

ZASTOSOWANIE OPROGRAMOWANIA HMI/SCADA PROFICY IFIX W STEROWANIU ZAUTOMATYZOWANĄ LINIĄ MONTAŻOWĄ

**Mariusz KARCZMARCZYK, Krzysztof KALINOWSKI,
Grzegorz ĆWIKŁA**

Streszczenie: W artykule przedstawiono sposób modernizacji linii montażowej zastosowanej w przedsiębiorstwie Tenneco Automotive Poland w Rybniku na etapie wykonywania złożeń tłumika z katalizatorem dla silników samochodu Smart Fortwo. Zakres zastosowanych zmian związany jest z wprowadzeniem środków automatyzacji transportu i manipulacji oraz wdrożeniem systemu informatycznego zarządzającego omawianym odcinkiem linii produkcyjnej. Zastosowane oprogramowanie klasy HMI/SCADA, zaliczane jest do systemów klasy MES (Manufacturing Execution System). Aplikację wykonano w środowisku Proficy iFIX 4.0 firmy GE Fanuc.

Słowa kluczowe: automatyzacja produkcji, linia montażowa, MES, HMI/SCADA.

1. Systemy klasy MES

Przedsiębiorstwa produkcyjne chcąc zachować pozycję na rynku muszą być elastyczne i szybko odpowiadać na zmiany w otaczającym środowisku. Producenci chcą mieć całościowy obraz zachodzących zdarzeń, aby umożliwić podejmowanie odpowiednich decyzji na podstawie rzeczywistych danych. Presja rynku na ciągle obniżanie kosztów i podnoszenie jakości wyrobów wymaga nieustającego doskonalenia procesu produkcji.

Oprogramowanie MES (Manufacturing Execution System) wspiera bieżący nadzór nad przebiegiem procesu produkcyjnego – gromadzi i przetwarza informacje z systemu produkcyjnego w czasie rzeczywistym, dzięki czemu można na bieżąco monitorować stan przebiegu produkcji oraz szybko reagować na odchylenia parametrów przebiegu procesu. Systemy klasy MES, stosunkowo od niedawna stosowane, zaliczane są do systemów informatycznych, które wspomagają komunikację pomiędzy urządzeniami wykonawczymi procesu technologicznego (obrabiarki, urządzenia transportowe, manipulatory, stanowiska kontrolne) a systemami zarządzania klasy ERP.

Z doświadczenia licznych producentów wynika, że wdrożenie systemu ERP i unowocześnienie parku maszynowego nie rozwiążą wszystkich problemów w obszarze produkcji. Integracja systemów ERP i MES sprawia, że ERP pracuje na danych rzeczywistych i jest efektywniej wykorzystywany. Wdrożenie systemu MES to wymierne korzyści umożliwiające osiągnięcie przewagi konkurencyjnej. O tym jak nowoczesne i efektywne są systemy klasy MES przekonuje się coraz szersza rzesza przedsiębiorstw produkcyjnych, prognozy światowe przewidują 42% wzrost wartości rynku MES do 2012 roku, od 2001 do 2006 roku wzrost ten wyniósł 60%.

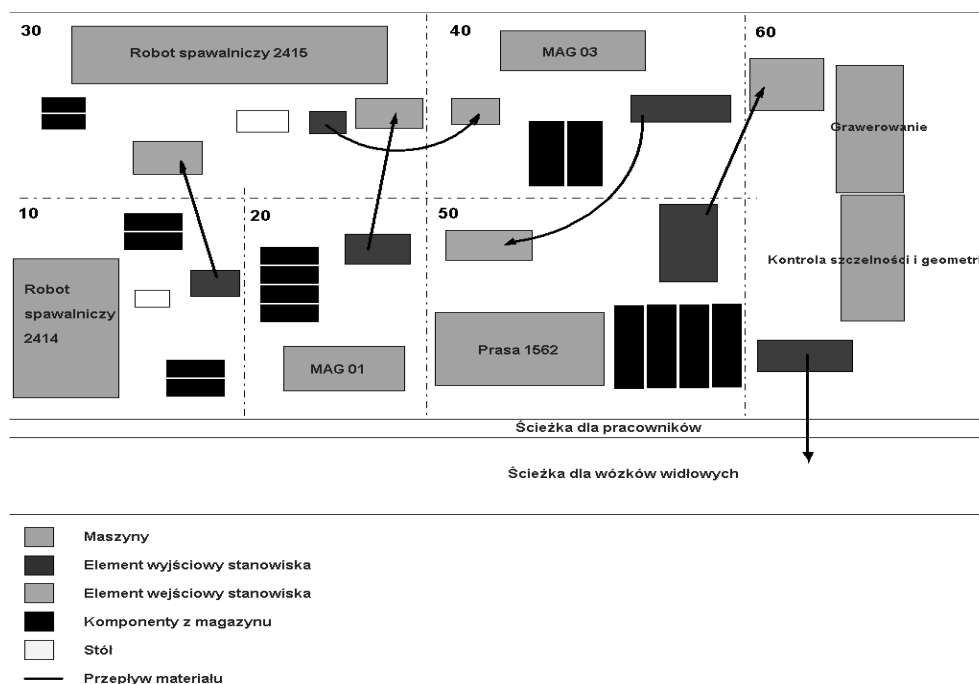
2. Modernizacja linii montażowej

Na rozważanej linii produkowane są złożenia tłumików z katalizatorami do pięciu

rodzajów silników montowanych w samochodach marki Smart typ Fortwo. Produkty te różnią się między sobą pod względem geometrii oraz komponentów wkładu komory tłumika oraz samym katalizatorem, w zależności od mocy i rodzaju paliwa. Na rysunku 1 przedstawiono schemat linii montażowej (stan zastany). Na linii znajdują się następujące stanowiska:

- dwa automaty spawalnicze (MAG 01, MAG 03) do spawania wkładu tłumika oraz zespołu haków i puszki tłumika,
- dwa roboty spawalnicze (2414, 2415) do spawania złożenia rur z kompensatorem, spawania rury z kołnierzem oraz zespawania szeli wewnętrznych górnej i dolnej,
- prasa (1562) do zaciskania szeli zewnętrznych tylnej i górnej,
- grawerka do wygrawerowania oznakowania tłumików,
- stanowisko do kontroli szczelności i geometrii.

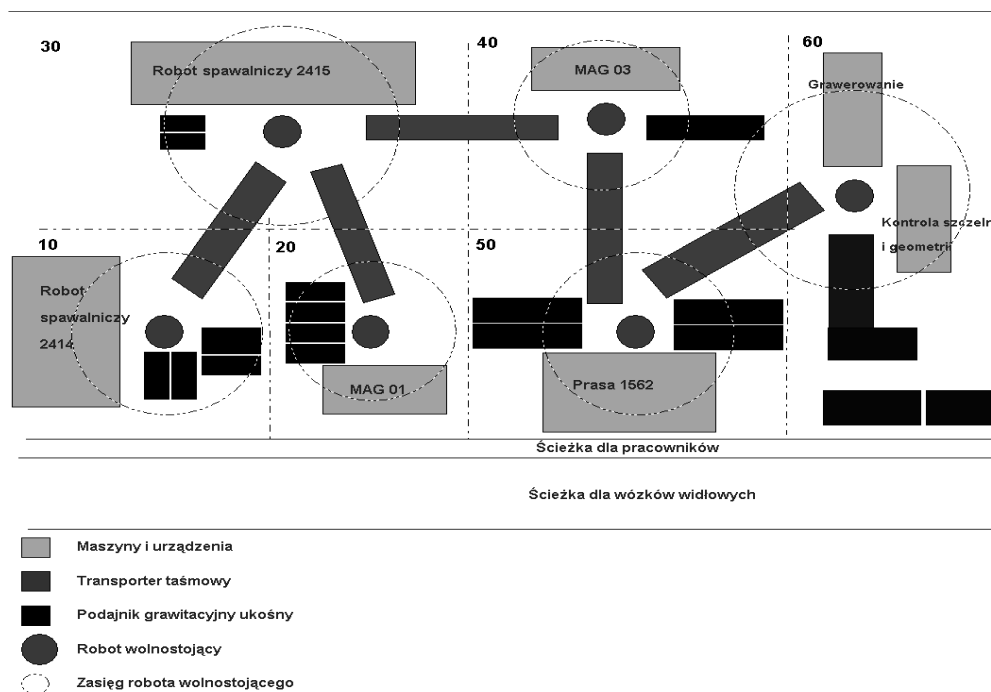
Bezpośrednio na linii pracuje siedmiu operatorów urządzeń oraz operator wózka widłowego odpowiedzialny za transport materiału do i z linii produkcyjnej.



Rys. 1. Schemat linii przed modernizacją
Źródło: Opracowanie własne, Proficy iFIX 4.0

Szczegółowa analiza organizacji pracy na omawianym odcinku linii produkcyjnej nasunęła koncepcję zwiększenia wydajności produkcji poprzez wprowadzenie zmian w obszarze podsystemów transportu i manipulacji. Automatyzacji zostały poddane tylko te operacje, które są najbardziej pracochłonne, wymagające bardzo dużej dokładności, powtarzalności oraz są niebezpieczne i szkodzą zdrowiu człowieka. Na rysunku 2 przedstawiono schemat linii po modernizacji. Zastosowano tam między innymi roboty wolnostojące montażowe do obsługi stanowisk oraz podajniki, aportery rolkowe

grawitacyjne, transportery taśmowe w zakresie transportu międzyoperacyjnego.



Rys. 2. Schemat linii po modernizacji
Źródło: Opracowanie własne, Proficy iFIX 4.0

W zakresie transportu do stanowiska nr 10 zastosowano aportery grawitacyjne ukośne dla rur wylotowych, perforowanych oraz flanszy. Elementy te są transportowane z zewnętrznych stanowisk znajdujących się nad linią montażową. Konstrukcja aporterów umożliwia dosyć dokładne i powtarzalne ułożenie podawanych elementów. Transport do stanowiska nr 20 odbywa się za pomocą aporterów rolkowych grawitacyjnych, które mają za zadanie podawanie następujących elementów: rura wylotowa, rura dolotowa i przegrody. Budowa aporterów jest podobna do urządzeń zastosowanych na stanowisku nr 10 różnią się jedynie szerokością, z racji wymiarów przedmiotów transportowanych. Transport do stanowiska nr 30, zostało zautomatyzowane za pomocą dwóch aporterów rolkowych grawitacyjnych, które są odpowiedzialne za dostarczenie szeli (dolnej i górnej) płaszcza tłumika. Transport komponentów ze stanowisk 10 i 20, jak również tłumika do stanowiska nr 40 zapewniono poprzez zastosowanie transporterów taśmowych wyspecjalizowanych w nakładki, które pozwalają na dokładne podanie złożenia rur z kompensatorem ze stanowiska nr 10 oraz wkładu do tłumika ze stanowiska nr 20. Transporter wyposażono w sensory, które kontrolują prawidłowe ułożenie na linii transportującej w celu dokładnego obrania przez robot wolnostojący. Na stanowisku nr 40 zastosowano dwa aportery rolkowe grawitacyjne dla haków i wzmocnień. Przekazanie elementu tłumika wraz z zestawami haków następuje poprzez transporter taśmowy umożliwiającą dokładne podanie do robota wolnostojącego. Za pomocą podajników rolkowych grawitacyjnych na stanowisko nr 50 podawane są maty izolacyjne do punktu pobrania przez robota. Pozostałe elementy

transportowane są za pomocą aporтерów rolkowych grawitacyjnych. Złożony tłumik jest transportowany dalej na stanowisko grawerowania przez transporter taśmowy wyspecjalizowany w nakładki. Stanowisko nr 60 wyposażone jest w jeden podajnik grawitacyjny rolkowy ukośny. Na stanowisku pakowania realizowana jest również kontrola jakości produktu.

Niezwykle istotnym elementem automatyzacji linii była robotyzacja stanowisk. Podstawowym celem robotyzacji obsługi urządzeń produkcyjnych było pełne zastąpienie człowieka w czynnościach manipulacji, które charakteryzowały się dużą uciążliwością: wymagały dużego wysiłku fizycznego i psychicznego w nieprzyjnym dla człowieka otoczeniu (konieczność manipulowania ciężkimi komponentami, do 12 kg, z ostrymi krawędziami, duży hałas, drgania i wibracje najbardziej dokuczliwe bezpośrednim otoczeniu prasy, szkodliwe gazy spawalnicze na stanowiskach robotów oraz automatów spawalniczych, itp.). Zastosowanie robotów umożliwiło osiągnięcie większej wydajności maszyn i urządzeń produkcyjnych oraz utrzymywanie przez cały czas stałego cyklu pracy. Jednocześnie zrobotyzowany system jest bardziej elastyczny – roboty łatwo mogą być przystosowane do przenoszenia różnych elementów przez wprowadzenie innego programu produkcyjnego. Dobór odpowiednich robotów do obsługi poszczególnych stanowisk poprzedzony został etapem opracowania kart procesowych, w których zdefiniowano scenę oraz zestawiono czynności, czasy ich trwania, kolejność oraz przestrzenne rozmieszczenie.

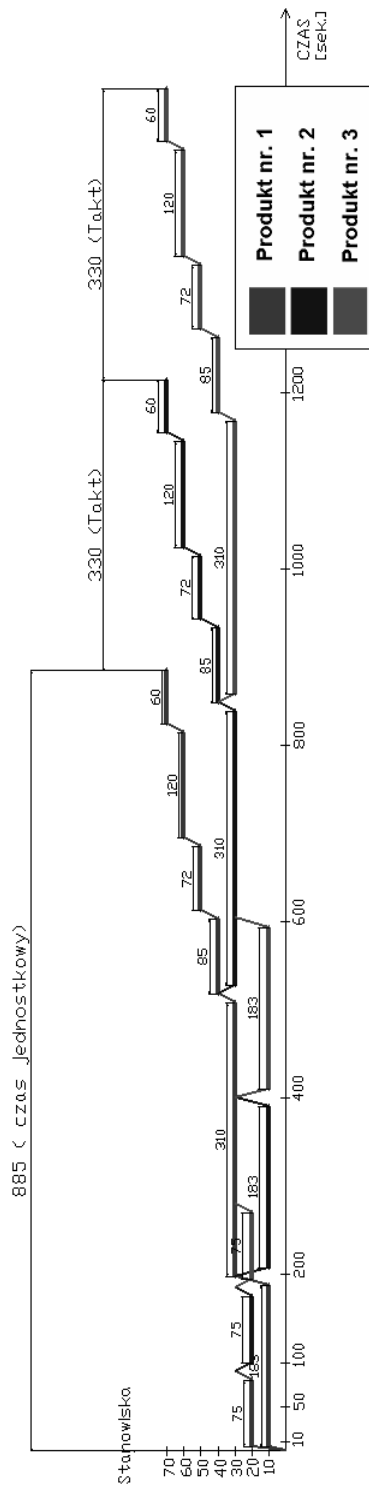
Po modernizacji bezpośrednio na linii pracuje jedna osoba (pakowanie wyrobów gotowych) oraz operator wózka widłowego odpowiedzialny za transport materiału do i z linii produkcyjnej. Zastosowane rozwiązania pozwoliły ponadto na:

- zwiększenie wydajności poszczególnych stanowisk produkcyjnych (skrócenie taktu produkcji dla reprezentatywnego produktu - rys. 3 i 4 - z 330s. do 266s., co pozwoliło na skrócenie cyklu produkcyjnego partii 1000 sztuk o około 24h),
- zmniejszenie powierzchni produkcyjnej z 220 m² do 190 m²,
- zmniejszenie zapasów w magazynach tymczasowych,
- zmniejszenie czasu trwania czynności transportowych,
- zmniejszenie ilości braków i odpadów produkcyjnych.

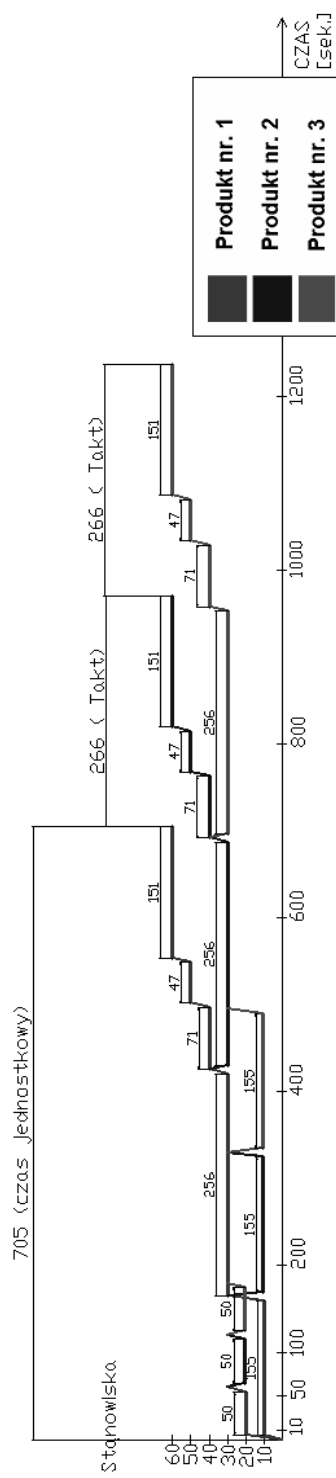
3. Stanowisko nadzorujące

Podczas modernizacji linii montażowej utworzono odrębne stanowisko komputerowe nadzorujące proces produkcyjny. W celu nadzorowania pracy linii utworzono aplikację w środowisku Proficy iFIX 4.0 PL firmy GE Fanuc Intelligent Platforms należące do rodziny HMI/SCADA. Oprogramowanie to pozwala na wykorzystywanie danych produkcyjnych w czasie rzeczywistym do podejmowania decyzji zarówno na poziomie bezpośredniego sterowania jak i planowania w dłuższym okresie czasu w przedsiębiorstwie.

Sterowniki PLC pośredniczą w przesyłaniu danych z czujników i sterują elementami wykonawczymi. Obustronne przesyłanie danych pomiędzy rejestrami sterowników PLC i procesową bazą danych SCADA/HMI zapewniają dedykowane interfejsy (drajwery We/Wy).



Rys. 3. Cyklogram linii produkcyjnej przed modernizacją

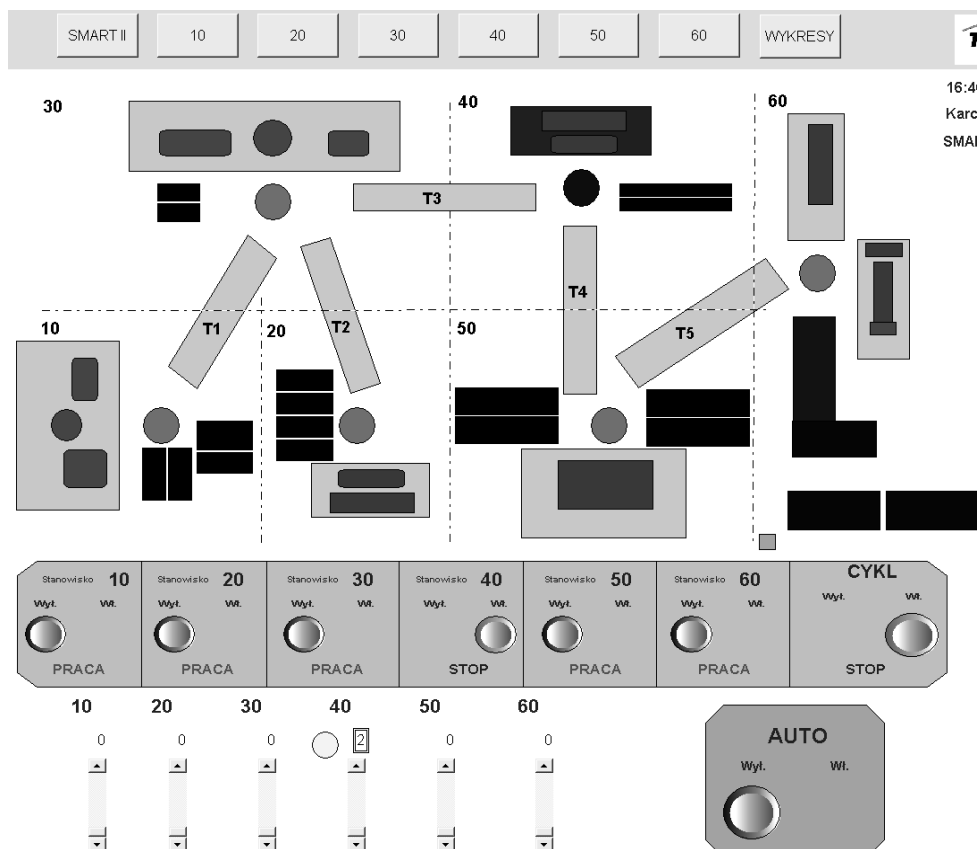


Rys. 4. Cyklogram linii produkcyjnej po modernizacji

3.1. Tworzenie aplikacji

Pracownik nadzorujący linię produkcyjną jest odpowiedzialny za utrzymanie wydajności pracy linii na założonym poziomie. System klasy HMI/SCADA umożliwia wysyłanie odpowiednich komunikatów i raportów bezpośrednio do systemów klasy ERP (systemu SAP wdrożonego w przedsiębiorstwie) i/lub wiadomości SMS do inżynierów kontrolujących proces produkcyjny lub bezpośrednio na ekran stanowiska nadzorującego, co pozwala na natychmiastową reakcję na nieprawidłowości przez odpowiednie służby.

Baza danych procesu systemu iFIX jest reprezentacją procesu utworzoną przez połączenie logiczne zdefiniowanych obiektów systemowych sterowania procesem. Baza danych procesu składa się z bloków i łańcuchów. Blok jest zakodowanym zestawem instrukcji, które realizują określone zadanie. Większość bloków przechowuje informacje o jednej zmiennej procesowej. Podstawowym typem bloku jaki został wykorzystany w aplikacji jest blok rejestru dwustanowego, dzięki niemu pracownik nadzorujący proces jest w stanie zatrzymać lub uruchomić dowolne urządzenie lub stanowisko robocze na linii produkcyjnej.

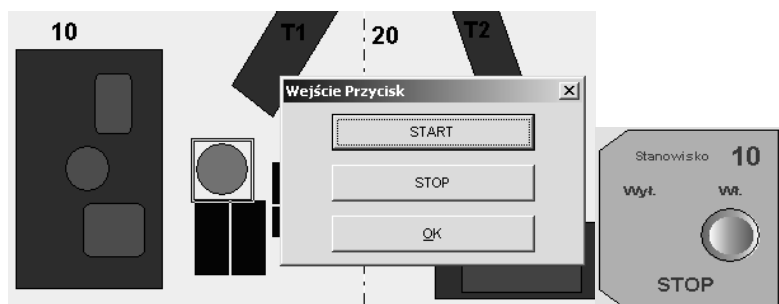


Rys. 5. Ekran synoptyczny. Faza pracy oraz awaria na stanowisku nr 40
 Źródło: Opracowanie własne, Proficy iFIX 4.0

Ekran synoptyczny (rys. 5) jest głównym narzędziem wizualizacji pracy linii, za jego pomocą pracownik nadzorujący ma również szeroki zakres możliwości ręcznej ingerencji w przebieg procesu produkcyjnego na linii, między innymi: rozpoczęcie oraz zatrzymanie cyklu produkcyjnego, włączanie i wyłączenie poszczególnych maszyn i urządzeń, obsługę alarmów, które występują na linii itp.

Model linii i proces sterowania jest realizowany za pomocą skryptów pakietu iFIX. W systemie iFIX środowiskiem projektowym do tworzenia graficznych interfejsów jest program *WorkSpace*. Dysponuje on wieloma narzędziami graficznymi, tekstowymi, animacyjnymi, dostępem do zmiennych procesowych i do tworzenia wykresów, by projektowane interfejsy były czytelne, właściwie zorganizowane, intuicyjne i proste w obsłudze.

Model linii produkcyjnej dla złożenia tłumika z katalizatorem zaimplementowany w pakiecie iFIX na stanowisku nadzorującym zawiera wszystkie stanowiska i urządzenia pomocnicze oraz uwzględnia ich rozmieszczenie na hali. Uruchamianie i zatrzymywanie pracy pojedynczych urządzeń możliwe jest z okna dialogowego wyświetlanego po kliknięciu na ikonie danego stanowiska na modelu linii wyświetlanym na ekranie synoptycznym (Rys. 6). Włączenie lub wyłączenia pracy całego stanowiska produkcyjnego następuje poprzez naciśnięcie odpowiedniej kontrolki u dołu ekranu synoptycznego (np. dla stanowiska nr 10 będzie to robot spawalniczy 2414 oraz robot wolnostojący).



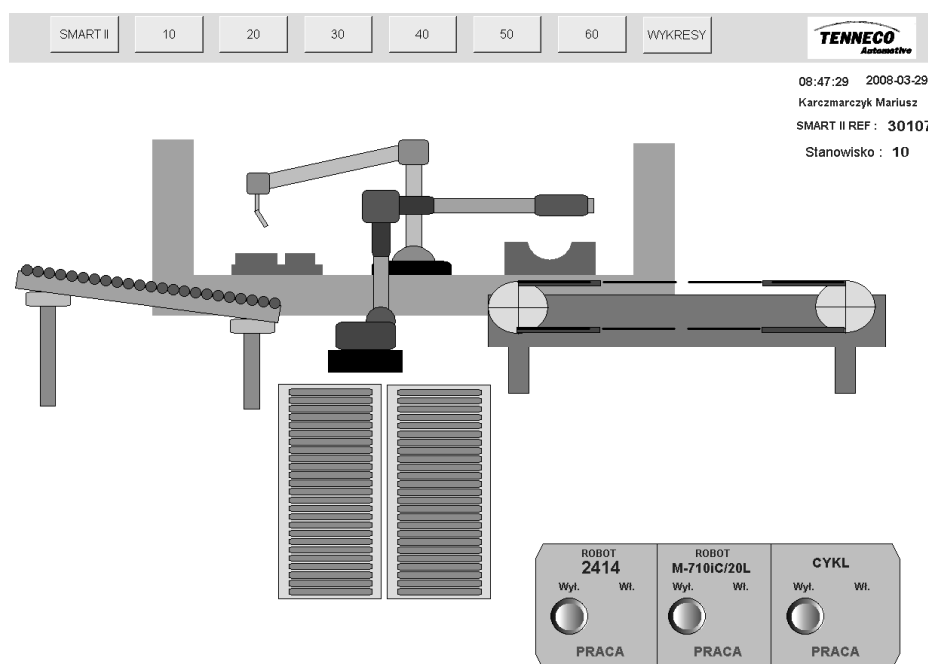
Rys. 6. Okno dialogowe sterowania urządzeniem (robota obsługującego stanowisko nr 10) oraz kontrolka sterowania całym stanowiskiem

Poszczególne elementy systemu zostały ze sobą powiązane funkcjonalnie. Praca transporterów taśmowych zintegrowana została z pracą stanowisk montażowych, dany transporter będzie włączał się automatycznie, jeśli którekolwiek ze stanowisk obsługiwanych przez transporter będzie w stanie pracy, natomiast jeśli oba stanowiska będą wyłączone transporter zakończy pracę.

U góry ekranu umieszczono przyciski, które włączają ekrany synoptyczne przypisane do kolejnych stanowisk. Można przy ich pomocy śledzić procesy zachodzące na poszczególnych stanowiskach. Przykładowy ekran zamieszczono na rysunku 7.

Pracownik nadzorujący produkcję na w zautomatyzowanej linii ma możliwość dokładnego przyjrzenia się procesom produkcyjnym zachodzącym na danym stanowisku oraz pełnej ingerencji w produkcję np. zatrzymanie pracy robota wolnostojącego i innych urządzeń. Osobne ekrany synoptyczne zdefiniowane dla danych stanowisk pozwalają na bardziej szczegółową ich kontrolę. Z poziomu tych ekranów można odczytać informacje

o bieżącym położeniu ramion robota, trybie pracy maszyny, ilości elementów na transporterach taśmowych oraz aportherach grawitacyjnych. Kontrolki obrazują tryb pracy poszczególnych urządzeń, za ich pomocą obsługa może włączyć/wyłączyć dane urządzenie produkcyjne.



Rys. 7. Ekran synoptyczny dla stanowiska nr 10
Źródło: Opracowanie własne, Proficy iFIX 4.0

3.2. Harmonogramowanie

Do prawidłowej pracy stanowiska kontrolującego linię produkcyjną złożenia tłumika niezbędne jest ustalenie harmonogramów uruchamiających odpowiednie zadania. Opracowane zostały odpowiednie harmonogramy obsługi stanowisk oraz transporterów. Na rysunku 8 przedstawiono harmonogram pracy transporterów, gdzie zapisano zdarzenia inicjujące ich uruchamianie i zatrzymywanie.

B	Nazwa	Status	Start/Stop	Wyrażenie	Typ zdarzenia	Kwant czasu	Operacja	Opis
1	T10	Aktywny	Stop	Fix32.MG.Rw10.F_CV = 1 AND Fix3 Na Prawda	▼	Nie dotyczy	Zamknij blok dwustanowy	Automatyzacja T10
2	T20	Aktywny	Stop	Fix32.MG.Rw20.F_CV = 1 AND Fix3 Na Prawda	▼	Nie dotyczy	Zamknij blok dwustanowy	Automatyzacja T20
3	T30	Aktywny	Stop	Fix32.MG.Rw30.F_CV = 1 AND Fix3 Na Prawda	▼	Nie dotyczy	Zamknij blok dwustanowy	Automatyzacja T30
4	T40	Aktywny	Stop	Fix32.MG.Rw40.F_CV = 1 AND Fix3 Na Prawda	▼	Nie dotyczy	Zamknij blok dwustanowy	Automatyzacja T40
5	T50	Aktywny	Stop	Fix32.MG.Rw60.F_CV = 1 AND Fix3 Na Prawda	▼	Nie dotyczy	Zamknij blok dwustanowy	Automatyzacja T50
6	T11	Aktywny	Stop	Fix32.MG.Rw10.F_CV = 0 AND Fix3 Na Prawda	▼	Nie dotyczy	Otwórz blok dwustanowy	Automatyzacja T10
7	T21	Aktywny	Stop	Fix32.MG.Rw20.F_CV = 0 AND Fix3 Na Prawda	▼	Nie dotyczy	Otwórz blok dwustanowy	Automatyzacja T20
8	T31	Aktywny	Stop	Fix32.MG.Rw30.F_CV = 0 AND Fix3 Na Prawda	▼	Nie dotyczy	Otwórz blok dwustanowy	Automatyzacja T30
9	T41	Aktywny	Stop	Fix32.MG.Rw40.F_CV = 0 AND Fix3 Na Prawda	▼	Nie dotyczy	Otwórz blok dwustanowy	Automatyzacja T40
10	T51	Aktywny	Stop	Fix32.MG.Rw60.F_CV = 0 AND Fix3 Na Prawda	▼	Nie dotyczy	Otwórz blok dwustanowy	Automatyzacja T50
11								
12								

Rys. 8. Harmonogram pracy transporterów

Na rysunku 9 przedstawiono harmonogram pracy stanowiska nr 10. Zapisane zadania umożliwiają automatyczną pracę robota wolnostojącego i robota spawalniczego znajdujących się na stanowisku.

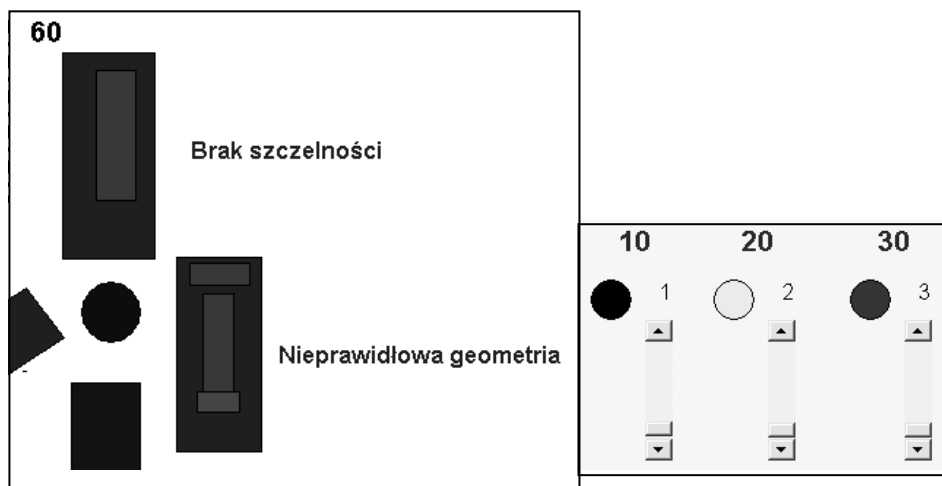
B	Nazwa	Status	Start/Stop	Wyrażenie	Typ zdarzenia	Kwant czasu	Operacja	
1	Rw10	Aktywny	Stop	Fix32.MG.CYKL10_F_CV = 0	Na Prawda	Nie dotyczy	Otwórz blok dwustanowy	Automatyzacja R
2	Rw100	Aktywny	Stop	Fix32.MG.CYKL10_F_CV = 1	Na Prawda	Nie dotyczy	Zamknij blok dwustanowy	Automatyzacja R
3	RS10	Aktywny	Stop	Fix32.MG.CYKL10_F_CV = 0	Na Prawda	Nie dotyczy	Otwórz blok dwustanowy	Automatyzacja R
4	RS100	Aktywny	Stop	Fix32.MG.CYKL10_F_CV = 1	Na Prawda	Nie dotyczy	Zamknij blok dwustanowy	Automatyzacja R
5								
6								

Rys. 9. Harmonogram stanowiska nr 10

3.3. Alarmowanie

Alarm to stan bloku wskazujący przekroczenie zdefiniowanej wartości poza dopuszczalny zakres. Typowy alarm ostrzega operatora, że wartość procesowa lub stan procesu zmienił się w sposób mogący prowadzić do problemów w działaniu zautomatyzowanego systemu. Alarmy w systemie można podzielić na trzy grupy: dwustanowe, analogowe i statystyczne. Na stanowisku nadzorującym linię produkcyjną wykorzystano alarmy dwustanowe, ponieważ cały proces oparty jest na rejestrach dwustanowych.

W dolnej części ekranu synoptycznego umieszczono ikony alarmów dla poszczególnych stanowisk, w razie wystąpienia awarii proces produkcyjny zostaje automatycznie przerwany. Informacje o rodzaju awarii przekazywane są za pomocą kodu kolorów (Rys. 10). Np. kontrolka migająca naprzemiennie kolorem niebieskim i czerwonym oznacza konieczność wymiany końcówki prądowej na robotach spawalniczych (stanowiska 10 i 30), kolor żółty i czerwony oznacza konieczność wymiany dysz w automatach spawalniczych, natomiast migający kolor fioletowy i czerwony oznacza brak zasilania. Pracownik potwierdza gotowość do dalszej pracy przesuwając suwak w pozycję zero na danym stanowisku, umożliwiając kontynuację pracy automatycznej.



Rys. 10. Przykłady sygnalizacji alarmów na ekranie synoptycznym

4. Wnioski

Zastosowane środki automatyzacji na odcinku produkcji złożeń tłumików samochodowych, wpłynęły na zwiększenie wydajności systemu, poprawę jakości wyrobów, oraz skrócenie czasów transportu międzyoperacyjnego. Umożliwiły ponadto skrócenie czasów przezbrajania linii, dzięki czemu możliwa jest szybsza reakcja na zmianę asortymentu produkowanych wyrobów. W opozycji do korzyści wynikających z przeprowadzonej modernizacji należy uznać znacznie wyższe koszty serwisu systemu (dot. robotów wolnostojących). Duże koszty wprowadzenia pełnej automatyzacji w systemach produkcyjnych, stwarzają barierę trudną do pokonania przez małe i średnie firmy. Czas zwrotu kosztów zakupu wykorzystanych robotów wolnostojących jest w Polsce bardzo długi, w porównaniu z krajami Europy zachodniej, gdyż stawki godzinowe dla jednego pracownika w Polsce są o wiele niższe, dlatego wiele firm decyduje się na utrzymanie załogi niż robotyzację stanowisk produkcyjnych.

Utworzona aplikacja zawiera zestaw funkcji, umożliwiający wizualizację procesów, gromadzenie danych produkcyjnych oraz nadzorowanie przebiegu produkcji. Wizualizacja daje możliwość precyzyjnego monitorowania i kontroli wszystkich parametrów procesu, jak również urządzeń i środków produkcji, co umożliwia szybką reakcję na nieprzewidziane zdarzenia.

Prezentowana praca naukowa finansowana jest ze środków na naukę w latach 2006-2009 jako projekt badawczy nr N115 081 31/1906.

Literatura

- 1 Jakuszczyk R.: „Programowanie systemów SCADA”, Wydawnictwo Pracowni Jacka Skalmieckiego, Gliwice 2006.
- 2 Materiały udostępnione przez firmy: GE Fanuc Automation, VIX Automation sp.z.o.o. , ASTOR Sp. z o.o. (broszury, materiały szkoleniowe, 2008).
- 3 Materiały udostępnione przez firmę Tenneco Automotive Poland Rybnik (informacje produkcyjne, informacje na temat Lean Manufacturing, 2008).
- 4 Karczmarczyk M.: Projektowanie linii produkcyjnej oraz stanowiska monitorująco-kontrolującego z zastosowaniem oprogramowania przemysłowego klasy HMI/SCADA Proficy iFIX. Praca dyplomowa magisterska. Politechnika Śląska, Gliwice 2008.

Mgr inż. Mariusz KARCZMARCZYK
Dr inż. Krzysztof KALINOWSKI
Dr inż. Grzegorz ĆWIKŁA
Instytut Automatyzacji Procesów Technologicznych
i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania
Politechnika Śląska
ul. Konarskiego 18A, 44-100 Gliwice
Tel./fax.: (0-32) 237 24 59
e-mail: krzysztof.kalinowski@polsl.pl