

Jakub MŁYŃCZAK

BADANIA TEORETYCZNE I EKSPLOATACYJNE GŁOWICY POMIAROWEJ MIERNIKA SIŁ NASTAWCZYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono sposób weryfikacji istniejących metod pomiarów sił nastawczych w układach napęd zwrotnicowy-rozjazd. Siła nastawcza jest parametrem najczęściej regulowanym przez personel obsługi oraz jest parametrem najczęściej mierzonym. W pracy zajęto się szerzej tą właśnie siłą.

THEORETICAL AND EXPLOITATION INVESTIGATION OF MEASUREMENT HEAD IN MEASUREMENT SYSTEMS FOR SETTING FORCES

Summary. This article presents the way of verification of the existing methods of measurement of setting forces in the point mechanism-point switch arrangement. Setting force is the parameter most often regulated by the personnel as well as the most often measured one. This article deals with the subject of this setting force.

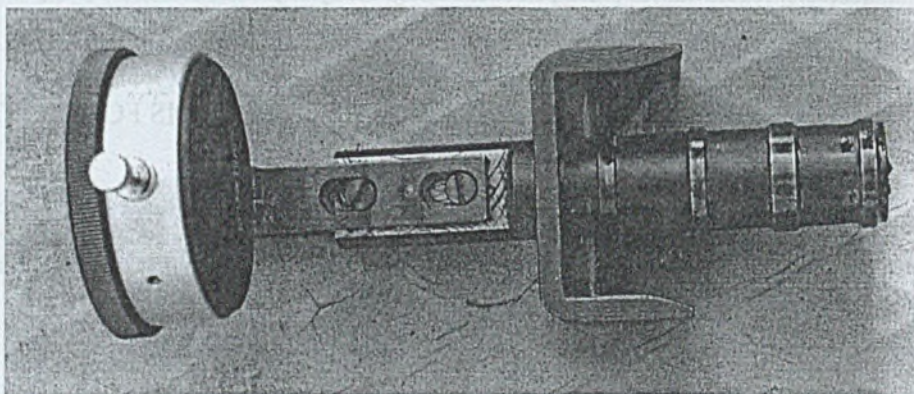
1. WSTĘP

Napędy zwrotnicowe służą do przestawiania iglic w rozjazdach kolejowych, ruchomych dziobów w krzyżownicach, szyn skrzydłowych i wykolejnic. Ponadto napędy zwrotnicowe zapewniają siłę trzymania przestawianych elementów oraz kontrolę położenia tych elementów. W Polsce obecnie stosuje się kilka typów napędów zwrotnicowych, takich jak: JEA-29, EEA-4, EEA-5, S700KM. Napędy starszego typu (JEA-29 i EEA-4) wyposażone są w przekładnię zębatą, napędy nowsze w przekładnię śrubową. Istnieją również napędy zwrotnicowe wyposażone w przekładnię hydrauliczną, nie mniej w Polsce nie są one zbyt popularne. Napędy elektryczne przenoszą moment obrotowy na suwak nastawczy poprzez regulowane sprzęgła [1,2]. Wielkość siły nastawczej zależy więc bezpośrednio od rodzaju użytego silnika i od regulacji sprzęgła. W przypadku przekroczenia przez opory przestawiania rozjazdu wartości siły nastawczej powinien nastąpić poślizg na sprzęgle. Siła nastawcza jest parametrem, który ma wielki wpływ na płynność ruchu na stacjach kolejowych, ich przepustowość i bezpieczeństwo. Ponadto jest parametrem bardzo często mierzonym (średnio 6 razy do roku).

2. METODA DOTYCHCZAS STOSOWANA

Aktualnie na PKP stosuje się do pomiaru sił nastawczych metodę opartą na trzpieniu pomiarowym umieszczanym na połączeniu suwak nastawczy – pręt nastawczy [5]. Trzpień pomiarowy jest wykonany w kilku wariantach: jako układ mechaniczny z odczytem danych na czujniku zegarowym, mierzącym przemieszczenie części trzpienia pod wpływem przyłożonej siły (przyrząd EZK), lub jako układ z wbudowanymi tensometrami z odczytem dokonywanym na elektronicznym wyświetlaczu (przyrząd μ MOZ-a, MMS-1). Pomiar trzpieniami obarczone są wieloma błędami systematycznymi.

Wszystkie przyrządy trzpieniowe oparte są na konstrukcji przedstawionej na rys. 1.



Rys. 1. Przyrząd trzpieniowy EZK

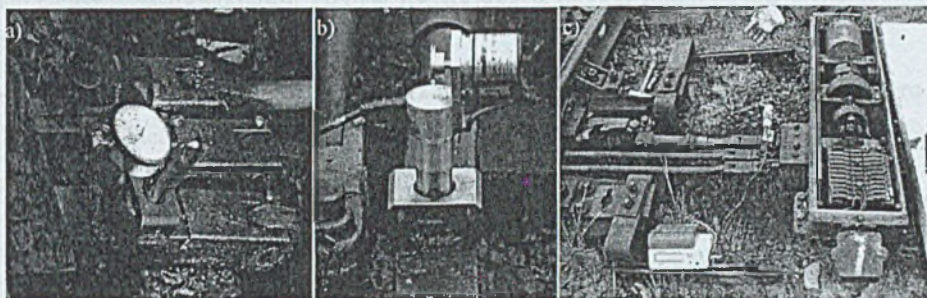
Fig. 1. Plunger gauge EZK

Sposób umieszczania przyrządów trzpieniowych w układzie napęd-rozjazd przedstawia rys. 2. Ze względu na swoją konstrukcję trzpień pomiarowy powinien być umieszczony precyzyjnie w połączeniu suwaka nastawczego z prętem nastawczym tak, aby siły przyłożone zostały na specjalnych garbach widocznych na rys.1. Jest to trudne do osiągnięcia ze względu na to, iż w Polsce istnieje wiele kształtów prętów nastawczych i suwaków nastawczych. Wymagane w tym przypadku jest stworzenie wielu rozwiązań przyrządów trzpieniowych, co jest jednak bardzo kosztowne.

Pomiar jednym rodzajem trzpienia w wielu rozwiązaniach połączeń suwaka nastawczego z prętem nastawczym obarczony jest sporym błędem, wynikającym z tego, iż siła nie jest przyłożona w wymaganych punktach pomiarowych.

Kolejnym błędem pomiarowym jest to, że w układzie napęd zwrotnicowy-rozjazd występują siły wstępne, przez mało dokładne przyrządy trzpieniowe (rys.1, rys. 2a) nie

rejestrwalne. W przyrządach trzpieniowych elektronicznych można siłę wstępną wykryć, nie mniej trzeba ją poprawnie zinterpretować.

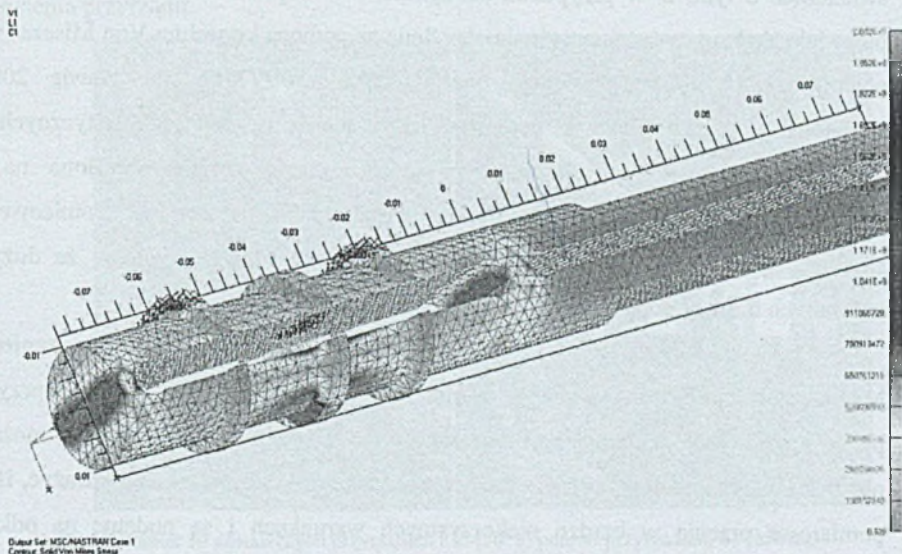


Rys.2. Trzpieniowa metoda pomiaru sił nastawczych: a) pomiar trzpieniem EZK, b) pomiar trzpieniem μ MOZ-a, c) widok całego układu pomiarowego

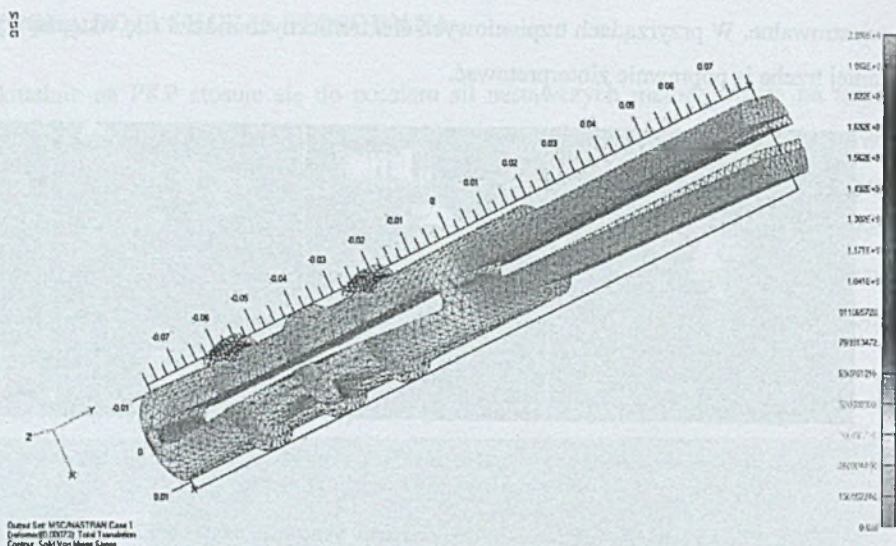
Fig. 2. Plunger method of setting force measurements: a) measurement with EZK plunger, b) measurement with μ MOZ-a plunger, c) view of the entire measurement system

Aby ocenić, jakim obciążeniami poddawane są trzpienie pomiarowe podczas obciążenia siłami nastawczymi, przeprowadzono analizę wytrzymałościową trzpienia typu EZK.

Dla przyrządu tego przeprowadzono analizę wytrzymałościową za pomocą metody elementów skończonych (MES). Do analiz wykorzystano program MSC. Visual NASTRAN for Windows.



Rys.3. Mapa naprężeń trzpienia pomiarowego EZK wykonana w programie MSC/NASTRAN
Fig. 3. Deformation map made in the MSC/NASTRAN software for EZK plunger



Rys.4. Mapa naprężeń wraz z maksymalnym przemieszczeniem elementów trzpienia pomiarowego EZK wykonana w programie MSC/NASTRAN

Fig. 4. Deformation map with the maximal dislocation of elements in the measurement plunger EZK made in the MSC/NASTRAN software

Model ten (rys. 3 i 4) składał się z 29961 węzłów i 15852 elementów. Średnia wielkość elementu to sześciąt o boku ok. 2 mm. W wyniku analizy otrzymano niepokojące wyniki, świadczące o tym, iż w przypadku obciążenia ww. trzpienia siłą rzędu 10 kN (1000 kG) pojawiają się bardzo duże naprężenia określone za pomocą kryterium Von Misesa (rys. 3). W pokazywanych miejscach sięgają one wartości 1500 MPa, do prawie 2000 MPa. W najbliższym czasie zostanie przeprowadzona analiza odkształceń plastycznych dla tego trzpienia. Górna granica obciążalności tego trzpienia została określona na 10 kN, a wykorzystywany jest on również do pomiaru sił trzymania napędu zwrotnicowego, kiedy siły te sięgają 15 kN i więcej. Tak więc wielce prawdopodobne jest, że duży procent używanych trzpieni posiada odkształcenia plastyczne.

Na rysunku 4 przedstawiono całkowite przemieszczenie elementów trzpienia EZK. Można zaobserwować, iż trzpień znacznie się odkształca podczas pomiaru i przy pewnym przekroczeniu jego deklarowanej nośności nie dość, że trwale odkształci się, może również nie zmierzyć całkowitej wartości siły. Na podstawie tej analizy można zauważyć, iż trzpień pomiarowe pracują w bardzo niekorzystnych warunkach i są podatne na odkształcenia plastyczne, poza tym wymagają precyzyjnego umieszczenia w układzie pomiarowym.

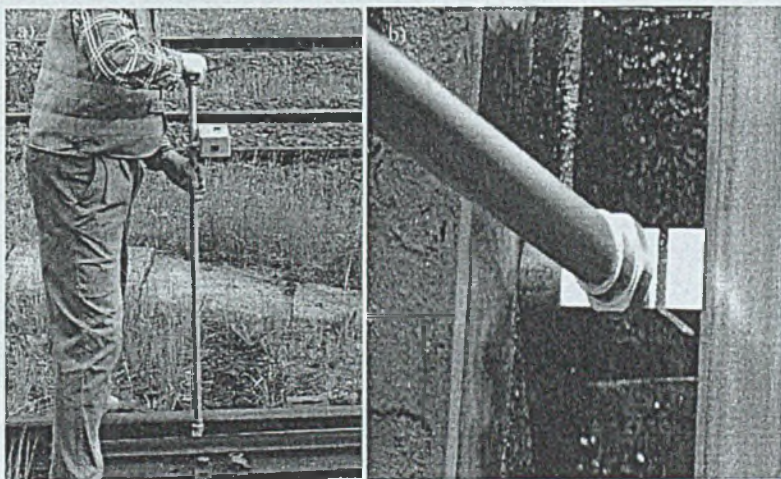
Równie ważnym parametrem jest czas wykonania pomiaru. Przy użyciu dotychczas stosowanych metod trzpieniowych czas pomiaru wynosił 10-15 minut. Przy uwzględnieniu,

że pomiarów tych należy dokonywać średnio co 2 miesiące [3,4], proces ten jest bardzo czasochłonny. Przykładowo na terenie byłej katowickiej dyrekcji infrastruktury PKP jest ok. 6000 napędów zwrotnicowych, co daje $6 \cdot 10 \cdot 6000 = 360000$ minut na dokonanie pomiarów (ok. 750 dni roboczych!).

Przedstawione aspekty wymusiły potrzebę stworzenia nowej metody pomiaru sił nastawczych. Metoda ta musi być niewrażliwa na błędy systematyczne, które występują przy obecnie stosowanych metodach pomiaru.

3. NOWA METODA POMIAROWA I NOWY PRZYRZĄD

Aby wyeliminować większość błędów, jakimi są obarczone metody trzpieniowe, opracowano koncepcję nowej metody pomiarowej i nowy przyrząd pomiarowy. Koncepcja polega na tym, iż pomiaru siły nastawczej dokonuje się przyrządem (rys 5a), którego głowicę pomiarową umieszcza się pomiędzy iglicą a opornicą rozjazdu na wysokości zamknięcia nastawczego (rys. 5b). W celu rozwoju metody i podniesienia jej wiarygodności również zostały przeprowadzane analizy z wykorzystaniem MES za pomocą programu MSC/NASTRAN. Uzyskane wyniki analiz pozwoliły na optymalizację parametrów głowicy pomiarowej oraz na określenie wartości błędów pomiarowych wynikających ze złego ustawienia przyrządu.

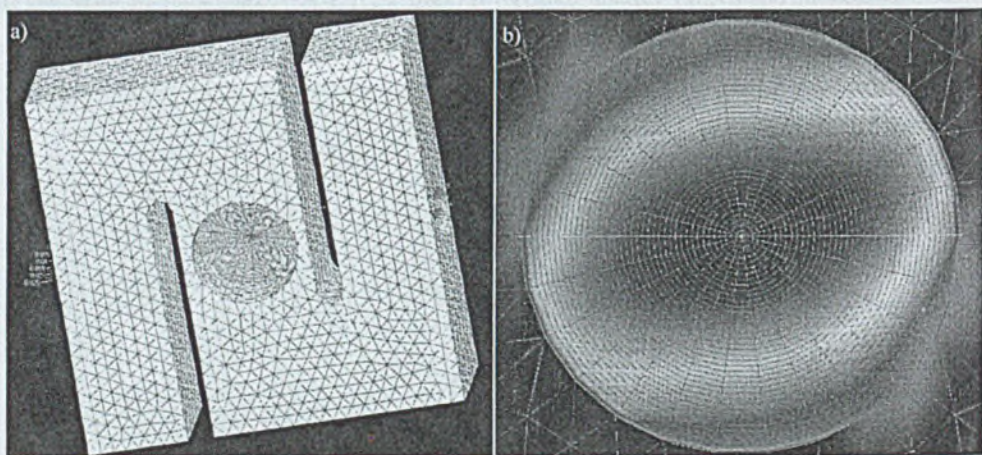


Rys. 5. Pomiar sił nastawczych przyrządem MS450: a) pomiar przyrządem, b) głowica pomiarowa podczas pracy

Fig. 5. Measurement of setting forces with MS450 device: a) measurement with MS450 device, b) MS450 measurement head during operation

Obliczenia deformacji głowicy pomiarowej podczas obciążenia siłami nastawczymi wykonano za pomocą programu MSC/NASTRAN. Przy eksperymentalnych badaniach tensometri były przyklejane w środkowej części głowicy pomiarowej, wykonanej w formie tarczy o małej grubości, rzędu 1 mm. Dla elementu tego zachodziła potrzeba oceny poziomu deformacji i naprężeń. W tym celu przeprowadzono generację siatki oddzielnie dla centralnego elementu (drobniejsza siatka) i reszty głowicy pomiarowej. Siatki te wygenerowane były w taki sposób, aby istniała możliwość ich połączenia we wspólnych węzłach. Na rysunku 6a przedstawiono wygenerowaną siatkę. Otrzymany model przestrzenny miał 10745 węzłów i 26050 elementów.

Dla rozpatrywanego modelu zadane były warunki brzegowe w postaci zamocowania w strefie jednego z gwintów (na rysunku 6a pokazany z prawej strony głowicy pomiarowej). Z przeciwnej strony zadawane było obciążenie oddzielnymi siłami węzłowymi, których suma równa była sile nastawczej. W wyniku badań wyznaczono, że centralny element głowicy pomiarowej jest obciążony najbardziej, przy czym wartość naprężeń w tym elemencie w dużym stopniu zależy od jego grubości. Z uwzględnieniem niedopuszczalności plastycznych naprężeń dobrana była optymalna grubość tarczy. Na rysunku 6b pokazano rozkład ekwiwalentnych deformacji w elemencie pomiarowym.



Rys. 6. Mapa odkształceń wykonana w programie MSC/NASTRAN: a) wygenerowana siatka elementów skończonych, b) ekwiwalentne deformacje w elemencie pomiarowym

Fig. 6. Deformation map made in the MSC/NASTRAN software: a) generated finite element network, b) equivalent deformations in the measurement element

Jak widać na rys. 7b, największe deformacje tego elementu występują pod kątem ok. 10° w stosunku do osi X. To oznacza, że przy przyklejaniu tensometrów trzeba precyzyjnie znaleźć ten kąt i zamocować tensometr w odpowiednim kierunku. Takie podejście może być

wykorzystane do indywidualnej produkcji przyrządu z uwzględnieniem obowiązkowego testowania każdego przyrządu. Przy masowej produkcji tego przyrządu pomiarowego taki sposób przyklejania tensometrów jest poważną wadą [6].

4. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono koncepcję nowego przyrządu do pomiaru sił nastawczych w rozjazdach kolejowych. W dalszym ciągu przeprowadzanych badań, po dokonaniu optymalizacji kształtu głowicy pomiarowej i określeniu wpływu złego ustawienia głowicy podczas pomiarów na wyniki, powstanie ostateczny kształt głowicy pomiarowej i przyrządu.

Przedstawiono również mankamenty stosowania przyrządów trzpieniowych, wykorzystywanych dotychczas do pomiaru sił nastawczych. Brak analiz z wykorzystaniem MES tychże przyrządów jest poważnym błędem konstrukcyjnym. Dopracowanie nowego przyrządu pomiarowego pozwoli na przeprowadzenie weryfikacji jego dokładności oraz na dopracowanie szczegółów metody pomiarowej. Dalszym etapem będzie walidacja metody pomiarowej i przyrządu. Pomiar siły nastawczej metodą bezpośrednią ułatwi prace związane z przeglądami napędów zwrotnicowych, zwłaszcza starszego typu (JEA-29, EEA-4).

Literatura

1. Kalicińska K., Olendrzyński W., Zajączkowski A.: Elektryczne urządzenia zabezpieczania ruchu kolejowego. Urządzenia stacyjne. WKiŁ, Warszawa 1982.
2. Bajon W., Osiński Z., Szafrński W.: Elektryczne napędy zwrotnicowe. WKiŁ, Warszawa 1979.
3. Wymagania bezpieczeństwa dla urządzeń sterowania ruchem kolejowym. Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa, 1998.
4. E 24 Instrukcja utrzymania urządzeń sterowania ruchem kolejowym na działce. Warszawa, Biuletyn PKP, 1996.
5. Młyńczak J.: Badania eksperymentalne i teoretyczne rozjazdów szynowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Transport, z. 48, Gliwice 2003.
6. Śladowski A., Młyńczak J.: Charakterystyka metod pomiaru sił nastawczych w napędach zwrotnicowych. Telekomunikacja i Sterowanie Ruchem nr 2/2004.

Recenzent: Doc. dr inż. Zbigniew Ginalski

Abstract

The setting forces have been measured by means of the plunger instruments. This is the archetype among the measurement instruments.

The paper shows a concept of new device for measurement of setting forces in the railway turnouts. In the further progress of research, after optimization of shape of the measurement head and determination of influence of incorrect setting of the head during measurements to the results, the final shape of measurement head and the device itself will be developed. Perfection of the measurement device will enable verification of its accuracy and further specification of measurement method details. The further stage will be validation of measurement method and device.

Praca wykonana w ramach: BW-443/RT4/2004.