusów, usuwania związków żelaza i manganu, dwutlenku węgla i innych gazów, zmiękczenia i demineralizacji wody. Znanych jest wiele metod oczyszczania wody. Do klasycznych należą sedymentacja, koagulacja, filtracja powolna, filtracja pośpieszna, napowietrzanie, sorpcja, zmiękczenie, dezynfekcja, wapnowanie, filtracja przez marmur i masy dolomitowe. Ciekawym rozwiązaniem są filtry pośpieszne ciśnieniowe, które w połączeniu z napowietrzaniem i chlorynowaniem umożliwiają osiągnięcie stanu wody zgodnego z normami.

Pośpieszne filtry ciśnieniowe mają kształt stalowych walczków z dennicami o średnicach od 400 do 4 000 mm. Wewnątrz znajduje się złożo. Jako materiał ziarnisty do filtrów stosuje się piasek kwarcowy, węgiel antracytowy, węgiel aktywny, kruszone materiały spiekane i inne. Głównym elementem wyróżniającym filtry od innych metod oczyszczania jest płukanie filtru. Proces ten polega na wymuszeniu przepływu wody od dołu do góry. Aby płukanie było skuteczne wykorzystuje się proces wzruszania złoża powietrzem. Po wypłukaniu filtr należy dopłukać. Dopłukiwanie filtru wykonuje się zgodnie z kierunkiem realizacji procesu filtracji - ma na celu ułożenie złoża i usunięcie pozostałości po płukaniu.

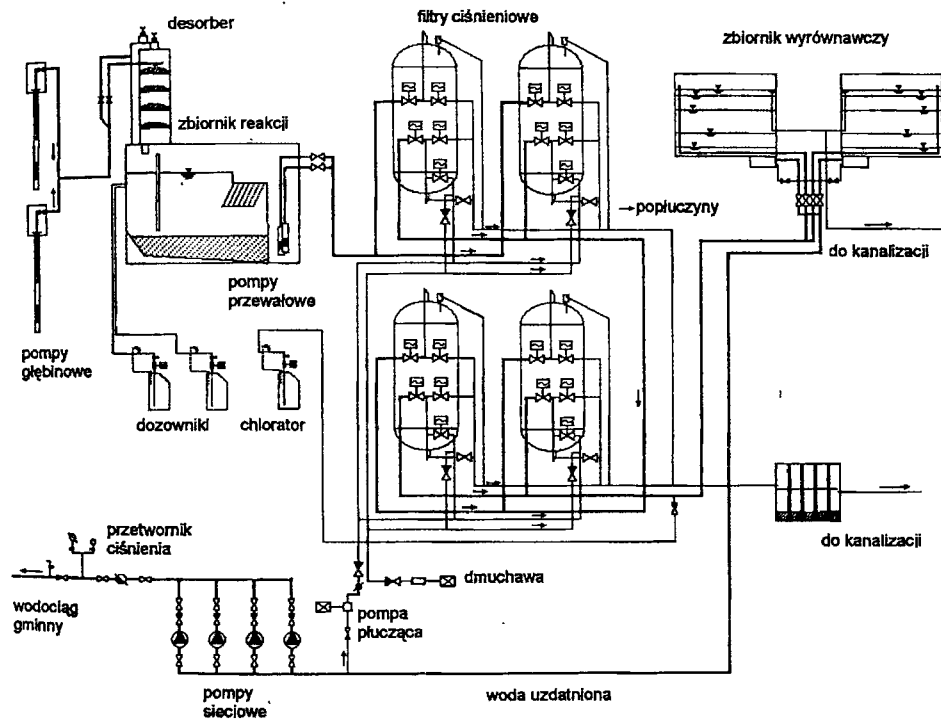
Stacja Uzdatniania Wody Palaty gm. Grabów nad Prosną

Na przełomie lat 1998/99 została oddana do użytku SUW w Palatach. Część technologiczna [5] wykonana została przez firmę Funam Wrocław. Podstawowym celem inwestycji było przystosowanie wodociągu do zaopatrzenia gminy w wodę w ilości wynikającej z bilansu perspektywicznego jak również ograniczenie kosztów eksploatacyjnych poprzez zastosowanie energooszczędnych urządzeń i pełną automatyzację pracy stacji, eliminującą w maksymalnym stopniu czynności obsługowe.

System sterujący gwarantuje poprawną pracę stacji przy minimalnej obsłudze. Układ wodociągu składa się z kilku odcinków (rys. 2): ujęcie wody ze studni z pompami głębinowymi, kolumny kaskadowe z wymuszonym przewietrzaniem, zestawy do koagulacji i korekty pH, zbiornik reakcji, pompy przełałowe, 4 filtry automatyczne pośpieszne ciśnieniowe ze złożem wielowarstwowym, zestaw do dezynfekcji i zestaw pomp sieciowych sterowany falownikiem.

Ze względu na znaczną zawartość H_2S oraz agresywnego CO_2 zastosowano napowietrzanie. Aeratorem jest kolumna z rury PE (produkcji Funam) o średnicy 1.2 m. W dolnej części znajduje się odprowadzenie wody do zbiornika reakcji. Woda, przepływając przez ruszt, ulega napowietrzeniu przez kontakt z powietrzem zasysanym otworami czerpalnymi w dolnej

części kolumny. Napowietrzona i wstępnie oczyszczona woda podawana jest na układ filtracyjny za pomocą pomp głębinowych. Układ filtracyjny składa się z 2 filtrów pierwszego stopnia oraz 2 filtrów drugiego stopnia. Każdy z filtrów wyposażony jest w 5 przepustnic do doprowadzania wody surowej, odprowadzania filtratu i popłuczyn z dołu i z góry filtra oraz przepustnicy do doprowadzania wody i powietrza płuczącego. Płukanie odbywa się przy użyciu specjalnej pompy płuczącej oraz dmuchawy powietrznej. Do płukania stosuje się wodę uzdatnioną a do dopłukiwania - wodę surową, nieuzdatnioną.



Rys. 2. Uproszczony schemat technologiczny SUW Palaty

Woda uzdatniona doprowadzona jest do zbiornika wyrównawczego składającego się z dwóch komór. Do zasilania sieci wodociągowej służy zestaw pompy 4 pomp pionowych.

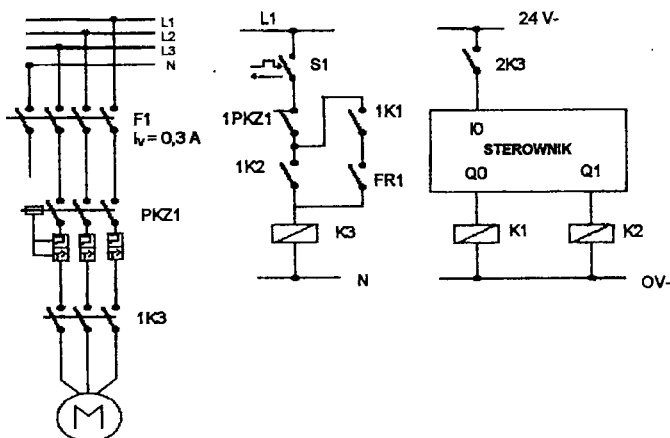
3. PORÓWNANIE STOSOWANYCH UKŁADÓW STEROWANIA

3.1. Sterownik młyna zbożowego w Uniejowicach

Do sterowania młynem zbożowym w Uniejowicach wykorzystano sterownik PS 4-201 MM1 firmy Klöckner-MOELLER współpracujący z pulpitem operatorskim produkcji ZPEiM Opole. Podstawowy układ pracy każdego z napędów (rys. 3) wymaga ciągłej kontroli. Sterownik musi otrzymywać informację o pracy lub zatrzymaniu napędu dla poprawnej realizacji blokad technologicznych.

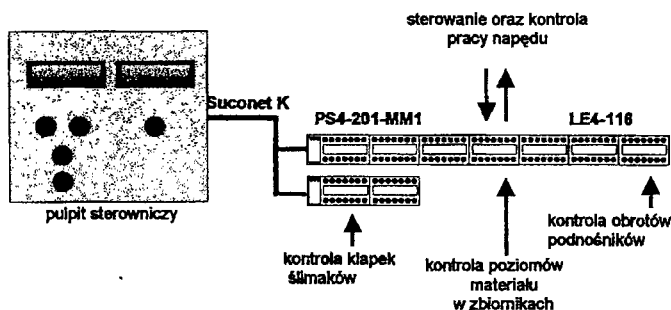
Sterowanie pojedynczego napędu w młynie zbożowym, polega na wystawianiu przez sterownik na wyjściu Q1 stanu wysokiego. Przekładnik K2 podaje napięcie sterownicze na stycznik K3, powodując załączenie napędu M poprzez styki 1K3. Załączenie stycznika K3 powoduje podanie sygnału zwrotnego na wejście IO sterownika. Jest to informacja o pracy napędu. Na-

leży zwrócić uwagę na zabezpieczenie silnikowe PKZ1. W momencie jego zadziałania, przerwany jest obwód sterowania stycznika K3, powodując zanik sygnału na wejściu IO. Tego typu zabezpieczenie jest wystarczające, jednak nie daje pełnej informacji o przyczynie awaryjnego wyłączenia napędu może to być przerwa w obwodzie sterowania (zadziałanie bezpiecznika S1) bądź zadziałanie zabezpieczenia PKZ1. Układ sterowania napędem posiada dodatkową możliwość pracy remontowej, sterowanej przez wyłącznik FR1. Aby umożliwić sterowanie tym łącznikiem, sterownik zdejmuje sygnał z wyjścia Q0. Przy pracy w trybie automatycznym, sterownik blokuje możliwość załączenia remontowego poprzez wystawienie sygnału wysokiego na tym wyjściu.



Rys. 3. Schemat sterowania pojedynczego napędu w młynie zbożowym

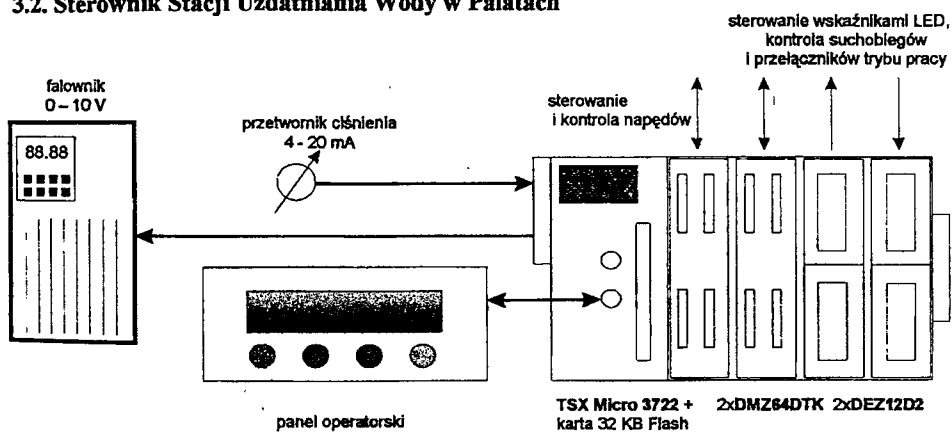
Podstawowe funkcje sterownika pracującego na młynie są następujące: załączanie i wyłączenie napędów odpowiednich grup technologicznych, kontrola blokad technologicznych, kontrola poziomu MAX w zbiornikach przyjęcia, czyszczenia 1 oraz pakowania, kontrola poziomu MAX-MIN w zbiorniku czyszczenia 2, zapelnienie małego zbiornika powoduje wyłączenie dozownika, a opróżnienie - załączenie dozownika, kontrola pracy podnośników kubełkowych, analiza pracy napędów z sygnalizacją stanów awaryjnych, kontrola położenia kłapek ślimaków (podniesienie klapki wskazuje zapchanie ślimaka transportowego), wybór zbiornika, do którego następuje zasyp z przyjęcia, z którego pobierany jest surowiec do czyszczenia 1, pomiar czasów pracy napędów, sygnalizacja dźwiękowa sytuacji awaryjnych.



Rys. 4. Struktura sterownika młyna zbożowego w Uniejowicach

Panel operatora składa się z 2 wyświetlaczy LCD 2x20 znaków. Jeden pozwala na uruchomienie grupy lub pojedynczego napędu, drugi umożliwia przeglądanie informacji o stanie zbiorników oraz przekazuje informacje o awariach. Do dyspozycji operatora są przyciski sterujące montowane na elewacji szafy i czytelnie opisane - *wybór grupy, wybór napędu, kasowanie alarmu, start/stop grupy/napędu, przełączanie trybu pracy*. Młynarz wybiera grupę przyciskiem *wybór grupy*, następnie naciska *start* lub *stop* w celu uruchomienia grupy lub napędu. Jeżeli grupa jest w trybie automatycznym, klawisz *start/stop* pozwala na uruchomienie grupy w cyklu automatycznym, jeżeli grupa jest w trybie ręcznym, klawisz *start/stop* pozwala na uruchomienie pojedynczego napędu w trybie remontowym. W razie awarii załączany jest dzwonek alarmowy przywołujący obsługę, która powinna zlokalizować przyczynę awarii. Sterownik realizując blokady automatycznie wyłącza napędy, których praca jest niewskazana w sytuacji awaryjnej. Oznacza to, że obsługa nie musi się śpieszyć, nie uwzględniając oczywiście względów ekonomicznych wynikających z przestoju linii. Niektóre sytuacje powodują załączenie dzwonka ostrzegawczego. Specyfika pracy młyna wymaga ułatwienia pracy młynarza. Młyn w Uniejowicach jest wykorzystywany na potrzeby rolników i piekarni regionalnych. Zadaniem sterownika jest, przy jak najprostrzej konfiguracji drogi elementów automatyki, zapewnić sprawną i bezpieczną ciągłość ruchu linii technologicznej.

3.2. Sterownik Stacji Uzdatniania Wody w Palatach

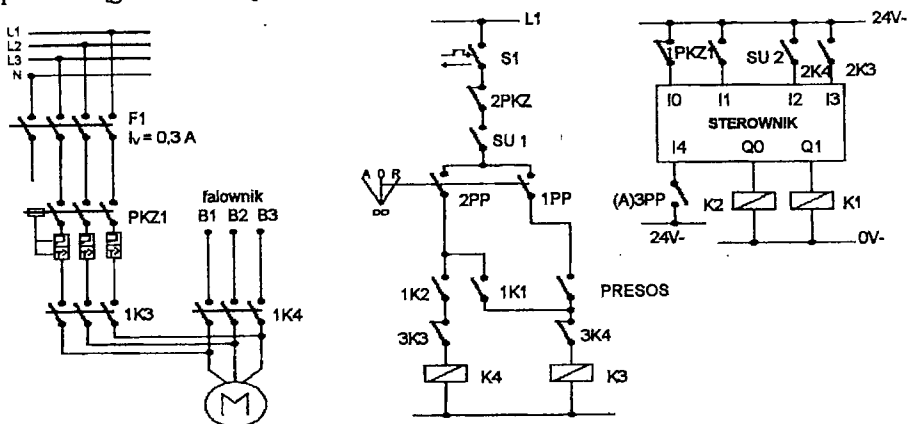


Rys. 5. Struktura sterownika SUW Palaty

Do kontroli SUW zastosowano sterownik TSX Micro firmy Groupe Schneider (rys. 5). Jest to sterownik nowoczesny z przyjaznym systemem programowym. Składa się z modułu głównego procesora TSX 3722, kart rozszerzających: TSX DMZ64DTK, TSX DEZ12D2 oraz pulpitu operatorskiego XBT21010. Zastosowany sterownik jest rozwiązaniem idealnie nadającym się do zadania. Posiada wejścia analogowe do pomiaru ciśnienia, wyjścia analogowe do sterowania falownikiem, dużą liczbę wejść i wyjść, która upakowana jest na niewielkiej powierzchni szafy rozdzielczej. Sterownik połączony jest z pulpitem operatorskim XBT21010 poprzez łącze komunikacyjne UNITELWAY. Sposób podłączenia pozwala na odłączenie pulpitu w dowolnym momencie, bez zagrożenia złamania pracy stacji. Cały system sterownia nie wymaga ingerencji operatora. Operator może dokonać nastaw technologicznych, wynikających ze zmian jakości wody surowej.

Podstawowy układ pracy napędu na SUW jest nieco odmienny niż stosowany na obiekcie młyńskim. Charakterystycznym dla tego rozwiązania jest duża ilość zabezpieczeń. Podstawowe dotyczy pracy stacji bez sterownika. Ze względu na wymaganą ciągłość pracy stacji, awaria któregośkolwiek elementu nie może powodować odcięcia wody dla ludności. Pod tym

kątem zaprojektowano liczbę pomp sieciowych (rys. 2), filtrów itd. Również układ sterowania zapewnia ciągłość ruchową nawet w razie awarii sterownika (rys. 6).



Rys. 6. Układ sterowania pomp sieciowych

Sterowanie pompy sieciowej małej mocy polega na jej załączeniu do sieci bądź też do napięcia wyjściowego falownika. Obwód sterowania obejmuje pracę napędu w trybie ręcznym – sterowania z presostatu, w trybie automatycznym oraz trybie odstawienia, w którym napęd nie pracuje. Aby załączyć napęd do pracy w trybie ręcznym, należy ustawić łącznik PP w pozycję R. Załączenie styku PRESOS presostatu (niskie ciśnienie) powoduje zadziałanie stycznika K3, a tym samym poprzez styki 1K3 podanie napięcia zasilania na napęd M. W trybie automatycznym – nastawa łącznika PP w pozycji A, sterownik ma możliwość załączenia napędu do napięcia sieci stycznikiem K3 lub do napięcia falownika stycznikiem K4. Oba styczniki blokowane są elektrycznie stykami 3K3 oraz 3K4, by nie dopuścić do zwarcia wyjścia falownika z napięciem sieci. Napęd zabezpieczony jest dodatkowo przed niskim poziomem wody. Styk czujnika poziomu SU 1 przerywa obwód sterowania gdy braknie wody ujęciu. Jako sygnały wejściowe do sterownika doprowadzono sygnał pracy w trybie automatycznym (A)3PP, sygnał kontroli zadziałania zabezpieczenia silnikowego 1PKZ1, sygnał kontroli suchobiegów SU 2 oraz sygnały załączenia napędu do napięcia sieci – styk 2K3 oraz sygnał załączenia napędu do napięcia przetwornicy – styk 2K4. Zastosowany układ sterowania 4 pomp sieciowych pozwala załączyć każdą z pomp do napięcia sieci jak również na falownik, przy założeniu, że tylko jedna zasilana jest falownikiem.

Podstawowe funkcje sterownika polegają na realizacji cyklu płukania filtrów. Rozpoczęcie procesu płukania filtru uwarunkowane jest różnymi czynnikami: upływem określonego czasu, przepływem określonej ilości wody, spadkiem ciśnienia na filtrze (podczas filtracji osadzają się zanieczyszczenia) oraz przez konserwatora stacji (inicjacja ręczna). Płukanie polega na odpowiednim obracaniu zaworów oraz załączeniu pompy płuczącej i dmuchawy powietrza. Poza tym sterownik realizuje liczne algorytmy: stabilizacja ciśnienia sieci przy wykorzystaniu regulatora PID, kontrola zabezpieczeń i układu sterowania wszystkich napędów, sterowanie w zależności od trybu pracy napędu automat/ręczny/odstawiony, obsługa zegara RTC, obsługa nastaw technologicznych, obsługa komunikatów o stanie stacji, kontrola suchobiegów, kontrola poziomów w zbiornikach wody, pomiar i wyświetlanie ciśnienia.

Najtrudniejszym etapem uruchamiania stacji jest przewidzenie wszystkich możliwych awarii. Co zrobić, gdy napęd xx ulegnie awarii? Co zrobić, gdy wystąpi suchobieg? Należy tu rozstrzygnąć pomiędzy bezpieczeństwem pracy stacji a automatyką sterowania i bezobsługowo-

ścią. Poniżej przedstawiono przykładowe komunikaty wyświetlane przez sterownik w zależności od stanu stacji:

Brak gotowości falownika	Praca pompy ps 1: xx godz.
Pompa ujęciowa 1 - suchobieg	Brak zasilania 24V
Chlorator - suchobieg	Awaria przetwornika ciśnienia sieciowego
Plukanie filtru 2 (+) = rozpoczęcie	Awaria wentylatora 1
Czas płukania powietrzem (30-600): xx sek.	Ustawianie zaworów do filtracji
Czas płukania wodą (30-900): xx sek.	Pompy sieciowe sterowane z presostatu

4. PODSUMOWANIE

Specyfika młyna nie wymaga realizacji złożonych algorytmów sterowania PID czy kontroli czasu rzeczywistego. Wymaga prostej obsługi oraz szybkiego działania blokad technologicznych. Komunikaty wyświetlane na ekranie powinny być czytelne i zrozumiałe informować obsługę o aktualnych stanach. Bardzo istotny jest aspekt ekonomiczny. W rozwiązaniu nie użyto tablicy synoptycznej do obrazowania stanu wszystkich napędów, umożliwiono jednak operatorowi ich podgląd na wyświetlaczu. Zastosowane rozwiązanie elektryczne jest bardzo proste w stosunku do rozwiązania występującego na SUW, jednak jego prostota pozwala w szybki i niezawodny sposób na usunięcie ewentualnych awarii nawet przez mało doświadczonych konserwatorów elektryków.

Dobór sterownika PS4-201-MM1 podyktowany został jego wysokimi walorami jakościowymi. Sterownik ten jest elementem dobrze dopracowanym, doświadczenie wykazało jego wysoką niezawodność i trwałość. Sterownik ten jest sterownikiem o względnie niskiej cenie. Należy zwrócić uwagę na słabą jakość oprogramowania *SUCOsoft v.1.1* [6], które wykorzystano do tworzenia systemu. Zapewnia możliwość programowania z użyciem listy instrukcji, również w trybie *on line*. Jest to oprogramowanie pracujące w systemie DOS. Producent udostępnia obecnie wersje dla Windows, bardziej przyjazne użytkownikowi.

Struktura systemu sterowania młyna zbożowego jest o wiele prostsza aniżeli struktura systemu sterowania SUW. Występuje tu mniejsza ilość kontroli pracy napędu. Jednak ze względu na dużą ilość napędów pracochłonność wykonania systemu sterowania jest porównywalna. Stosowanie drugich zabezpieczeń elektrycznych pracy napędów SUW, jest uwarunkowane potrzebą jak najlepszej kontroli pracy stacji. Stacja musi gwarantować ciągłość dostaw wody dla ludności.

Sterownik TSX Micro ma bardzo przyjazne oprogramowanie PL7 Junior pracujące pod kontrolą systemu Windows. Pozwala na bezpieczną pracę w trybie ON LINE. Oprogramowanie to pozwala tworzyć aplikacje w różnych językach. System sterowania stacji wykorzystuje tekst strukturalny. Jedyłą niedogodnością jest mała pojemność pamięci wewnętrznej. Po dodaniu pamięci Flash 32KB, nie jest możliwa praca w trybie ON LINE. Można jedynie oglądać i modyfikować stan zmiennych w czasie pracy.

Charakterystyczna różnica wynika z różnego sposobu podłączenia pulpitu operatorskiego. Na młynie jest to element nieodzowny. Dlatego oprogramowanie wyposażono w procedury kontroli poprawności połączenia. Zerwanie transmisji powoduje zawieszenie pracy młyna, po uprzednim wyłączeniu wszystkich napędów. W przypadku SUW, zerwanie transmisji nie powoduje zawieszenia pracy systemu. Stacja może pracować poprawnie bez pulpitu operatorskiego. Takie rozwiązanie daje dodatkowe korzyści na etapie tworzenia systemu.

LITERATURA

- [1] Kaliczyńska M., Zmarzły M.: *Systemy wizualizacji i sterowania w przemyśle zbożowym*; Konferencja Naukowo-Techniczna *Automatyzacja - Nowości i Perspektywy AUTOMATYON '98*, Warszawa 11-12.III.1998r., str. 279-286.
- [2] Kaliczyńska M., Zmarzły M.: *Automatyzacja przemysłu zbożowego*; Miesięcznik Naukowo-Techniczny *Pomiary Automatyka Robotyka PAR* 11/98, str. 11-13.
- [3] Kowal A.L.: *Technologia wody*; Arkady, Warszawa 1977.
- [4] Mantusiewicz A., Anasiewicz - Sompor E.: *Projektowanie stacji uzdatniania wody i oczyszczalni ścieków*; Politechnika Lubelska, Lublin 1992.
- [5] Projekt technologiczny *Stacja Uzdatniania Wody*; Funam Sp. z o.o., Wrocław 1998.
- [6] *SUCOsoft v.1.1 User Interface Software and Documentation Klöckner-MOELLER*; 5/95.