

mgr inż. Andrzej Bratek

mgr inż. Jan Goska

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów

## POMIAR I REJESTRACJA CHARAKTERYSTYK STATYCZNYCH RESORÓW I ZDERZAKÓW KOLEJOWYCH

*W artykule opisano praktycznie zrealizowane urządzenia pomiarowe i oprogramowanie do pomiaru i rejestracji charakterystyk statycznych sprężyn nośnych i zderzaków stosowanych w konstrukcjach taboru kolejowego. Zestaw czujników pomiarowych i oprogramowanie zapewnia prostą obsługę podczas wykonywania pomiarów i obiektywną ocenę badanych elementów. Dla obniżenia ceny zestawu część pomiarowa i sterująca wykonywaniem pomiarów zrealizowana jest na sterowniku PLC natomiast archiwizacja odbywa się za pomocą komputera PC.*

### DRIVING SPRINGS AND BUFFERS STATIC CHARACTERISTICS MEASUREMENT AND RECORDING.

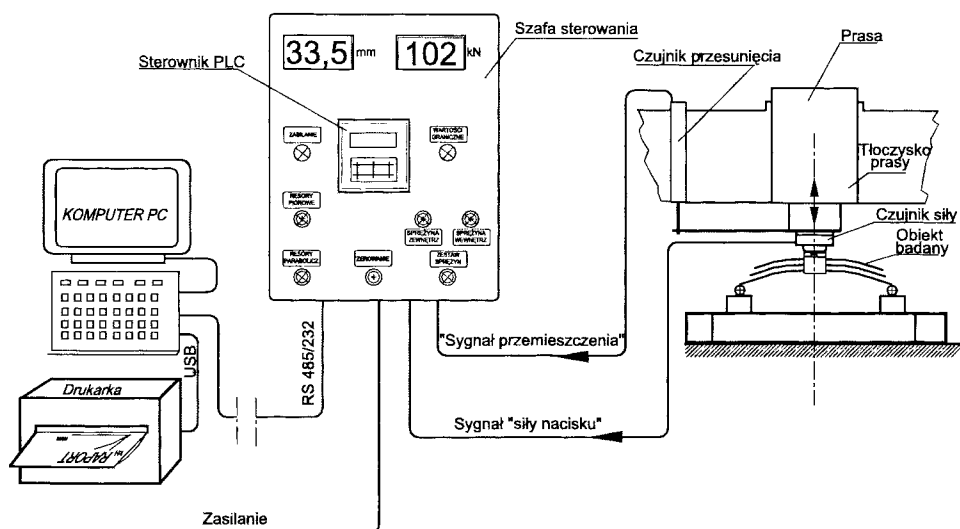
*In this paper we present a practical measuring devices and software application for measuring and recording static characteristics of driving springs and buffers used in rolling stock vehicles. The sensor set along with the software enable easy measurement taking and an objective evaluation of tested elements. Cost reduction dictated the measuring and controlling equipment solution based on a PLC controller and a PC computer to archive measurement results.*

### 1. WSTĘP

Rosnące wymagania dla taboru kolejowego wynikające z dążenia do podnoszenia niezawodności, komfortu oraz zwiększanie prędkości jazdy pojazdów szynowych spowodowały konieczność lepszej kontroli poszczególnych zespołów. Ważnymi zespołami pojazdów szynowych, mającymi bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo i komfort jazdy są sprężyny nośne wagonu oraz urządzenia zderzakowe. Ich właściwe sprawdzenie selekcja i dobór podczas montażu wymaga wykonania pomiarów charakterystyk statycznych. Pomiary wykonywane są przy wymuszeniu dużych, sił rzędu 150–200 kN w przypadku sprężyn nośnych, i 1000 kN w przypadku urządzeń zderzakowych. Wymuszenie i utrzymanie stałej wartości siły dla umożliwienia jej odczytu przez operatora w kilku punktach pomiarowych jest trudne. Aby ten proces kontroli ułatwić i przyspieszyć, umożliwiając jednocześnie archiwizację wyników pomiarów oraz wygenerowanie arkusza raportu z wykonywanych prób, opracowany został zestaw do pomiaru i rejestracji. Zestaw ten jest przystosowany do zainstalowania na prasie hydraulicznej do zadawania obciążeń. Sygnały z zestawu pomiarowego mogą być wykorzystane do sterowania pracą prasy zabezpieczając przed przekroczeniem wartości granicznych obciążenia i ugięcia badanego zespołu. Opisany tu układ pomiarowy, zrealizowany został praktycznie i jest wykorzystywany w kilku Zakładach Transportu Kolejowego wytwarzających i regenerujących sprężyny nośne oraz wykonujących naprawy taboru.

## 2. BUDOWA I ZASADA DZIAŁANIA UKŁADU POMIAROWEGO

Schematycznie układ pomiaru i rejestracji przedstawiony jest na Rys. 1. Układ realizujący przebieg próby zbudowany jest w oparciu o moduł sterownika przemysłowego. Do wejść analogowych sterownika doprowadzone są sygnały z czujników pomiarowych przemieszczenia i siły. Sterownik zapewnia obsługę bieżącej próby, rejestrację punktów pomiarowych próby i przekazywanie wyników pomiarów do komputera. Program sterownika rozpoznaje moment zakończenia pojedynczej próby według nastawionych granicznych wartości siły lub przesunięcia. Komputer jest dołączony do sterownika interfejsem RS 232 lub RS 485 w zależności od długości połączenia. Logika odczytu danych pomiarowych i generowania raportu z próby znajduje się w programie komputera obsługi stanowiska pomiarowego.



Rys.1. Schemat zestawu do pomiaru i rejestracji charakterystyk statycznych

Wyniki z każdej zakończonej próby są automatycznie przekazywane do komputera PC, gdzie są prezentowane w postaci wykresu i archiwizowane. Na ekranie komputera realizowana jest wizualizacja przebiegu próby. Przedstawiane są bieżące wartości pomiarów oraz progowe wartości próby (do edycji). Próby mogą być wykonywane bez współpracy z komputerem PC. Wyniki liczbowe przebiegu próby (wg wymagań dla danego typu) dostępne są, także po jej wykonaniu, na ekranie LCD sterownika. Na płycie czołowej szafy sterowania umieszczone są dwa wyświetlacze LED, czytelne z pozycji pracy operatora. Pozwalają one na wstępną ocenę parametrów wykonywanych prób i ułatwiają operatorowi sterowanie pracą prasy.

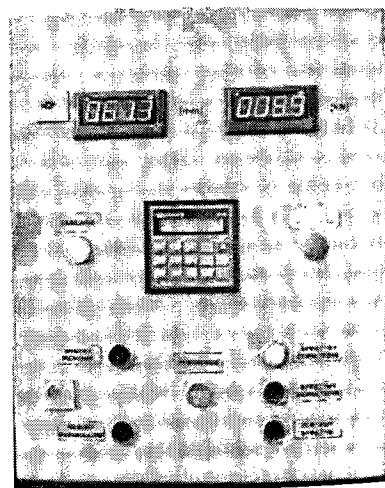
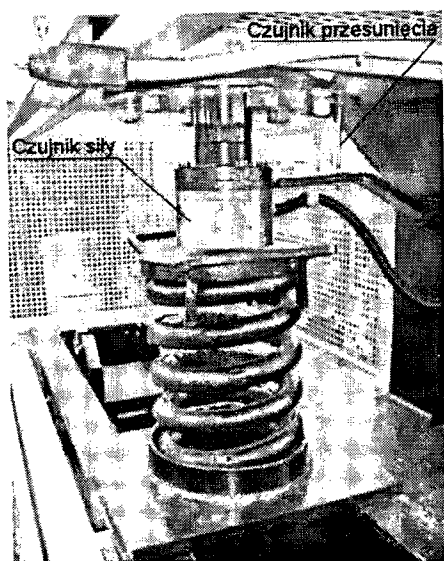
### 2.1. Czujniki pomiarowe

Do pomiaru ugięcia zastosowano czujnik indukcyjny o zakresie pomiarowym dostosowanym do zakresu ugięcia badanych obiektów (200 ÷ 300mm). Trzpień pomiarowy

czujnika jest sprzęgnięty ze sztywnym płaskownikiem zamocowanym do końcówki tłoka prasy hydraulicznej. Dzięki temu dokładnie odwzorowuje przemieszczenie tłoka prasy. Jako czujnik siły został zastosowany czujnik tensometryczny. Jest on zamocowany do końcówki tłoczyska prasy hydraulicznej. Czujnik ten przenosi siłę nacisku bezpośrednio na badany zespół. Zakres sił mierzonych dobrany jest do zakresu maksymalnych sił wytwarzanych przez prasę. Zastosowane czujniki siły są odporne na 1,5 – krotne przeciążenie, co chroni je skutecznie przed uszkodzeniem.

## 2.2. Sterownik PLC

W układzie pomiarowym zastosowano sterownik PLC z rodziny sterowników M90 firmy Unitronics. Sterownik ten udostępnia dwustanowe sygnały wejścia/wyjścia oraz analogowe sygnały wejścia/wyjścia z 12-to bitowym przetwarzaniem a/c, ponadto wyposażony jest w panel operatorski z klawiaturą funkcyjno-numeryczną i wyświetlaczem znakowym LCD.



Rys.2. Widok prasy zadającej siłę i szafy sterowania ze sterownikiem PLC

## 3. PRZEBIEG PRÓBY

Na stanowisku mogą być wykonywane próby różnych obiektów: resorów piórowych, resorów parabolicznych, sprężyn nośnych i ich zestawów. W przypadku sprężyn pełna próba, po której generowany jest raport, składa się trzech oddzielnych testów dla sprężyny wewnętrznej, sprężyny zewnętrznej i zestaw sprężyn. Wymagania i sposób pomiaru dla poszczególnych obiektów są różne i do realizacji wykorzystywane są różne algorytmy. Inne są też postacie końcowego raportu generowanego po wykonanej próbie. Wybór określonego algorytmu próby i wymagań związanych z danym typem obiektu, realizowany jest przez przyciski umieszczone na płycie czołowej szafy sterowania, oznaczone nazwą badanego obiektu. Wprowadzanie nowych wymagań (wartości

liczbowych) dla poszczególnych typów jest dokonywana z komputera PC. Wartości te są przechowywane w sterowniku PLC i przywoływane za każdym razem po wyborze przycisku odpowiedniej próby.

W algorytmie programu wprowadzono pojęcie wartości granicznych. Są to dwie wartości liczbowe określające maksymalne obciążenie i maksymalne ugięcie podczas próby. Są to wartości, które nieznacznie przekraczają maksymalne wartości sprawdzanych parametrów. Osiągnięcie przez jeden z parametrów wartości granicznej jest sygnalizowane lampką „WARTOŚCI GRANICZNE”. Ułatwia to operatorowi sterowanie pracą prasy. Dzięki temu nie musi on w czasie próby analizować mierzonych wartości, a jedynie obserwuje pracę lampki sygnalizacyjnej. Obwód sterowania lampką może być wykorzystany do samoczynnego przerywania zwiększania nacisku prasy, jeżeli umożliwia to jej wyposażenie sterujące. Najczęściej zadawanie nacisku sterowane jest ręcznie.

Po usytuowaniu badanego obiektu w gnieździe pomiarowym operator uruchamia prasę w kierunku zwiększania nacisku. Sterownik odczytuje odpowiadające sobie pary wartości: wartość ugięcia, siła nacisku z okresem powtarzania 0,05s. Przekroczenie wartości granicznych interpretowane jest przez program jako sygnał osiągnięcia wartości maksymalnej próby. W tym momencie załącza się przekaźnik lampki „WARTOŚCI GRANICZNE”. Po osiągnięciu takiego stanu operator zmniejsza nacisk prasy. Gdy siła nacisku spadnie do „0”, program rozpoznaje powstałą sytuację jako zakończenie próby i wyniki próby przesyłane są do komputera PC. Obsługiwanie układu pomiarowego praktycznie nie angażuje operatora ponad te czynności, które są związane z umieszczeniem obiektu i obsługą prasy. W przypadku braku komunikacji z komputerem PC próby wykonywane są identyczne z tym, że po wykonaniu próby wynik należy zarejestrować ręcznie, przed uruchomieniem próby następnej.

### **3.1. Funkcje sterownika.**

Podstawowym zadaniem sterownika jest prowadzenie nadzoru nad stanem próby, sprawowanie kontroli nad wielkością obciążenia resoru oraz rejestracja wartości parametrów obciążenia i ugięcia przy zmianie obciążenia.

Sterownik rozpoznaje akcje operatora, stan przebiegu próby i sygnalizuje stan próby na pulpicie operatorskim stanowiska.

W pierwszej fazie próby, która następuje po rozpoczęciu próby przez operatora, program sterownika przygotowany jest do analizy wzrastających parametrów. Po rozpoznaniu pojawienia się przyrostu wartości obciążenia rejestrowana jest wartość parametru przesunięcia jako punkt odniesienia do wyznaczenia wartości ugięcia podczas próby. Po przekroczeniu progu granicznego któregoś z parametrów rejestrowana jest maksymalna wartość obciążenia oraz odpowiadające temu wymuszeniu ugięcie i program przechodzi do drugiej fazy próby, analizy malejących parametrów. Po zmniejszeniu obciążenia poniżej 1 % zakresu pomiarowego kończona jest próba.

W trakcie obu faz próby prowadzona jest rejestracja par mierzonych parametrów obciążenia i ugięcia. Zarejestrowane dane służą do wyznaczenia charakterystyki resoru w formie zależności obciążenia od ugięcia i przygotowania raportu przez oprogramowanie aplikacyjne próby resoru posadowione na komputerze PC. Z uwagi na nieznaczne zasoby wewnętrzne sterownika kolejne punkty charakterystyki, niezależnie od prędkości przebiegu próby, rejestrowane są po zmianie obciążenia nie mniejszej niż 1% zakresu pomiarowego.

Program sterownika wyposażony został w funkcje realizujące stosunkowo silnie rozbudowaną komunikację operatorską:

- ciągłą prezentację wartości parametrów próby w jednostkach fizycznych
- odczyt maksymalnych wartości zarejestrowanych podczas próby
- odczyt ustawionych wartości granicznych próby
- zmianę wartości granicznych próby

Powyższa funkcjonalność zapewnia możliwość autonomicznej pracy układu sterowania stanowiska niezależnie od komputera PC.

### 3.1.1. Ręczne zerowanie sygnałów

Funkcja ta jest wprowadzona dla umożliwienia kontroli układów pomiarowych lub wykonywania pomiarów pomocniczych na podstawie odczytu wartości z wyświetlaczy.

Zerowanie możliwe jest po zakończonej próbie. Aby uzyskać odczyt wartości bezwzględnych nie korygowanych należy podać do sterownika sygnał „zerowanie”. Podświetlany jest przycisk „Zerowanie”, przez 3 s, a wskazania pomiarów przywracane są do wartości bezwzględnych sygnałów z czujników. Jeżeli w trakcie podświetlenia przycisku „Zerowanie” (które trwa 3 s od poprzedniego sygnału) ponownie podany zostanie sygnał „Zerowanie”, to nastąpi wyzerowanie wskazania pomiaru siły, tzn. przesunięcie odczytu siły względem bieżącej wartości w układzie pomiarowym (odczyt siły wskaże „0” dla wartości, przy której nastąpiło zerowanie). Jeżeli działanie takie zostanie wykonane wtedy gdy czujnik jest odciążony to wyeliminowany zostanie błąd „pełzania zera”.

Pozwala to na zmniejszenie rzeczywistego błędu pomiaru czujnika siły.

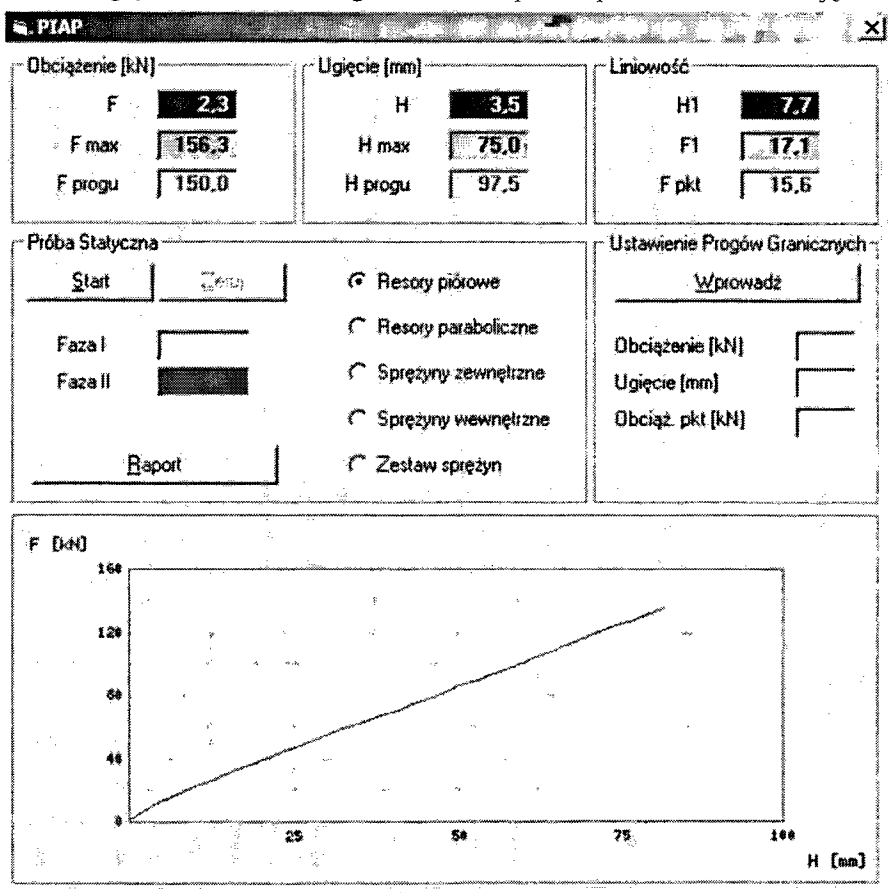
### 3.1.2. Automatyczne zerowanie sygnałów

Czujnik przemieszczenia określa położenie tłoka, natomiast celem prób jest zmierzenie wartości ugięcia badanego obiektu (resoru, zderzaka) lub jego wysokości przy zadanym obciążeniu. Dla wykonania pomiaru ugięcia lub wysokości za pomocą tego czujnika niezbędne jest określenie momentu zetknięcia się tłoczyska z powierzchnią badanego obiektu. Od tego poziomu, odpowiadającego momentowi zetknięcia dalsze przemieszczenie tłoka określa jednoznacznie zmiany wysokości badanego obiektu. Aby ułatwić prowadzenie prób, zastosowany został algorytm, dzięki któremu układ pomiarowy automatycznie rejestruje wysokość położenia tłoczyska w momencie zetknięcia się czaszy czujnika siły z badanym obiektem, tzn. wtedy, gdy czujnik siły zarejestruje „minimalny” (progowy) przyrost sygnału nacisku. Od tego położenia, przyjmowanego jako „zerowe”, mierzone jest ugięcie w trakcie próby. To rozwiązanie pozwala na automatyczny pomiar ugięcia obiektów o różnej wysokości bez udziału operatora. Jeżeli jako wynik próby potrzebne jest określenie wysokości mierzonego obiektu, to do programu trzeba jednorazowo (dla danego typu obiektu) wprowadzić wartość „poziomu odniesienia”, tj. odległość pomiędzy końcówką tłoczyska prasy na poziomie przyjętym jako położenie „0” (górnego położenia tłoczyska), a poziomem przyjętym jako podstawa, od której liczy się wysokość obiektu (zderzaka lub resoru).

## 3.2. Funkcje komputera PC.

Dla ułatwienia prowadzenia prób przygotowana została aplikacja Próba Resoru działająca pod systemem MS Windows 2000/XP.

Aplikacja udostępnia pełną funkcjonalność pulpitu operatorskiego stanowiska, co pozwala prowadzić próbę oraz obserwować jej przebieg z poziomu programu, ponadto wyznacza charakterystykę resoru w postaci wykresu zależności parametru obciążenia od ugięcia oraz umożliwi generowanie raportów prób i ich archiwizację.



Rys.3. Okno programu po wykonaniu próby resoru piórowego.

Podstawowe okno programu udostępnia:

- prezentację w sposób ciągły bieżących wartości mierzonych parametrów, ich wartości maksymalnych dla próby oraz progowych wartości próby
- sygnalizację stanu próby i faz jej przebiegu (inicjacja programu sterownika, faza przygotowawcza próby, zezwoleniem zerowania, faza wzrostu obciążenia, faza spadku obciążenia, zakończenie próby)
- inicjowanie próby, zerowanie sygnałów
- zmianę progów granicznych próby
- prezentację wykresu obrazującego przebieg próby po jej zakończeniu
- generowanie raportu próby, obejmującego:
  - opis badanego wyrobu

- zmierzone wartości parametrów w punktach charakterystycznych
- wykres charakterystyki

Aplikacja komunikuje się okresowo łączem szeregowym ze sterownikiem, odczytując bieżący stan próby oraz wartości mierzonych parametrów i uaktualnia je na ekranie. Po rozpoznaniu stanu zakończenia próby pobiera ze sterownika zarejestrowane dane pomiarowe dla wyznaczenia charakterystyki resoru. Na podstawie tych danych wyliczane są punkty charakterystyczne dla badanego wyroby. Wartości punktów charakterystycznych wraz z wykresem charakterystyki resoru zachowywane są w plikach raportowych, a te wraz ze stemplem czasu wykonania próby podlegają archiwizacji.

Pliki raportowe generowane są w oparciu o technologie HTTP i XML, co umożliwia późniejsze odtworzenie raportów z archiwum poza aplikacją.

### **3.3. Raporty z prób**

Oprogramowanie komputera PC umożliwia samoczynne wygenerowanie raportu z przeprowadzonych prób na podstawie danych pomiarowych przesłanych ze sterownika PLC. Forma raportu jest dostosowana do wymagań użytkownika. Elementy stałe, zadane wymagania, wyniki pomiarów i wykres generowane są samoczynnie. Informacje dotyczące operatora, osoby zatwierdzającej ewentualnie cechy identyfikacyjne badanego obiektu wpisywane są ręcznie i zachowywane do następnych edycji.

## **3.PODSUMOWANIE**

Opisany tu układ pomiarowy został zainstalowany w kilku Zakładach Taboru Kolejowego. Jest wykorzystywany do pomiarów resorów, zderzaków, sprężyn i zestawów sprężyn nośnych do wagonów kolejowych. Przy kompletowaniu układu uwzględniono trudne warunki pracy i obciążenie osób wykonujących próby. Zaproponowano urządzenie bardzo proste z punktu widzenia obsługi, pewne pod względem działania i zapewniające wystarczająco wysoką jakość pomiarów. We wprowadzaniu tego typu rozwiązań barierę stanowi cena. Dlatego układ został zestawiony oszczędnie. Osiągnięto to przez zastosowanie stosunkowo prostego sterownika PLC, który zapewnia pełną obsługę wykonywanych prób. Natomiast wszystkie funkcje związane z archiwizowaniem danych, wizualizacją prób, generowaniem raportu zlokalizowano w komputerze PC, który może służyć również do innych celów.

## **LITERATURA**

- [1] Paul Horowitz, Winfileld Hill; Sztuka elektroniki; WKi Ł Warszawa 1999.
- [2] Czujniki siły – katalog firmowy SPAIS Gdańsk.
- [3] Czujniki przemieszczenia – katalog firmowy ZEPWN Marki k. Warszawy.