

Urządzenie testujące mechanizmy sprężynowe do napędu rozłączników średnich napięć

Piotr Stempniak, Jacek Dunaj, Andrzej Syrczyński

Integracja zaawansowanych przetworników pomiarowych, technik cyfrowego sterowania napędami oraz metod bezpiecznego programowania pozwala automatyzować nie tylko procesy wytwórcze, lecz także złożone i czasochłonne procedury testowania i badania wyrobów. Przykładem takiej zintegrowanej aplikacji pomiarowej jest opracowane w PIAP urządzenie testujące mechanizmy sprężynowe do napędu rozłączników średnich napięć, które zostało wdrożone w 2009 r. w firmie ABB Oddział w Przasnyszu. Urządzenie zdejmuje charakterystyki momentu obrotowego w funkcji kąta obrotu, przy załączaniu i wyłączaniu mechanizmu sprężynowego. Uzyskano dokładność i wydajność testowania nieosiągalne przy manualnym zdejmowaniu charakterystyk. Wylimitowano także zagrożenia dla obsługi przy operowaniu mechanizmami sprężynowymi kumulującymi znaczne energie.

Słowa kluczowe: napędy sprężynowe, energetyczna aparatura rozdzielcza, aparat łączeniowy uruchamiany sprężyną, pomiary momentu obrotowego, stanowisko testujące

Oddział w Przasnyszu jest, w ramach koncernu ABB, wyłącznym producentem szeregu urządzeń dla rozdzielni energetycznych, m.in. rozłączników wielu typów. Rozłączniki średnich napięć, do 24 kV, służą do odłączania odcinków linii i urządzeń energetycznych celem wykonywania przeglądów i napraw w rozdzielniach. Najliczniejsze w sieciach małe rozdzielnie nie są wyposażone w rezerwowe zasilanie elektryczne bądź instalację sprężonego powietrza i dlatego szerokie zastosowanie do załączania i wyłączania rozłączników znalazły mechanizmy sprężynowe o dużej energii mechanicznej. Sprężyna w tych mechanizmach jest nakręcana ręcznie korbą, za pośrednictwem przekładni zębatej. Natomiast mechanizm sprężynowy gwarantuje bardzo szybkie i pewne wyłączenie, co jest konieczne do zerwania łuku. Z tego względu mechanizm sprężynowy jest istotną częścią rozłącznika, a jego charakterystyki muszą być sprawdzane przez wytwórcę.

Rozłączanie powinno odbywać się przy odpowiednim kącie obrotu, dlatego przede wszystkim konieczne jest mierzenie kąta działania każdego egzemplarza mechanizmu. Pełne testowanie prawidłowego działania mechanizmu sprężynowego polega ponadto na sprawdzeniu, czy charakterystyka momentu obrotowego w funkcji kąta obrotu ma wymagany przebieg, czyli nie wykracza poza obwiednię dopuszczalnego pola tolerancji. Dotąd charakterystyki zdejmowano ręcznie, mierząc wartości momentu sprężyny dla kolejno nastawianych wartości kąta obrotu. Pomiary takie były czasochłonne, przez co nie mogły być wykonywane na każdym egzemplarzu dostatecznie „gęsto”, czyli dla znacznej liczby kątów obrotu. W konsekwencji, w praktyce eksploatacyjnej zdarzały się sytuacje przycięcia mechanizmu, niepełnego rozwijania się sprężyny, niezgodności kąta działania rozłącznika z wartością zadaną.

Koncepcja rozwiązania

Po zapoznaniu się z potrzebami firmy, PIAP przedstawił ofertę zbudowania urządzenia do szybkiego, automatycznego zdejmowania i rejestracji charakterystyk w całym zakre-

sie kątów obrotu. W ofercie uwzględniono następujące najważniejsze wymagania:

- urządzenie testujące musi mierzyć moment obrotowy (w Nm) załączania i wyłączania mechanizmu w funkcji kąta obrotu (w stopniach) dla obu kierunków ruchu, ponieważ załączanie i wyłączanie rozłącznika polega odpowiednio na napinaniu i zwalnianiu sprężyny mechanizmu
- konieczna jest prezentacja graficzna charakterystyk na tle obwiedni dopuszczalnego pola tolerancji
- przystosowanie do testowania dwóch produkowanych typów mechanizmów, mianowicie jedno- i dwusprężynowych
- rejestrowanie charakterystyki dopiero po powtórzeniu cyklu pracy mechanizmu sprężynowego zadaną liczbę razy. Doświadczenie wskazywało, że charakterystyki zdjęte po jednym cyklu ruchu nie były miarodajne, a powtarzanie cyklu w pewnym stopniu dociera mechanizm
- zadawanie przez operatora szybkości napinania i zwalniania sprężyn
- możliwość wielokrotnego zatrzymywania i powtarzania testowania w celu dokonania ręcznej regulacji nastaw mechanizmu, z wykorzystaniem wyświetlanej charakterystyki.

Do spełnienia powyższego zestawu wymagań stworzono koncepcję uniwersalnego wielozadaniowego schematu kinematycznego, z dwoma identycznymi napędami sterowanymi cyfrowo, nazwanymi zespołem pomiarowym i zespołem napinającym. Zadania metrologiczne są realizowane dzięki wyposażeniu obydwu napędów w kodery położenia bezwzględne, pozwalające odczytywać położenia katowe, natomiast moment obrotowy badanego mechanizmu sprężynowego jest mierzony za pomocą przetwornika momentu włączonego pomiędzy zespół pomiarowy a jeden z końców wału mechanizmu sprężynowego. Drugi koniec wału mechanizmu sprężynowego jest sprzęgany z zespołem napinającym.

W ten sposób dwa sterowane cyfrowo napędy umożliwiają programową realizację testowania. W pierwszej fazie cyklu – napinania sprężyny (lub dwóch sprężyn w drugiej wersji mechanizmu) – napęd pomiarowy pozostaje nieruchomy,

a napęd napinający ustawia kolejne kąty obrotu sprężyny. W drugiej fazie – zwalniania sprężyny – napęd pomiarowy stawia opór w czasie zwalniania sprężyny, ustawiając kolejne kąty, do których sprężyna może się rozwinąć. W tej drugiej fazie napęd napinający jest odłączony.

Budowa urządzenia testującego

Urządzenie testowe mechanizmów sprężynowych pokazano w widoku ogólnym na ilustr. 1. Składa się ono z dwóch głównych części: stanowiska pomiarowego oraz szafy sterowniczej mieszczącej aparaturę sterowniczą i wyposażoną na zewnątrz w dwa ekrany komunikacji z operatorem. Stanowisko pomiarowe przedstawiono na dwóch fotografiach: na ilustr. 2 pokazano zespół pomiarowy, na ilustr. 3 – zespół napinający. Pomiedzy te dwa zespoły operator wstawia testowany mechanizm sprężynowy (E), wsuwany na prowadnicę (H). Wsuniecie powoduje połączenie mechanizmu z zespołem pomiarowym. Natomiast po drugiej stronie, w zespole napinającym, zrealizowano automatyczne sprzężanie napędu z testowanym mechanizmem sprężynowym (E) za pomocą tuleji (F) przedłużającej wał napędu. Tuleja jest wysuwana siłownikiem pneumatycznym (G).

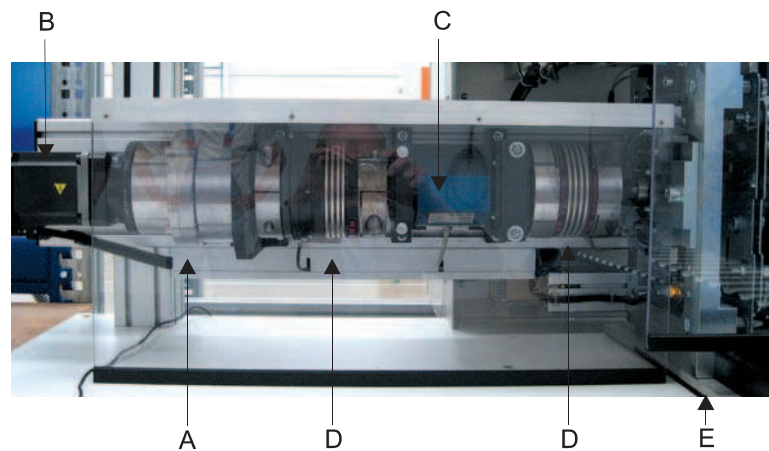
Struktura układów napędowych obu zespołów jest identyczna. Ich składnikami są:

- serwowzmacniacz typu MR-J3-70b produkcji Mitsubishi, pozycjonujący serwonapęd, zainstalowany w szafie sterowniczej
- serwonapęd typu Mitsubishi HF-KP73 ze sprzężeniem zwrotnym położenia
- przekładnia planetarna o przełożeniu 80:1, model AE120 produkcji Apex Dynamics, zamontowana na wyprowadzonym wale silnika (A)
- koder (B) pracujący w trybie bezwzględny, o rozdzielczości 18-bitowej (262 144 impulsów/obrót), fabrycznie zamontowany na drugim końcu wału silnika.

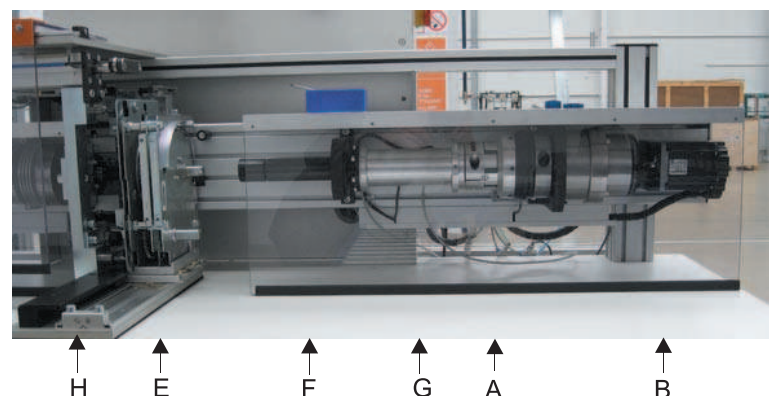
W zespole pomiarowym jest zainstalowany czujnik momentu obrotowego wraz z przetwornikiem momentu typu DR-2477, element (C), produkcji Lorenz Messtechnik o zakresie pomiarowym 0-200 Nm. Przetwornik, pokazany oddzielnie na ilustr. 4. mierzy naprężenia skręcające, jakie występują w obiekcie podczas przenoszenia sił ruchu obrotowego. Zastosowana metoda pomiaru momentu obrotowego bazuje na pomiarze bezpośrednim, tzn. tensometryczny przetwornik momentu obrotowego jest włą-



Ilustr. 1. Widok ogólny urządzenia testującego
Fig. 1. General view of the test device



Ilustr. 2. Zespół pomiarowy momentu obrotowego
Fig. 2. The measuring assembly of a rotary moment



Ilustr. 3. Zespół napinający
Fig. 3. The tightening assembly

czony szeregowo w układ mechaniczny, pomiędzy napędem a obciążeniem. Takie umieszczenie przetwornika umożliwia zbieranie danych w każdym położeniu wału podczas badania. Zastosowano obustronne elastyczne połączenie czujnika (C), za pośrednictwem sprzęgieł amortyzujących (D - D).



Ilustr. 4. Przetwornik momentu DR-2477 firmy Lorenz Messtechnik
Fig. 4. The moment transducer DR-2477 of Lorenz Messtechnik

Podstawowe parametry przetwornika typu DR-2477 są następujące:

- moment nominalny 200 Nm
- maksymalna prędkość obrotowa 6000 obr./min
- stała proporcjonalności 46000 Nm/rad, czyli ok. 13,36 Nm/min kątową
- klasa dokładności 0,4 %
- powtarzalność $\pm 0,1$ %
- zakres sygnału wyjściowego ± 5 V DC

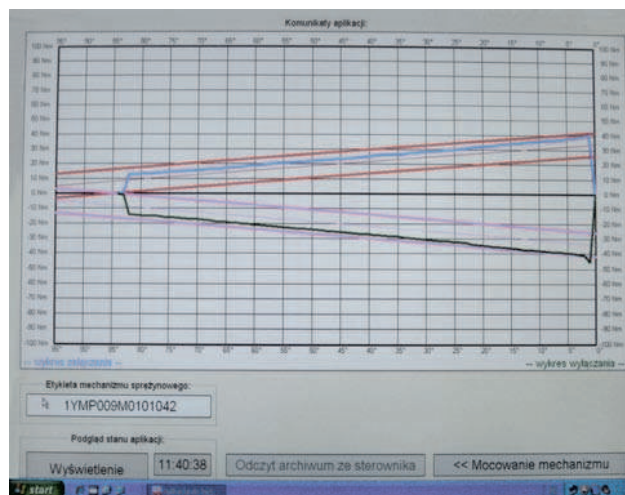
Ponieważ stanowisko testowe umożliwia badania dwóch produkowanych wersji mechanizmów sprężynowych, jedno- i dwusprężynowych, wprowadzono dla bezpieczeństwa dwa sposoby rozpoznawania wersji mechanizmu. Operator odczytuje czytnikiem kod kreskowy z nalepki umieszczonej na mechanizmie sprężynowym. Czytnik kodu jest dołączony do sterownika, celem identyfikacji kodu oraz wprowadzenia numeru wyrobu do archiwizacji. Drugi, równoległy sposób rozpoznania wersji mechanizmu sprawdza odpowiednią kombinację sygnałów z czujników indukcyjnych. Rozmieszczenie tych czujników pozwala bezbłędnie wykryć różnice konstrukcyjne obu mechanizmów.

Część sterująca urządzenia testującego

Układ sterowania składa się ze sterownika PLC firmy Mitsubishi typu FX3U-32MT/DSS, uzupełnionego kilkoma modułami rozszerzeń:

- moduł pozycjonujący FX3U-20SSC-H
- moduł wejść analogowych FX2N-4AD
- moduł wejść cyfrowych FX2N-16EX

oraz z panelu operatorskiego AGP3400 firmy Pro-Face z interfejsem komunikacyjnym RS-232. Moduł pozycjonujący wytwarza sygnały sterujące do obu serwowzmacniaczy, a te z kolei sterują serwonapędami. Moduł wejść cyfrowych przyjmuje sygnały z indukcyjnych czujników zbliżeniowych znajdujących się w siłownikach pneumatycznych oraz sygnały z czujników wykrywania mechanizmu testowanego, identyfikacji wersji mechanizmu oraz sprawdzania położenia przesłony.



Ilustr. 5. Pomierzone charakterystyki mechanizmu sprężynowego
Fig. 5. Measured characteristics of a spring gear

Dotykowy panel operatorski Pro-Face jest podstawowym elementem sprzężenia maszyny z operatorem. Na wyświetlanych ekranach operator wybiera podprogramy funkcjonalne i zadaje parametry testowania oraz obserwuje stany maszyny i przebieg procesu.

Za pomocą panelu operator ma możliwość zadawania szeregu parametrów testowania:

- prędkości obracania [°/min] wału przekładni mechanizmu sprężynowego
- kątów obracania obu napędów [°]
- kąta załączania mechanizmu sprężynowego, nastawianego w zakresie 70° ... 100°
- liczby powtórzeń badania w celu sprawdzenia poprawnej pracy mechanizmu. Cykl załączania/wyłączania może być automatycznie wielokrotnie powtarzany, przy czym liczba powtórzeń jest zadawana przez operatora w zakresie 1... 20
- ustawienia lub sprawdzenia pozycji bazowej napędów Home Position.

Przy uruchamianiu urządzenia testującego i w toku testowania mechanizmu operator jest wspomagany informacjami na kolejnych ekranach i napisami pojawiającymi się na przyciskach. Na ekranie „Pomiar” są wyświetlane zadane parametry testowania i jest podawana statystyka sprawdzonych mechanizmów, z podziałem na „dobre”, „złe”, oddzielnie dla mechanizmów jedno- i dwusprężynowych. Operator może także odczytać maksymalne wartości momentu w obu kierunkach, jakie wystąpiły w toku testowania danego egzemplarza mechanizmu.

Do celów utrzymania ruchu zostało opracowane bardzo bogate oprogramowanie diagnostyczne sterownika. Przy jego użyciu użytkownik może zdiagnozować przyczynę niesprawności maszyny, sprawdzić poprawność komunikacji między sterownikiem PLC a komputerem, a także mierzyć wartości momentu i kalibrować przetwornik a/c.

Urządzenie testujące jest ponadto wyposażone w komputer PC z ekranem, na którym na bieżąco prezentowane są zdejmowane charakterystyki przebiegu momentu obrotowego mechanizmu sprężynowego w Nm w funkcji stopni kątowych. Prezentacja polega na wyświetleniu na ekranie wykresu badania mechanizmu sprężynowego. Na podstawie dwóch wykresów – przebiegu załączania mechanizmu i przebiegu wy-

łączeniu mechanizmu – operator dokonuje oceny, czy badany mechanizm spełnia wymagania, czy też wymaga dodatkowej regulacji. Dla ułatwienia oceny komputer wykreśla też górne i dolne tolerancje obu przebiegów. Położenie linii tolerancji można zmieniać odpowiednio do wymagań technicznych partii mechanizmów przy pomocy pliku konfiguracyjnego aplikacji.

Drugim zadaniem komputera PC jest archiwizacja wyników badań. W trakcie testowania urządzeń wyniki ostatniego badania mechanizmu są wysyłane ze sterownika i podlegają rejestracji w komputerze, jednocześnie do bazy danych i do pliku tekstowego. Do celów statystycznych są także rejestrowane:

- liczba powtórzeń badania tego samego mechanizmu sprężynowego
- liczby badań tego samego mechanizmu, które zakończyły się niepowodzeniem ze względu na przekroczenie wartości maksymalnej lub wartości minimalnej momentu, w stosunku do dopuszczalnej wg tolerancji.

Współpracę aplikacji komputera PC, w kierunku od komputera do sterownika Mitsubishi FX3UC, zrealizowano za pomocą oprogramowania systemowego sterownika o nazwie MX Components, które jest wyposażone we wszystkie mechanizmy komunikacyjne. Ponadto za pomocą programu Communication Setup Utility (oba oprogramowania dostarczane przez firmę Mitsubishi Electric) definiuje się kanał transmisyjny. W opisywanej aplikacji wykorzystano kanał transmisyjny RS-232 (port Com1 komputera).

W kierunku przeciwnym (od sterownika do komputera) współpracę zrealizowano w aplikacji użytkowej sterownika, wykorzystując kanały dwustanowe WE/WY sterownika oraz zainstalowaną w komputerze kartę WE/WY dwustanowych. W szczególności po liniach sygnałów dwustanowych sterownik podaje swoje zakodowane stany pracy (kroki algorytmu).

Przebieg cyklu testowania

Zmontowane mechanizmy sprężynowe są podawane przenośnikiem rolkowym (ilustr. 1). Przed uruchomieniem automatycznego testowania operator wykonuje następujące czynności:

- zdejmuje mechanizm z przenośnika i zakłada na prowadnicę
- wprowadza prowadnicę z mechanizmem do osi zespołu pomiarowego, co powoduje sprzęgnięcie czopu wieloklinu zespołu pomiarowego z gniazdem mechanizmu sprężynowego
- zadaje parametry testowania
- czytnikiem kodu paskowego odczytuje etykietę mechanizmu sprężynowego, co pozwala programowo rozróżnić badanie mechanizmów jedno- i dwusprężynowych
- zamyka przesłonę – przesuwne drzwiczki bezpieczeństwa.

Dalsze czynności są wykonywane automatycznie według programu sterownika PLC, jako zadana liczba powtórzeń cyklu testowania. W cyklu są kolejno wykonywane czynności:

- następuje aktywacja siłownika pneumatycznego (G), który wysuwa tuleję przedłużającą (F) osi serwonapędu zespołu napinającego, co powoduje sprzęgnięcie mechanizmu sprężynowego z zespołem napinającym
- zostaje uruchomiony zespół napinający, którego obrót stopniowo napina sprężynę
- przetwornik momentu (C) mierzy narastający moment obrotowy sprężyny

- po napięciu sprężyny o kąt zadany w programie cyklu zespół napinający jest odłączany od testowanego mechanizmu i powraca do pozycji zerowej
- programowo zostaje wyzwolony mechanizm sprężynowy, a dołączony zespół pomiarowy stawia opór, pozwalając tylko na stopniowe rozwijanie się sprężyny. Wartości momentu oporowego przy uwalnianiu energii sprężyny są mierzone przetwornikiem momentu
- cykle są powtarzane zadaną przez operatora liczbą razy.

Dopiero w ostatnim powtórzeniu cyklu sterownik PLC przyjmuje i zapisuje w swoich rejestrach kolejne zmierzone wartości momentu skręcającego mierzone przetwornikiem momentu (C), odpowiadające nastawianym wartościom kąta obrotu.

Następnie wyniki pomiarów są przesyłane do komputera, który tworzy i wyświetla na ekranie przebiegi charakterystyk na tle obwiedni dopuszczalnego pola tolerancji (ilustr. 5), odrębnie dla kierunków napinania i zwalniania sprężyny. Na ilustr. 5 kolorem niebieskim zaznaczono charakterystykę załączania (napinania sprężyny) na tle obwiedni charakterystyki napinania w kolorze pomarańczowym. Odpowiednio charakterystykę wyłączenia (zwalniania sprężyny) oznaczono kolorem zielonym, a obwiednię tej charakterystyki – kolorem fioletowym.

Na podstawie wykresu charakterystyk operator ocenia jakość mechanizmu, przez sprawdzenie, czy charakterystyki mieszczą się w granicach pól tolerancji. W razie niezgodności operator może dokonać regulacji mechanizmu i ponownie uruchomić testowanie.

Wdrożenie i eksploatacja urządzenia testującego

Urządzenie testujące zostało zainstalowane w firmie ABB w 2009 r. i po próbach eksploatacyjnych oraz weryfikacji oprogramowania zostało odebrane w tymże roku. Blisko roczna codzienna eksploatacja potwierdziła prawidłowość zarówno koncepcji jak i realizacji projektu.

Użytkownik otrzymał wydajne, niezawodne urządzenie do testowania mechanizmów sprężynowych. Zapewnia ono dokładne, automatyczne sprawdzanie każdego egzemplarza wyrobu, przy czym wyniki prób są archiwizowane, co jest bardzo istotne dla potwierdzenia wysokiej jakości produktu na konkurencyjnym rynku.

Zasada działania i uniwersalność wyposażenia urządzenia zapewniają elastyczność procedur testowania. Programy testowania zapisane w sterowniku PLC i programy obróbki wyników prób wprowadzone do komputera PC będą mogły podlegać modyfikacji odpowiednio do ewentualnych przyszłych zmian w konstrukcjach mechanizmów sprężynowych.

Czas trwania pojedynczego cyklu zdejmowania charakterystyk trwa ok. 1 min. Oznacza to, że wydajność procesu testowania została zwiększona kilkadziesiąt razy w stosunku do pomiarów wykonywanych manualnie prostymi przyrządami. Dzięki automatycznemu powtarzaniu cykli następuje docieranie mechanizmu w toku testowania.

Duże znaczenie ma zapewnienie bezpieczeństwa obsługi. Operowanie dużymi momentami sił pochodzących zarówno od sprężyn jak i napędów, wymagającymi zakresu pomiarowego do 200 Nm, odbywa się automatycznie, w zamkniętym układzie mechanicznym, bez udziału personelu.



Sterowanie w automatyce portal branżowy



- Aktualności z branży • Pliki • Giełda
- Katalog firm • Baza wiedzy • Praca
- Kalendarz imprez • Kursy • Forum

Wyślij zapytanie ofertowe



**i wygraj
pendrive**

Reklama Twojej firmy od



**490 zł.
netto za rok**

ponad
2500 klientów
czekających na
Twoją ofertę

→ **The device for testing the spring mechanisms to a drive of medium voltage switch-disconnectors**

The integration of advanced measuring converters, techniques of digital control for drives and methods of safe programming permits to automate not only productive processes, but also complex and time-consuming testing procedures and investigations of products. The example of such integrated measuring application is worked out in PIAP the device for testing spring mechanisms to a drive of medium voltage switch-disconnectors which were implemented in 2009 in the division of ABB in Przasnysz. The device takes off torque characteristics as function of turn angle, when enclosing and disengaging of spring mechanism. The accuracy and testing rate obtained were unattainable using characteristics taken off manually. Risks to service staff by operating the spring mechanisms also were eliminated.

Keywords: spring drive, energy distribution equipment, spring-actuated switchgear, rotary moment measurements, test stand.



mgr inż. Piotr Stempniak ukończył Wydział Elektryczny na Politechnice Warszawskiej w 2007 r. Od 2008 r. pracuje w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów. Zajmuje się projektowaniem i uruchamianiem zautomatyzowanych i zrobotyzowanych stanowisk produkcyjnych.
Kontakt: pstempniak@piap.pl



mgr inż. Jacek Dunaj ukończył Wydział Elektryczny Politechniki Warszawskiej w 1980 r. Od 1985 r. pracuje w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów. Specjalizuje się w programowaniu nowych konstrukcji sterowników przemysłowych, programowej realizacji komunikacji między sterownikami a zewnętrznymi komputerami, tworzeniu oprogramowania testowego oraz aplikacyjne-

go sterowników przemysłowych (m.in. PLC).

Kontakt: jdunaj@piap.pl

dr inż. Andrzej Syryczyński ukończył Wydział Elektryczny Politechniki Warszawskiej w roku 1959. Od roku 1973 pracuje w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów jako adiunkt, kierownik zespołów i pracowni. Specjalizacja - automatyka przemysłowa, aplikacje robotów, systemy wizyjne.

Kontakt: asyryczyński@piap.pl