

mgr inż. ZYGMUNT LESZCZYŃSKI

Przemysłowy Instytut
Automatyki i Pomiarów MERA-PIAP

Warszawa

METODYKA BADAŃ MAKIETOWYCH UKŁADÓW AUTOMATYKI Z KOMPUTERAMI (Artykuł dyskusyjny)

Artykuł przedstawia jedną z wielu możliwości rozwiązania zagadnienia badań makietowych układów automatyki z komputerami.

1. Wstęp

Zgodnie z artykułem doc.dr inż. H. Orłowskiego [2] badania układów z komputerami można podzielić na: produkcyjne, makietowe, uruchomieniowe, eksploatacyjne.

Badania produkcyjne służą przebadaniu poszczególnych urządzeń układu oraz współpracy z urządzeniami sąsiednimi. Badania te przeprowadza producent.

Badania makietowe służą przebadaniu pracy elementów w całym układzie i współpracy układu z makietą obiektu. Można je uważać za pewnego rodzaju próbę generalną rozruchu układu. Badania przeprowadza kompletator układu.

Aby uniknąć podstawowych kłopotów z urządzeniami w okresie badań makietowych i aby badania te nie stały się częściowo uruchamianiem i próbami pojedynczych urządzeń, należy badania produkcyjne traktować z pełnym zrozumieniem konieczności ich prowadzenia i roli jaką one odgrywają. Znaczenie badań produkcyjnych jest tak duże, że należałoby wprowadzić zwyczaj przeprowadzania końcowych prób w obecności przedstawiciela instytucji kompletującej sprzęt, jak to się obecnie praktykuje przy zakupie większych urządzeń np. komputerów.

Podstawowym celem badań makietowych jest sprawdzenie współpracy urządzeń w konfiguracji odpowiadającej ich pracy w układzie automatyki oraz sprawdzenie w maksymalnie możliwym stopniu oprogramowania. Badania makietowe mogą być prowadzone w siedzibie kompletatora lub w automatyzowanym zakładzie.

Za lokalizacją prób u kompletatora przemawia:

- wygoda prowadzenia prac na własnym terenie,
- większe możliwości wykorzystania wysoko kwalifikowanego personelu,
- łatwość wykorzystania specjalnie wyposażonych stanowisk do prowadzenia prób; stanowiska te mogą być zainstalowane na stałe na terenie instytucji kompletującej urządzenie układu.

Za lokalizacją prób na terenie automatyzowanego zakładu przemawiają:

- zbliżone warunki (zwłaszcza pod względem zakłóceń) badań makietowych i prób uruchomieniowych,
- wyeliminowanie pośredniego instalowania urządzeń, głównie komputera, u kompletatora.

Wydaje się, że można przyjąć jako zasadę, prowadzenie prób makietowych na terenie instytucji kompletującej. W szczególnych jednak przypadkach należy je umożliwić w automatyzowanym zakładzie.

2. Badania

Makieta układu automatyki z komputerem powinna zawierać wszystkie urządzenia, które po badaniach będą użyte do budowy układu. Różnica między makietą a układem automatyki zasadniczo sprowadza się do braku powiązania dynamicznego między torami od strony obiektu (brak pełnego modelu obiektu). Oczywiście linie łączące poszczególne urządzenia w makiecie będą na ogół krótsze od rzeczywistych. Różnicę długości można ewentualnie skompensować odpowiednimi symulatorami.

Wynikiem prób makiety powinno być uruchomienie i sprawdzenie wszystkich torów układu oraz uruchomienie i sprawdzenie oprogramowania podstawowego i częściowo oprogramowania użytkowego. W szczególnych przypadkach celem prób makietowych może być zbadanie poprawności pracy tylko pojedynczych torów każdego typu występującego w układzie.

2.1. Model obiektu

Ważnym zagadnieniem w badaniach makietowych układów automatyki jest sprawa modelu obiektu podlegającego sterowaniu. Opracowanie modelu, który by odtwarzał własności dynamiczne obiektu, pozwoliłoby w pełni przebadać układ łącznie z oprogramowaniem optymalizacyjnym. Budowa takiego modelu jest bardzo kłopotliwa i raczej trudna do przeprowadzenia. Utrudnieniem jest brak dostatecznej znajomości charakterystyki obiektu w momencie przystąpienia do budowy makiety układu. Uzyskanie pełnych charakterystyk jest możliwe dopiero przy wykorzystaniu uruchomionego układu.

Badania makietowe sprowadzają się w praktyce do badania własności przenoszenia sygnałów torami w kierunku komputera i w kierunku obiektu oraz do badania oprogramowania podstawowego. Przy użyciu prostych, łatwych do budowy układów regulacji symulujących fragmenty obiektu, można również badać częściowo oprogramowanie użytkowe. Na ogół w makiecie układu automatyki tory od strony obiektu będą się kończyły:

- symulatorami rejestrującymi sygnały przychodzące z komputera, które powinien odbierać obiekt,
- symulatorami wysyłającymi sygnały do komputera,
- urządzeniami operatorskimi,
- prostymi układami regulacji.

2.2. Badanie torów

Typowe tory sygnałowe między obiektem a komputerem (rys.1), przedstawiają się następująco:

Kierunek od obiektu do komputera

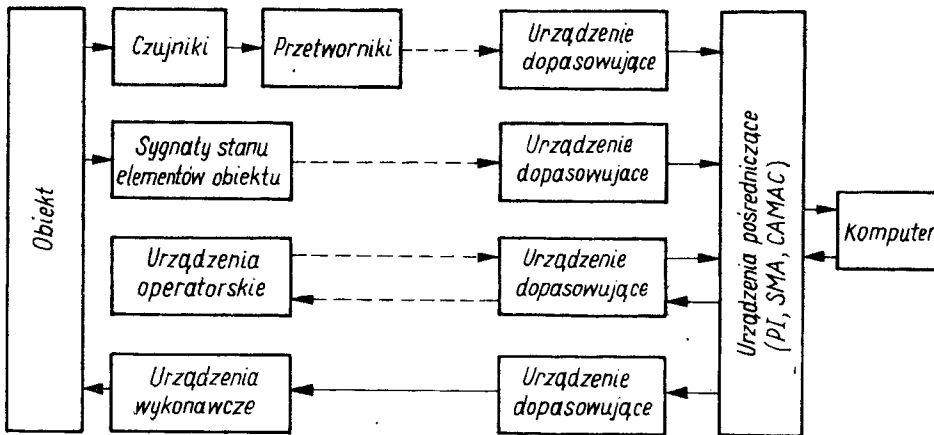
- obiekt,
 - czujnik,
 - przetwornik,
 - linia,
 - obwód dopasowujący,*)
 - urządzenie pośredniczące (PI, SMA, CAMAC),
 - komputer
- albo
- urządzenie operatorskie (POPT, NIC); sygnał charakteryzujący stan elementu obiektu (silnika, zaworu dwupołożeniowego, elementu grzejnego),
 - linia,
 - obwód dopasowujący,

*¹)W wielu rozwiązaniach urządzeń pośredniczących, obwody dopasowujące są zawarte w tych urządzeniach.

- urządzenie pośredniczące (PI, SMA, CAMAC),
- komputer.

Kierunek od komputera do obiektu

- komputer,
- urządzenia pośredniczące,
- urządzenie wykonawcze, sygnalizacyjne (OIC) lub urządzenie operatorskie (POPT, NIC)..



Rys.1. Tory sygnałowe pomiędzy obiektem a komputerem

Przy badaniach makietowych należy dążyć, aby wszystkie urządzenia, które mają pracować w układzie, przechodziły próby w ich przyszłej rzeczywistej konfiguracji. Warunki te są prawie zawsze możliwe do spełnienia. Wyjątek mogą stanowić czujniki i przetworniki oraz urządzenia wykonawcze.

W przypadku braku czujnika i przetwornika należy do linii wprowadzić sygnał odpowiadający sygnałowi wychodzącemu z przetwornika. Będzie to sygnał:

- elektryczny analogowy prądowy lub napięciowy,
- ciąg impulsów elektrycznych o określonej liczbie lub częstotliwości,
- sygnał pneumatyczny najczęściej analogowy, przetworzony następnie na sygnał elektryczny.

W przypadku, gdy tor rozpoczyna się urządzeniem sygnalizującym swój stan (włączony, wyłączony), następnym elementem jest najczęściej przekaźnik i od tego elementu lub od symulatora w postaci przełącznika, rozpoczyna się tor w makiecie. Gdy tor kończy się urządzeniami wykonawczymi, które zawierają silnik krokowy sterowany przez komputer, można to urządzenie zamodelować właśnie silnikiem krokowym, obciążonym momentem hamującym symulującym dalszą część urządzenia. Posługiwanie się symulatorami poza tym, że jest często konieczne, jest również wygodne ze względu na możliwość łatwego regulowania wielkości sygnału w całym zakresie zmienności oraz łatwość sprawdzania poprawności wysyłanych pojedynczych sygnałów. Biorąc to pod uwagę, zespół prowadzący badania makietowe układów automatyki z komputerami, powinien dysponować sprzętem który wysyła:

- analogowe sygnały elektryczne napięciowe i prądowe,
- sygnały elektryczne statyczne cyfrowe (wyłączniki),
- sygnały elektryczne impulsowe (generatory),
- sygnały pneumatyczne stosowane w automatyce,

oraz odbiera:

- sygnały elektryczne dwustanowe (lampki, przekaźniki),
- sygnały elektryczne impulsowe (silniki krokowe),
- sygnały pneumatyczne (manometry).

Zespół powinien mieć również do dyspozycji:

- aparaturę pomiarową elektryczną i pneumatyczną,
- źródła zasilania elektryczne i pneumatyczne,
- symulatory prostych układów regulacji umożliwiające podłączenie do komputera, w celu prowadzenia prób dynamicznych.

Uruchamianie torów można przeprowadzać przez:

- kolejne uruchamianie poszczególnych torów, podłączając je stopniowo do komputera; po uruchomieniu nowego toru sprawdzamy czy nie wprowadził on zakłóceń do poprzednio uruchomionych,
- kolejne zmontowanie i podłączenie do komputera wszystkich torów; po podłączeniu sprawdzamy ich pracę; w przypadku stwierdzenia wad lokalizujemy je a następnie usuwamy; gdy wad jest zbyt dużo lub lokalizacja przy podłączonych wszystkich torach niemożliwa, trzeba postępować według pierwszej metody.

Uruchamianie pojedynczego toru można przeprowadzać przez:

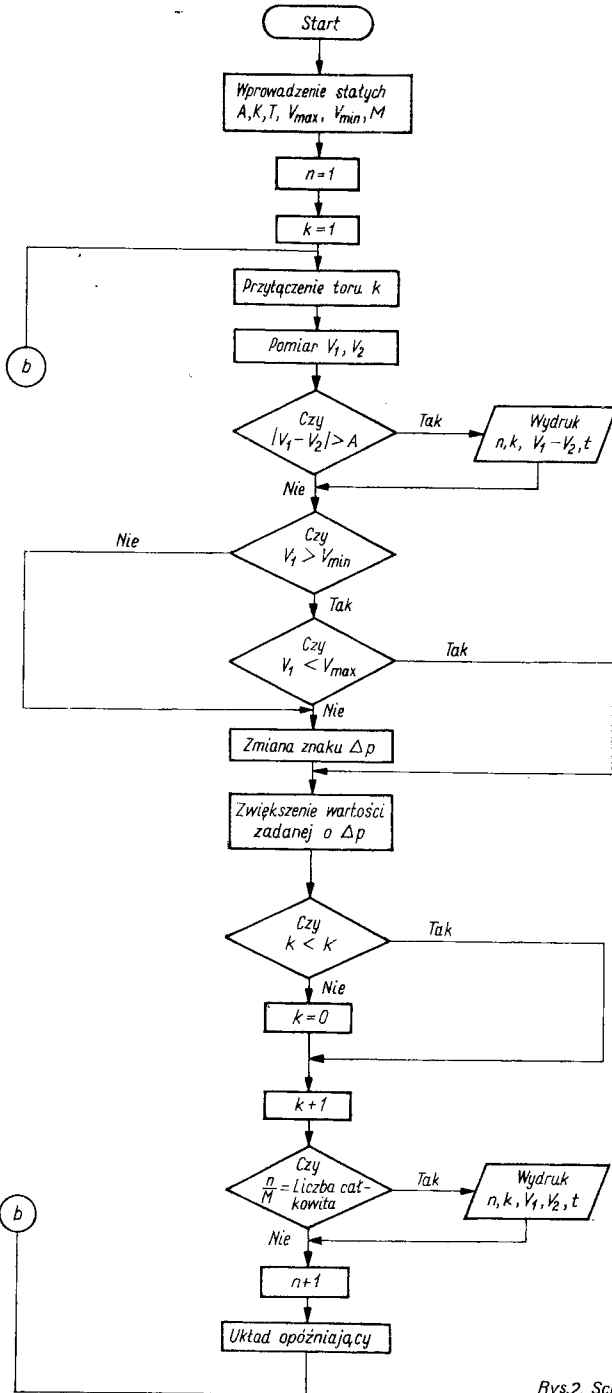
- kolejne dołączanie urządzeń i sprawdzanie poprawności pracy,
- montaż całego toru, próbę uruchomienia a w przypadku wadliwej pracy próbę zlokalizowania i usunięcia usterki.

Stosowanie metody kompleksowego badania całych torów oraz podłączenie wszystkich torów do komputera grozi wystąpieniem błędów wzajemnie się znoszących. Wydaje się to jednak mało prawdopodobne, zwłaszcza w przypadku prowadzenia badań w całym zakresie zmienności sygnału i wielokrotnym powtarzaniu prób.

2.3. Oprogramowanie

Zagadnienie badania oprogramowania wymaga omówienia w osobnym artykule. Tutaj można jedynie zaznaczyć, że makiety układów automatyki, jakie będą najczęściej budowane, tj. bez pełnego dynamicznego modelu obiektu, umożliwiają badania tylko oprogramowania podstawowego oraz częściowo oprogramowania użytkowego.

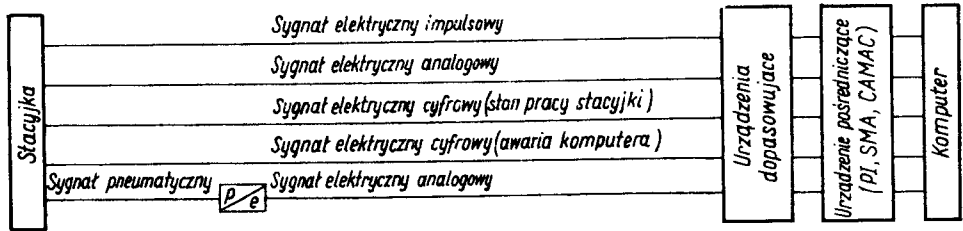
Z oprogramowaniem wiąże się również badanie torów przenoszenia informacji, do których to badań potrzebne są specjalne programy testujące. Programy te w dużym stopniu wykorzystują fragmenty oprogramowania podstawowego i w sposób pośredni sprawdzają jego poprawność. Zespół wyspecjalizowany w badaniach makietowych układów automatyki z komputerami powinien mieć do swojej dyspozycji możliwie dużą liczbę testów do badania najczęściej się powtarzających torów. Powinien on mieć również możliwość opracowywania we własnym zakresie programów specjalnych, umożliwiających np. pracę wybranych torów w pętli. Pozwoli to na prowadzenie długotrwałych prób urządzeń. Jako przykład takich prób można podać program badania torów sterowania stacyjek pneumatycznych (rys. 2, 3).



Oznaczenia

- A — dopuszczalna różnica napięć
- K — liczba stacyjek
- T — czas między przetaczeniem stacyjek
- M — liczba prób między wydrukami
- n — nr kolejnego badania
- k — biezący nr stacyjki
- Δp — przyrost wartości zadanej
- V_1 — napięcie z potencjometru stacyjki
- V_2 — napięcie z przetwornika p/e
- V_{max} — zakres pracy stacyjek
- V_{min} — zakres pracy stacyjek
- t — biezący czas

Rys.2. Schemat blokowy programu realizującego długotrwałe próby stacyjek



Rys.3. Obwód sterowania stacji

Program ten w sposób cykliczny:

- wybiera tor,
- dokonuje pomiaru napięcia z potencjometru stacji oraz napięcia z przetwornika pneumo-elektrycznego (napięcie to mierzy wartość ciśnienia reprezentującego wartość zadaną),
- drukuje wartość różnicy napięć, gdy przekracza ona dopuszczalną wielkość,
- drukuje wyniki (co określoną liczbę pomiarów),
- zmienia wartość zadaną.

3. Ocena wyników badań

Ocena wyników badań torów przesyłających sygnały cyfrowe wydaje się stosunkowo prosta. W tym przypadku kryterium przesyłania sygnału bez przekłamań jest wystarczające. Warunkiem do każdorazowego ustalenia na podstawie ogólnych wytycznych normy lub charakteru automatyzowanego obiektu może być liczba prób, względnie okres czasu, w ciągu którego należy badać przesyłanie sygnału przez tor. Należy również ustalić sposób postępowania przy sporadycznym występowaniu przekłamań.

Tory przesyłające sygnały analogowe podlegają innym kryteriom. W tym przypadku decyduje dokładność oraz powtarzalność odczytów w całym zakresie przesyłanej wielkości, a zwłaszcza w zakresie zmienności występującej w obiekcie. Ustalenie wymagań dotyczących dokładności odczytu przez komputer jest zagadnieniem trudnym, zwłaszcza w przypadku występowania zakłóceń. Przyjęcie dopuszczalnych błędów odczytu jest zależne od rodzaju toru.

Na przykład w torze wysyłającym sygnał potwierdzający zmianę wartości zadanej stacji (np. PNEFAL 3) napięcie może być odczytane z błędem, który nie spowoduje korekty zmiany wartości zadanej, przy założeniu, że zmiana ta została dokonana poprawnie. Działanie takie będzie wynikało z przyjęcia odpowiednich warunków w programie. Warunki te narzucają jednocześnie tolerancje ustawiania wartości zadanej. Jako drugi przykład można rozpatrzyć tor pomiaru temperatury lub poziomu w obiekcie o dużej stałej czasowej i trudnych warunkach pomiaru.

Uważam, że w tych przypadkach technolodzy prowadzący automatyzowany proces powinni ustalić dopuszczalne błędy pomiaru bez ich specjalnego zawężania. Stosunkowo duże błędy odczytu dopuszczone przez technologię procesu, nie powinny zwalniać konstruktorów oraz personelu badającego urządzenia automatyki z wysiłków, celem uzyskania jak najlepszych wyników, jednak w rozsądnych granicach, co na pewno będzie miało wpływ na koszty urządzeń. Gdy odczyty są w dopuszczalnych ze względu na technologię procesu granicach, tor powinien być uznawany za poprawny.

Wyniki badań oprogramowania należy uznać za pozytywne, gdy programy zostaną uruchomione i będą spełniały założone wymagania. Problemem dyskusyjnym jest ocena wyników uzyskiwanych

podczas prób makietowych przy założeniu, że warunki rzeczywiste pracy układu mogą się znacznie różnić od warunków pracy makiety.

4. Organizacja badań

Przedstawione zagadnienia związane z badaniami makietowymi wskazują, że badania te powinien prowadzić stały zespół, który będzie:

- organizował całość badań,
- kierował montażem i demontażem urządzeń,
- prowadził podstawowe próby działania urządzeń w konfiguracji docelowej,
- prowadził długotrwałe próby przy użyciu specjalnych programów,
- uczestniczył w próbach oprogramowania,
- utrzymywał makiety w stanie odpowiednim do prób.

Z zadań zespołu wynika jego skład:

- kierownik, organizujący całość prac,
- inżynier elektronik z praktyką pomiarową, technik mechanik, który zna pneumatyczne urządzenia automatyki oraz technik elektronik obsługujący urządzenia elektryczne i elektroniczne automatyki,
- inżynier elektronik, znający obsługę komputerów i zagadnienia programowania oraz operator sprzętu cyfrowego.

Do poważniejszych prac montażowych i naprawy drobnych usterek, powinni być przydzielani dodatkowo specjalni pracownicy. W próbach makietowych powinni brać czynny udział pracownicy, przewidziani w przyszłości do obsługi i konserwacji urządzeń układu w automatyzowanym zakładzie. Badania oprogramowania powinien prowadzić zespół opracowujący programy. Zespół badający urządzenia należące do układu, powinien w tym czasie zapewnić taki stan urządzeń, aby można było prowadzić próby.

Prowadzenie badań makietowych wymaga odpowiednich pomieszczeń, wyposażonych w specjalną aparaturę i urządzenia. Sprzęt cyfrowy należy instalować w pomieszczeniach spełniających wymagania producenta. Powierzchnia potrzebna do montażu makiety i prowadzenia prób, w dużym stopniu zależy od wielkości badanego układu. Pojęcie o rzędzie wielkości pomieszczeń daje artykuł J.Sieczki [3]. Makieta dużego układu automatyki przeznaczonego dla Janikowskich Zakładów Sodowych, została zmontowana na powierzchni 300 m².

Czas trwania badań w znacznym stopniu zależy od terminowości dostaw sprzętu, od stanu urządzeń, zwłaszcza komputera i urządzeń peryferyjnych oraz od przebiegu badań oprogramowania. Przyjmując, że sprzęt jest dostarczany w terminie i nie ulega częstym, poważnym uszkodzeniom, wymagającym długotrwałych napraw oraz nie występują trudności z uruchomieniem programów, badania nie powinny trwać dłużej niż pół roku.

5. Podsumowanie

Artykuł przedstawia jedną z wielu możliwości rozwiązania zagadnienia badań makietowych układów automatyki z komputerami. W pewnym stopniu wykorzystano tu doświadczenia zebrane podczas badań makietowych układu automatyki, przeznaczonego dla Janikowskich Zakładów Sodowych. Należy podkreślić, że badania te prowadzone w MERA-PIAP miały charakter eksperymentalny, nie do przyjęcia w badaniach przemysłowych. Prace prowadzone w Instytucie w dużym stopniu łączyły badania produkcyjne z makietowymi. Wynikało to z prototypowego charakteru większości urządzeń i z faktu, że często pierwsze próby ich pracy prowadzono właśnie w makiecie układu.

Wracając do propozycji przedstawionych w artykule, można oczywiście podać szereg innych rozwiązań. W wyniku ogólnego przeanalizowania wszystkich propozycji będzie można ustalić optymalną metodę prowadzenia badań makietowych.

Literatura

- [1] Lowe E.I., Hidden A.E.: Maszyny cyfrowe w automatyce przemysłowej. Warszawa 1975 WNT.
- [2] Orłowski H.: Metodyka badań eksploatacyjnych układów automatyki z komputerami. Biuletyn MERA-PIAP 1975, nr 3/53.
- [3] Sieczko J.: Projektowanie ośrodków obliczeniowych. Biuletyn MERA 1975, nr 4/158.