

System zbierania i archiwizowania danych pomiarowych ze stanowisk produkcyjnych

Wiesław Tarczyński, Ryszard Kopka

Instytut Automatyki i Informatyki, Politechnika Opolska

Streszczenie: W artykule opisano układ przeznaczony do zbierania danych pomiarowych na stanowiskach produkcyjnych zakładu produkującego wyroby metalowe metodą obróbki skrawaniem. System składa się ze stanowisk pomiarowych rozmieszczonych przy każdym stanowisku produkcyjnym, sieci teleinformatycznej, przełącznika sieciowego i komputerów centralnych. Stanowisko składa się ze sterownika mikroprocesorowego, panelu operatorskiego oraz przełącznika przyrządów, do którego wpięte są przyrządy pomiarowe. Pomiary wykonuje pracownik przyrządami z odczytem cyfrowym. Wyniki zapamiętywane są w pamięci sterownika, a po zakończeniu pomiarów przesyłane są do komputera centralnego w celu ich analizy i archiwizacji.

Słowa kluczowe: proces pomiarowy, system komputerowy, analiza wyników pomiarowych

1. Wstęp

Rozwój systemów mikroprocesorowych i komputerowych stworzył nowe możliwości wykonywania pomiarów i rejestracji ich wyników. Dotyczy to zarówno pomiarów w zakresie elektroniki i elektrotechniki, jak i wykonywania pomiarów kontrolnych dowolnych wyrobów. Zebrane dane służą w pierwszej kolejności do kontroli jakości samego wyrobu, ale mogą być też wykorzystywane do oceny procesu produkcyjnego oraz maszyn i narzędzi stosowanych do ich produkcji.

Sposób wykonywania pomiarów kontrolnych zależy przede wszystkim od rodzaju wyrobu, jego przeznaczenia, sposobu produkcji, rodzaju materiału oraz zastosowanych narzędzi i maszyn. Sposób analizy danych pomiarowych ma również wpływ na wynik końcowy, ważne jest by otrzymany wynik analizy statystycznej był miarodajny. Znane są przypadki, że sposób wykonywania pomiaru, częstość ich wykonywania oraz parametry podlegające kontroli są narzucone przez odbiorcę wyrobu.

Częstość wykonywania pomiarów może być ustalona według różnych kryteriów. Można np. wykonywać pomiary wszystkich wyrobów. Taki sposób jest jednak rzadko praktykowany, gdyż istotnie spowalnia proces produkcyjny, chyba że pomiary oraz archiwizowanie wyników odbywa się całkowicie automatycznie, czyli bez udziału człowieka. Inne sposoby to: wykonywanie pomiarów nie we wszystkich wyrobach, a z pominięciem określonej ich liczby oraz wykonanie wszystkich wymaganych dla wyrobu pomiarów albo tylko wybranych.

W procesie produkcyjnym z zastosowaniem automatów jako kryterium odstępu między pomiarami stosuje się nie liczbę wyrobów, a czas, np. co 15 min, 30 min, co 1 godz. itp.

Przedstawiony sposób wykonywania pomiarów nie wyczerpuje wszystkich, jakie są stosowane w procesie kontroli produkcji.

Wymiary wyrobu, które podlegają kontroli i częstość ich wykonywania ustalane są na etapie projektu procesu produkcyjnego, a następnie przekazywane na poszczególne stanowiska produkcyjne.

W wielu zakładach produkcyjnych opis sposobu wykonywania pomiarów kontrolnych nadal ma formę zapisu papierowego. Taki sposób przekazywania danych ma wiele istotnych wad, do których należy zaliczyć przede wszystkim czytelność informacji i jej trwałość. Ma to szczególne znaczenie w zakładach produkcji wyrobów, w których używane są różnego rodzaju ciecze niezbędne w procesie produkcji (np. do obróbki metodą skrawania). Wyniki pomiarów zapisywane są ręcznie na odpowiednich dla danego wyrobu formularzach. Jak pokazuje praktyka, dane zebrane w ten sposób muszą być następnie w całości lub częściowo wprowadzane do komputera dla ich przeanalizowania. Wadą tego sposobu, oprócz strony czysto technicznej, w dużej mierze może być nie zawsze odpowiednia wiarygodność otrzymanych danych, a spowodowana m.in. nierzetelnością pracownika wykonującego pomiary. Zdarzają się bowiem przypadki wpisywania wartości z pomiarów, które nie zostały wykonane.

2. Budowa systemu

Wykorzystując dotychczasowe doświadczenia z wykonywania pomiarów kontrolnych wymiarów wyrobów w procesie produkcji seryjnej na wielu stanowiskach produkcyjnych, opracowano system do wspomagania procesu prowadzenia pomiarów oraz ich archiwizowania i wdrożono go w zakładzie produkcji wyrobów metalowych.

Podstawowe założenia/funkcje systemu:

- wspomaganie procesu pomiarowego wykonywanego przez pracownika na danym stanowisku produkcyjnym,
- zbieranie danych pomiarowych na stanowisku pomiarowym (produkcyjnym),
- archiwizowanie danych pomiarowych w komputerze centralnym,
- obróbka statystyczna wyników i tworzenie dokumentacji o produkcji wyrobów.

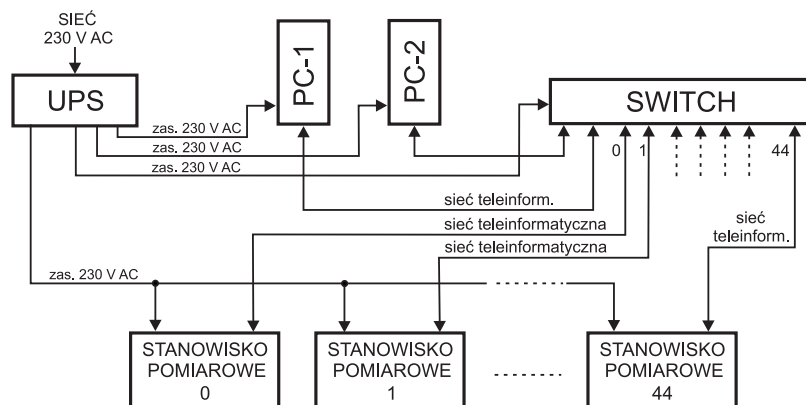
Wykonany system jest systemem otwartym, co oznacza, że łatwo można zmieniać rodzaj i zakres wykonywanych pomiarów na danym stanowisku produkcyjnym oraz zwiększać liczbę stanowisk pomiarowych.

Na rys. 1 przedstawiono schemat blokowy systemu. Składa się on z:

- komputera centralnego 1 (PC-1),

- komputera centralnego 2 (PC-2),
- przełącznika sieciowego (SWITCH),
- stanowisk pomiarowych (numery 0-44),
- sieci teleinformatycznej (sieć Ethernet),
- systemu zasilania bezprzerwowego (UPS).

Układ połączenia wszystkich stanowisk pomiarowych i komputerów centralnych ma topologię gwiazdy i wykorzystuje technologię Industrial Ethernet, a transmisja danych jest szeregowa (na bazie interfejsu RS-485).



Rys. 1. Schemat blokowy systemu do zbierania i archiwizacji danych pomiarowych; UPS – system bezprzerwowego zasilania, PC-1, PC-2 – komputery centralne, SWITCH – przełącznik sieciowy

Fig. 1. Block diagram of the system for collection and archiving measurement data; UPS – without breaking power supply system, PC-1, PC-2 – central computers, SWITCH – network switch

Komputer centralny PC-1 jest komputerem klasy PC z zainstalowanym typowym systemem operacyjnym (np. MS Windows) oraz dodatkowym oprogramowaniem służącym do realizacji algorytmu wspomaganie procesu pomiarowego na poszczególnych stanowiskach pomiarowych. Komputer ten zajmuje się również zbieraniem danych z poszczególnych stanowisk, ich archiwizacją i obróbką statystyczną służącą do oceny jakości produkcji. Z kolei komputer PC-2 służy jako dodatkowy układ do zbierania danych pomiarowych i przetworzonych wyników z komputera PC-1, i również jest wykorzystywany do przygotowania procesu produkcyjnego oraz zakresu pomiarów kontrolnych dla poszczególnych stanowisk produkcyjnych.

Sposób produkcji danego wyrobu jest opracowywany w dziale przygotowania produkcji wraz z wykonywaniem pomiarów kontrolnych. Cały proces technologiczny przygotowuje się z zastosowaniem odpowiedniego oprogramowania zainstalowanego w komputerze centralnym PC-2. Jest on pobierany automatycznie przez systemy zainstalowane w poszczególnych stanowiskach pomiarowych.

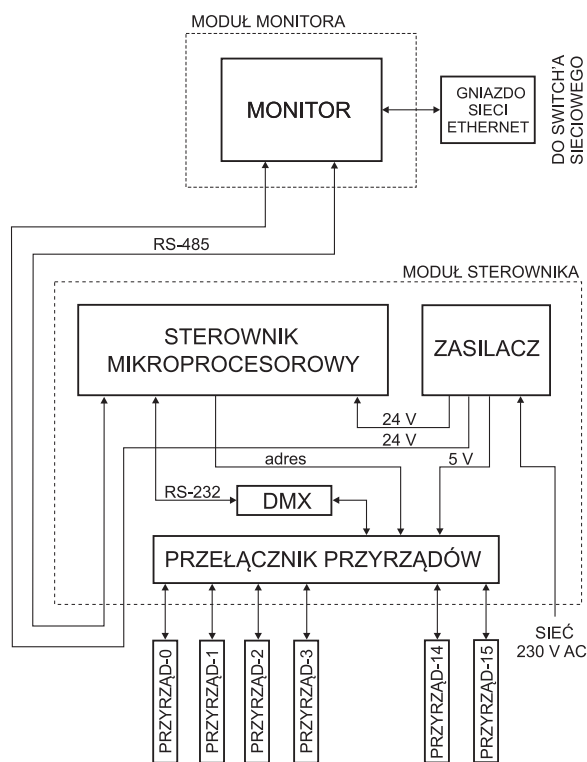
Każde stanowisko pomiarowe ma swój unikalny (niepowtarzalny) adres, pozwalający na jego identyfikację i prawidłową wymianę danych. Informacje są przesyłane za pomocą specjalnie przygotowanego protokołu komunikacyjnego, zapewniającego wymaganą poprawność oraz odpowiednią szybkość transmisji danych.

Każde stanowisko pomiarowe o schemacie blokowym przedstawionym na rys. 2 składa się z:

- panelu dotykowego LCD z pamięcią Compact Flash (panel operatorski),
- sterownika mikroprocesorowego (PLC),
- przełącznika przyrządów,
- przyrządów pomiarowych (maksymalnie 16),
- zasilacza.

Moduł sterownika oraz moduł panelu operatorskiego połączone są kablami do przesyłu sygnałów informatycznych oraz do zasilania.

Zarządzanie procesem pomiarowym na stanowisku pomiarowym realizowane jest z wykorzystaniem programowalnego układu mikroprocesorowego (sterownik programowalny PLC). Układ ten zarządza procesem prowadzenia pomiarów przez pracownika, realizując algorytm pobierany z komputera centralnego. Zarządzanie polega na wyświetlaniu na ekranie uproszczonego rysunku wyrobu z zaznaczonym wymiarem, który ma być zmierzony. Podana jest też nazwa przyrządu, którym należy wykonać pomiar. Wynik pomiaru,



Rys. 2. Schemat stanowiska pomiarowego; DMX – układ przejściowy między przyrządem pomiarowym a wejściem RS-232 sterownika mikroprocesorowego

Fig. 2. Scheme of measuring post; DMX – transient device between measurement instrument and RS-232 input of microprocessor controller

po zaakceptowaniu go przez pracownika, wprowadzany jest automatycznie do systemu.

Na stanowisku podłączane są przyrządy wykorzystywane do realizacji procesu pomiarowego. Mogą to być: suwmiarki, mikrometry i inne urządzenia pomiarowe, przy czym muszą one umożliwiać przesyłanie wyniku pomiaru w formie cyfrowej do sterownika mikroprocesorowego. Komunikacja przyrządu ze sterownikiem mikroprocesorowym odbywa się poprzez układ DMX, który dokonuje konwersji sygnałów przyrządu na standard RS-232C, gdyż sterownik mikroprocesorowy ma wejście umożliwiające komunikację tylko w tym standardzie. Możliwe jest też wykonywanie pomiarów kontrolnych z zastosowaniem przymiarów, ale w takim przypadku wynik pomiarów ocenia się w kategoriach dobry/zły. Przyrządy dołącza się do odpowiednich wejść przełącznika. Są one wybierane (uaktywniane) przez program pomiarów, a odbywa się to przez podanie do przełącznika adresu (numeru) przyrządu.

System pomiarowy zbudowano z paneli operatorskich oraz sterowników PLC firmy GE Fanuc. Do wykonywania pomiarów zastosowano przyrządy pomiarowe firmy Muhr Mitutoyo [1, 3, 5].

Do poprawnej pracy całego systemu konieczne jest zasilanie z całkowicie wydzielonej sieci niskiego napięcia, zasilanej bezprzerwowo systemem UPS. Zasilanie przez układ UPS powoduje zmniejszenie przenikania zakłóceń z sieci energetycznej zakładu produkcyjnego do sieci i układów systemu pomiarowego.

3. Opis działania systemu

Zakłada się, że dla każdego detalu produkowanego na danym stanowisku przygotowany będzie szczegółowy program pomiarów, jakie należy wykonać. Podane będą ich nominalne wartości mierzone, zakresy dopuszczalnych odchyleń oraz informacje o przyrządach pomiarowych, jakimi poszczególne pomiary należy wykonywać, jak je podłączyć oraz częstość, z jaką poszczególne pomiary będą wykonywane.

Zarządzający pracą całego systemu komputer centralny zawiera algorytmy procedur pomiarowych przeznaczonych dla wszystkich czynności wykonywanych na danym wyrobie. Każde stanowisko pomiarowe przed rozpoczęciem swojej procedury pobiera swój algorytm i zgodnie z nim realizuje proces pomiarowy. Za realizację odpowiada program działający na panelu operatorskim. To on analizuje kolejne zapisy algorytmu i na ich podstawie generuje odpowiednie ekrany i wysyła informacje do sterownika PLC. Na wyświetlaczu LCD pokazywane są informacje o wykonywanym pomiarze, o zmierzonej wartości i jej odniesieniu do wartości nominalnej, jak również takie informacje, jak sygnalizacja wykonania pomiaru, możliwość powtórzenia pomiaru oraz bieżąca sygnalizacja trendu zmian wyników, występowania dużej odchyłki od wartości znamionowej i inne.

Dla pomiarów dwustanowych, czyli o wyniku typu dobry/zły (pasuje lub nie pasuje), wprowadzenie rezultatu pomiaru odbywa się ręcznie poprzez wciśnięcie odpowiedniego pola na panelu dotykowym. Przyrządami pomiarowymi dla tego typu pomiarów są przymiary, sprawdziany

i inne przyrządy dostępne na pulpicie pomiarowym stanowiska produkcyjnego.

Pomiary wykonywane przez takie przyrządy pomiarowe, jak suwmiarka, śruba mikrometryczna i inne wyposażone w interfejs szeregowy są inicjowane ręcznie lub przez układ mikroprocesorowy. Odczytanie wyniku pomiaru następuje w momencie ręcznego wymuszenia wykonania pomiaru, lub w przypadku pracy automatycznej – ustalenia się wartości mierzonej. Przyjęcie wyniku pomiaru układ mikroprocesorowy sygnalizuje optycznie.

W danym momencie układ mikroprocesorowy może współpracować tylko z jednym przyrządem pomiarowym dokonującym pomiaru. Zmiana przyrządu mierzącego (widzianego przez układ sterownika) następuje automatycznie po zatwierdzeniu wyniku z poprzedniego pomiaru zgodnie z przyjętym algorytmem.

Na danym stanowisku pomiarowym można wykonywać pomiary za pomocą maksymalnie 16 różnych przyrządów pomiarowych. Zaimplementowane rozwiązanie nie ogranicza maksymalnej liczby pomiarów wymaganych dla jednej czynności technologicznej. Po wykonaniu wszystkich pomiarów przewidzianych dla danego wyrobu, wyniki są wysyłane automatycznie do komputera centralnego PC-1, gdzie są archiwizowane.

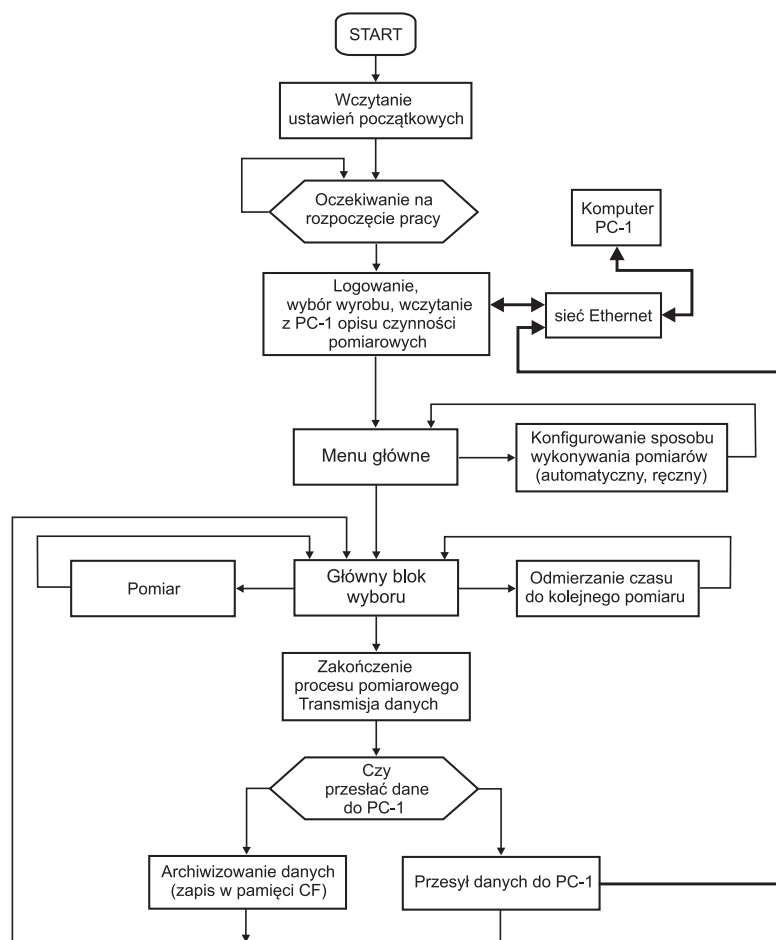
Uzyskane i przesłane wyniki archiwizuje się również lokalnie w danej stacji pomiarowej na karcie pamięci Compact Flash. W stanach awaryjnych, np. przy braku komunikacji z komputerem centralnym, niesprawności komputera centralnego lub innych sytuacji uniemożliwiających ich wysłanie, wyniki zapisane w postaci pliku, pozostawiane są w katalogu głównym, aż do ich poprawnego przesłania do komputera centralnego.

Sieć teleinformatyczna pracuje w standardzie Industrial Ethernet w układzie gwiazdy, tzn. wszystkie stanowiska pomiarowe podłączone są do przełącznika sieciowego oddzielnymi przewodami.

4. Sposób prowadzenia pomiarów na stanowisku

Poza podstawowymi wymaganiami związanymi z prowadzeniem i gromadzeniem wyników pomiarów wynikających z normalnego procesu produkcji, opracowany system musiał spełniać dodatkowe kryteria postawione przez zleceniodawcę. Dotyczyły one liczby wymiarów dla jednego wyrobu, które należy kontrolować na stanowisku produkcyjnym oraz odporności systemu na możliwe awarie [7, 8].

Ze względu na różnorodność asortymentu produkowanych wyrobów, wynikającą ze zmieniających się wymagań stawianych przez zamawiających, w czasie tworzenia systemu nie można było określić maksymalnej liczby pomiarów koniecznych do wykonywania dla jednego wyrobu. Wynika stąd wniosek, że system musi zezwalać na zdefiniowanie takiego algorytmu procedury pomiarowej, aby można było wykonać wszystkie wymagane pomiary dla danego procesu produkcyjnego lub jego fragmentu, wraz ze możliwością zwielokrotnienia liczby pomiarów do wymaganej przy prowadzeniu statystycznej kontroli jakości procesu produkcyjnego SPC (ang. *Statistical Process Control*).



Rys. 3. Ogólny schemat programu [8]

Fig. 3. General diagram of program [8]

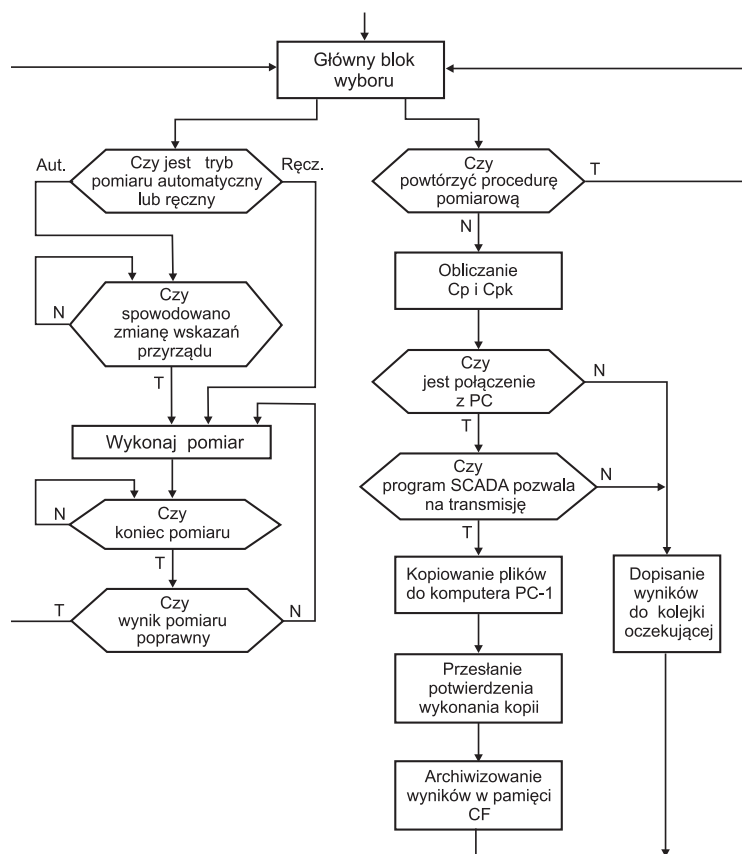
Stosunkowo duża liczba stanowisk pomiarowych (45 stanowisk), bardzo trudne warunki środowiskowe w zakładzie (bardzo duża liczba maszyn silnoprądowych, stosunkowo stara instalacja elektryczna, wilgoć oraz obecność par oleju oraz praca ciągła zakładu (system trózmianowy), wymagają zapewnienia szczególnie dużej odporności systemu na czynniki zakłócające. Dlatego przyjęto, że każde stanowisko pomiarowe może być układem w pełni autonomicznym, co oznacza możliwość prawidłowej pracy w przypadku braku połączenia z komputerem centralnym lub jego niesprawnością nawet przez długi okres czasu.

Proces pomiarowy na stanowisku przebiega wg algorytmu opracowanego przez Dział Technologii zakładu pracy. Algorytm ten zawiera wszystkie informacje niezbędne do przeprowadzenia procedury pomiarowej, m.in. wykaz wymiarów, częstości wykonywania każdego z nich, liczby pomiarów, wykaz potrzebnych narzędzi pomiarowych oraz kolejność wykonywania pomiarów. Algorytm pomiarowy generowany jest automatycznie przez Dział Technologii, po wprowadzeniu wszystkich danych dotyczących proce-

su wytwarzania wyrobu. Następnie algorytm jest pobierany do realizacji przez odpowiednie stanowisko pomiarowe [3, 6].

Uproszczony algorytm pracy programu przedstawiono na rys. 3. Można w nim wyróżnić pięć podstawowych pętli działania. Pierwsza pętla związana jest z oczekiwaniem na rozpoczęcie pracy. Druga pętla programu wykonywana jest w momencie rozpoczęcia przez pracownika pracy. Umożliwia ona wybór elementu wykonywanego na danym stanowisku, identyfikację czynności do wykonania oraz nazwiska pracownika obsługującego dane stanowisko. W czasie tych operacji wymagana jest komunikacja z komputerem centralnym, z którego bezpośrednio pobiera się wszystkie potrzebne dane. Po wyjściu z tej pętli program przechodzi do głównej części realizującej algorytm pomiarowy. Można tu wyróżnić trzy pętli programu realizujące odpowiednio: samą procedurę pomiarową, zakończenie procedury pomiarowej wraz z przesłaniem uzyskanych wyników lub ich lokalne zapamiętanie oraz pętlę odmierzającą czas do rozpoczęcia kolejnej procedury pomiarowej.

Na rys. 4 przedstawiono szczegółowo algorytm pętli wykonywania pomiaru i przesyłania lub zapisywania wyników.



Rys. 4. Fragment algorytmu procedury wykonania pomiaru i przesyłania wyników

Fig. 4. Part of algorithm of measurement process and sending data

5. Procedura wykonania pojedynczego pomiaru

Zastosowane rozwiązania sprzętowo-programowe pozwalają na zainicjowanie procedury rozpoczęcia pojedynczego pomiaru dwoma sposobami. Wybór sposobu inicjowania pomiarów możliwy jest w menu konfiguracyjnym danej aplikacji i może być w dowolnym momencie zmieniony przez pracownika bezpośrednio na stanowisku pomiarowym.

Pierwszy sposób realizowany jest przez ręczne pobudzenie przycisku na przyrządzie pomiarowym lub wtyczce kabla komunikacyjnego między przełącznikiem przyrządów a przyrządem.

Drugi sposób pozwala uzyskać wynik pomiaru w sposób automatyczny, bez konieczności wykonania jakichkolwiek działań ze strony pracownika. Sposób ten może być bardzo przydatny w przypadku wykonywania pomiarów w trybie uniemożliwiającym pracownikowi naciśnięcie przycisku inicjującego wykonanie pomiaru.

Przy ręcznym akceptowaniu pomiarów układ sterownika PLC steruje układ przełącznika przyrządów zgodnie z algorytmem prowadzenia badań, tak aby zestawie połączenie wybranego do pomiaru przyrządu z portem szeregowym. Następnie program zgłasza pracownikowi sygnał gotowości i oczekuje na akceptację wyniku na przyrządzie pomiarowym. Dane z przyrządu pomiarowego są przesyłane w postaci kodów ASCII zgodnie z protokołem zaimplementowanym w narzędziach pomiarowych [1, 5]. Po ich odczytaniu, system mikroprocesorowy sterownika dokonuje konwersji tych danych na postać zmiennoprzecinkową do przetwarzania w dalszej części procesu pomiarowego.

Akceptacja pomiaru w trybie automatycznym różni się znacząco od trybu ręcznego. W tym przypadku najważniejsze jest podjęcie przez system decyzji o tym, kiedy i który wynik pomiaru należy traktować jako wynik wykonanego pomiaru. Cała procedura zaczyna się analogicznie jak w przypadku trybu ręcznego. Sterownik realizuje połączenie przyrządu z portem szeregowym, a następnie, co określony czas, wysyła do przyrządu rozkaz wykonania pojedynczego pomiaru. Odbierane przez sterownik wyniki są analizowane i po spełnieniu określonych wcześniej kryteriów, interpretowane jako wynik końcowy pomiaru.

W trybie automatycznym układ sterowania inicjuje wykonanie pomiaru przez przyrząd pomiarowy z krokiem Δt zdefiniowanym jako

$$\Delta t = q \times 0,1. \quad (1)$$

Wartość q może być indywidualnie zmieniana przez pracownika w przedziale $q \in \langle 5, \dots, 30 \rangle$ co daje zakres zmiany czasu między kolejnymi inicjacjami pomiaru wynoszącymi $\Delta t \in \langle 0,5, \dots, 3 \rangle$ s. Po odczytaniu wyniku, system zapamiętuje tylko n kolejnych pomiarów zawartych w przedziale

$$\Delta X = X_{\max} - X_{\min} = (X_{\text{nom}} + K \times T_G) - (X_{\text{nom}} - K \times T_D), \quad (2)$$

gdzie: X_{nom} – wartość nominalna wyniku pomiaru, T_G i T_D – odpowiednio górna i dolna tolerancja.

Pracownik może zmieniać wartość mnożnika K w zakresie $K \in \langle 1, \dots, 3 \rangle$, a liczbę pomiarów n – w zakresie $n \in \langle 1, \dots, 5 \rangle$. Wszystkie kolejne pomiary muszą spełniać warunek

$$\forall_{i \in n} X_i \in \langle X_{\min}, X_{\max} \rangle \quad (3)$$

tj. wszystkie muszą zawierać się w przedziale zdefiniowanym przez K -tą wielokrotność przedziału tolerancji. Po ich wykonaniu program przechodzi do drugiej części analizy związanej z oceną zmienności uzyskanych wyników pomiarów. Analiza ta polega na sprawdzeniu warunku, czy różnica pomiędzy dowolnymi dwoma kolejnymi pomiarami z wykonanych n i spełniających warunek (3), zawiera się w przedziale

$$\forall_{i,j \in n} |X_i - X_j| < dX, \quad (4)$$

gdzie:

$$dX = kxR_{\text{NP}}, \text{ dla } k \in \langle 1, \dots, 9 \rangle. \quad (5)$$

Współczynnik k jest wielokrotnością rozdzielczości przyrządu pomiarowego R_{NP} . Rozdzielczość przyrządu R_{NP} może być równa 0,01 lub 0,001 mm. W przypadku gdy przynajmniej jedna z różnic $|X_i - X_j|$ nie spełnia warunku (4), wszystkie n pomiarów odrzuca się i cała procedura rozpoczyna się od początku.

Z kolei gdy warunek (4) jest spełniony dla wszystkich n pomiarów, system przestaje inicjować wykonywanie pomiarów, a wynikiem pomiaru jest ostatnia ze zmierzonych wartości (X_n).

Istotne jest jeszcze to, że rozpoczęcie całej procedury pomiarowej jest możliwe tylko wtedy, gdy pracownik świadomie zmieni znacząco wskazanie przyrządu, tj. ustawi wskazanie przyrządu pomiarowego poza przedział określony przez zależność (2). Pozwala to na wyeliminowanie przypadku, w którym z nieużywanego przyrządu pomiarowego z ustawioną wartością w pobliżu wartości znamionowej system odczyta wynik i gdyby nie ten warunek, to wynik ten system potraktowałby jako poprawny wynik kolejnego pomiaru.

Po zakończeniu całej procedury pomiarowej, tj. wykonaniu wszystkich pomiarów przewidzianych dla jednego wyrobu, jak i kolejnych związanych z prowadzoną kontrolą jakości produkcji (SPC), następuje przesłanie wyników do komputera centralnego. Procedura ta rozpoczyna się od sprawdzenia poprawności połączenia między stanowiskiem pomiarowym (stanowiskiem pracy) a komputerem centralnym.

Po uzyskaniu informacji potwierdzającej sprawność łącza, pracująca na komputerze centralnym aplikacja główna podejmuje decyzję, czy zezwolić na przesłanie wyników z danego stanowiska pomiarowego, czy też nie. Podjęcie takiej decyzji ma zapobiec ewentualnej próbie przesyłania danych w chwili, gdy aplikacja w komputerze centralnym nie może poprawnie odebrać przesyłane dane (np. wykonuje inne zadania, których nie może przerwać).

Po uzyskaniu przez stanowisko pomiarowe zezwolenia na transmisję danych, plik zawierający wszystkie uzyskane wyniki zostaje przesłany do komputera centralnego. Na zakończenie aplikacja stanowiska pomiarowego weryfikuje komunikat o poprawności wykonania kopii danych i w przypadku wyniku pozytywnego przesyła plik z wynikami do katalogu archiwalnego na karcie pamięci Compact Flash zainstalowanej w panelu operatorskim. Brak możliwości przeniesienia danych na komputer centralny lub wystąpienie błędów podczas kopiowania powodują, że plik z danymi nie zostanie przeniesiony do katalogu archiwalnego. W takim

przypadku kolejna próba przesłania tych danych do komputera centralnego nastąpi po zakończeniu procedury pomiarowej lub w dowolnej innej chwili po uprzednim zainicjowaniu jej w sposób ręczny.

6. Kontrola statystyczna procesu

Statystyczna kontrola produkcji jest strategią służącą systematycznej obserwacji procesu, pozwalającą na szybkie wykrycie jego rozregulowań prowadzących w konsekwencji do produkcji wyrobów wadliwych. Obserwacja zachowania się wskaźników kontrolnych pozwala określić:

- czy czynniki wpływające na zmienność procesu mają charakter losowy,
- czy wykazują jednak występowanie pewnego trendu świadczącego o błędach procesu.

Przekroczenie przez wskaźniki wartości kontrolnych lub występowanie trendów wymaga reakcji pracownika. Kontrola taka pozwala więc na wczesne podjęcie decyzji o konieczności przeprowadzenia działań korygujących proces produkcji. Istnieje wiele różnych wskaźników oraz kart kontrolnych opracowanych na ich podstawie. Niektóre z nich są specjalizowane do konkretnych zastosowań, inne są uniwersalne i mogą być użyte w większości procesów. Jedną z takich kart jest karta zawierająca analizę zmienności wartości średniej kontrolowanej cechy oraz jej rozstępu, tzw. karta $\bar{X}$ - R [2, 9].

Ocenę zdolności procesu do spełnienia wymagań klienta prowadzi się na podstawie tzw. wskaźników C_p i C_{pk} . Ich wartości są szacowane na podstawie zgromadzonych w kartach $\bar{X}$ - R danych pomiarowych. Wykonane w czasie kolejnych procedur pomiary pozwalają na oszacowanie wartości [2, 9]:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{X}_i \quad (6)$$

oraz

$$\bar{R} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k R_i. \quad (7)$$

Na ich podstawie szacuje się zdolność procesu, definiowaną jako:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (8)$$

oraz wskaźnik charakteryzujący wycentrowanie procesu, definiowany jako:

$$C_{pk} = \min \left(\frac{USL - \bar{\bar{X}}}{3\sigma}, \frac{\bar{\bar{X}} - LSL}{3\sigma} \right), \quad (9)$$

gdzie: USL i LSL – odpowiednio górna i dolna granica tolerancji (ang. *Upper & Lower Specification Limit*).

Wartość odchylenia standardowego σ szacowana jest jako:

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}, \quad (10)$$

gdzie: d_2 – wartość zależna od liczby danych dla poszczególnych próbek.

Na podstawie gromadzonych w systemie danych pomiarowych otrzymanych za pomocą poszczególnych procedur można wygenerować raport przedstawiający (w sposób graficzny i w postaci wartości liczbowych) kartę kontrolną $\bar{X}$ - R . Raport ten może być sporządzony dla danej czynności wykonywanej na konkretnym stanowisku pomiarowym i w określonym przedziale czasu. W ten sposób uzyskuje się informację o właściwościach technologicznych stanowiska. Jednakże bardziej istotna jest obserwacja wskaźników C_p i C_{pk} bezpośrednio w czasie produkcji, tak aby można było podjąć konkretne działania natychmiast po zaobserwowaniu pierwszych symptomów negatywnego trendu. Dlatego po zakończeniu każdej procedury pomiarowej program obsługi stanowiska pomiarowego przedstawia bezpośrednio na ekranie LCD skrócony raport $\bar{X}$ - R z ostatnich kilkunastu procedur pomiarowych uzyskanych na danym stanowisku pomiarowym. W ten sposób pracownik może na bieżąco śledzić jakość realizowanego procesu produkcyjnego.

7. Podsumowanie

Rozwój elementów automatyki i urządzeń kontrolno-pomiarowych pozwala na tworzenie zaawansowanych systemów wspomagających proces produkcji. Połączenie takich systemów z nowoczesnymi narzędziami pomiarowymi, przesyłającymi wyniki pomiarów w sposób cyfrowy pozwala na budowanie systemów pomiarowych gwarantujących odpowiednią dokładność oraz pewność działania. Zbudowany system wspomagania procesu produkcji, oprócz podstawowych funkcji realizujących proces pomiaru i gromadzenia danych pomiarowych, zapewnia możliwość prowadzenia procedur pomiarowych na stanowisku pracy, nawet bez konieczności stałego połączenia z komputerem centralnym. Stworzony system jest układem otwartym pozwalającym na jego dalszą rozbudowę zarówno w zakresie liczby współpracujących stanowisk pomiarowych, jak również realizowanych funkcji i procedur. System został wykonany i jest aktualnie eksploatowany w firmie Metal-Tech w Praszce.

Bibliografia

1. *Bedienungsanleitung: Interface DMX-4-2*, Mitutoyo, nr 011319(D).
2. Chrapoński J.: *SPC – podstawy statystycznego sterowania procesami*, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Hutniczego w Polsce, Katowice 2010.
3. *Hardware User's Guide: 6" QuickPanel View*, GE Fanuc, January 2007, GFK-2326A.
4. Nawrocki W.: *Rozproszone systemy pomiarowe*, WKŁ, 2006.
5. *Operation Manual: Interface DMX-3*, Mitutoyo, nr 011253(GB).
6. *Proficy Machine Edition View, Programowanie paneli operatorskich*, ASTOR.
7. Tarczyński W., Kopka R.: *Układ do kontroli wymiarów wyrobów, zwłaszcza metalowych*, Firma Metal-Tech, Praszka, zgłoszenie patentowe nr P-392936 z dnia 19.11.2010.

8. Tarczyński W., Kopka R.: *Sposób wykonywania pomiarów kontrolnych wyrobów, zwłaszcza metalowych*, Firma Metal-Tech, Praszka, zgłoszenie patentowe nr P-392935 z dnia 19.11.2010.
9. Walanus A.: *Zdolność procesu*, StatSoft Polska.
10. *Wonderware InTouch – Podręcznik Użytkownika*, Invensys Systems, Inc, 2005. ■

Collection and archiving system of measurement data from production position

Abstract: In article the system for collection of measurement data on production position of metal detail are described. The system consist of measurement positions which are arrange at the each production position, communication network, network switch and two central computers. The measurement position consist of microprocessor controller, control panel and switch instruments in which are stick measurement instruments. The measure process is carry out by worker by means of the instrument with the digital readout. The measure results are storing in memory of controller and after the finish of measurement process are transferred do central computer, where are analyzed and archived.

Keywords: measurement process, computer system, measurement data analysis

dr hab. inż. Wiesław Tarczyński, prof. PO

Ukończył studia na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej w 1974 r. Stopień doktora uzyskał w Instytucie Telekomunikacji i Akustyki Politechniki Wrocławskiej, a stopień doktora habilitowanego na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej. W pracy naukowej specjalizuje się w zastosowaniach elektroniki w diagnostyce układów i systemów elektroenergetycznych, a szczególnie w lokalizacji uszkodzeń w liniach elektroenergetycznych i telekomunikacyjnych.

e-mail: w.tarczyński@po.opole.pl



dr inż. Ryszard Kopka

Absolwent Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej. Studia o specjalności Automatyka i Metrologia ukończył w 1995 r. Tytuł doktora uzyskał w 2004 r. Obecnie jest adiunktem w Instytucie Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej, gdzie prowadzi zajęcia z programowania sterowników PLC, sieci przemysłowych oraz wizualizacji procesów. Prowadzone przez autora prace naukowe dotyczą możliwości wykorzystania informacji o postępujących procesach degradacyjnych do oceny i szacowania funkcji niezawodności obiektów technicznych.

e-mail: r.kopka@po.opole.pl



My wiemy **kto** wie...



www.automatyka.pl

Serwis branżowy www.automatyka.pl gromadzi informacje o produktach i usługach z branży automatyki przemysłowej. Zasoby Serwisu tworzone są samodzielnie przez zarejestrowane firmy. Każda z nich wprowadza informacje o własnej ofercie, produktach, usługach, wydarzeniach. Dzięki temu Serwis prezentuje żywy, stale aktualny obraz branży. Jest szybkim i skutecznym środkiem komunikacji pomiędzy uczestnikami rynku.

www.automatyka.pl – cała branża w zasięgu ręki