

Zautomatyzowane stanowisko do badań optoelektronicznych urządzeń ochronnych

Wojciech Klimasara
Marek Ludwiński
Marek Pachuta
Zbigniew Pilat
Marcin Słowikowski

Potrzeba opracowania i budowy systemu automatyzacji badań optoelektronicznych urządzeń ochronnych wynika z unormowań polskich oraz unijnych odnoszących się do badań urządzeń bezpieczeństwa. Przepisy Unii Europejskiej zawarte w Dyrektywie Maszynowej, wdrożone do prawa polskiego, nakazują szczegółowe wykonywanie badań urządzeń ochronnych w celu potwierdzenia ich parametrów użytkowych.

Wymagania dotyczące badań optoelektronicznych urządzeń ochronnych są zawarte w normie [4]. W omawianych urządzeniach są badane:

- czułość i zdolność detekcji,
- geometria strefy wykrywania i dokładność zakresu wykrywania,
- wpływ czynników środowiskowych na zdolność detekcji,
- nienaruszalność zdolności detekcji,
- czas zadziałania.

Czas zadziałania jest najbardziej istotnym parametrem optoelektronicznego urządzenia ochronnego. Wyznaczenie tego czasu wymaga wielokrotnych pomiarów wykonywanych na specjalistycznym stanowisku badawczym. Prezentowane rozwiązanie stanowiska umożliwia zautomatyzowanie tych badań.

Obiekt badań

Obiektem badań wykonywanych na opisywanym stanowisku jest optoelektroniczne urządzenie ochronne w postaci kurtyny świetlnej lub skanera laserowego. Skaner laserowy jest urządzeniem ochronnym stosowanym zarówno do aplikacji stacjonarnych do ochrony niebezpiecznych obszarów, względnie jako czujnik mobilny do ochrony pojazdów bezobsługowych AGV (*Automatic Guided Vehicle*). Będąc autonomiczną jednostką, skaner monitoruje swoje otoczenie. Kontury pola ochronnego są definiowane przez użytkownika w zależności od kształtu niebezpiecznego obszaru. Użytkownik wprowadza parametry określające pole ochronne, programując sterownik skanera. Wiązka podczerwona światła laserowego dostrzega przedmioty lub osoby w polu działania i uruchamia funkcje ochronne względnie nawigacyjne. Obiekty dostrzeżone poza polem ochronnym są ignorowane.

Mgr inż. Wojciech Klimasara, mgr inż. Marek Ludwiński, mgr inż. Marek Pachuta, mgr inż. Zbigniew Pilat, mgr inż. Marcin Słowikowski – PIAP

W zastosowaniu bezdotykowych urządzeń ochronnych nie ma takich ograniczeń, jakie występują przy osłonach mechanicznych. Skanery laserowe znalazły szerokie zastosowanie jako bezdotykowe urządzenia ochronne ze względu na szereg zalet takich jak:

- łatwość w instalowaniu;
- elastyczność w definiowaniu kształtu pola wykrywania;
- przyjazne dla operatora uruchomienie i łatwe, programowe kształtowanie strefy wykrywania, zgodnie z potrzebami użytkownika;
- możliwość wcześniejszego ostrzegania, co zabezpiecza przed przypadkowym wyłączaniem maszyn i urządzeń;
- duża elastyczność w konfigurowaniu funkcji skanera w połączeniu z nadrzędnymi strukturami sterowania instalacją (sterownikami logicznymi, zintegrowanymi systemami bezpieczeństwa, komputerami sterującymi).

Metoda podwójnego wnikanía

W badaniach czasu zadziałania optoelektronicznych urządzeń ochronnych, prowadzonych w omawianym stanowisku, wykorzystuje się metodę podwójnego wnikanía.

Została ona opracowana w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy i jest zaprezentowana szczegółowo w pracach [1–3]. W metodzie tej przewiduje się dwie fazy postępowania badawczego:

- celem pierwszej – polegającej na bardzo wolnym wnikaníu próbniaka testowego w strefę wykrywania – jest wyznaczenie położenia granicy obszaru wykrywania;
- w fazie drugiej – polegającej na szybkim wnikaníu – jest wykonywany pomiar czasu zadziałania skanera laserowego.

W fazie wolnego wnikanía zewnętrzny sygnał startowy uruchamia ruch próbniaka testowego z bardzo małą prędkością i zeruje wskazanie układu pomiarowego w momencie nadejścia sygnału z badanego urządzenia ochronnego. W fazie tej prawdopodobieństwo wczesnego wykrycia obszaru wykrywania jest bardzo duże ze względu na wielokrotne, bardzo częste skanowanie położenia próbniaka testowego.

W fazie szybkiego ruchu (rzędu 2 m/s), w chwili gdy próbnik znajdzie się w pozycji odpowiadającej wnika- niu w obszar wykrywania, rozpoczyna się odmierzenie czasu upływającego do chwili zadziałania elementu wy- konawczego urządzenia ochronnego.

Czasy reakcji urządzeń ochronnych w tym skanerów laserowych wahają się od kilkudziesięciu do kilkuset ms.

Ponieważ czasy reakcji są bardzo krótkie, wymagania stawiane systemowi automatyzacji badań są wysokie ze względu na:

- wymagany duży zakres prędkości ruchu próbnika testowego,
- konieczny, bardzo krótki czas reakcji systemu badań przy realizacji pomiarów krótkich przedziałów czasu (rzędu ms).

Opis systemu automatyzacji badań

System automatyzacji składa się z:

- podsystemu manipulacyjnego oraz sterowania i napędów,
- podsystemu oprogramowania.

Podsystem manipulacyjny oraz sterowania i napędów

Manipulator (rys. 1) umożliwia realizację ruchu przestrzennego próbnika testowego w kartezjańskim układzie współrzędnych.

Zakres ruchu próbnika wynosi: w osi X: 5050 mm, osi Y: 1860 mm, osi Z: 330 mm.

Zakresy nastawianych prędkości podczas pracy automatycznej wynoszą w poszczególnych osiach:

- X: 1 mm/min – 60 m/min z rozdzielczością 1 mm/min,
- Y: 1 mm/min – 60 m/min z rozdzielczością 1 mm/min,
- Z: 1 mm/min – 150 m/min z rozdzielczością 1 mm/min.

Zakresy ruchów w osiach X i Y (ruch poziomy) wynikają z wymiarów dostępnych elementów handlowych, z których budowany jest podsystem manipulacji oraz wielkości pomieszczenia laboratorium badawczego zle- ceniodawcy (CIOP-PIB).



Rys. 1. Manipulator systemu

Konstrukcja manipulatora została wykonana z profili aluminiowych systemu ITEM. Przeniesienie napędu od silników odbywa się przez obiegowe, redukcyjne przekładnie zębate oraz pasowe przekładnie zębate. Ze względu na wymagane parametry ruchu – w tym potrzebę

realizacji ruchów bardzo wolnych oraz bardzo szybkich – zastosowano silniki oraz serwowzmacniacze firmy Mitsubishi Electric, które umożliwiają spełnienie założonych wymagań. W osi Z (ruch wnika- nia próbnika) został zastosowany dodatkowy, zewnętrzny, precyzyjny system pomiaru przemieszczenia liniowego firmy Heidenhain.

Układ sterowania znajduje się w szafie sterowniczej o wymiarach 60x60x160 cm pokazanej na rys. 2. W skład układu sterowania wchodzi następujące zespoły funk- cjonalne:

- zespół pomiaru czasu reakcji skanera,
- zespół sterownika PLC,
- zespół serwowzmacniaczy,
- zespół styczników i przekaźników,
- zespół bezpieczników,
- zespół złączy,
- pulpit,
- transformator.

Zespoły są umieszczone na płycie montażowej przy- kręconej do ramy szafy.

Układ jest zasilany prądem trójfazowym o napię- ciu 3x380 V. Transformator sieciowy służy do zmiany wartości napięcia przemiennego z 3x380 V na 3x220 V wymaganego przez serwo- wzmacniacze MR-J2S-200A firmy Mitsubishi Electric. Każdy serwowzmacniacz jest zabezpieczony niezależ- nie bezpiecznikiem 20 A. Po- nadto serwowzmacniacze są wyposażone w filtry przeciwzakłóceń.

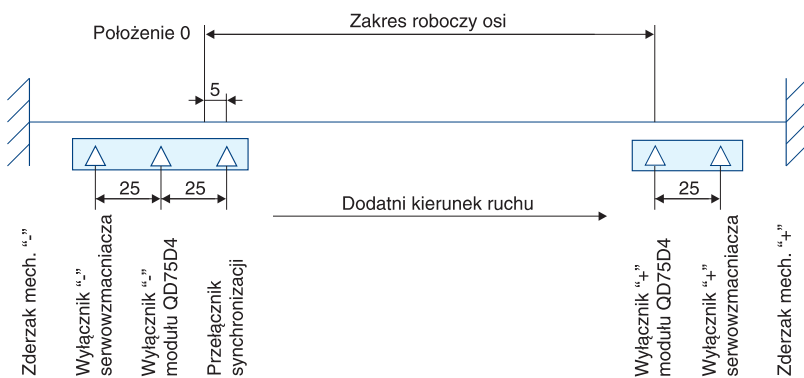
W każdej osi manipulatora zastosowano wyłączniki krańcowe. Ich wzajemne położenie wzdłuż pojedyn- czej osi jest pokazane na rys. 3 i 4.

Para wyłączników położonych najbardziej na ze- wnętrz zakresu ruchu jest przyłączona bezpośrednio do serwowzmacniaczy. Podczas normalnej, bezawaryj- nej pracy manipulatora wyłączniki te nie powinny być przełączane. Ich przełączenie (otwarcie) powoduje za- blokowanie pracy serwowzmacniacza w danym kierun- ku ruchu. Sytuacja taka może wystąpić tylko w przy- padku awarii serwonapędu.

Para wyłączników krańcowych położonych wewnątrz poprzedniej pary wyłączników jest przyłączona do mo- dułu pozycjonującego (rys. 3 – QD 75D4) i służy do ogra- niczenia zakresu ruchu osi podczas ręcznego sterowa- nia. W strefie pomiędzy tymi wyłącznikami ruch w pracy ręcznej może odbywać się ze stałą, nastawialną prędko- ścią. Po dojściu mechanizmu w pracy ręcznej do tego wy- łącznika i jego przesterowaniu (otwarcu), ruch w danej osi jest zatrzymywany z ustawionym jako parametr opó- żnieniem i jest generowany sygnał błędu. W tym stanie jest możliwe ręczne inicjowanie ruchu jedynie w kierun- ku do zakresu roboczego, po czym sygnał błędu jest ka- sowany automatycznie przez program PLC. Ponieważ



Rys. 2. Szafa sterownicza zautomatyzowanego stanowiska badawczego



Rys. 3. Rozmieszczenie przełączników krańcowych

przy otwartym jednym z tych wyłączników nie jest możliwa realizacja ruchu w pracy automatycznej, więc wyłączniki te praktycznie wyznaczają zakres roboczy ruchu w danej osi do pozycjonowania w pracy automatycznej. Wystąpienie sygnału błędu jest sygnalizowane na module sterownika oraz na ekranie monitora komputera PC.

Położenie zerowe osi jest wyznaczane w wyniku operacji synchronizacji, podczas której mechanizm w danej osi porusza się w kierunku ujemnym (to znaczy w kierunku przełącznika synchronizacji). Po zmianie stanu przełącznika (tzn. jego zamknięciu) jest wykonywany ruch w danej osi na drodze 5 mm, po czym następuje jego zatrzymanie. Jest to tzw. położenie zerowe osi. Funkcja synchronizacji musi być wykonana po włączeniu układu, gdyż bez zsynchronizowania osi nie jest możliwe wykonywanie operacji pozycjonowania. Jest możliwe w tym przypadku jedynie poruszanie osi w pracy ręcznej. Położenie zerowe w manipulatorze znajduje się w narożniku manipulatora obok układu sterowania i przy podniesionym suwaku osi Z.

Przełączniki są zamocowane na wspólnym wsporniku na końcach zakresu ruchu w każdej osi (rys. 4). Odległość między przełącznikami wynosi 25 mm.

W osiach X i Y, które bezpośrednio nie biorą udziału w pomiarze czasu reakcji skanera/kurtyny na pojawienie się w skanowanym obszarze próbnika, ustalono jako parametry dynamiczne jednakowe prędkości maksymalne oraz przyspieszenia. Ustawiono prędkość maksymalną – 0,7 m/s. Aby uniknąć dużych uderzeń mechanicznych, ustawiono czas rozpędzania/hamowania – 400 ms. Parametry te nie mają żadnego wpływu na wynik pomiaru czasu reakcji skanera/kurtyny. Rozdzielczość pozycjonowania w osiach X i Y wynosi 0,1 mm.



Rys. 4. Rozmieszczenie wyłączników krańcowych

Ze względu na krótki zakres ruchu osi Z (330 mm) i konieczność uzyskania stabilnej prędkości maksymalnej 2,5 m/s, przebieg prędkości zadanej przyjęto jako trapezoidalny z czasami rozpędzania i hamowania wynoszącymi 60 ms, co przy drodze 330 mm daje czas stabilnej prędkości 60 ms. Droga wykonywana w osi Z ze stabilną prędkością wynosi w tym przypadku 150 mm.

Do napędzania suwaka w osi Z został dobrany silnik HC-RFS-103B firmy Mitsubishi Electric, o momencie nominalnym 3,18 Nm i maksymalnym 7,95 Nm.

Przy doborze wielkości silnika posłużono się m.in. programem symulacyjnym SETUP121 firmy Mitsubishi Electric. Dobierając parametry serwowzmacniacza MR-J2S-200A, uzyskano (przy założeniu ww. wymuszenia trapezoidalnego prędkości) przebiegi prędkości rzeczywistej silnika i momentu rozwijanego przez silnik bardzo zbliżone do założonych.

Układ pomiaru czasu reakcji urządzenia ochronnego

Czas zadziałania urządzenia ochronnego jest mierzony bezpośrednio w układzie pomiarowym opracowanym i wykonanym w PIAP. Układ jest zbudowany na bazie sterowników PLC serii Q Mitsubishi Electric. W osi Z stanowiska za przekładnią redukcyjną został zainstalowany dodatkowy czujnik położenia osi Z. Jest nim liniał pomiarowy LIM 517 firmy Heidenhain generujący podczas ruchu osi impulsy o gęstości 1 impuls/40 mm. Sygnał impulsowy z liniału jest podawany do układu pomiarowego, w którym impulsy są zliczane w liczniku rewersyjnym. Stan licznika jest wyświetlany na wyświetlaczu. Praca układu pomiarowego jest sterowana dwoma wyjściami sterownika PLC.

Płytkę po zmontowaniu zainstalowano w skrzynce z okienkiem, poprzez które jest widoczny wyświetlacz pokazujący w kodzie hexadecymalnym stan liczników zliczających impulsy z liniału pomiarowego oraz dwie diody elektroluminescencyjne informujące o fazie wykonywanego pomiaru. Na rys. 5 przedstawiono płytkę układu pomiarowego po zdjęciu pokrywy skrzynki.

Testy funkcjonalne systemu wykazały, że błąd pomiaru czasu reakcji urządzenia ochronnego nie przekracza 1 ms.



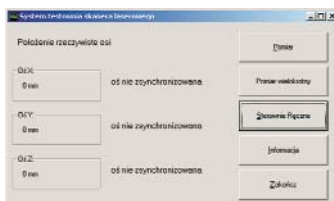
Rys. 5. Układ pomiaru czasu reakcji skanera

Oprogramowanie stanowiska na komputerze PC

Do komunikacji operatora ze stacją operatorską (komputerem PC) stanowiska został opracowany graficzny interfejs, oparty na standardowych rozwiązaniach systemu Windows. Całe oprogramowanie stacji operatorskiej działa w środowisku Windows 2000. Do wykonania oprogramowania stacji operatorskiej stanowiska użyto oprogramowania Microsoft Visual Studio 6.0 oraz pakietu MX Components 3.02 ze sterownikiem programowym do PLC-Mitsubishi Easysocket Driver umożliwiającym komunikację z PC.

Menu główne. Z poziomu menu głównego (rys. 6) możemy za pomocą przycisków z prawej strony przejść do następujących okien/funkcji programu:

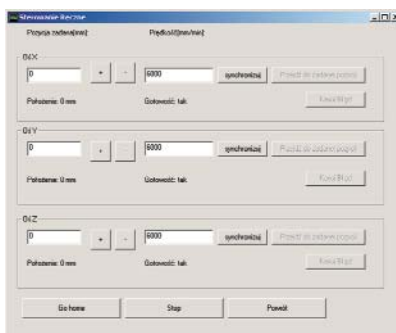
- pomiar,
- pomiar wielokrotny,
- sterowanie ręczne,
- zakończ.



Rys. 6. Menu główne programu

Dodatkowo w menu głównym są podawane informacje o położeniu poszczególnych osi oraz o ich synchronizacji.

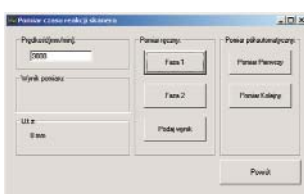
Synchronizacja. Przed rozpoczęciem pracy należy zsynchronizować wszystkie osie manipulatora. Operacja ta jest realizowana w trybie „Sterowanie ręczne” (rys. 7).



Rys. 7. Menu "sterowanie"

Dopiero po dokonaniu tej operacji możemy wykonywać polecenia realizacji ruchu. W tym celu należy wykonać operację „przejdź do zadanej pozycji”.

Pomiar czasu reakcji urządzenia ochronnego. Możliwy jest pomiar ręczny, (wielokrotny) półautomatyczny oraz automatyczny. Każda z opcji jest inicjowana z menu „Pomiar” (rys. 8).



Rys. 8. Menu „pomiar“

Program wykonywany jest zdarzeniowo. Pozwala to na intuicyjną obsługę stanowiska. Pętla główna programu, która odpytuje sterownik o aktualne statusy i położenie poszczególnych osi, jest uruchamiana przez przerwanie zegarowe dziesięć razy na sekundę. Część informacji potrzebnych do działania programu jest przechowywana w bazie danych MS Access 2000. Program komunikuje się z bazą danych za pomocą programu „Microsoft Jet 4.0 OLE DB Provider”. Wyniki pomiarów mogą być zapisywane w arkuszu kalkulacyjnym (Excel).

Podsumowanie

Zaprojektowane i wykonane w PIAP stanowisko do zautomatyzowanych badań właściwości i parametrów urządzeń ochronnych jest instalacją unikatową. Jego podstawową zaletą jest możliwość zaprogramowania wielokrotnych prób w tym samym miejscu obszaru skanowania. Spełnienie wymagań normy poprzez wykonywanie serii pomiarów ręcznie byłoby niezwykle uciążliwe. Zaprezentowane stanowisko oferuje badaczom również bardzo wygodny sposób archiwizowania uzyskanych danych. Daje to zespołom badawczym gotowy materiał do dalszych analiz.

Stanowisko zostało opracowane w ramach badań naukowych i prac rozwojowych przewidzianych w koordynowanym przez Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy (CIOP-PIB) programie wieloletnim pn. „Dostosowanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej”.

Po zakończeniu projektu CIOP-PIB przejął stanowisko i zainstalował w swoim laboratorium badawczym. Tym samym stał się jedną z pierwszych, o ile nie pierwszą w Europie firmą, która ma faktyczne możliwości prowadzenia badań urządzeń ochronnych, w tym skanerów laserowych, zgodnie z normą PN-EN 61496-1: 2001.

Bibliografia

1. Dźwiarek, M.: Method for Response Time Measurement of Electro-sensitive Protective Devices. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, vol. 2 No 3/1997 s. 234–242.
2. Dźwiarek M.: Measurement Accuracy of Electro-sensitive Protective Device Response Time When using the Double Penetration Method; International Journal of Occupational Safety and ergonomics, vol. 4. No. 3/1998, s. 363–384.
3. Strawiński T: Wpływ strefy tolerancji na pomiar czasu zadziałania laserowego urządzenia ochronnego (skanera), Prace konferencji AUTOMATION 2001, s. 350–355.
4. Norma PN-EN 61496-1: 2001, Bezpieczeństwo maszyn. Elektroczułe wyposażenie ochronne. Część 1: Wymagania ogólne i badania.
5. Materiały firmowe: Mitsubishi Electric, Alpha, ITEM, SICK.