ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1994
Seria: AUTOMATYKA z.115 Nr kol. 1251

Ryszard SAWWA, PIAP, Warszawa
Zbigniew PILAT, PIAP, Warszawa
Jerzy GRZEŚLAK, ELAURO, Zabrze
Jan MALIK, IPControl, Tychy
Jerzy SIKORA, Fiat Auto Poland
Witold SIKORA, Fiat Auto Poland

KOMPUTEROWY SYSTEM GROMADZENIA, ARCHIWIZOWANIA I MODYFIKACJI PROGRAMÓW UŻYTKOWYCH ROBOTÓW W ZAUTOMATYZOWANEJ/ZROBOTYZOWANEJ LINII PRAS ŚREDNICH 300T W TŁOCZNI

Streszczenie: W artykule przedstawiono wdrożony na uprzednio zautomatyzowanej/zrobotyzowanej linii pras średnich 300T w tłoczni Fiat-Auto-Poland zmodernizowany system pamięci programów użytkowych w robotach IRb-60, eliminujący konieczność stosowania pamięci kasetowej. System ten jednocześnie zapewnia wygodne, scentralizowane na komputerze typu IBM PC sczytywanie, gromadzenie, edycję, archiwizowanie, modyfikowanie i wpisywanie programów użytkowych z/do robotów pracujących w linii.

THE COMPUTER SYSTEM FOR COLLECTING, STORING AND MODIFICATION OF THE ROBOTS PROCESSING PROGRAMS AT THE AUTOMATISED/ROBOTIZED LINE OF MEDIUM 300T PRESSES IN THE PRESS SHOP

Summary: The paper presents a modernized memory system of processing programmes of IRb-60 industrial robots, iapplied at a previously robotised/automatized line of medium 300T presses in the Fiat-Auto-Poland, Tychy. The system eliminates the necessity of using of a mass memory based on tape cassettes. In the same time, the system provides easy, centralized, IBM PC computer based reading, collecting, edition, storing, modyfying and writing of processing programmes from/to industrial robots serving at the press line.

RECHNERSYSTEM FÜR SAMMELN, ARCHIVIRUNG UND MODIFIKATION DER NUTZPROGRAMMEN FÜR ROBOTER IN AUTOMATISIERTE/ROBOTISIERTE LINIE IN DER PRESSEREI

Zusammenfassung: Im Beitrag wird ein modernisiertes System für Sammeln, Archivierung und Modifikation der Nutzprogrammen für Roboter in automatisierte/

robotisierte Linie mit 300T-Pressen vorgestellt. Dieses Fließband wurde in der Presserei der Fahrzeugwerken Fiat-Auto-Poland eingeleitet. Implementiertes System hat den Magnetband-Kassetten-Speicher in IRb-60 Roboter eliminiert. Es schafft auch komfortable Verhältnisse für die Ablesung, Sammeln, Edition, Archivierung, Änderung und Einschreibung der Programmen auf dem PC-Rechner.

1. Wprowadzenie

Obsługa pras należy do typowych czynności spełniających podstawowe kryteria zasadności robotyzacji. Jest to praca fizycznie ciężka, szkodliwa dla zdrowia, prowadzona w trudnych warunkach (hałas, wibracje) i monotonna. Jej uciążliwość wzrasta, gdy obsługiwana prasa jest elementem linii produkcyjnej. Dlatego też na świecie, w ostatnich latach eliminuje się ludzi z obsługi zarówno linii, jak i pojedynczych pras, wprowadzając na szeroką skalę automatyzację i robotyzację. W Polsce fabryką o największych dokonaniach na tym polu są zakłady Fiat-Auto-Poland. W tłoczni w Tychach, w roku 1991 Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP oddał do eksploatacji zrobotyzowaną/zautomatyzowaną linię pras średnich 300T. Jak wynika z doświadczeń trzyletniej eksploatacji,najwięcej problemów w zakresie automatyki stwarzał system zapisu/odczytu i przechowywania programów użytkowych robotów. W roku 1993 opracowano koncepcję rozwiązania tych problemów przy udziale dwóch firm wyspecjalizowanych w pracach z dziedziny automatyki, a mianowicie ELAURO i IPControl, oraz inżynierówów z Fiat-Auto-Poland . W końcu roku zmodernizowany system był już w eksploatacji, zrealizowany i wdrożony przez PIAP,

2. Tradycyjny system wymiany i przechowywania informacji w zrobotyzowanej linii pras i koncepcja jego zmiany

Linia nr 22 w tłoczni w Tychach składa się z sześciu pras EZ-300T. Są one obsługiwane przez siedem robotów przemysłowych IRb-60 (produkcji PIAP). Magazyn wejściowy linii jest wyposażony w manipulator pneumatyczny podający detale pierwszemu robotowi, umieszczonemu przed pierwszą prasą. Jako magazyn wyjściowy zastosowano skrzynie, do których ostatni robot w linii odkłada gotowe, przetłoczone elementy. Ogólną strukturę linii pras przedstawia rys.1. Pracą całej linii zarządza nadrzędny sterownik SIMATIC S5-155U. Komunikuje się on z układami sterowania robotów i pras za pomocą sygnałów dwustanowych. Poprzez szeregowe łącze transmisyjne RS-232 (linia światłowodowa) możliwe jest połączenie sterownika SIMATIC z komputerem zainstalowanym w biurze tłoczni. W ten sposób można przekazywać wprost do biura dane technologiczne z linii. Dane te mogą być następnie poddawane dalszej obróbce: wizualizacja, zestawienia statystyczne, bilanse, w dłuższych

horyzontach czasowych. Dla krótszych okresów taką obróbkę zapewnia sterownik SIMATIC.

System zapisu/odczytu i przechowywania programów użytkowych robotów był oparty na indywidualnych pamięciach kasetowych poszczególnych robotów. System ten był niewygodny w użyciu. Powodował on, przy tej liczbie robotów w linii i jej pracy na trzy zmiany, zbyt duży nakład czasu na wpisywanie programów z pamięci kasetowej do pamięci robotów. W rezultacie uruchamianie linii, np. po przezbrojeniu,trwało zbyt długo. Zastosowane w IRb-60 magnetofony PK-1 zbyt często ulegały awariom. Podtrzymanie bateryjne programów użytkowych, gwarantowane zgodnie z DTR robotów na 30 min, to stanowczo za mało. Użytkownicy wymagają, aby program był zachowany podczas przerwy nocnej a także świątecznej (2, 3 doby, do tygodnia,a czasem i dwóch).

Opracowując koncepcję modernizacji linii w zakresie zapisu/odczytu i przechowywania programów użytkowych kierowano się przede wszystkim zwiększeniem dyspozycyjności technicznej całej instalacji. Dlatego też modernizacja miała dwa podstawowe cele:

a) zmiana pamięci wewnętrznej programów w robotach IRb-60 pracujących w linii pras tak, aby nie było wymagane podtrzymanie bateryjne, oraz wyeliminowanie pamięci taśmowej PK-1,

b) wprowadzenie centralnego systemu gromadzenia, przechowywania i przetwarzania programów użytkowych dla wszystkich robotów w linii, bazującego na komputerze klasy IBM PC.

Do realizacji tych zadań zaproponowano szeregowe sprzężenie robotów prądową linią transmisyjną RS232 z centralnym komputerem rejestrującym i archiwizującym programy użytkowe (IBM PC) i zastąpienie tradycyjnych pamięci RAM w robotach nowoczesnymi elementami hybrydowymi pamięci z wewnętrzną baterią. Ich producent gwarantuje czas podtrzymania zawartości ok. 10 lat. W szafach sterowniczych robotów zainstalowano specjalizowane adaptery komunikacyjne. Za ich pomocą programy użytkowe są ładowane do/z komputera centralnego. Dzięki temu w ogóle wyeliminowano stosowanie zewnętrznej pamięci taśmowej. Ponadto opracowano specjalizowane oprogramowanie Komputerowego Systemu Wspomagania Programowania robotów przemysłowych IRb - KSWP. System ten został zainstalowany na komputerze typu PC. Umożliwia on m.in. przekodowanie programu odczytanego z robota do postaci tekstowej, pełną edycję programu w postaci tekstowej, wstawianie komentarzy, przenumerowywanie instrukcji, zakodowanie programu do postaci binarnej oraz ładowanie go do układu sterowania robota.

3. Modernizacja zapisu i odczytu programów użytkowych do/z pamięci wewnętrznej robotów w linii pras

Zmodernizowany system zapisu i odczytu programów użytkowych obejmuje trzy elementy:

- centralną stację zapisu i odczytu programów,
- sieć informatyczną łączącą centralną stację z robotami,
- mikroprocesorowe adaptery komunikacyjne robotów do współpracy z siecią informatyczną.

Jako stację centralną zastosowano komputer IBM PC. Oprogramowanie użytkowe realizujące pracę stacji centralnej zapewnia przyjazne środowisko dla operatora. Wprowadzono konwersacyjny system pracy. Zadaniem operatora jest wybór opcji dostępnej w wyświetlanym na ekranie "menu". System informuje o swoim stanie pracy odpowiednimi komunikatami. Sugeruje, jak też podpowiada ewentualne dalsze postępowanie operatora. Praca z tym oprogramowaniem nie wymaga od operatora znajomości systemu operacyjnego komputera.

Oprogramowanie zostało zorganizowane na dysku twardym komputera w dwóch katalogach. Jeden zawiera programy narzędziowe. Drugi katalog stanowi właściwe archiwum, pamięć masową robotów linii pras. Może on być podzielony na podkatalogi właściwe różnym konfiguracjom linii (linię można dzielić na autonomiczne sekcje) i różnym detalom tłoczonym w linii. Odczyt programów użytkowych przez roboty odbywa się zawsze z dysku twardego. Zapis programów robotowych jest dokonywany natomiast na dyskietkę. Operator musi świadomie program taki przenieść do archiwum na dysku twardym. Ma to na celu zabezpieczenie systemu przed przypadkowym zamazaniem programu archiwalnego nową, niedopracowaną wersją.

Komunikacja komputera z robotami odbywa się za pośrednictwem kanału transmisji szeregowej. Interfejs szeregowy komputera jest dołączony do przetwornika typu ELAURO ZS-PSI/U-I. Przetwornik ten realizuje oddzielenie galwaniczne komputera od reszty systemu oraz zamienia sygnały napięciowe interfejsu RS232 na sygnały pętli prądowej. Wprowadzenie tego rozwiązania było podyktowane względami odporności całego zmodernizowanego systemu na zakłócenia elektromagnetyczne. Przetwornik zawiera również dwa rozdzielone galwanicznie zasilacze do obu obwodów interfejsu: napięciowego i prądowego. Sieć szeregowa składa się z odcinków kabli łączących przetwornik z pierwszym robotem i kolejne roboty między sobą. Zamknięcie linii włączone na końcu sieci szeregowej, za ostatnim robotem, wykonane jest w postaci odpowiednio okrosowanego złącza. Wszystkie połączenia rozłączne w sieci wykonane są tak, aby uniemożliwić błędne połączenie.

Zadaniem mikrokomputerowych adapterów robotów jest dołączenie układów sterowania IRb-60 do sieci informatycznej systemu. Adaptery zastępują interfejsy pamięci kasetowej. Dzięki temu całą modernizację przeprowadzono bez ingerencji w program sterujący robotów IRb-60. Adapter zapewnia izolację galwaniczną układu sterowania robota od sieci informatycznej. Jest urządzeniem mikroprocesorowym, bazującym na jednostce rodziny Intel 80C51. Jego oprogramowanie realizuje protokół wymiany danych i sygnałów sterujących między jednostką centralną sterownika robota a centralną stacją zapisu/odczytu. Adapter odbiera z magistrali układu sterowania informacje o żądaniach robota, jak np. wciśnięcie przez operatora przycisku "ODCZYT PROGRAMU Z KASETY" i przekazuje je do realizacji do stacji centralnej, która rozpoczyna transmisję programu użytkowego do zgłaszającego żądanie robota. Istotną funkcją adaptera jest identyfikowanie robota przez stację centralną. Adres adaptera w zakresie 1 do 7, identyczny z numerem robota w linii, zgodnie z konwencją przyjętą w oprogramowaniu sterownika SIMATIC, zostaje ustalony przez odpowiednie okrosowanie trzybitowego pola kodowego przed zabudowaniem adaptera w szafie robota. Praca mikroprocesorowego adaptera robota jest uruchamiana samoczynnie, po włączeniu zasilania i nie wymaga obsługi operatorskiej.

Jak wspomniano, obsługa robotów IRb-60 nie zmieniła się w porównaniu do obsługi robotów ze standardowym wyposażeniem w pamięć kasetową PK-1. Uruchomienie programu stacji centralnej następuje samoczynnie po włączeniu komputera. Na początku pojawia się okno informacyjne umożliwiające wprowadzenie podziału linii na sekcje. Podział ten powinien być zgodny z zapisanym w sterowniku SIMATIC. Kolejnymi opcjami, wykorzystywanymi podczas normalnej pracy systemu, są:

- ZAPIS NA DYSKIETKĘ - system wchodzi w stan nasłuchu, zapisując dane otrzymane z sieci do odpowiedniego zbioru na dyskietce,
- CZYTANIE Z DYSKU - operator inicjuje transmisję odpowiedniego zbioru z dysku twardego do wskazanego robota.

4. Komputerowy system wspomagania programowania (KSWP) robotów przemysłowych IRb

Komputerowy system wspomagania programowania robotów przemysłowych IRb-60 (KSWP) jest częścią zmodernizowanego systemu gromadzenia i przechowywania programów użytkowych robotów w linii pras. System KSWP współpracuje ze zmodernizowanym systemem zapisu i odczytu programów użytkowych robotów IRb-60. Oba systemy zostały zainstalowane na tym samym komputerze. KSWP może również pracować

na komputerze oddalonym od linii, np. w biurze. Jako interface do przekazywania informacji wykorzystywana jest wtedy dyskietka.

4.1. Cechy funkcjonalne systemu KSWP

a) kompilacja - zapis programu użytkowego robota IRb-60 do zbioru komputerowego - przekodowanie postaci tekstowej programu użytkowego do postaci binarnej, akceptowanej przez zmodernizowany system zapisu i odczytu,

b) dekompilacja - odczyt programu użytkowego robota IRb-60 ze zbioru komputerowego - rozkodowanie postaci binarnej otrzymanej ze zmodernizowanego systemu zapisu i odczytu do postaci tekstowej,

c) edycja programu użytkowego robota IRb-60 na komputerze:

- przeglądanie programu użytkowego robota w przód/tył,
- przejście na początek/koniec programu,
- przenumerowanie instrukcji (rozsunięcie numerów co 10),
- zmiana parametrów numerycznych instrukcji,jak np. czasu czekania, numeru wyjścia,
- kasowanie instrukcji lub bloku instrukcji,
- wstawianie nowych instrukcji,
- wyszukiwanie w tekście programu dowolnych znaków lub ciągu znaków, np. wybranej instrukcji lub określonego wejścia,

d) wprowadzenie możliwości dołączenia komentarzy do treści programu użytkowego robota. Pole komentarza rozpoczyna się znakiem podwójnego slasha (//). Każdy komentarz jest związany z konkretną instrukcją. Komentarz jest umieszczony w linii instrukcji, do której się odnosi lub w osobnej linii, poprzedzającej linię instrukcji, do której się odnosi,

e) wydruk programu użytkowego robota na drukarce komputerowej, w postaci tekstowej, z komentarzami,

f) mechanizm "pomocnika" - w każdej chwili można znaleźć szczegółowe informacje na temat funkcji realizowanych przez system, jak również opis semantyki języka programowania.

Dodatkowo należy zwrócić uwagę, że KSWP został zaprojektowany zgodnie z aktualnymi trendami światowymi w tej dziedzinie i pracuje w środowisku Windows. Posiada także elementy diagnostyki. Istnieje możliwość sprawdzania poprawności formalnej programu,np. wykrywanie skoku do nieznanej instrukcji, brak instrukcji KONIEC w programie, przekroczenie maksymalnej dopuszczalnej długości programu użytkowego. Dzięki wykorzystaniu standardowych plików możliwe jest przypisywanie programom gromadzonym w komputerze różnych nazw oraz w sposób automatyczny dat ich ostatniej modyfikacji.

4.2. Postać programu użytkowego robota w systemie KSWP

Program użytkowy robota IRb-60 składa się z ciągu linii programu. Postać linii programu jest następująca:

numer instr. nazwa instr. parametry instr. //KOMENTARZ

Linia programu może zawierać tylko komentarz. Wtedy rozpoczyna się od znaków //. Całkowita długość linii programu nie przekracza 80 znaków. Nazwy instrukcji są zgodne z DTR robotów IRb. Przedstawiono je poniżej wraz z kodami i długościami poszczególnych instrukcji oraz przykładami zapisu w edytorze systemu KSWP:

- DOKŁADNIE (kod - 01, długość - 14) - pozycjonowanie typu PTP z dokładnym dojściem do pozycji,

  np. 10 DOKŁADNIE [1023, 4567, 2345, 7324, 456], V = 50%

- ZGRUBNIE (02,14) - pozycjonowanie typu PTP ze zgrubnym dojściem do pozycji,

  np. 10 ZGRUBNIE [1543, 1237, 985, 12324, 1456], V = 50%

- LINIOWO (03,14) - pozycjonowanie typu PTP synchroniczne (jednoczesne rozpoczęcie i zakończenie ruchu we wszystkich osiach),

  np. 10 liniowo [1, 47, 12345, 724, 4016], CZAS=4.0s

- CHWYTAK (04, 4) - operacja na chwytakach z uwzględnieniem oczekiwania na zadziałanie elementu wykonawczego,

  np. 30 CHWYTAK nr 1 WYŁ., CHWYTAK nr 2 ZAŁ., CZAS=1.5s

- WYJ. ZAŁ. (05, 4) - załączenie wyjścia,

  np. 20 WYJ. ZAŁ. WY nr 16

- WYJ. WYŁ. (06, 4) - wyłączenie wyjścia,

  np. 20 WYJ. WYŁ. WY nr 16

- CZEKANIE (07, 4) -oczekiwanie na upływ czasu,

  np. 120 CZEKANIE CZAS = 1.5s

- KONIEC (08, 3) - koniec programu,

  np. 1230 KONIEC

- CZEK. WAR. (09, 4) - oczekiwanie na przełączenie wejścia,

  np. 1540 CZEK. WAR. WE nr 1

- SKOK. PROGR. (10, 4) - skok do kolejnego programu, pod warunkiem załączenia wejścia obiektowego,

  np. 600 SKOK PROGR WE nr 14

- SKOK WAR. (11, 4) - skok warunkowy w obrębie aktualnego programu,

  np. 630 SKOK WAR. WE nr 12

- SKOK (12, 5) - bezwarunkowy skok w obrębie aktualnego programu,

  np. 4500 SKOK DO INSTR. 260

- POWT. (13, 4) - rozpoczęcie pętli powtórzeń,

  np. 180 POWTÓRZ] 5

- KONIEC POWT. (14, 3) - koniec pętli powtórzeń,

  np. 3290 KONIEC POWT.

- WZÓR (15, 3) - deklaracja początku fragmentu programu, który będzie powielany w innych miejscach jako wzorzec,

  np. 4320 WZÓR

- MODYF. (16, 3) - wydzielenie różniących się od siebie części wzorca zadeklarowanego instrukcją WZÓR,

  np. 1290 MODYF

5. Podsumowanie - korzyści z modernizacji

Opisana praca może być przykładem prawidłowego współdziałania różnych stron zainteresowanych jej końcowym powodzeniem. Temat wynikał z bezpośrednich doświadczeń eksploatacyjnych. Do jego realizacji wybrano producenta robotów, a więc niewątpliwie firmę najbardziej kompetentną w tym zakresie. PIAP podzlecił część prac firmom miejscowym, znanym już z dobrej strony w fabryce, na podstawie wcześniej wykonywanych prac. Dzięki temu nie było problemów czysto organizacyjnych związanych z koniecznością częstego pdróżowania lub utrzymywania zespołów wykonawców przez dłuższy czas w delegacji. Dobrze również wpływało to na atmosferę pracy.

Przedstawione rozwiązanie jest własnością PIAP. Może ono być oferowane innym użytkownikom robotów rodziny IRb. Jego zastosowanie przynosi konkretne, wymierne

korzyści. W opisywanym przykładzie są to przede wszystkim:

- wyeliminowanie konieczności wgrywania programów po przestojach linii, a więc istotne skrócenie czasu przygotowania linii do pracy,

- podniesienie niezawodności zapisu/odczytu programów użytkowych do/z robotów,

- wyeliminowanie pakietu sterującego pamięcią kasetową i zasilacza rezerwowego, co zmniejszyło ilość ciepła wydzielanego w szafie sterowniczej - podnosi to niezawodność działania robotów,

- system KSWP umożliwia tworzenie, poprawianie i dokumentowanie programów użytkowych robotów bez potrzeby wyłączania ich z eksploatacji, a więc zakłóceń normalnej produkcji.

Wprowadzenie przedstawionej modernizacji istotnie poprawiło dyspozycyjność techniczną linii, przede wszystkim poprzez radykalne skrócenie czasu uruchamiania linii po przestojach oraz po przezbrojeniach.

System KSWP i zmodernizowana pamięć zewnętrzna robotów mogą być stosowane również z dużą efektywnością do pojedynczych robotów, a zalecane szczególnie tam, gdzie operuje się znaczną liczbą programów użytkowych.

LITERATURA

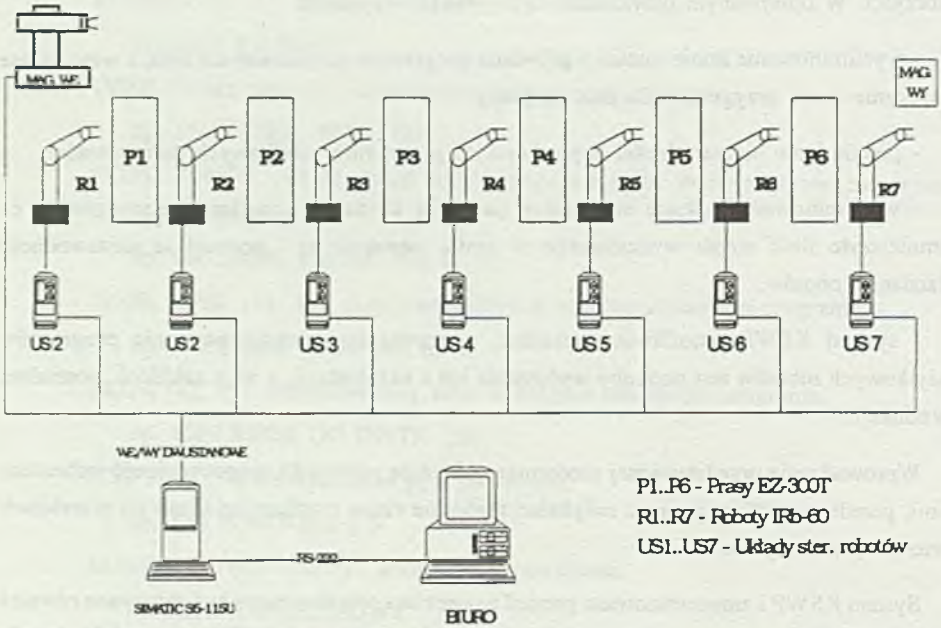
[1] Sawwa R., Petz M.: The Last Robotics Applications Automating the Production Lines in Poland. International Workshop "Robotic in Theory and Practice - ROBTEP'93", Preszów, Słowacja, September 1993.

[2] Sawwa R., Dwojak St., Grześlak J., Sikora J., Sikora W.: The flexible Robotization of the Medium Press Line at the Car Factory. The Results Obtained. Biuletyn PIAP, nr 4-162, Warszawa 1992.

[3] Grześlak J., Łukasik E., Sawwa R., Świder S. Doświadczenia z wdrożenia zrobotyzowanej linii pras w FSM Tychy. VIII Krajowa Konferencja Automatyzacji Dyskretnych Procesów Produkcyjnych, Kozubnik 1992, Zeszyty Naukowe politechniki Śląskiej, Seria Automatyka z. 110, 1992.

[4] Sawwa R., Dwojak St.: O ocenie eksploatacyjnej zautomatyzowanych-zrobotyzowanych systemów produkcyjnych. Biuletyn PIAP, nr 6-158, Warszawa 1991.

[5] Sawwa R., Dwojak St.: The Flexible Robotization of the pressline at the car Factory Using the Industrial Controller. IEEE International Workshop on Intelligent Motion Control, August 1990, Istambuł, Turcja oraz Biuletyn PIAP nr 1-153, Warszawa 1991.



Rys. 1. Ogólna struktura sterowania linią pras średnich

Fig. 1. Press line - structure of control system

Recenzent: Prof. dr inż. Henryk Kowalowski

Wpłynęło do Redakcji do 30.04.1994 r.

Abstract

A press line serving is a typical, very hard, hazardous and causing the workers health damages work. Hence it should be automatized/robotized. At present various systems automating the work are designed. In Poland the modernest automated press shop is situated in the Fiat-Auto-Poland, Tychy car factory, where robots are used for automatisation/robotisation of amall, medium and heavy press lines. Every kind of the line is robotised in a different way. The medium size 300T press line was robotized/automatized in 1991 by Industrial Research Institute for Automation and Measurements PIAP, Warsaw. For that purpose IRb-60 industrial robots made by PIAP were used. The exploatation of the line shows that the application of an external memory based on magnetic tape cassettes is very unefficient for automation purposes. For six press lines with seven serving robots a start-up was very time consuming process and an internal memory of the robots didn't keep the processing programmes long enough. Therefore, the modernisation of the system was undertaken and finished by PIAP in 1993. Instead of the old type internal memories in the robots controllers modern hybrid chips (with the back-up battery inside) were installed. They provide a large mamory space for processing programmes and assure a long time of program memorizing, when the robots are switched-off. Beside, the IBM PC computer based, centralized system for reading, collecting, editing, modyfying, storing on the FD and writing the processing programmes from/to the robots serving the line was developed. The robots are connected with the computer by a 150m long loop using RS232 current interface. This enables communication between the robots and computer and make some kind of a simple variant of the off-line robots programming, providing all above mentioned operations and additionaly some checking procedures for programmes. The system is very usefull for objects like: industrial production lines, cells or automated machine groups with many machines and robots or/and whith one or several robots executing a lot of different processing programmes. Since the process of the programme creation is ussually complicated and time consuming, they should be stored carefully. The system works correctly and enables a considerable shortening of the press-line start-up time, increasing a technical availability coefficient of the automatized/ robotized line.