

Robert CZYŻEWSKI, Marek PETZ
Systemy Automatyki Przemysłowej s.c.
Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów

PROBLEMY STEROWANIA PROCESEM NANOSZENIA POWŁOK TECHNOLOGICZNYCH NA PRZYKŁADZIE ZROBOTYZOWANEJ LINII GRAFITOWANIA KINESKOPÓW

Streszczenie: W pracy opisano linię grafitowania kineskopów z robotem IRB 1500 pod kątem sterowania. Przedstawiono funkcje spełniane przez układ sterowania oraz jego konfigurację sprzętową. Omówiono sposób komunikacji sterownika z poszczególnymi urządzeniami linii oraz zadania sterownika.

CONTROL PROBLEMS OF COATING PROCESS ON EXAMPLE OF ROBOTIZED LINE OF GRAPHITE COATING OF TV-TUBES

Summary: A robotized line of graphite coating of TV-tubes with IRB 1500 robot is described. Control system function, its hardware configuration and PLC tasks are described. Ways of communication between PLC and line equipment were presented.

STEUERUNGSPROBLEME VON DES BESCHICHTENS AM BEISPIEL DER ROBOTISIERTER LINIE ZUR GRAFITAUFRÄGUNG AUF FERNSEHRÖHREN

Zusammenfassung: Eine robotisierte Linie zur Grafitaufrägung mit IRB 1500 Roboter wurde aus Sichtpunkt von Steuerung geschrieben. Die realisierte von Steuerungssystem Funktionen, Hardware und PLC Aufgaben wurden dargestellt. Kommunikation zwischen PLC und Linieeinrichtungen wurde präsentiert.

1. Wstęp

W procesie produkcji kineskopów m.in. na trzy ścianki stożka nanoszona jest warstwa grafitu, a wokół anody pierścien lakieru izolacyjnego. W zakładach Thomson-Polkolor zadanie to jest wykonywane na trzech zrobotyzowanych (roboty IRB 1500 produkcji ABB) liniach, opartych na transporterach krokowych. Każda linia jest sterowana sterownikiem C200H firmy

OMRON. Na każdej linii mogą być produkowane trzy rodzaje kineskopów, ładowane na linię w sposób przypadkowy.

Kineskop po załadowaniu na linię trafia na stanowisko identyfikacji, skąd informacja o typie kineskopu jest przesyłana do sterownika. Następnie przez kilka kolejnych cykli kineskop jest podgrzewany do temperatury około 40°C, a następnie badany jest stan powierzchni kineskopu (czy był już poprzednio grafitowany). Następnym stanowiskiem jest stanowisko nakładania przez robot (specjalną gąbką) warstwy grafitu, a potem nakładanie przez manipulator pneumatyczny pierścienia lakieru. Po nałożeniu tych warstw kineskop wchodzi do suszarki, a ostatnim stanowiskiem jest stanowisko pomiaru parametrów elektrycznych warstwy grafitu.

2. Funkcje sterowania

Podstawowymi wymaganiami użytkownika są: odpowiednia jakość kineskopu i wydajność linii (180 sztuk/godz, czyli cykl nie dłuższy niż 20 sek). Sposób komunikacji między sterownikiem a urządzeniami linii ma podstawowy wpływ na wydajność. Sterownik otrzymuje informacje z czujników wszystkich urządzeń linii i na ich podstawie steruje pracą wszystkich urządzeń w trybie automatycznym. Również w trybie ręcznym posługiwanie się większością urządzeń linii odbywa się poprzez sterownik.

Sterownik wysyła w każdym cyklu polecenie rozpoczęcia pracy do wszystkich stanowisk linii. Wcześniej sprawdza warunki startu linii, tzn. czy wszystkie urządzenia (łącznie z transporterem) są w pozycjach wyjściowych i czy sprawdzane parametry mieszczą się w odpowiednich granicach.

Pierwszym stanowiskiem, z którym komunikuje się sterownik, jest stanowisko identyfikacji typu kineskopu. Są to trzy czujniki optyczne (typu nadajnik-odbiornik), których kombinację sygnałów sterownik odpowiednio interpretuje i zachowuje w pamięci przez cały cykl pracy linii, przekazując tę informację do kolejnych stanowisk w takt przesuwu transportera. Początkowo zdarzały się błędy w określaniu typu kineskopu, spowodowane użyciem niewłaściwych czujników i zbyt prostym sposobem interpretacji sygnałów czujników. Po wymianie czujników i poprawieniu programu rozpoznawanie kineskopów jest niezawodne.

Sterownik otrzymuje również informację, czy kineskop zakładany na linię był już grafitowany (jest to możliwe ze względów technologicznych). Taki kineskop nie powinien być powtórnie lakierowany i sterownik wstrzymuje wtedy działanie stanowiska lakierowania. Inne stanowiska działają normalnie.

Pierwszym stanowiskiem, które otrzymuje od sterownika polecenia (oprócz wysyłania do sterownika informacji) jest zrobotyzowane stanowisko nakładania grafitu. Podstawowym poleceniem ze sterownika jest wybór programu roboczego robota, w zależności od aktualnego

kineskopu (mały, średni, duży). Zgoda na start programu robota jest uzależniona od temperatury kineskopu i zatrzymania się transportera na właściwej pozycji (oba te warunki są sprawdzane przez sterownik). Po zakończeniu programu grafitowania robot wysyła odpowiedni sygnał do sterownika. Pewną pozostałością okresu rozruchu i niepewności identyfikacji kineskopu jest dodatkowe sprawdzanie typu kineskopu przez czujnik podłączony bezpośrednio do robota.

Manipulator lakierowania jest urządzeniem wymieniającym ze sterownikiem najwięcej sygnałów. Ruch każdego z trzech siłowników liniowych i jednego obrotowego jest powodowany sygnałem sterownika, a każde położenie krańcowe siłownika jest kontrolowane przez czujniki informujące sterownik.

Podobna komunikacja odbywa się również między sterownikiem a stanowiskiem pomiaru parametrów grafitu. Wysuw elektrod umieszczonych na siłownikach pneumatycznych i kontrolowanie położenia siłowników odbywa się poprzez sterownik. Dodatkowo do sterownika przekazywane są informacje z układu pomiarowego stanowiska, czy wartości parametru mieszczą się w odpowiednich granicach. Na podstawie tych informacji sterownik klasyfikuje kineskop jako "dobry" lub "zły".

Jednym z głównych problemów sterowania przy uruchamianiu linii było nieprawidłowe przesuwanie informacji w takt ruchów transportera. Było to spowodowane zastosowaniem wyłącznika krańcowego jako informującego o zatrzymaniu transportera. Sygnał tego wyłącznika "migotał", co sterownik rozumiał jako następny krok transportera i wyprzedzał informację o typie kineskopu w stosunku do rzeczywistości. Zamiana wyłącznika krańcowego na indukcyjny czujnik zbliżeniowy zlikwidowała ten problem.

Ważnym zadaniem sterownika jest podawanie informacji o występujących awariach linii. Awarie zostały podzielone na istotniejsze - zatrzymujące linię oraz nie zatrzymujące linii, a tylko ostrzegające o nieprawidłowych stanach. Informacje te są podawane na kilku poziomach szczegółowości

Oprócz zadań sterowania linią sterownik zbiera również informacje produkcyjne o liczbie, typach i klasyfikacji "dobry" - "zły" produkowanych kineskopów. Informacje te są na żądanie wyświetlane i mogą być kasowane przez obsługę po podaniu hasła.

3. Struktura systemu sterowania

Struktura systemu sterowania przedstawiona jest na rys.1. System ten jest średniej wielkości, jeśli chodzi o liczbę sygnałów i złożoność procedur sterowania. W omawianym systemie występują wyłącznie sygnały cyfrowe. Sygnały analogowe występują wyłącznie jako sygnały pomiarowe w autonomicznych układach pomiarowych temperatury i rezystancji oraz układach regulacji temperatury.

Cały system sterowania został tak pomyślany, aby ograniczyć rolę mikroprocesorowego sterownika programowalnego do synchronizacji pracy poszczególnych urządzeń linii technologicznej oraz wychwytywania awarii oraz sytuacji, które mogłyby, w porę nie zauważone, doprowadzić do awarii i przerwy w produkcji. Stąd też większość urządzeń linii posiada swoje autonomiczne układy sterowania.

Elementem centralnym jest mikroprocesorowy sterownik programowalny typu SYSMAC-C200H firmy OMRON (Japonia). Składa się on z jednostki centralnej (CPU) z wbudowaną pamięcią programu 16kB RAM podtrzymywaną bateryjnie oraz zegarem czasu rzeczywistego, modułu komunikacyjnego RS232C oraz modułów cyfrowych wejść i wyjść. Wszystkie elementy składowe sterownika umieszczone są na płycie montażowej (backplane) stanowiącej z punktu widzenia architektury systemowej szynę wejść/wyjść sterownika.

O ile funkcje jednostki centralnej oraz modułów cyfrowych wejść i wyjść pełnione w sterowniku nie wymagają dodatkowych wyjaśnień, to wymaga ich rola modułu komunikacyjnego RS232C. W systemie docelowym, to jest takim, jaki obecnie pracuje w linii grafitowania zadaniem jego jest obsługa terminala typu NT20M (również firmy OMRON). Na etapie programowania sterownika i uruchamiania systemu sterowania moduł ten służył do wprowadzania programu sterownika z komputera. Jest on również obecnie wykorzystywany do celów okresowej diagnostyki oprogramowania.

Wspomniany wyżej terminal stanowi w systemie sterowania linią element przekazywania obsłudze informacji o zaistniałych awariach, sytuacjach przedawaryjnych oraz wielkości produkcji (man-machine interface). Jest on wyposażony w ekran ciekłokrystaliczny o wymiarach 256x128 pikseli oraz 12 foliowych przycisków (klawiszy) funkcyjnych. Znaczenie tych przycisków nie jest sztywno określone przez producenta, lecz przez projektanta systemu. Za pomocą klawiatury funkcyjnej wprowadza się do systemu sterowania np. hasło umożliwiające służbom nadzoru produkcyjnego kasowanie danych dotyczących wielkości produkcji (system zapamiętuje datę i czas skasowania danych!). W wewnętrznej pamięci terminala zapisane jest około 20 obrazów (można zapisać 255), które poleceniem sterownika mogą być przesłane na jego ekran.

Organizacja przekazywania obsłudze informacji przez terminal jest hierarchiczna: obrazy o malejącej "randze" zawierają coraz bardziej szczegółową informację. Wyboru zestawu informacji do wyświetlenia na ekranie dokonuje obsługa przez naciśnięcie klawisza funkcyjnego, odpowiedzianego na ekranie.

Jak wspomniano wyżej, większość urządzeń linii grafitowania, w szczególności robot IRB 1500 posiada własne, niezależne układy sterowania. Wymiana informacji pomiędzy sterownikiem a układem sterowania robota odbywa się w sposób bardzo uproszczony, za pomocą niezależnych sygnałów cyfrowych. We wstępnej fazie projektowania była rozważana możliwość skomunikowania obu tych "inteligentnych" urządzeń za pomocą interfejsu

szeregowego, np. RS232C, co byłoby na pewno rozwiązaniem technicznie eleganckim, lecz bardzo nieekonomicznym w konfrontacji z niewielką ilością informacji będącej do przestania.

4. Mikroprocesorowy sterownik programowalny SYSMAC-C200H

Sterownik ten jest średniej wielkości sterownikiem z szeroko rozrośniętej rodziny SYSMAC-C sterowników firmy OMRON. Rodzina ta obejmuje z jednej strony sterowniki obsługujące co najwyżej kilkanaście wejść i wyjść cyfrowych, z drugiej zaś potężne systemy sieciowe sterowników i komputerów zdolne obsłużyć dziesiątki tysięcy sygnałów cyfrowych i analogowych. W rozdziale tym zostaną również przedstawione pokrótce dane charakterystyczne oraz możliwości sprzętowe i programowe poszczególnych typów sterowników.

Cała rodzina sterowników SYSMAC przedstawia się następująco:

SYSMAC-C20	SYSMAC-C20K	SYSMAC-C20H	
	-C28K	-C28H	
	-C40K	-C40H	
	-C60K	-C60H	
SYSMAC-CQM1	SYSMAC-C200H	SYSMAC-C100H	SYSMAC-C2000H

SYSMAC-CV500	SYSMAC-CV1000	SYSMAC-CV2000	

Układ, w jakim zostały sterowniki wyliczone, nie jest przypadkowy: grupa górna to sterowniki małe, grupa środkowa - sterowniki średnie i duże, natomiast dolna - duże sterowniki o wysokiej szybkości przetwarzania i dużych możliwościach komunikacji w systemach sieciowych. Jak widać, sterownik SYSMAC-C200H znajduje się już blisko sterowników dużych - za jego pomocą można obsłużyć nawet około 600 sygnałów cyfrowych wejściowych i wyjściowych. Niestety, barierą jest stosunkowo niewielka pamięć programu: max 16 kB. Jak wykazała praktyka, rosnąca złożoność sterowania wymagająca dłuższego programu ogranicza liczbę wejść i wyjść możliwych do obsłużenia tym programem i odwrotnie: dla małej liczby sygnałów wejściowych i wyjściowych można napisać dość złożony program sterujący.

W omawianym przypadku systemu sterowania linii grafitowania zastosowano wyłącznie jeden typ modułów wejściowych i jeden typ modułów wyjściowych. Jednakże asortyment tych modułów jest bardzo bogaty i pozwala realizować złożone procesy sterowania, włącznie z przetwarzaniem analogowo-cyfrowym i cyfrowo-analogowym, regulacją temperatury i sterowaniem numerycznym maszyn i prostych robotów przemysłowych. Stosowane moduły tego typu stanowią autonomiczne jednostki sterowania

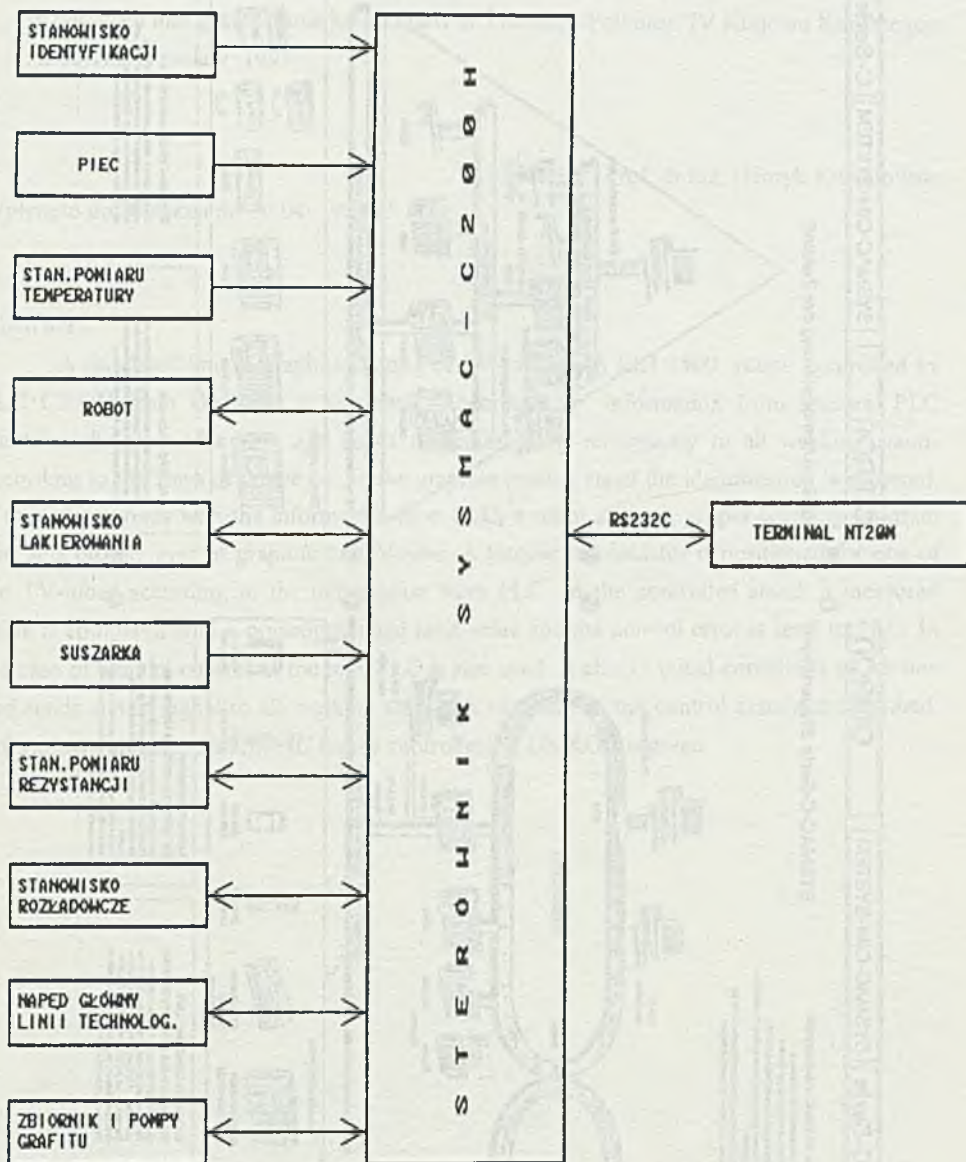
komunikujące się z jednostką centralną sterownika prawie na zasadach równorzędności (głównie w celu przekazania lub pobrania przetworzonych danych oraz wymiany sygnałów synchronizujących). Dostępny dla tego sterownika moduł mikrokomputerowy programowalny w języku BASIC lub assemblerze, wyposażony w dwa porty szeregowy RS232C pozwala włączyć w system sterowania urządzenia "inteligentne". Ponadto moduł ten może wspomóc jednostkę centralną sterownika w przypadkach bardziej złożonych sterowań, np. sterowań optymalnych wymagających często skomplikowanych obliczeń.

Duże sterowniki, np. C1000H i C2000H, dysponują możliwościami obsługi odpowiednio 1024 i 2048 sygnałów wejściowych i wyjściowych. Ponadto duża pamięć programu (64kB) pozwala na realizację bardzo złożonych procedur sterowania. Dodatkowo w stosunku do sterownika C2000H paleta specjalizowanych modułów jest poszerzona o moduł regulatora PID, moduł przerwań, moduł czytnika kodu paskowego, moduł czytnika kart magnetycznych, moduł głosowy (umożliwiający sterownikowi "wygłaszać" komunikatów ludzkim głosem, niezależnie od języka), moduł pamięci RAM (do masowego przechowywania danych lub zapasowych, wymiennych procedur programowych). Ten ostatni daje szczególne możliwości projektantowi systemu sterowania: pozwala na wymianę całych fragmentów programu w trybie on-line, a więc natychmiastowe samoczynne reagowanie sterownika na najbardziej skomplikowane warunki zewnętrzne. Sterownik SYSMAC-C2000H może być ponadto wyposażony dodatkowo w zapasową jednostkę centralną pracującą w trybie gorącej rezerwy (hot stand-by), co podnosi znacznie niezawodność sterowania.

Sterowniki SYSMAC-CV500, -CV1000, -CV2000 są znacznie unowocześnionymi i udoskonalonymi wersjami sterowników SYSMAC-C500, -C1000H, -C2000H. Charakteryzują się przede wszystkim kilkakrotnie zwiększoną prędkością przetwarzania w stosunku do swoich poprzedników, a ponadto szybszą komunikacją w sieciach sterowników i komputerów (możliwość bezpośredniego łączenia szyny sterownika z urządzeniami zewnętrznymi, w miejsce powolnych interfejsów szeregowych). Ze sterowników można budować sieci różnorodnego typu: sieci składające się wyłącznie ze sterowników, sieci składające się ze sterowników i komputera nadrzędnego (dowolnego typu, w tym w szczególności mikrokomputera klasy IBM PC) oraz sieci składające się z traktowanych równorzędnie sterowników, mikrokomputerów klasy IBM PC i komputerów dowolnego typu (za pośrednictwem odpowiednich urządzeń interfejsowych).

Sieci powyższe mogą być konfigurowane w oparciu o różne media transmisyjne: łącza elektryczne w standardach RS232C, RS422, RS485, Profibus, jak również łącza światłowodowe w oryginalnym standardzie OMRONA lub miniMAP.

Przykład złożonej sieci przedstawiony jest na rys. 2.



Rys. 1. Struktura systemu sterowania linią grafitowania

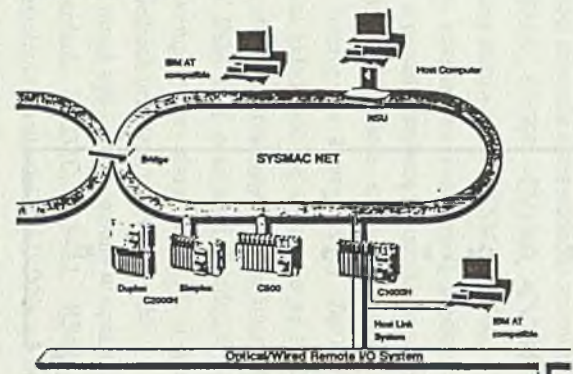
Fig. 1. Structure of control system for graphite line

C-Serie | SYSMAC-CIM-SYSTEM | OMRON

Das SYSMAC-FA-Konzept:

- Reduzierte Installationszeit.
- Volle Kompatibilität der Geräte.
- Verringerte Lagerhaltungskosten.
- Erhöhung und Stabilisierung Ihrer Produktionsqualität.
- Die Vernetzung kann schrittweise, nach zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

SYSMAC-C-Serie Steuerungen

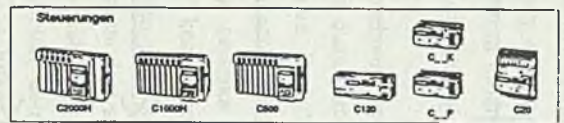
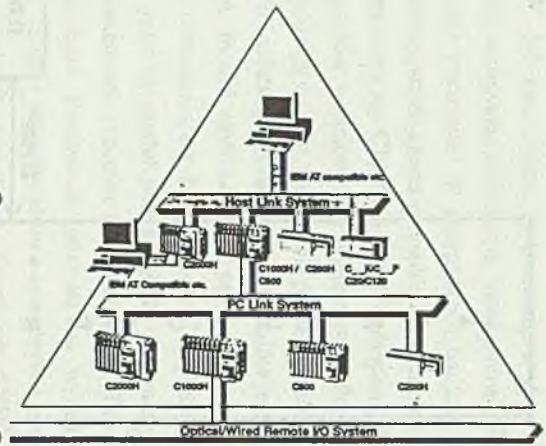


Schnelles Glasfaser LAN für mittlere bis große Netzwerke
 OMRON's SYSMAC-NET für den schnellen Datenaustausch unterschiedlicher Geräte wie Leitwähler, PCs und SYSMAC-Steuerungen. Dieses LAN ist als TOKEN-RING-SYSTEM in diesem Abschnitt aufgebaut und ermöglicht die Kommunikation mit SPP.

Leiterschleifen-System für kleine bis mittlere Netzwerke
 Das Netzwerk zwischen einem IBM-kompatiblen PC als Leiterschleife und SYSMAC-Steuerungen. Es erlaubt eine Vernetzung mit allen C-Serie-Typen. Dieses geschlossene System kann herstellerebene RS 232C/RS 422-Schnittstellen vom PC durchgeführt werden.

OMRON | SYSMAC-CIM-SYSTEM | C-Serie

Fabrikaus automatisierung der Zukunft



SPS-SPS-Netzwerk
 Zukunftsorientiertes Glasfasernetzwerk zwischen verschiedenen SYSMAC-SPS ermöglicht die Zusammenarbeit oder Synchronisation von Fertigungsstationen, unabhängig über

Remote-Fernsteuersystem
 Ein/Ausgänge oder Spezialmodule können, können wie selbständige Erweiterungseinheiten, an-fernt angesteuert werden. Die Übertragung erfolgt mit Glasfaser- oder 2-Draht-Leitung.

Rys. 2. Przykłady sieci ze sterownikami OMRON
 Fig. 2. Examples of networks with OMRON controllers

LITERATURA

- [1] Petz M.: Problemy projektowania i wdrażania zrobotyzowanych linii produkcyjnych na przykładzie linii grafitowania kineskopów w Thomson-Polkolor. IV Krajowa Konferencja Robotyki, Wrocław 1993.

Recenzent: Prof. dr inż. Henryk Kowalowski

Wpłynęło do Redakcji do 30.04. 1994 r.

Abstract

A robotized line of graphite coating of TV-tubes with IRB 1500 robot, controlled by PLC C200H from OMRON is described. According to information from sensors, PLC identifies the type of a tube and sends this information successively to all working stands according to the steps of conveyor. In the graphite coating stand the identification is repeated. If this corresponds with the information from PLC, a robot chooses proper working program and puts on the layer of graphite on TV-tube. A lacquer manipulator is positioned for one of the TV-tubes according to the information from PLC. In the controlled stand, a measured value is compared with a preprogrammed limit value and the control error is send to PLC. In the case of manual control of the line, PLC is also used. It checks initial conditions of the line and sends a start signal to all working stands. A structure of the control system is described. Information about the SYSMAC family controllers of OMRON is given.