

Układ kontroli procesu wtlaczania kół jezdnych lokomotyw i wagonów

Andrzej Bratek, Jan Goska

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP

Streszczenie: W artykule przedstawiono urządzenie wdrożone w jednym z zakładów naprawy taboru kolejowego, przeznaczone do automatycznego pomiaru i rejestracji charakterystyk dynamicznych zestawów kołowych, używanych w pojazdach kolejowych. Zastosowany zestaw czujników pomiarowych i przygotowane oprogramowanie zapewniają prostą obsługę podczas wykonywania pomiarów, jak również pozwalają na obiektywną ocenę badanych elementów. Część pomiarowa i część sterująca przebiegiem pomiarów zrealizowane są na sterowniku PLC, natomiast archiwizacja danych odbywa się z wykorzystaniem komputera PC.

Słowa kluczowe: pojazdy kolejowe, zestaw kołowy, czujnik siły, czujnik przemieszczenia, sterownik PLC, system rejestracji pomiarów

1. Wprowadzenie

Rosnące wymagania stawiane przed taborem kolejowym, wynikające z dążenia do podnoszenia bezpieczeństwa, niezawodności, komfortu oraz zwiększania prędkości jazdy pojazdów szynowych, wymuszają konieczność prowadzenia lepszej kontroli poszczególnych zespołów. Ważnymi zespołami pojazdów szynowych, mającymi bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo jazdy, są zestawy kołowe.



Rys. 1. Prasa o nacisku 6000 kN używana do wtlaczania zestawów kołowych

Fig. 1. The press machine of 6000 kN pressing capacity applied to force in wheelsets

Na rys. 1 przedstawiono prasę do montażu zestawów kołowych wózków kolejowych. Proces montażu polega na wtlaczaniu z dużą siłą kół na czopy osi. Potwierdzenie jakości montażu wymaga wykonania pomiarów w trakcie jego przebiegu. Proces wtlaczania odbywa się przy wymuszeniu dużych sił, które mogą osiągać wartość nawet 3000 kN na drodze około 150 mm. Aby usprawnić monitorowanie procesu, umożliwiając jednocześnie archiwizację wyników pomiarów i wygenerowanie arkusza raportu po zakończeniu operacji, opracowany został dedykowany układ do pomiaru i rejestracji parametrów tego procesu.

2. Proces wtlaczania zestawów kołowych

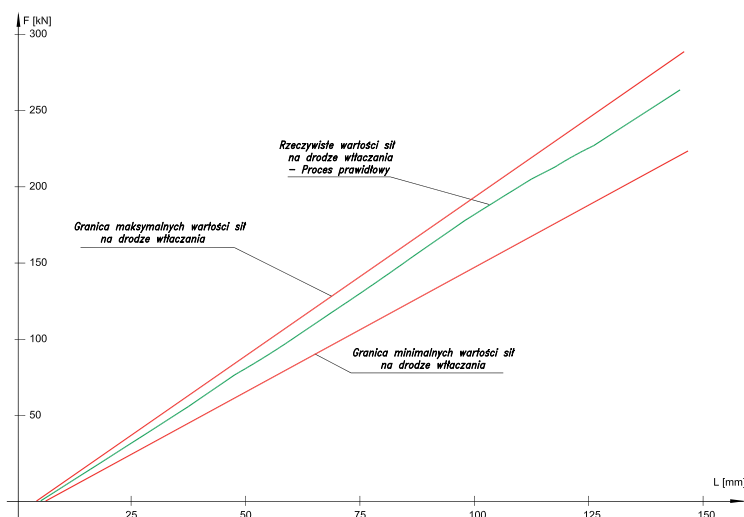
Koła zestawów jezdnych pojazdów kolejowych wtlaczane są na osie z zastosowaniem określonego wymaganiami norm pasowania. W czasie tego procesu następuje przemieszczenie względem siebie koła jezdnego i wciskanej osi, wywołane przyłożoną siłą nacisku. Wartość siły potrzebnej do wtlaczania elementów zestawu i sposób jej narastania w funkcji przemieszczenia jest bardzo dobrą miarą jakości osadzenia koła jezdnego na czopie osi pojazdu. Jakość wykonania wtlaczenia decyduje o trwałości połączenia tych elementów (osadzenia kół na osi), a tym samym o bezpieczeństwie ich eksploatacji.

W zależności od rodzaju zestawu wymagane są różne siły wtlaczania. Typ pojazdu, do którego przeznaczony jest zestaw, tj. lokomotywa lub wagon, jest pierwszym kryterium rozróżnienia, następnymi są jego cechy konstrukcyjne. Wymagania techniczne określają przedział i sposób narastania siły na drodze wtlaczania koła na oś, w formie przykładu jest to przedstawione na rys. 2. Jednostajne i mieszczące się w określonym przedziale tolerancji narastanie siły w funkcji przemieszczenia daje pewność, że połączenie jest prawidłowe.

Po zakończeniu procesu wtlaczania nie ma już możliwości dokonania skutecznej oceny jakości uzyskanego połączenia. Dla dokumentowania tego procesu został zbudowany układ pomiaru i rejestracji siły w funkcji drogi, który w trakcie wykonywania każdego zespolenia zestawu kołowego rejestruje parametry jego przebiegu i generuje raport.

Należy zauważyć, że w pojazdach kolejowych spotykanych w Polsce występuje parędziesiąt różnych zestawów jezdnych, które posiadają różne parametry wtlaczania, co stanowi dodatkową trudność przy kontroli i dokumentowaniu procesu metodami tradycyjnymi.

Dla upewnienia się, że połączenie jest dobre wykonuje się tzw. próbę trwałości. Polega ona na przyłożeniu siły rozłączającej wykonane połączenie o wartości niższej niż mi-



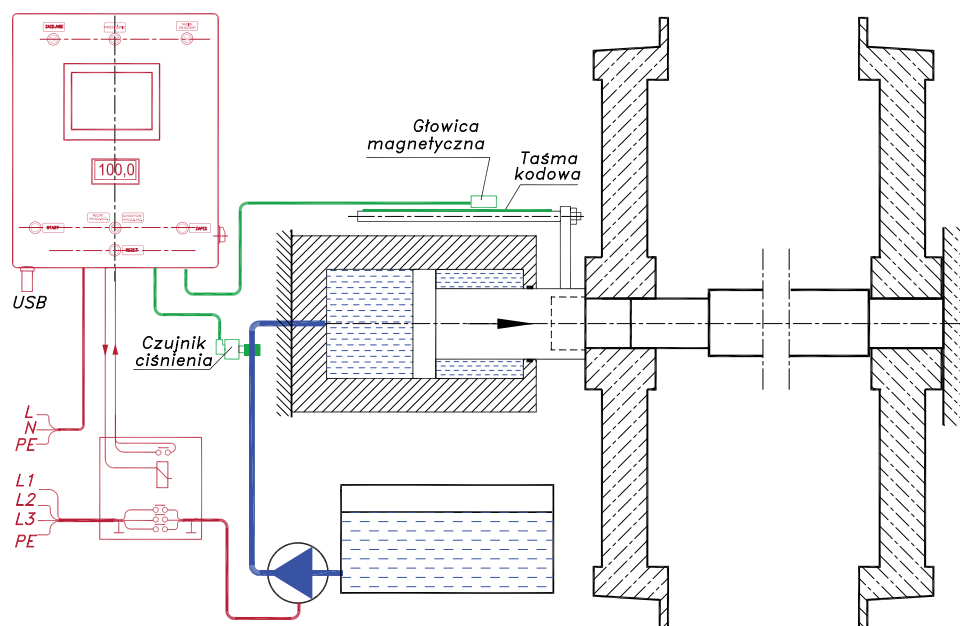
Rys. 2. Przykład wymagań dla procesu właczania kół. Wykres siły właczania w funkcji przemieszczenia koła wzdłuż czopa osi zestawu kołowego

Fig. 2. An example of wheels forcing process specifications. The graph of force versus wheel's displacement along a road axle pivot

nimalna siła wymagana do właczania. Należy zauważyć, że ta próba również może się odbywać pod kontrolą prezentowanego tu układu – umożliwi on wyłączenie pompy hydraulicznej po osiągnięciu siły określonej w wymaganiach dla danego połączenia.

3. Budowa i zasada działania zestawu pomiarowego

Przedstawiany układ mierzy i rejestruje wartość siły w funkcji wartości przemieszczenia kół podczas procesu właczania na oś. Układ pomiaru i rejestracji, przedstawiony schematycznie na rys. 3, zbudowany jest w oparciu o moduł sterownika przemysłowego i panel operatorski. Sterownik zapewnia obsługę bieżącej próby i przekazuje mierzone parametry do panelu operatorskiego. W pamięci sterownika w sposób trwały zapisane są wymagania techniczne dotyczące procesów właczania dla wszystkich stosowanych obecnie zestawów kołowych.



Rys. 3. Układ pomiaru i rejestracji siły w funkcji przemieszczenia
Fig. 3. Measurement and recording system of force as a function of displacement

Do tych wymagań odniesiona jest sygnalizacja przekroczenia dopuszczalnych wartości siły właczania podczas przebiegu procesu oraz wartości siły dla próby trwałości. Sterownik PLC przy określonych wartościach siły, które przypisane są poddawanemu próbie zestawowi kołowemu, sygnalizuje przekroczenie wartości granicznej, a po przewyższeniu jej o 20 %, zwalnia przełącznik wyłączenia pompy i przerywa proces.

Próba ilustrowana jest na bieżąco na ekranie panelu operatorskiego w postaci wykresu zależności wartości siły właczania od położenia, a dokładnie w funkcji przemieszczenia względem siebie koła jezdne i wciskanej osi. Prezentowane są również wartości liczbowe tych parametrów. Po zakończeniu procesu dane pomiarowe zapisywane są w pamięci zewnętrznej flash, dołączonej do interfejsu USB stanowiska. Zgromadzone w pamięci zewnętrznej wartości pomiarów mogą być przeniesione do komputera PC wyposażonego w dedykowaną aplikację, która umożliwia archiwizowanie danych procesu i wydrukowanie raportu.

3.1. Czujniki pomiarowe

Pomiar siły nacisku prasy hydraulicznej odbywa się metodą pośrednią przez pomiar ciśnienia w cylindrze roboczym siłownika, realizowany za pomocą czujnika ciśnienia z analogowym sygnałem wyjściowym. Zastosowany czujnik o zakresie pomiarowym 10 MPa, charakteryzujący się błędem dopuszczalnym 0,16 % i dopuszczalną przeciężal-

nością 100 %, zapewnia pomiar sił w zakresie do 3500 kN z błędem nie przekraczającym 6,5 kN (z uwzględnieniem błędów przetwarzania analogowo-cyfrowego wejścia sterownika). Pomiar przemieszczenia odbywa się przy użyciu głowicy pomiarowej powiązanej z tłoczyskiem prasy, przesuwanej nad listwą magnetyczną. Głowica pomiarowa wraz z listwą magnetyczną stanowią dwutorowy czujnik impulsowy, określający względne przemieszczenie tłoczyska prasy obliczane w stosunku do miejsca rozpoczęcia procesu wtlaczania.

Zastosowana głowica i listwa magnetyczna zapewniają pomiar z błędem 0,1 mm. Sygnały pomiarowe siły i przemieszczenia są doprowadzone do wejść sterownika PLC układu przetwarzania pomiarów i rejestracji.

3.2. Sterownik PLC

W układzie pomiarowym zastosowano sterownik PLC z zegarem RTC oraz panel operatorski z ekranem dotykowym o przekątnej 7", wyposażony w interfejs USB zewnętrznej pamięci flash. Urządzenia te, zestawione łączem szeregowym RS-422, komunikują się ze sobą wymieniając dane procesowe.

Sterownik udostępnia dwustanowe sygnały wejścia/wyjścia, szybkie wejścia impulsowe oraz analogowe sygnały wejścia z 12-bitowym przetwarzaniem a/c. Znajdująca się w zasobach układu pamięć flash umożliwia prowadzenie rejestracji pomiarów w trybie rzeczywistym, zapewniając później łatwy do nich dostęp i możliwość przenoszenia zebranych danych do archiwum systemu kontroli jakości. Panel operatorski służy do konfiguracji parametrów procesu wtlaczania i do wizualizacji jego przebiegu.

4. Przebieg próby

Przed przystąpieniem do obsługi procesu operator musi się zalogować do systemu (na panelu operatorskim), dopiero wtedy układ osiąga gotowość pracy. W następnym kroku powinien zdefiniować parametry procesu, w tym celu operator wskazuje rodzaj pracy stanowiska (możliwy jest wybór procesu wciskania lub przeprowadzenie próby trwałości) i przypisuje numer ewidencyjny do zestawu kołowego. Na koniec, w trybie wyboru z predefiniowanej listy zestawów, ustala dopuszczalne parametry obciążenia podczas wykonywania próby.

Początek próby wyzwalany jest przyciskiem umieszczonym na pulpicie operatorskim, dalej proces bierze już w pełni automatycznie pod kontrolą sterownika, który steruje jej przebiegiem. Stopniowo narasta siła i koła coraz głębiej są wciskane na oś zestawu. Jednocześnie na ekranie panelu operatorskiego wyświetlana jest charakterystyka siły nacisku pasowanego zestawu kołowego, przybierając wraz z napływem bieżących pomiarów pełniejszą postać.

Cały proces trwa od kilkadziesiąt sekund do niepełnych dwóch minut. W tym czasie w pamięci sterownika rejestrowaniu podlega do trzystu par wartości pomiaru siły i położenia. Po zakończeniu próby operator może dokonać trwałego zapisu do zewnętrznej pamięci USB raportu z zakończonej próby, na który składają się zarejestrowane wartości pomiarów charakterystyki zestawu kołowego, parametry procesu zdefiniowane na wstępie przez operatora oraz dane identyfikacyjne operatora procesu.

4.1. Funkcje sterownika

Podstawowym zadaniem sterownika jest prowadzenie automatycznego nadzoru procesu produkcji zestawów kołowych. Służy temu sprawowanie ciągłej kontroli nad wielkością bieżącego obciążenia zestawu kołowego oraz rejestracja wartości parametrów siły i przesunięcia przy zmianie obciążenia w układzie pomiarowym. Sterownik rozpoznaje działanie operatora i stan przebiegu procesu, sygnalizując to odpowiednio na pulpicie operatorskim stanowiska.

Do pomiaru przesunięcia wykorzystany został dwufazowy licznik impulsów z enkodera położenia, dołączonego do szybkich wejść dwustanowych. Zapewniło to osiągnięcie rozdzielczości tego pomiaru wynoszącą 0,1 mm. Siła nacisku rozpoznawana jest na wejściu analogowym sterownika z rozdzielczością 875 N. Bazując na skanowaniu pomiarów w sterowniku z cyklem 20 ms, przeprowadzany jest zapis przebiegu procesu w postaci zestawu zsynchronizowanych ze sobą par parametrów siły i przesunięcia, przy czym rejestrację kolejnego punktu pomiarowego generuje zmiana położenia o 0,5 mm lub zmiana wielkości siły o 8,75 kN. Na podstawie zapisanych punktów tworzona jest charakterystyka zestawu, wyświetlana na ekranie panelu.

Program sterownika wyposażony został w funkcje, które realizującą stosunkowo silnie rozbudowaną komunikację operatorską, obejmując:

- logowanie do systemu,
- wybór zestawów kołowych,
- ustalanie wartości granicznych procesu,
- prezentację wartości parametrów procesu w jednostkach fizycznych,
- prezentację wykresu charakterystyki zestawu kołowego,
- prezentację maksymalnych wartości zarejestrowanych podczas próby i dopuszczalnych wartości granicznych,
- zapis raportu do pamięci zewnętrznej.

4.2. Archiwizacja i raportowanie

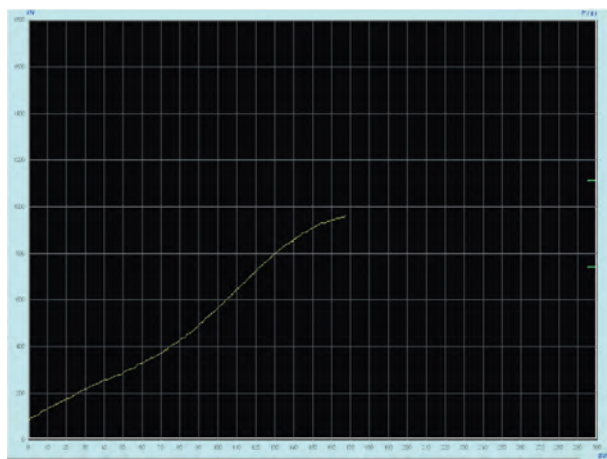
Wyniki pomiarów pasowania zestawów kołowych przenoszone są w postaci plików raportowych do komputera PC Działu Kontroli Jakości, gdzie podlegają archiwizacji. W plikach raportowych, poza zarejestrowanymi wartościami pomiarów siły i przesunięcia, umieszcza się także stempel czasu przeprowadzenia próby, dane identyfikacyjne operatora obsługującego proces oraz metrykę próby, utworzoną przez opis przeprowadzonej próby, określenie typu zestawu kołowego i zestawienie odnoszących się doń wymagań technicznych.

Wraz z układem pomiarowym dostarczona jest aplikacja przygotowana dla komputera PC pod systemem MS Windows, która umożliwia samoczynne wygenerowanie raportu z przeprowadzonych prób na podstawie danych pomiarowych pobranych ze sterownika PLC. Generowany raport zawiera:

- opis badanego wyrobu,
- opis próby,
- zmierzone wartości parametrów w punktach charakterystycznych,
- wykres charakterystyki.

Przykład charakterystyki otrzymanej w aplikacji przedstawiony jest na rys. 4.

Forma raportu jest dostosowana do wymagań użytkownika. Jego elementy związane z przeprowadzoną próbą, tzn. opis zestawu kołowego, wyniki pomiarów, wartości wymagań technicznych oraz wykres charakterystyki generowane są samoczynnie. Operator określany jest w raporcie imiennie na podstawie przypisanego mu identyfikatora. Natomiast informacje dotyczące zamówienia, według którego przygotowuje się wyrób, oraz niektóre indywidualne cechy zestawu wpisywane są ręcznie.



Rys. 4. Przykładowa charakterystyka zestawu kołowego, przedstawiająca zależność siły nacisku od przesunięcia koła podczas procesu włączania, w widoku aplikacji generującej raporty wyrobów

Fig. 4. An example of wheelset characteristic, showing force of pressure against wheel displacement in forcing process, in application used to obtain product reports

5. Podsumowanie

Opisany układ pomiarowy został zainstalowany w Zakładzie Taboru Kolejowego. Jest wykorzystywany do określenia charakterystyki włączania zestawów kołowych, przeznaczonych dla wagonów kolejowych i lokomotyw. Przy kompletowaniu układu uwzględniono trudne warunki pracy i obciążenie osób wykonujących próby. Zaproponowano urządzenie proste z punktu widzenia obsługi, pewne pod względem działania i dostarczające wysokiej jakości pomiarów. We wprowadzaniu tego typu rozwiązań barierą stanowi cena, dlatego dużą uwagę poświęcono kosztowej stronie zestawienia układu, starając się ją minimalizować. Osiągnięto to między innymi przez zastosowanie stosunkowo prostego sterownika PLC i graficznego panelu operatorskiego, które zapewniają pełną obsługę wykonywanych prób i wizualizację prób, a jednocześnie charakteryzują się doskonałym stosunkiem ceny do oferowanych parametrów technicznych, oraz zlokalizowanie wszystkich funkcji związanych z archiwizowaniem danych i generowaniem raportu w komputerze PC, który służy również do innych celów.

Bibliografia

1. Bratek A., Goska J., *Pomiar i rejestracja charakterystyk statycznych resorów i zderzaków kolejowych*, Automation 2006, X Konferencja Naukowo-Techniczna, Automatykacja – Nowości i Perspektywy, Warszawa 2006, 546–552.
2. Bratek A., Goska J., Kostrzewa P., *Wybrane zagadnienia dotyczące opracowania i budowy stanowiska do sprawdzania przemysłowych czujników siły*, Automation 2007, XI Konferencja Naukowo-Techniczna, Automatykacja – Nowości i Perspektywy (CD), Warszawa 2007.
3. PN-K-91045:2002, *Tabor kolejowy. Zestawy kołowe. Wymagania i metody badań*, PKN, Warszawa 2002. ■

Testing installation of rail wheels forcing process

Abstract: In the paper we present an installation, put into use in one of the railway vehicles repair companies, to provide automatic measurements and registering of dynamic characteristics of wheelsets used in rolling stock vehicles. The sensor set along with the applied software give ease of operation for measurement capture as well as an objective evaluation of tested elements. The measuring and controlling equipment solution is based on a PLC controller while a PC computer is used to archive measurement results.

Keywords: railway vehicles, wheelset, force sensor, displacement sensor, PLC controller, data acquisition system

mgr inż. Andrzej Bratek

Specjalista badawczo-techniczny w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów PIAP. Główne obszary aktywności zawodowej: systemy automatycznego zbierania danych i sterowania, automatyczne systemy pomiarowe.

e-mail: abratak@piap.pl



mgr inż. Jan Goska

Pracownik Przemysłowego Instytutu Automatyki i Pomiarów PIAP na stanowisku starszego specjalisty badawczo-technicznego. Jest autorem i współautorem wielu projektów wdrożonych w warunkach przemysłowych.

e-mail: jgoska@piap.pl

