

Układy automatyki w zakładach mleczarskich

mgr inż. Adam Szewczuk
wiceprezes i udziałowiec firmy
ELMONT AKP Sp. z o.o.

Abstrakt

Wymóg dostosowania się do unijnych norm sanitarnych przyspieszył w wielu zakładach mleczarskich szereg prac modernizacyjnych. Napływ środków finansowych, głównie z unijnego funduszu **SAPARD**, wywołał boom inwestycyjny.

Zaistniała konieczność modernizacji starych i zakupu nowych maszyn i linii technologicznych, spełniających obowiązujące normy, m.in. **HACCP**:

- pasteryzatorów
- stacji mycia
- instalacji przyjęcia mleka
- linii produkcyjnych.

Obowiązujące standardy i dyrektywy zalecają rejestrację i archiwizację wybranych parametrów mających istotne znaczenie zarówno przy magazynowaniu jak i przetwórstwie mleka. Uzasadnionym stało się szersze wykorzystanie **PLC, HMI** oraz systemów wizualizacji i rejestracji danych **SCADA**.

Poniżej opisano nasz sposób realizacji automatyki i sterowania na przykładzie **stacji przyjęcia mleka**, spełniający wymagania norm jakościowych i sanitarnych obowiązujących w mleczarstwie.

1. Techniki automatyzacji układów technologicznych w mleczarstwie

Zadania układów automatyki w mleczarstwie to przede wszystkim:

- sterowanie i kontrola pracy napędów: głównie pomp i mieszadeł
- sterowanie i kontrola pracy zaworów (zaporowych, trójdrożnych, regulacyjnych...)
- pomiary i sygnalizacja temperatur, poziomów, ciśnień, stężeń...
- regulacje parametrów technologicznych: temperatur, przepływów, stężeń.

Są one realizowane zgodnie ze ściśle określonymi algorytmami. Mamy do czynienia z procesami sekwencyjnymi z wykorzystaniem mechanizmów receptur, wymagającymi rejestracji i archiwizacji przebiegów.

Z układów sterowania automatycznego wyodrębniono elementy ściśle ze sobą powiązane:

- sterownik **PLC**
- panele operatorskie **HMI**
- systemy komputerowej wizualizacji i rejestracji danych **SCADA**.

Powyższy podział ułatwi przybliżenie stosowanych przez nas rozwiązań.

2. Sterowniki PLC

Do realizacji układów automatyki w mleczarstwie najczęściej stosowaliśmy urządzenia marki SIEMENS. W większości przypadków sterowniki serii **SIMATIC S7-300** są wystarczające. Przy mniejszych układach automatyki sprawdziły się jednostki centralne serii **CPU 31xC**: ich zaletą są wbudowane wejścia i wyjścia analogowe i dyskretne, zaimplementowany blok regulatora PID. W tym przypadku sterownik wymaga nieznacznej rozbudowy, co redukuje koszty realizacji.

Proponujemy realizację układu pasteryzacji mleka z wykorzystaniem jednostki **CPU 313C**, stacje mycia: jednostki **CPU314C**. W większych instalacjach, takich jak przyjęcie i magazynowanie mleka, stosujemy jednostki **CPU 315-2DP**, sieć **Profibus DP** i stacje **ET200S**.

Umieszczony w szafie elektrycznej sterownik załącza poszczególne napędy i kontroluje ich pracę, sterowanie zaworami oraz pomiary odbywają się w systemie rozproszonych wejść i wyjść. Takie rozwiązanie warto zastosować nawet przy niezbyt rozległych instalacjach. Zalety powyższego rozwiązania to przede wszystkim:

- uproszczenie szaf sterowniczych: mniej kabli, mniej listew, co za tym idzie mniej pracochłonna prefabrykacja
- uproszczenie projektu
- większa przejrzystość układu sterowania, sprawniejszy serwis
- łatwa modernizacja i rozbudowa
- łatwy, szybki montaż obiektowy
- różnorodność modułów: szeroka gama wejść/wyjść binarnych i analogowych, dwu- i czteroprzewodowe wejścia Pt100, moduły komunikacyjne do RS232 i RS485 - w tym z protokołem **MODBUS**.

Przy projektowaniu tego typu układów należy dokładnie zapoznać się z rozmieszczeniem czujników i urządzeń wykonawczych na obiekcie. Pozwoli to odpowiednio zaplanować ilość i rozmieszczenie stacji **ET200S** i zredukować koszty instalacji do minimum. Najczęściej rozmieszczenie urządzeń na obiekcie jest wcześniej znane, a z uwagi na łatwość ewentualnej rozbudowy, nie stanowi problemu. Proponujemy klientom pozostawienie rezerwowych wejść i wyjść.

3. Panele operatorskie HMI

W małych instalacjach sprawdziły się panele operatorskie z serii 170. Zainstalowano je na stacjach mycia: **OP170B** i na pasteryzatorach: **TP170A** lub **TP170B**. Panele te umożliwiają prostą, przejrzystą prezentację automatyzowanego procesu (schemat technologiczny z pomiarami, trendy, receptury) jak i stworzenie intuicyjnego interfejsu użytkownika (wielopoziomowe menu, teksty pomocy). Obsługa instalacji nie stwarza problemu nawet mniej doświadczonym operatorom.

Na życzenie Klienta stosowaliśmy panele operatorskie **MP 270B**: rozwiązanie zalecane przy archiwizacji danych, lub tam, gdzie liczba operacji, opcji i parametrów obsługiwanych przez panel jest obszerna. Tutaj nie zalecamy

kompromisów, stosowanie mniejszych paneli utrudnia i spowalnia obsługę maszyn, zmniejszona czytelność może prowadzić do błędów w ich obsłudze. Rosną również nakłady pracy przy ich graficznym oprogramowaniu.

W wielu sytuacjach sprawdzone lecz drogie panele **MP 270B** zastąpić można tańszymi, nowszymi panelami **OP 270** z ekranem 10,4". Różnią się one wielkością pamięci i typem ekranu (OP 270 posiada 2MB pamięci i ekran typu STN).

4. Komputerowa wizualizacja i rejestracja danych.

Do celów wizualizacji procesów technologicznych wykorzystujemy program **iFIX**, do rejestracji danych program **iHistorian**, a do zaawansowanej prezentacji zarejestrowanych danych program **infoAgent**. Wszystkie są produktami firmy *Intellution*.

4.1. iFIX

Produkt **iFIX** jest zaawansowanym systemem **SCADA** służącym do efektywnego przetwarzania danych z procesów produkcyjnych. Jego silną pozycję na światowym rynku potwierdzają wyniki prestiżowych rankingów Control Readers Choice Awards. Najnowsze jego wersje są całkowicie spolszczone, a bogata biblioteka sterowników komunikacyjnych stanowi o jego funkcjonalności. Wykorzystujący techniki obiektowe i język Visual Basic do tworzenia skryptów jest prosty w programowaniu i wydajny jeśli chodzi o ilość obsługiwanych wejść/wyjść. Umożliwia realizację wszystkich funkcji wymaganych od tego typu programów:

- skalowanie danych
- prezentację pomiarów i zmiennych dwustanowych
- animacje obiektów
- pisanie skryptów
- obsługę zdarzeń (*scheduler*)
- rejestrację danych
- generowanie i obsługę alarmów
- tworzenie wykresów.

Program **iFIX** oferowany jest w dwóch podstawowych wersjach: *Standard* i *SCADA Plus*. Różnią się one tym, że *SCADA Plus* wyposażona jest w mechanizmy sieciowe i stosowana w rozbudowanych układach automatyki posiadających kilka komputerowych stacji operatorskich.

Wersje *Standard* stosuje się w aplikacjach jednostanowiskowych. W ramach każdej wersji programy różnią się ilością obsługiwanych zmiennych (bloków danych) od 75 do nieograniczonej ich liczby (75, 150, 300, 600, 900, 2700 i bez ograniczeń).

Ze sterownikiem komunikujemy się wykorzystując standardowy port MPI od strony sterownika i kartę CP 5611 firmy *Siemens* od strony komputera. Jako driver komunikacyjny stosujemy serwer OPC do sterowników S7 zakupywany razem z pakietem SoftNet S7.

Większość zrealizowanych przez nas w przemyśle mleczarskim układów wizualizacji to w miarę proste aplikacje służące tylko do prezentacji i rejestracji danych – bez sterowania przebiegiem procesu z komputera. Charakterystyczne dla nich wszystkich jest animowanie rurociągów w instalacji tzn. w zależności od kombinacji otwarcia zaworów odpowiednia zmiana ich barwy wskazująca drogę przepływu. Barwa drogi uzależniona jest również od rodzaju operacji – np. inna dla procesów mycia, a inna, gdy przez rurociągi przepływa mleko. Liczba zmiennych wynosiła od 75 przy układach pasteryzacji i stacjach mycia do 300 w instalacjach przyjęcia mleka. Liczbę zmiennych można w znacznej mierze zredukować poprzez przesyłanie informacji o położeniu zaworów w zmiennych typu WORD, wykorzystując do tego specjalny blok o nazwie D16.

Program iFIX zawiera wbudowane standardowo mechanizmy rejestracji. Pozwalają one na archiwizację danych pomiarowych i przedstawienie ich na wykresach. Wykorzystywaliśmy je w prostszych aplikacjach niewymagających zaawansowanego raportowania (np. praca pasteryzatorów). W innych przypadkach stosujemy program iHistorian.

4.2. iHistorian

Jest bardzo szybkim archiwizerem rejestrującym wszystkie typy zmiennych. Źródłem danych dla niego mogą być: program iFIX, serwery OPC i pliki z danymi w standardowych formatach – zlokalizowane na tym samym komputerze, co iHistorian lub na innych, połączonych z nim siecią, po zainstalowaniu specjalnych programów tzw. kolektorów.

Dostęp do archiwów możliwy jest z każdego komputera połączonego siecią z serwerem. Najszybszym i bardzo efektywnym sposobem jest skorzystanie z programu EXCEL. Po zainstalowaniu dostarczonego z iHistorianem suplementu, otrzymujemy dodatkowe narzędzia pozwalające na szybki dostęp do zarejestrowanych danych. Wykorzystując standardowe możliwości programu i wbudowany Visual Basic możemy

tworzyć nawet bardzo zaawansowane raporty. Również wykresy tworzone w programie iFIX mogą wykorzystywać dane zapisane w iHistorian.

Innym programem służącym do prezentacji danych jest infoAgent, umożliwiający tworzenie zaawansowanych wykresów. Utworzone z jego pomocą ekrany udostępniane są w sieci komputerowej. Dostęp do nich jest możliwy nawet przy pomocy standardowej przeglądarki internetowej.

Program iHistorian oferowany jest w wersjach różniących się ilością rejestrowanych zmiennych i ilością jednoczesnych użytkowników, korzystających z jego archiwów. Minimalnym pakietem jest 100 zmiennych i 2 użytkowników, co wystarczało w większości zrealizowanych przez nas aplikacji. Maksymalnie układ można rozbudować do 1.000.000 zmiennych i 200 użytkowników.

5. Przykładowa aplikacja

Jako przykład aplikacji przedstawimy wykonanie układu automatyki instalacji przyjęcia mleka.

5.1. Budowa układu technologicznego

Układ technologiczny zawiera:

- dwa stanowiska przyjęcia mleka wyposażone w przepływomierze i lokalną automatykę
- trzy zbiorniki odbiorcze
- dwutorowa stacja mycia wyposażona w lokalną automatykę wykonaną na sterowniku S7-200
- kilkanaście pomiarów temperatury i ciśnień
- 51 zaworów sterowanych poprzez wyspy zaworowe
- 4 mieszadła
- 8 pomp
- 2 tablice rozdzielcze.

Technologię zaprojektowała i wykonała firma **TEWES-BIS** z Barczewa.

5.2. Konfiguracja układu automatyki

Schemat układu automatyki przedstawia załączony rysunek. Układ zawiera elementy:

- sterownik S7-300
- dwie stacje ET200S

- lokalny sterownik S7-200 z panelem OP 17, sterujący stacją mycia i podłączony do sieci Profibus DP
- panel operatorski MP 270B w hali przyjęcia mleka
- panel operatorski OP 170B na aparatuwni
- komputerowa stacja operatorska do wizualizacji i rejestracji danych z programami iFIX i iHISTORIAN
- komputerowa stacja operatorska do raportowania z programami infoAgent i EXEL.

5.3. Sterowniki PLC i panele operatorskie

W układzie sterowania zastosowano sterownik **S7-300** z jednostką centralną **CPU 315-2DP** i modułami wejść i wyjść binarnych. Ponieważ zlokalizowany jest on w szafie elektrycznej, poprzez wyjścia sterowane są napędy (pompy i mieszadła), a do wejść dochodzą potwierdzenia ich pracy, sygnały kontroli napięć oraz stan przycisków i przełączników na elewacji.

Stacje **ET200S** zamontowane są na obiekcie w dwóch szafkach, razem z wyspami zaworowymi, które sterowane są z ich wyjść. Do wejść binarnych stacji dochodzą następujące sygnały:

- z czujników położenia zaworów,
- z czujników indukcyjnych na tablicach,
- z sygnalizatorów poziomów w zbiornikach,
- ze stanowisk przyjęcia mleka.

Pomiary temperatur, ciśnień i przepływów doprowadzone są do wejść analogowych stacji. Ponieważ ilość odebranego z cysterny mleka liczona jest na podstawie impulsów z przepływomierza (1 impuls/1 litr), do ich zliczania zastosowano w stacjach **ET200S** moduły szybkich liczników.

Zadaniem sterownika w układzie jest:

- sterowanie operacjami przyjęcia, magazynowania i transportowania mleka na aparatuwnię
- sterowanie operacjami mycia instalacji, cystern i zbiorników
- realizacja blokad technologicznych (np. wstrzymanie odbioru mleka w przypadku przekroczenia maksymalnych temperatur)
- kontrola uruchamianych operacji pod kątem uwarunkowań technologicznych (np. blokada mycia zbiornika, w którym jest mleko itp.)
- detekcja sytuacji awaryjnych

- przygotowanie danych do wizualizacji i rejestracji danych

Każdej operacji, która jest realizowana w układzie, sterownik przypisuje unikalny numer, który istnieje podczas jej trwania i jest on rejestrowany przez iHistoriana. Stanowi on później podstawę do tworzenia raportów. Dla celów dokumentacyjnych operatorzy wprowadzają również, korzystając z panelu **MP270B**, dodatkowe dane takie jak np.:

- numer samochodu (cysterny),
- numer trasy
- nazwisko operatora.

Tworząc programy paneli staraliśmy się jak najbardziej uprościć obsługę układu automatyki, ale jednocześnie wprowadzić pewne mechanizmy kontroli uniemożliwiające wykonanie błędnych działań – np. niemożliwe jest uruchomienie operacji odbioru mleka bez wprowadzenia wszystkich niezbędnych w procesie rejestracji danych.

Obsługa układu sterowania odbywa się z pomocą dwóch paneli: głównego **MP270B**, z którego załączyć można każdą operację, i dodatkowego **OP170B**, który zlokalizowany jest na aparatuwni i służy do uruchomienia pobierania mleka do pasteryzacji oraz mycia niektórych instalacji. Podczas uruchamiania określonej operacji operator jest informowany, które z zaworów powinny zostać otwarte, a które muszą być zamknięte. W razie wystąpienia nieprawidłowości w pracy układu, może on wówczas szybko zlokalizować ich przyczynę.

Pracą stacji mycia steruje lokalny sterownik **S7-200**. Poprzez sieć **Profibus** połączony jest on ze sterownikiem **S7-300**, który załącza poszczególne programy mycia i kontroluje ich przebieg.

5.4. System wizualizacji i rejestracji danych

System wizualizacji i rejestracji oparty został na dwóch programach: iFIX i iHistorian. Zainstalowane są one na jednym komputerze, który poprzez sieć MPI oraz kartę CP5611 i OPC Serwer komunikuje się ze sterownikiem.

Zadaniem stacji do wizualizacji i rejestracji danych jest:

- wizualizacja pracy instalacji przyjęcia mleka (1 ekran)
- wizualizacja stacji mycia (1 ekran)
- obsługa alarmów (1 ekran)

- rejestracja danych pomiarowych, numerów operacji, danych wprowadzanych przez operatorów oraz innych informacji wymaganych do raportowania
- udostępnianie archiwów w sieci komputerowej

Operator korzystając z tej stacji może obserwować rodzaj i przebieg operacji realizowanych na instalacji oraz jest informowany o wszelkich zakłóceniach w jej pracy. Wszystkie zawory i rurociągi są animowane w zależności od ich stanu i realizowanych operacji.

5.5. System raportowania i prezentacji zarejestrowanych danych

System raportowania wykonany został na bazie programu EXEL i suplementu, który umożliwia dostęp do danych archiwalnych iHistoriana. Przygotowane zostały następujące raporty:

- raport z operacji przyjęcia mleka z cystern
- raport z operacji mycia
- raport z operacji odbioru mleka na pasteryzacji.

Zasadniczym elementem każdego z nich jest lista operacji wykonanych w określonych przez operatora ramach czasowych (od dnia – do dnia). W zależności od rodzaju raportu lista zawiera oprócz numeru operacji dane dodatkowe takie jak np.: data i godzina rozpoczęcia i zakończenia operacji, imię i nazwisko operatora, numer samochodu, ilość i temperatura średnia przyjętego mleka, nazwa mytej instalacji, nazwa programu mycia. Z listy przejść możemy do raportu szczegółowego każdej operacji. Raport ten zawiera oprócz danych z listy wykresy ważnych dla danej operacji parametrów takich jak:

- przepływ, ciśnienia i temperatury na oziębiaczu, temperatura mleka z cysterny dla operacji przyjęcia mleka
- temperatura na zasilaniu i powrocie, konduktancja środka myjącego, numer fazy mycia dla operacji mycia
- poziomy i temperatury w zbiornikach dla operacji odbioru mleka na pasteryzację.

Do szczegółowej prezentacji zarejestrowanych danych na wykresach zastosowany został program infoAgent zainstalowany na komputerowej stacji do raportowania. Przygotowaliśmy kilkanaście ekranów z wykresami, które można modyfikować i przeglądać na dowolnym komputerze w sieci, przy wykorzystaniu standardowej przeglądarki

internetowej. Również raporty można przeglądać i tworzyć na dowolnym komputerze z zainstalowanym programem EXEL.

6. Eksploatacja układu automatyki

Wykonany przez nas układ automatyki eksploatowany jest już od ponad pół roku. Większość przyjętych na etapie projektowania założeń sprawdziła się. Z uwagi na dużą elastyczność przyjętych rozwiązań bez większych problemów i nakładów mogliśmy uwzględnić wszystkie, zgłoszone w tym czasie przez użytkownika, uwagi.

Operatorzy instalacji szybko i bez większych problemów opanowali obsługę układu automatyki. Dużą w tym rolę zastosowanego, dużego i czytelnego panelu MP 270B.

Również zastosowany system rejestracji i raportowania okazał się bardzo funkcjonalny. Spełnił on oczekiwania zarówno użytkownika jak i kontrolujących zakład służb sanitarnych. Duże znaczenie ma również fakt, że służby techniczne po zapoznaniu się z dostarczonymi narzędziami (dodatek do programu EXCEL i infoAgent) w krótkim czasie same były w stanie tworzyć własne raporty.

□

