

Komputerowe stanowisko do kontroli końcowej presostatów

▶ Bogusław Rybałtowski
Rafał Więcko

W artykule przedstawiono budowę i podstawowe funkcje stanowiska do kontroli końcowej presostatów. Umożliwia ono precyzyjny pomiar ciśnienia w punktach przełączenia presostatu. Zostało zrealizowane za pomocą komputera PC i 18-bitowej wielofunkcyjnej karty pomiarowej, przy czym do bezpośredniej obsługi elementów wykonawczych wykorzystano sterownik PLC. Komputer umożliwia wybór parametrów presostatu, wykonanie pomiaru, prezentację i rejestrację wyników. Poruszono również praktyczne aspekty graficznego odwzorowania interfejsów maszyn w sytuacji, gdy istnieją elektromechaniczne pierwowzory.

Presostat, według katalogu producenta [1], jest mechanicznym czujnikiem ciśnienia, który łączy lub rozłącza styki wewnętrznego przełącznika elektrycznego przy ustawionej fabrycznie wartości ciśnienia medium oddziałującego na mieszk. Zmianę wartości nastawy zakresu i mechanicznej różnicy załączeń wykonuje się za pomocą śrub nastawczych. Zakres ciśnień nominalnych wynosi od -0,2 bar do 35 bar (od -0,02 MPa do 3,5 MPa), a różnicy ciśnień od 0,7 bar do 4 bar (od 0,07 MPa do 0,4 MPa). W skład linii produkcyjnej wchodzi stanowiska wstępnego montażu mechanicznego podzespołów, stanowisko montażu i regulacji mechanizmu migowego i resetu, stanowiska regulacji ciśnieniowej i stanowisko kontroli końcowej. Nowo opracowane stanowisko miało zastąpić wycofane z linii, przez co zmiany funkcji użytkowych, a tym samym organizacji pracy były niepożądane. Przyjęto, że stanowisko w zakresie podstawowych czynności manualnych będzie jak najbliższe pierwowzorowi, zwłaszcza że konstrukcja mechaniczna głowic zostanie zachowana.

Budowa stanowiska kontroli końcowej

Stanowisko kontroli końcowej (rys. 1) zapewnia bieżący nadzór nad jakością wyrobu końcowego i poprawnością czynności wykonywanych na stanowiskach produkcyjnych. Wyposażone w dwie głowice pomiarowe, przeznaczone do mocowania presostatów o różnych gabarytach, umożliwia sprawdzanie poprawności montażu podzespołów mechanicznych i pomiar wartości nominalnych, maksymalnych i minimalnych nastawy zakresu ciśnienia i nastawy ciśnienia różnicowego.

▶ *dr inż. Rafał Więcko, mgr inż. Bogusław Rybałtowski – Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów w Warszawie*



Rys. 1. Stanowisko kontroli końcowej

Wszystkie pomiary wykonywane są ręcznie. Operator zadaje ciśnienie robocze, zmieniając jego wartość aż do chwili przełączenia styków, otwierając lub zamykając zawory iglicowe głowic. Wyniki pomiarów są rejestrowane po naciśnięciu przez operatora przycisku na panelu głowicy lub odpowiadającego mu przycisku na ekranie komputera. System automatycznie przypisuje wynik do odpowiedniego przedziału wartości na podstawie zadeklarowanych w pliku konfiguracyjnym tolerancji. Jeżeli wynik pomiaru nie mieści w żadnym z przedziałów, system nie rejestruje wyniku i wyświetla komunikat ostrzegawczy.

Układ pomiaru ciśnienia punktów przełączania presostatu zrealizowano za pomocą wielofunkcyjnej, 18-bitowej karty pomiarowej firmy National Instruments typu NI-PCI-6280 [3], współpracującej z dwoma przetwornikami ciśnienia GE Sensing (Druck) typu PMP4070A [2] o podwyższonej dokładności (0,04 %). Wartości ciśnienia do ok. 17 bar mierzone są za pomocą przetwornika o zakresie 20 bar, wyższe za pomocą drugiego przetwornika o zakresie 50 bar. Oprogramowanie pomiarowe komputera automatycznie wybiera właściwy przetwornik.

Układ sterowania stanowiska kontroli końcowej presostatów zrealizowano za pomocą sterownika S7200 firmy SIEMENS [5]. W skład systemu wchodzi jednostka centralna CPU224, procesor komunikacji CP243-1 i moduł wejść/wyjść EM223. Sterownik pełni funkcje półautonomicznego urządzenia wykonawczego, zbierającego sygnały dwustanowe z głowic (czujniki indukcyjne, przyciski) i na ich podstawie steruje stycznikami, przekąźnikami, zaworami ciśnienia niskiego i wysokiego (roboczego). Dla presostatów mających zakres roboczy bliski podciśnieniu, włączana jest pompa próżniowa. Zasadnicze ustawienia stanowiska, w tym dostępność pewnych funkcji, np. załączanie pompy próżniowej, automatyczne uszczelnianie mieszka, są określane przez interfejs komputera. Blok konfiguracji ustawień maszynowych jest przekazywany do sterownika przez interfejs Ethernet.

Podzespoły toru pomiarowego wraz z instalacją pneumatyczną zostały zabudowane w boksie za głowicami pomiarowymi. Układ sterowania umieszczono w szafce pod blatem stołu, obok pompy próżniowej.

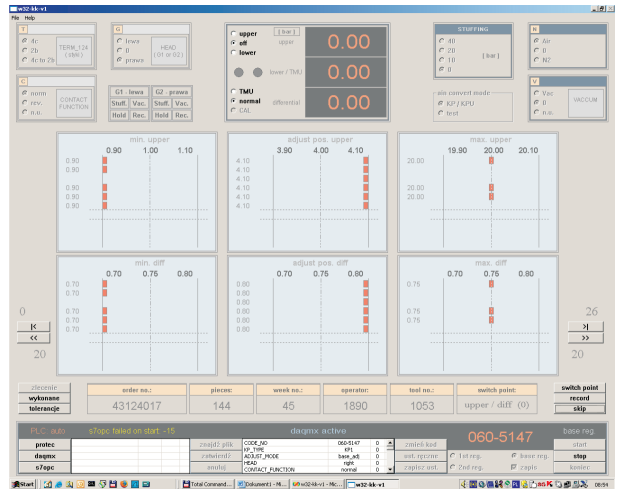
Graficzny interfejs operatora stanowiska

W odróżnieniu od uprzednio używanych stanowisk kontroli końcowej, w których komputer służył jedynie do rejestracji wyników, w nowym stanowisku funkcje komputera zostały rozszerzone o zadawanie parametrów testu i pomiary ciśnienia. Celem ułatwienia obsługi zachowano oznaczenia i funkcje elementów nastawczych znanych z wcześniej eksploatowanych maszyn (rys. 2).

U góry ekranu umieszczono kontrolki odpowiadające elementom nastawczym, umożliwiające:

- wybór głowicy pomiarowej (lewa, prawa) G
- konfigurację styków presostatu T
- określenie sposobu działania styków (zwarty, rozarty) C
- wybór źródła zasilania (powietrze, azot) N
- wybór ciśnienia uszczelniania automatycznego STUFFING
- wykorzystanie pompy próżniowej V.

Kontrolki zgrupowano w dwa zespoły o zbliżonych funkcjach (konfiguracja styków, pneumatyka), rozdzielając je panelem wyświetlającym liczbowe wartości wyników pomiaru.

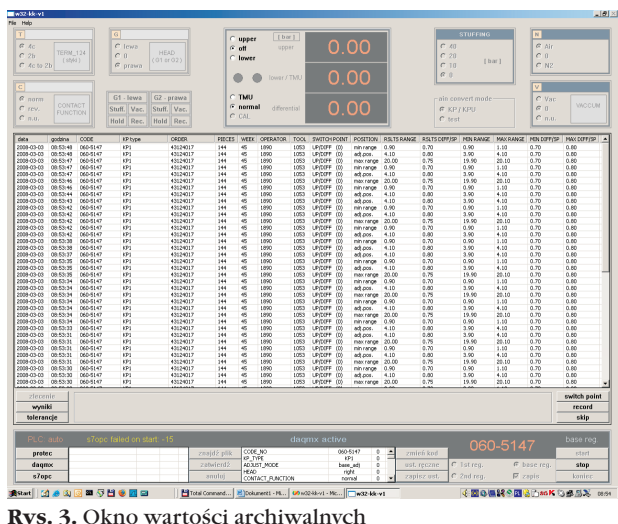


Rys. 2. Podstawowe okno interfejsu użytkownika

Pośrodku ekranu umieszczono graficzne wskaźniki, wizualizujące rozkład kolejnych wyników pomiarów względem przyjętych tolerancji. U góry prezentowane są wyniki pomiaru nastaw zakresu, u dołu nastaw różnicowych dla trzech przedziałów wartości (minimalnych, nominalnych i maksymalnych).

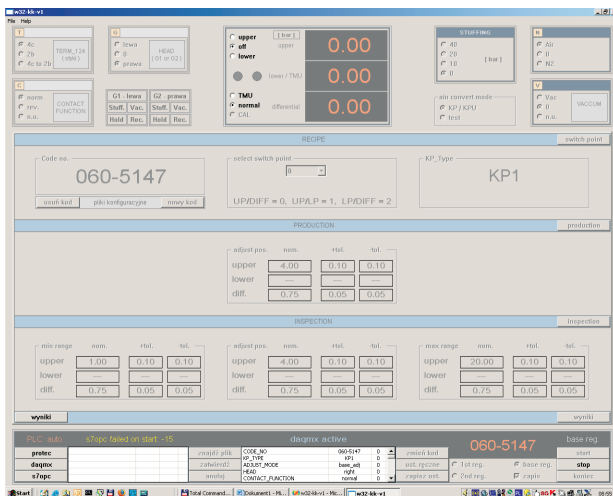
U dołu ekranu umieszczono panel sterujący z przyciskami umożliwiającymi sterowanie pracą stanowiska – uruchomienie pomiarów, zmianę kodu produktu, ręczną korektę ustawień i zakończenie programu. W górnej linii panelu wyświetlane są dodatkowe informacje, jak kod wyrobu (060-1190), stan maszyny, błędy ustawień lub komunikacji. Powyżej panelu sterującego umieszczono pola opisu zlecenia, które operator wypełnia ręcznie lub odczytuje z karty zlecenia produkcyjnego, posługując się czytnikiem kodu kreskowego. Wprowadzona do oprogramowania analiza semantyczna umożliwiła automatyczne przypisanie wartości do właściwych pól jedynie na podstawie treści odczytanego kodu.

Operatorowi zapewniono również pełny wgląd w wyniki wcześniej wykonanych pomiarów, niezależny od aktualnych ustawień, wprowadzając okno wartości archiwalnych (rys. 3), prezentujące rozszerzone informacje w postaci liczbowej.



Rys. 3. Okno wartości archiwalnych

Podstawowy interfejs uzupełnia okno tolerancji (rys. 4), umożliwiające sprawdzenie lub zmianę ich wartości, a w razie potrzeby zdefiniowanie parametrów nowego wyrobu.



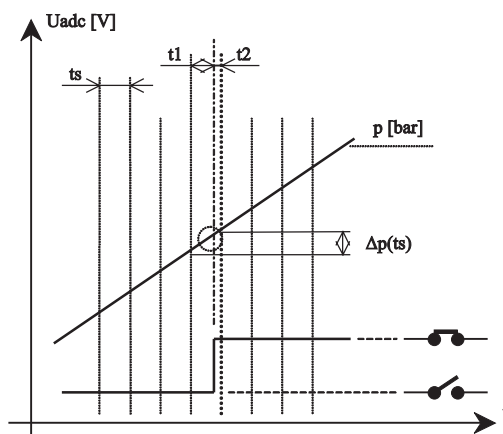
Rys. 4. Okno tolerancji presostatu

Projektując interfejs użytkownika przyjęto zasadę, że wszystkie elementy nastawcze i panel sterowania będą stale widoczne na ekranie. Założenie to ograniczyło dostępną przestrzeń i sposób prezentacji dodatkowych informacji. W nazewnictwie funkcji przycisków (przełączników) przyjęto oznaczenia stosowane w innych urządzeniach linii, co doprowadziło do przemieszania słownictwa angielskiego i polskiego. Kolorystykę interfejsu stonowano w taki sposób, żeby w jak najmniejszym stopniu męczyła wzrok operatora.

Organizacja pomiarów

Parametry mechaniczne presostatów, jak szerokość szczeliny mechanizmu resetu, czy siła przełączania, nie są rejestrowane w systemie. Szczególną wagę przypisuje się pomiarom wartości ciśnienia przełączania, podstawowego parametru użytkowego. Wyniki rejestrowane są przez system i podlegają okresowym audytom. Pomiary mają charakter dynamiczny, wykonywane są przy narastającym lub malejącym ciśnieniu, zmienianym ręcznie przez operatora. Żeby uniezależnić wynik pomiaru od trudnych do zdefiniowania opóźnień spowodowanych propagacją sygnału zmiany stanu styków w systemie komputerowym, zastosowano ciągłe śledzenie sygnału ciśnienia i styków presostatu, polegające na próbkowaniu obu sygnałów w stałych interwałach t_s (rys. 5), buforowaniu danych i przetwarzaniu zbioru wartości zarejestrowanych wokół punktu przełączenia.

Przyjęta metoda wyznaczania wartości ciśnienia w punkcie przełączenia styków jest obarczona błędem równym przyrostowi Δp ciśnienia w interwale skanowania. Wartość ta zależy od przyjętego interwału skanowania i szybkości zmian ciśnienia na wejściu presostatu, ale nie zależy od parametrów



Rys. 5. Metoda pomiaru punktu przełączenia

systemu komputerowego. W celu ułatwienia oceny poprawności działania presostatu i wykonywanych pomiarów wprowadzone zostało dodatkowe okno, wyświetlające oscylogram obu punktów przełączenia. Umożliwia ono również zmianę istotnych ustawień, takich jak liczba próbek analizowanych, liczba próbek rejestrowanych po wykryciu zbocza sygnału, wybór algorytmu detekcji zbocza sygnału styków (sprzętowy, programowy), zapewniając tym samym zarówno diagnostykę pracy toru pomiarowego, jak też możliwość optymalizacji. Częstkowe wyniki pomiarów mogą być również rejestrowane w plikach na dysku komputera, co umożliwia ich dalszą analizę.

Oprogramowanie stanowiska

Szereg funkcji systemu może być konfigurowanych przez użytkownika. Dane wprowadzane przez użytkownika są przechowywane w plikach konfiguracyjnych, umieszczonych w ściśle określonych katalogach na dysku komputera. Przy uruchomieniu programu lub zmianie kodu presostatu odpowiednie pliki są automatycznie odczytywane. Wyniki pomiarów są zapisywane w odrębnych plikach archiwalnych, wraz z ustawieniami stanowiska i tolerancjami presostatu. Ustawienia maszyny są zapamiętywane przy kończeniu pracy programu i automatycznie odtwarzane przy ponownym uruchomieniu. Pliki konfiguracyjne i archiwalne mają postać tekstową, łatwą do weryfikacji. Rekordy plików konfiguracyjnych presostatu (tolerancje), a zarazem ustawień maszyny mają postać „nazwa = wartość”, poddawaną rygorystycznej kontroli podczas odczytu. Dodatkowo każdy wiersz pliku konfiguracyjnego opatrzone komentarzem zawierającym dopuszczalne wartości parametru, co ułatwia interpretację i ewentualne ręczne skorygowanie wpisów. Oprogramowanie użytkowe zostało opracowane w środowisku Win32API (C/C++). Do komunikacji ze sterownikiem PLC, przez interfejs sieci Ethernet (TCP/IP), wykorzystano oprogramowanie narzędziowe SimaticNet 2007 [6], dostęp do zasobów 6karty pomiarowej zapewnia sterownik DAQmx [4] dostarczony przez jej producenta. Wykorzystanie podstawowego interfejsu programowania MS Windows (Win32API)

zapewniło aplikacji wystarczającą szybkość obsługi zadań pomiarowych, mimo że system ten nie spełnia wymagań czasu rzeczywistego.

Podsumowanie

Przedmiotem kompleksowego wdrożenia były trzy rodzaje stanowisk – regulacji mechanizmu migowego i resetu, regulacji ciśnieniowej LP i kontroli końcowej. Miały one zastąpić maszyny istniejących linii technologicznych, co ograniczyło możliwość zmiany funkcji użytkowych stanowisk. Odbiorca zdecydował o zastąpieniu elementów nastawczych maszyn, w tym stanowiska kontroli końcowej interfejsem graficznym. Wszędzie gdzie było to możliwe, starano się zachować istniejące nazewnictwo (napisy, etykiety) znane z maszyn już eksploatowanych, w przypadku których komputery nie były używane, albo wykorzystywano je tylko do pomocniczej prezentacji wyników pomiarów. Na w pełni graficzne odwzorowanie nastawników elektro-mechanicznych i przełączników elektrycznych zabrakło miejsca, dlatego projektując interfejs zdecydowano się na uproszczone ich zobrazowania za pomocą podstawowych elementów znanych w środowisku MS Windows (przyciski, przyciski wyboru, listy, listy rozwijane itp.), zakładając, że użytkownicy zetknęli się już z nimi. Panel sterowania ma taką samą postać we wszystkich interfejsach, co ułatwia kontakt z nowymi maszynami. Podstawowe przyciski sterujące zgrupowano w taki sposób, żeby operator nie musiał ich szukać po całym ekranie. Przyjęty sposób prezentacji został zaakceptowany przez użytkowników, chociaż wszelkie zmiany w układzie elementów nastawczych przysparzały początkowo trudności. Ogólna koncepcja ujednoczenia interfejsu wszystkich maszyn pod względem wyglądu kontrolki i rozmieszczenia elementów sterowania była trafna, co potwierdziła kilkumiesięczna eksploatacja stanowisk. Dodatkowe elementy interfejsu operatora, w tym wprowadzone na życzenie personelu nadzoru linii, jak czytnik kodu kreskowego, okazały się mało przydatne – nazbyt odbiegały od wieloletniej praktyki. Obserwując przebieg wdrożenia, możemy stwierdzić, że w przypadku modernizacji lub zastępowania części z użytkowanych maszyn nowo opracowanymi, w sytuacji, gdy udział czynności manualnych w procesie montażu lub kontroli produktu jest znaczący, zakres zmian w sposobie obsługi stanowisk winien być ograniczony do niezbędnego minimum.

Bibliografia

1. DANFOSS – katalog wyrobów (www.danfoss.pl).
2. GE-Druck – PMP4070 series data sheet (www.gesensing.com).
3. National Instruments NI-PCI-6280 User's Manual.
4. National Instruments DAQmx (www.ni.com).
5. SIEMENS SIMATIC S7-200. Podręcznik użytkownika.
6. SIEMENS SimaticNet 2006 (www.siemens.pl) ■