

# TELEKOMUNIKACJA i STEROWANIE RUCHEM



Cena 38,00 zł w tym 7% VAT

ISSN 1509-5886



MAGAZYN **2**/2004

- Sterowniki przemysłowe w diagnostyce napędów zwrotnicowych
- Elektroniczny pulpit nastawczy typu WT EPN w warszawskim metrze
- Powiązanie komputerowych urządzeń srk na stacji z samoczynną blokadą liniową typu przekaźnikowego

**Zespół redakcyjny:**

Andrzej Harassek (redaktor naczelny),  
Katarzyna Bergiel, Rafał Lipiński,  
Jerzy Mikulski, Jan Raczyński, Andrzej Toruń,  
Joanna Włodkowska

**Tłumaczenia:**

Andrzej Ratecki

**Rada programowa:**

Roman Adamski – Kolejowe Zakłady  
Automatyki S.A. Kraków,  
Marek Pawlik – Centrum Naukowo-Techniczne  
Kolejnictwa Warszawa,  
prof. Mirosława Dąbrowa-Bajon – Politechnika  
Warszawska,  
Kazimierz Frąk – PKP Polskie Linie Kolejowe  
S.A. Warszawa,  
Andrzej Głowiak – Alcatel Polska S.A.  
Warszawa,  
prof. Henryk Karbowski – Politechnika Łódzka,  
dr Andrzej Lewiński – Politechnika Radomska,  
Andrzej Mrówczyński – Telekomunikacja  
Kolejowa Sp. z o.o. Warszawa,  
Janusz Biliński – Siemens Technika  
Transportowa Sp. z o.o. Warszawa,  
Ryszard Szczygielski – Zakłady Automatyki  
KOMBUD S.A. Radom,  
Janusz Zaorski – Przedsiębiorstwo Automatyki  
i Telekomunikacji Sp. z o.o. Gdynia,  
Zbigniew Zębik – Adranz Zwus Sp. z o.o.  
Katowice

**Redaktor techniczny:**

Aleksandra Rzepiejewska

**Sekretarz redakcji:**

Danuta Raczyńska, tel./fax (42) 633 37 51

**Adres redakcji:** Łódź, ul. Motylowa 3/25,

**Korespondencja:** skrytka pocztowa 103  
90-955 Łódź, e-mail: tsr@emipress.com.pl

**Wydawca:**

EMI-PRESS Łódź, ul. Motylowa 3/25,  
skr. poczt. 103, 90-955 Łódź 8,  
tel./fax (42) 633 37 51, 0-90 271 648  
Kooperacja z Tetzlaff Verlag GmbH Hamburg  
(Copyright) na zasadach licencji udzielonej  
EMI-PRESS na korzystanie z niemieckiej edycji  
miesięcznika SIGNAL+DRAHT

**Skład komputerowy:**

OLEŃKA, 02-496 Warszawa, ul. Konotopska 8  
tel./fax (22) 662 48 92,  
e-mail: olenka@e-netcom.biz

**Druk:** KOLOR DRUK Pruszków, ul. B. Prusa 45

**Reklamy:**

Zamówienia na reklamy przyjmuje Wydawca.  
Wyłącznym przedstawicielem EMI-PRESS  
na terenie Republiki Federalnej Niemiec, Austrii  
i Szwajcarii jest Tetzlaff Verlag GmbH & Co.  
KG Postfach 101609, D-20010 Hamburg  
Nordkanalstr. 36, D-20097 Hamburg,  
tel. 0 049 40 237 14 227,  
fax 0 049 40 237 14 236  
Head of Advertising Sales Silke Härtel  
EMI-PRESS jest w Polsce wyłącznym  
przedstawicielem Tetzlaff Verlag GmbH  
Publishing adviser:  
Detlev K. Suchanek, Managing Director,  
Tetzlaff Verlag GmbH & Co. KG, Hamburg

**Prenumerata:**

Zamówienia przyjmuje wydawca.  
Cena 1 egz. 38 zł w tym 7% VAT  
ISSN 1509-5886



## SPIS TREŚCI 2 (15)/2004

### normalizacja

#### 2 Normalizacja w teledystrybucji transportu

*Normalisation in transport telematics ■ Standardisierung der Verkehrstelematik*

### eksploatacja

#### 7 Zastosowanie sterowników przemysłowych w diagnostyce napędów zwoznicowych

*Implementation of industrial type controllers for point machines' diagnostics ■ Anwendung der programmable Steuerung in der Diagnostik der Weichenantrieben*

#### 11 E-logistyka źródłem nowych koncepcji transportu materiałów niebezpiecznych

*e-logistics enables new transport concepts for dangerous goods shipments ■ eLogistic ermöglicht neue Transportkonzepte für Gefahrguttransporte*

#### 15 Elektroniczny pulpit nastawczy typu WT EPN stosowany w warszawskim metrze

*Electronic signalling control panel of WT EPN type, implemented in Warsaw metro ■ Elektronisches Stellpult vom Typ WT EPN in der Warschauer U-Bahn*

### technika

#### 19 Elektroniczna nastawnica ESTW L90PL w systemach zdalnego sterowania ruchem kolejowym

*Electronic interlocking ESTW L90 PL with remote control functionality ■ Das elektronische Stellwerk ESTW L90 PL mit funktionaler Fernsteuerung*

#### 25 Luksemburg wyposaża całą sieć kolejową w 1 poziom ETCS

*Provision of Complete Luxembourg Railway Network with ETCS Level 1 ■ Ausrüstung des gesamten Luxemburger Eisenbahnnetzes mit ETCS Level 1*

#### 30 Powiązanie komputerowych urządzeń srk na stacji z samoczynną blokadą liniową typu przekaźnikowego

*Connection of the station computerised signalling devices with the relay-type automatic line block system ■ Verbindung der elektronischen Stellwerke mit dem automatischen Relaisstreckenblock*

#### 33 Stacyjne urządzenia srk a ETCS poziomu 1 i 2

*Interlocking equipment and ETCS Level 1 and 2 ■ Stellwerke und ETCS Level 1 und 2*


#### 39 Charakterystyka metod pomiaru sił nastawczych w napędach zwoznicowych

*Method characteristic of measurement of setting force in the point machines ■ Charakteristik der Methoden für Stellkraftmessung in Weichenantrieben*

### systemy transportowe

#### 43 Wpływ modernizacji infrastruktury transportowej na funkcjonowanie systemu przewozów pasażerskich w województwie śląskim do 2015 r.

*The influence of the transport infrastructure modernisation on the operation of public transport system in Silesia until 2015 ■ Einfluss der Modernisierung von Transportinfrastruktur auf den Personenverkehr in Schlesien bis 2015*

**Na okładce:** Stosowane coraz częściej na sieci PKP komputerowe urządzenia srk muszą współpracować ze starszymi systemami. W tym numerze  zamieszczamy artykuł na temat powiązania takich urządzeń z przekaźnikową samoczynną blokadą liniową

Fot. A. Harassek

Aleksander Śladowski, Jakub Młyńczak

# Charakterystyka metod pomiaru sił nastawczych w napędach zwrotnicowych

**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. Lecz wyregulowanie sprzęgła na niedopuszczalną wartość siły nastawczej może mieć wpływ na bezpieczeństwo pasażerów oraz stan napędu zwrotnicowego. W przypadku dwóch najczęściej używanych w Polsce typów napędów zwrotnicowych skutki przeregulowania sprzęgła mogą być różne, nie mniej w obu przypadkach szkodliwe.**

W napędzie zwrotnicowym JEA29, gdy siła nastawcza jest za duża, to napęd zwrotnicowy – w przypadku wystąpienia przeszkody między iglicą a opornicą – przemieszcza się względem osi silnika. Kierunek przemieszczenia napędu zależy od kierunku ruchu suwaka nastawczego, tj. przy:

- wciąganiu suwaka – napęd przemieszcza się ku górze,
- wypychaniu suwaka – napęd przesuwają się ku dołowi.

Przemieszczenie to powoduje zmianę długości prętów kontrolnych napędu, a co za tym idzie uzyskanie kontroli położenia napędu, mimo niedolegania iglicy.

W napędzie typu EEA-4 przeregulowanie sprzęgła niesie za sobą inne zagrożenie. Prawidłowy proces przestawiania układu napęd-rozjazd polega na tym, że po skasowaniu luzów silnik – już podczas rozruchu – wykonuje pracę przestawiania rozjazdu. W tym czasie szybko narastają prędkości kolejnych mas wirujących. Po zakończeniu przestawiania, mimo wyłączenia zasilania silnika, wirujące masy – dzięki swojej bezwładności – są jeszcze w ruchu. Ruch ten jest wytłumiony poprzez niewielki poślizg sprzęgła przeciążeniowego. Jeżeli sprzęgło jest nieprawidłowo wyregulowane (zwłaszcza gdy jest nastawione na większą od dopuszczalnej siły nastawczej), to wytłumienie bezwładności wirujących mas poprzez poślizg na sprzęgle przeciążeniowym nie nastąpi. Przypadek ten może spowodować, że w napędzie powstanie zjawisko rewersu, polegające na tym, że przekładnia wymusza pewien obrót silnika w przeciwną stronę. Konsekwencją tego jest zmiana położenia zestyków w urządzeniu sterująco-kontrolnym. Zmiana ta może zaistnieć natychmiast po procesie przestawiania rozjazdu lub podczas przejazdu taboru. Druga sytuacja ma o wiele większe znaczenie, ponieważ zmiany te – zachodząc podczas przejazdu taboru – uzewnętrzniają się zazwyczaj wystąpieniem zjawiska pozornego rozprucia rozjazdu. W napędzie EEA-4 może ponadto zachodzić zjawisko niezakleszczenia się rolek w hamulcu zaporowym, a co za tym idzie niezapewnienia odpowiedniej siły trzymania napędu. Zjawisko takie może być niebezpieczne, po-

nieważ może doprowadzić do samoczynnego przestawienia rozjazdu pod przejeżdżającym taborem na skutek dynamicznego oddziaływania rozjazdu na napęd zwrotnicowy.

## Metoda dotychczas stosowana

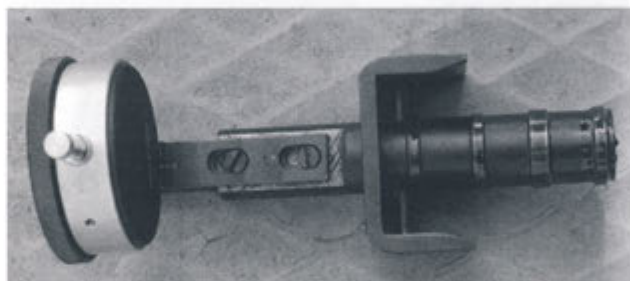
Aktualnie na PKP stosuje się do pomiaru sił nastawczych metodę opartą o trzpień pomiarowy umieszczany na połączeniu suwak nastawczy – pręt nastawczy [5]. Trzpień pomiarowy jest wykonany w kilku wariantach jako:

układ mechaniczny z odczytem danych na czujniku zegarowym mierzącym przemieszczenie części trzpienia pod wpływem przyłożonej siły (przyrząd EZK),

układ z wbudowanymi tensometrami z odczytem dokonywanym na elektronicznym wyświetlaczu (przyrząd  $\mu$ MOZ-a, MMS-1).

Pomiary trzpieniami obarczone są wieloma błędami systematycznymi.

Wszystkie przyrządy trzpieniowe oparte są o konstrukcje przedstawioną na fotografii 1.

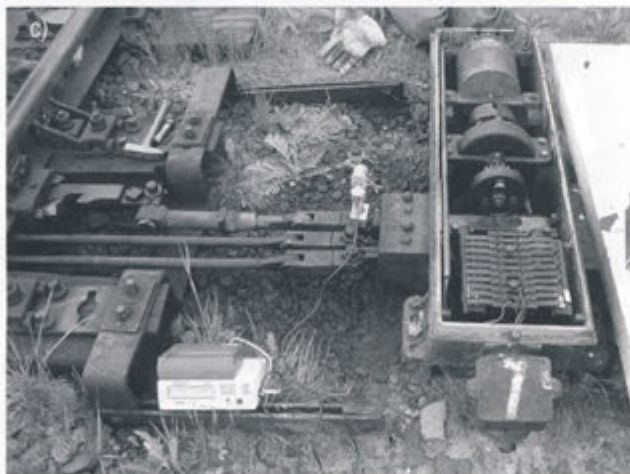
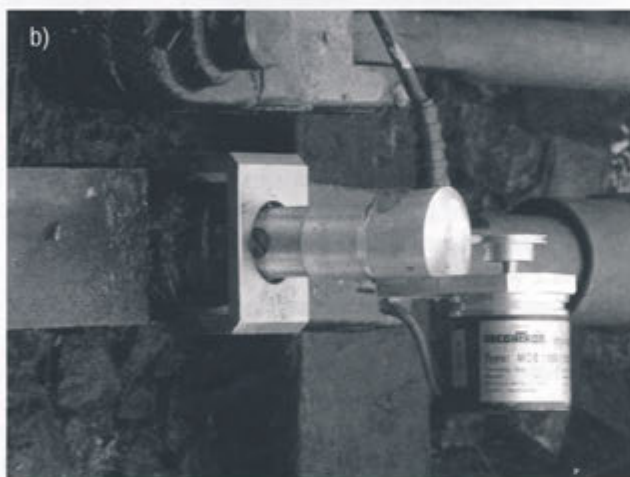


Fot. 1. Przyrząd trzpieniowy EZK

Sposób umieszczania przyrządów trzpieniowych w układzie napęd-rozjazd przedstawiono na fotografii 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 fotografii 1. Jest to trudne do osiągnięcia ze względu na to, że w Polsce istnieje wiele kształtów prętów nastawczych i suwaków nastawczych. Wymagane w tym przypadku jest stworzenie wielu rozwiązań przyrządów trzpieniowych, co jest 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.

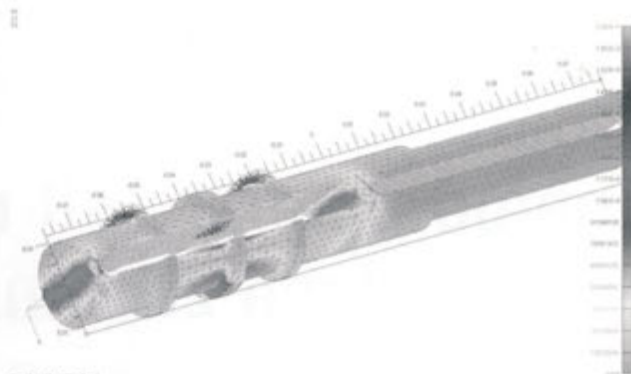
Kolejnym błędem pomiarowym jest to, że w układzie napęd zwrotnicowy-rozjazd występują siły wstępne, nie rejestrowalne przez mało dokładne przyrządy trzpieniowe (fot. 1, 2a). W przyrządach trzpieniowych elektronicznych można siłę wstępną wykryć, nie mniej trzeba ją poprawnie zinterpretować.



Fot. 2. Trzpieniowa metoda pomiaru sił nastawczych  
a) pomiar trzpieniem EZK, b) pomiar trzpieniem  $\mu$ MOZ-a, c) widok całego układu pomiarowego

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

Model ten (rys. 1 i 2) składał się z 29 961 węzłów i 15 852 elementów. Średnia wielkość elementu to sześciąt o boku ok. 2 mm. W wyniku analizy otrzymano niepokojące wyniki, świadczące o tym, że w przypadku obciążenia trzpienia siłą 10 kN (1000 kg) pojawiają się bardzo duże naprężenia, określone przy pomocy kryterium Von Misesa (rys. 1). W pokazywanych miej-



Rys. 1. Mapa naprężeń trzpienia pomiarowego EZK wykonana w programie MSC/NASTRAN



Rys. 2. Mapa naprężeń wraz z maksymalnym przemieszczeniem elementów trzpienia pomiarowego EZK wykonana w programie MSC/NASTRAN

scach 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 2 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 odkształca się, może również nie zmierzyć całkowitej wartości siły. Na podstawie tej analizy można zauważyć iż trzpienie pomiarowe pracują w bardzo niekorzystnych warunkach, są podatne na odkształcenia plastyczne, poza tym wymagają precyzyjnego umieszczenia w układzie pomiarowym.

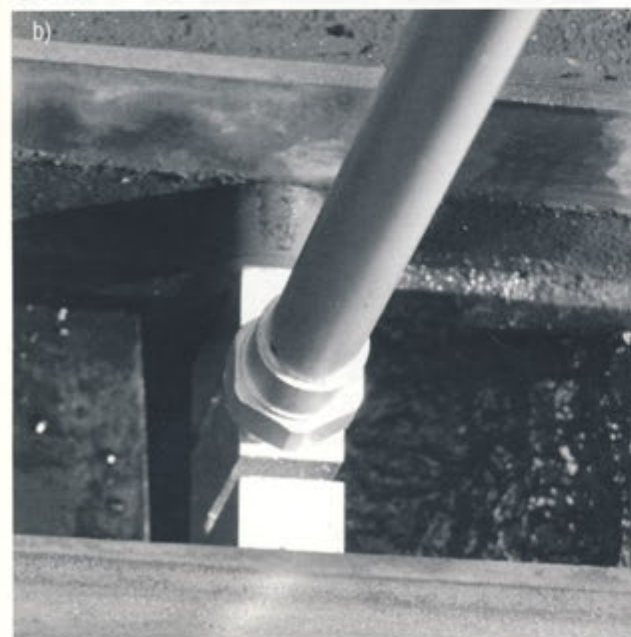
Równie ważnym parametrem jest czas wykonania pomiaru. Przy użyciu dotychczas stosowanych metod trzpieniowych czas pomiaru wynosił 10–15 min. Przy uwzględnieniu, że pomiarów tych należy dokonywać średnio co 2 miesiące [3,4], proces ten jest bardzo czasochłonny. Przykładowo na terenie byłej katowickiej dystrykcji infrastruktury jest ok. 6000 napędów zwrotnicowych, co daje  $6 \cdot 10 \cdot 6000 = 360\,000$  min na dokonanie pomiarów (ok. 750 dni roboczych!).

Przedstawione aspekty wymusiły potrzebę stworzenia nowej metody pomiaru sił nastawczych. Metoda ta musi być nieważli-

wa na błędy systematyczne, które występują przy obecnie stosowanych metodach pomiaru.

## Koncepcja nowej metody i nowego przyrządu pomiarowego

Aby wyeliminować większość błędów, jakimi są obciążone metody trzpieniowe, opracowano koncepcje nowej metody pomiarowej i nowego przyrządu pomiarowego. Koncepcja polega na tym, iż pomiaru siły nastawczej dokonuje się przyrządem (fot 3a), któ-

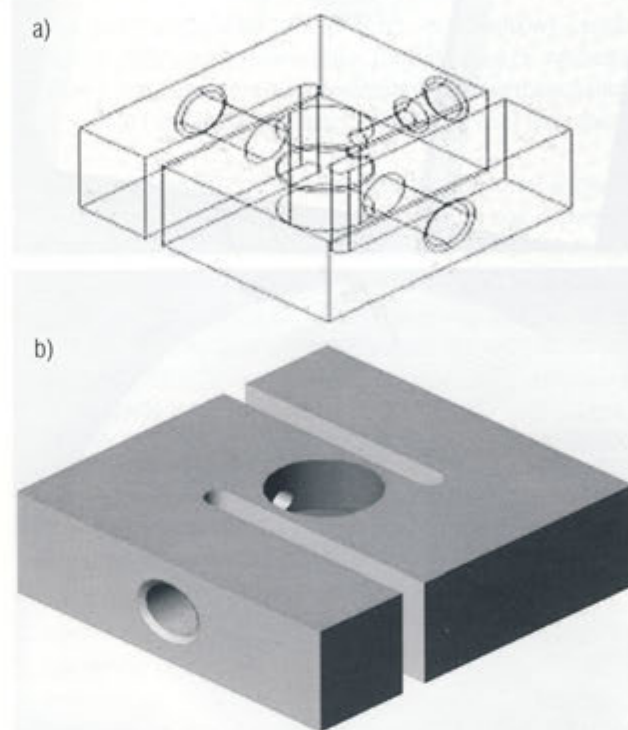


Fot. 3. Pomiar sił nastawczych przyrządem MS450  
a) pomiar przyrządem MS450; b) głowica pomiarowa MS450 podczas pracy

rego głowicę pomiarową umieszcza się pomiędzy iglicą a opornicą rozjazdu na wysokości zamknięcia nastawczego (fot. 3b). W celu rozwoju metody i podniesienia jej wiarygodności również zostały przeprowadzone analizy z wykorzystaniem MES przy pomocy programu MSC/NASTRAN. Uzyskane wyniki analiz pozwoliły na optymalizację parametrów głowicy pomiarowej oraz pozwoliły na określenie wartości błędów pomiarowych wynikających ze złego ustawienia przyrządu.

Na rysunku 3 przedstawiono model 3D głowicy pomiarowej wykonany w programie AutoCAD.

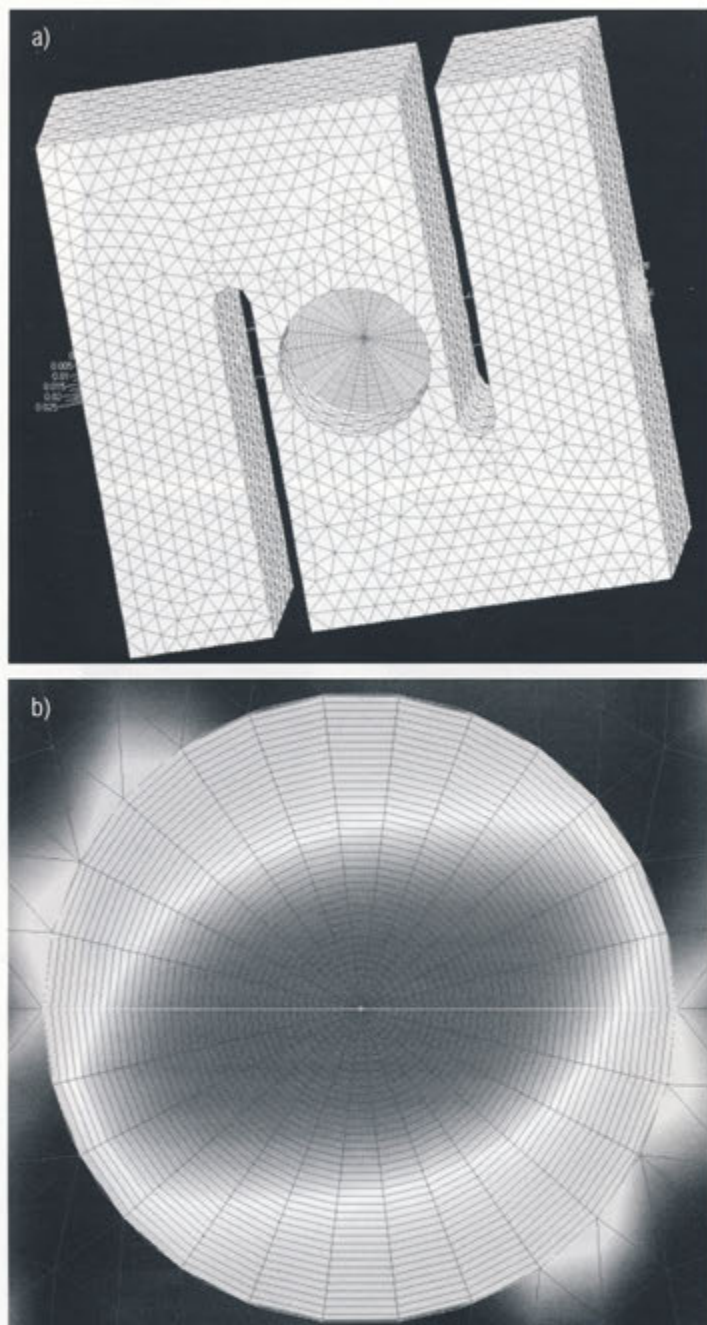
Obliczenia deformacji głowicy pomiarowej podczas obciążenia siłami nastawczymi wykonano przy pomocy programu MSC/



Rys. 3. Model 3D głowicy pomiarowej wykonany w programie AutoCAD

/NASTRAN. Przy eksperymentalnych badaniach tensometry były przyklejane w środkowej części głowicy pomiarowej, wykonanej w formie tarczy o porównywalnie małej grubości. 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 4a przedstawiono wygenerowaną siatkę. Otrzymany model przestrzenny miał 10 745 węzłów i 26 050 elementów.

Dla rozpatrywanego modelu zadane były warunki brzegowe w postaci zamocowania w strefie jednego z gwintów (na rys. 4a 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 4b pokazano rozkład ekwiwalentnych deformacji w elemencie pomiarowym.



Rys. 7. Mapa odkształceń wykonana w programie MSC/NASTRAN: a) wygenerowana siatka elementów skończonych; b) ekwiwalentne deformacje w elemencie pomiarowym

Jak widać (rys. 4b) największe deformacje tego elementu występują pod kątem ok.  $10^\circ$  w stosunku do osi X. To oznacza że przy przyklejaniu tensometrów potrzeba precyzyjnie znaleźć ten kąt i zamocować tensometr w odpowiednim kierunku. Takie podejście może być wykorzystane dla indywidualnej produkcji przyrządu z uwzględnieniem obowiązkowego testowania każdego przyrządu. Przy masowej produkcji tego przyrządu pomiarowego taki sposób przyklejania tensometrów jest poważną wadą.

## 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. □

## Literatura

- [1] Kalicińska K., Olendrzyński W., Zajączkowski A.: *Elektryczne urządzenia zabezpieczenia ruchu kolejowego*. Urządzenia stacyjne. WKiŁ, Warszawa, 1982.
- [2] Bajon W., Osiński Z., Szafranski 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, seria Transport, zeszyt 48.

## Autorzy

prof. dr hab. Aleksander Śladkowski  
Politechnika Śląska, Wydział Transportu, Katedra Transportu Szynowego, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice  
e-mail: [sladk@polsl.katowice.pl](mailto:sladk@polsl.katowice.pl)

mgr inż. Jakub Młyńczak  
Politechnika Śląska, Wydział Transportu, Katedra Transportu Szynowego, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice,  
tel./fax: (32) 603 43 65, e-mail: [imly@polsl.katowice.pl](mailto:imly@polsl.katowice.pl)