

## DIAGNOZOWANIE STANU LUZÓW W POŁĄCZENIACH PRZEGUBOWYCH PRZEDNIEGO ZAWIESZENIA SAMOCHODU

Michał ŻEBROWSKI-KOZIÓŁ\*, Wojciech TARNOWSKI\*

\*Politechnika Koszalińska, Instytut Mechatroniki, Nanotechnologii i Techniki Próżniowej, Zakład Napędów i Sterowań,  
ul. Raławicka 15-17, 75-620 Koszalin,

e-mail: [michal.zebrowski@tu.koszalin.pl](mailto:michal.zebrowski@tu.koszalin.pl), [wojciech.tarnowski@tu.koszalin.pl](mailto:wojciech.tarnowski@tu.koszalin.pl)

**Streszczenie:** Przedstawiono układ pomiarowy do oceny luzów w przegubach przedniego zawieszenia samochodu osobowego. Zaproponowano i zrealizowano stanowisko pomiarowe z wykorzystaniem czujników akcelerometrycznych. Przeprowadzone pomiary potwierdziły przydatność tego stanowiska do zastosowań przemysłowych.

### 1. WSTĘP

Współpracujące ze sobą części zawieszenia samochodu podlegają przyspieszonemu zużyciu na skutek działania sił tarcia. W wyniku długotrwałej współpracy jak i w wyniku zewnętrznych oddziaływań w efekcie zużycia powstaje luz, który w trakcie eksploatacji powiększa się. Pomiar stanu wyeksploatowania par kinematycznych pozwala na wcześnie wykrycie usterki i podjęcie kroków zmierzających do usunięcia usterki nim dojdzie do awarii całego układu. Jedną z metod diagnozy jest pomiar przemieszczenia wzajemnego współpracujących części par kinematycznych zawieszenia. Istnieje wiele metod pomiaru przemieszczeń. Autorzy skupili się tu na metodzie akcelerometrycznej.

Skonfigurowano i zrealizowano stanowisko pomiarowe w celu sprawdzenia przydatności metody diagnozowania.

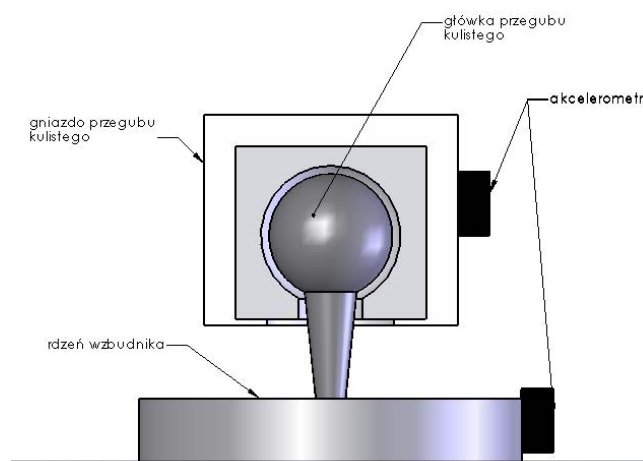
Docelowo opracowany będzie układ pomiarowy przeznaczony dla samochodowych stacji diagnostycznych. Stanowisko będzie częściowo zautomatyzowane i wyposażone w komputerowy system pomiarowy oraz elementy sztucznej inteligencji do wspomagania decyzji diagnostycznych.

### 2. AKCELEROMETRYCZNY POMIAR PRZEMIESZCZENIA

W przypadku akcelerometrycznego pomiaru luz między główką a gniazdem przegubu jest oceniany na podstawie różnicy ich przesunięć, po przyłożeniu pobudzenia. Przesunięcia są obliczane jako podwójne całki przyspieszeń.

Pomiar przemieszczenia względnego dwóch współpracujących części prowadzono na wyeksploatowanych przegubach kulistych. Badany element przymocowano do rdzenia wzbudnika elektromagnetycznego (rysunek 1). Do rdzenia wzbudnika (do którego przytwierdzono trzon z główką przegubu kulistego) przymocowano jeden akcelerometr, natomiast do części ruchomej (gniazda przegubu)

przymocowano drugi, w ten sposób, aby pomiar był dokonywany w jednym kierunku.



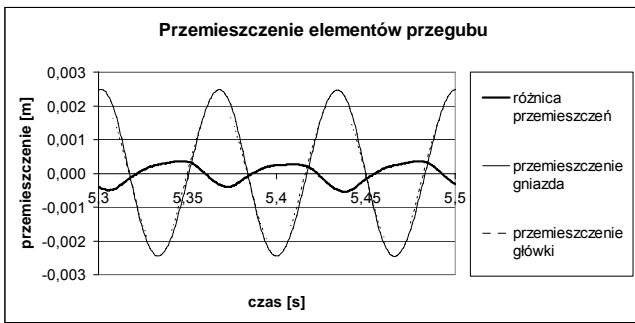
Rys. 1. Wzbudnik elektromagnetyczny z zamontowanym sworzniem zwrotnicy

Pomiarów dokonano za pomocą komputera PC z kartą pomiarową NI PCI 6221 oraz akcelerometrów termicznych MXR7210ML firmy MEMSIC. Oprogramowanie do przetwarzania sygnału pomiarowego i jego filtracji zrealizowano w środowisku LabVIEW 8.5.1.

Dzięki zastosowaniu powyższej konfiguracji, głównie zaś efektywnej filtracji sygnałów, osiągnięto następujące parametry toru pomiarowego:

- amplituda przemieszczeń od 10  $\mu\text{m}$ ;
  - zakres częstotliwości drgań od 0,5 do 200 Hz;
  - względna dokładność – 0,23% zakresu pomiarowego.
- Zwraca uwagę duża dokładność pomiaru, ale wykonana w wąskim paśmie częstotliwości.

Przykładowy wynik pomiaru pokazano na rysunku 2.



Rys. 2. Przykładowe zmierzone wyniki pomiaru luzu przegubu kulowego w kierunku pionowym dla wymuszenia harmonicznego o częstotliwości  $f=15\text{Hz}$  i amplitudzie 5mm

Różnica przemieszczeń jest chwilową wartością luzu badanego połączenia. Różnica wartości chwilowej maksymalnej i minimalnej jest wielkością luzu badanego przegubu kulowego.

Opisany wyżej pomiar prowadzony był w kierunku pionowym. Mimo, iż luz występuje zawsze w kierunku pionowym i poziomym to jak wykazały wcześniejsze badania (Żebrowski-Kozioł, 2007), nie istnieje bezpośrednia zależność pomiędzy wartościami luzu w rzeczywistym elemencie zawieszenia. Pomiar luzu w kierunkach poziomych (w kierunku osi wzdłużnej i poprzecznej samochodu) jest utrudniony ze względu na brak osi symetrii badanego elementu oraz trudnością w zachowaniu położenia pracy podczas demontażu elementu.

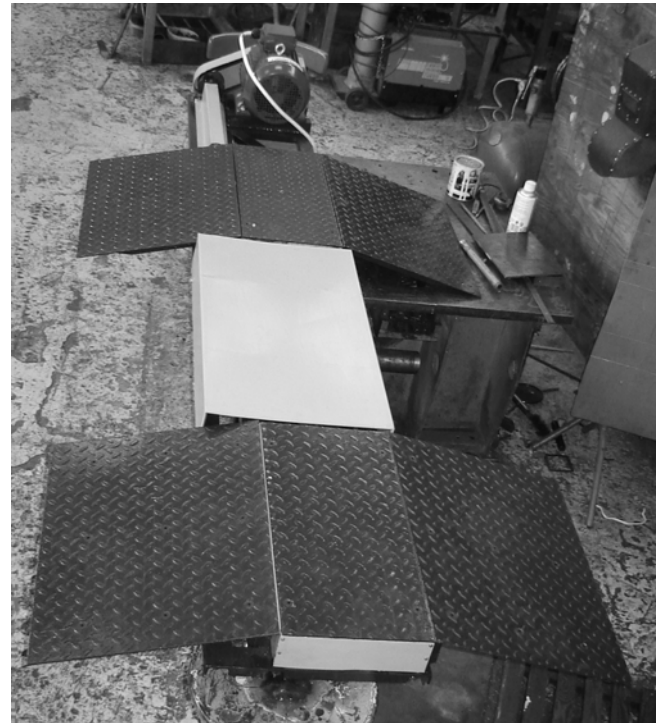
W celu wyeliminowania tych wad zaprojektowano i wykonano najazdowe stanowisko do pomiarów wartości luzów w elementach zawieszeń samochodów osobowych.

### 3. POMIAR LUZÓW W ZAWIESZENIACH SAMOCHODÓW

Zdjęcie stanowiska pokazano na rysunku 3. Czujniki pomiarowe umieszczono na wahaczu zawieszenia i na zwrotnicy (rysunek 4). Koła samochodu pobudzono wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 15 Hz i amplitudzie 10 mm. W wyniku tego pobudzenia możliwy był pomiar luzu przegubu kulowego w kierunku poprzecznym do osi jazdy. Pomiar w kierunku stycznym do osi jazdy zrealizowano poprzez skrócenie kół o kąt  $15^\circ$ . Przykładowe wyniki pomiaru luzu lewego przegubu kulistego samochodzie Ford Mondeo o przebiegu 210 000 km pokazano na rysunku 5. Obecny właściciel pojazdu nie dokonywał żadnych napraw zawieszenia samochodu, przejeżdżając 50 000 km. Wartość luzu przegubu zwrotnicy określono poprzez różnicę przemieszczenia zwrotnicy i wahacza. Do nadwozia badanego

samochodu przymocowano trzeci czujnik. Pozwoliło to określić podatność elementów metalowo – gumowych (tulei łączących wahacz z zawieszeniem). Wartość luzu przegubu zwrotnicy w badanym przypadku przekracza 1 mm, Mimo iż użytkownik pojazdu (zawodowy kierowca) nie odczuwał żadnego dyskomfortu w trakcie jazdy samochodem, to luz ten był siedmiokrotnie większy od wartości luzów w samochodach nowych (0,15mm). Luz tej wielkości powoduje przekroczenie dopuszczalnych wartości zbieżności kół

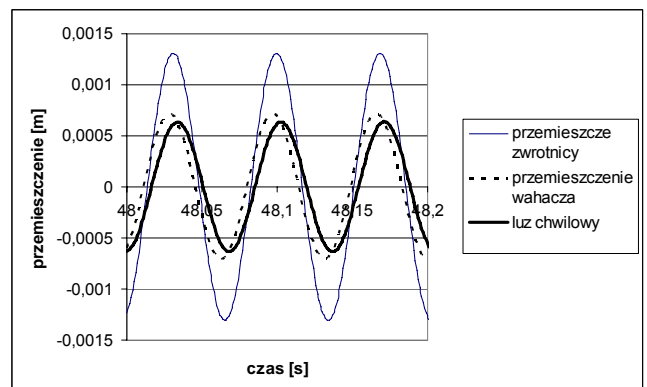
przednich podczas jazdy samochodem w stanach niestabilnych (np. po drodze z koleinami). Luz tej wielkości jest również trudnowykrywalny metodami organoleptycznymi.



Rys. 3. Zdjęcie stanowiska do badania zawieszeń samochodów



Rys. 4. Rozmieszczenie czujników w badanym zawieszeniu



Rys. 5. Przykładowe zmierzone wyniki pomiaru przegubu kulowego w kierunku poprzecznym do osi jazdy samochodu dla wymuszenia harmonicznego o częstotliwości  $f=15\text{Hz}$  i amplitudzie 10mm

#### 4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Zaproponowana powyżej metoda pomiarowa może zastąpić obecną, organoleptyczną metodę oceny pomiaru luzu, lub chociażby wspomóc diagnostę w ocenie stanu zawieszenia samochodu. Bardzo ważną zaletą tej metody jest niski koszt samego czujnika (akcelerometru). Koszt zakupu 1 sztuki nie przekracza 50 zł, co jest wyraźne w porównaniu z ceną innych czujników przemieszczeń. Metoda ta posiada jednak również wiele wad. Najpoważniejszą z nich jest duże zakłócenie wywołane obecnością substancji smarujących w połączeniach. Na rysunku 1 uwidocznione jest to zniekształceniami wykresu przemieszczeń. Zmniejszenie zniekształceń można uzyskać poprzez zwiększenie masy elementu poddanego siłom bezwładności ruchu lub poprzez badanie całego zawieszenia, gdzie występujące obciążenia są wielokrotnie większe od sił wymuszających ruch i nie powodują zniekształceń. W trakcie badań przegubów stosowano obciążniki o masie od 200 do 1000g.

W wyniku tych zabiegów możliwe było zmierzenie luzu o wartości ok. 0,3mm. Podczas badań całego zawieszenia możliwy był pomiar luzu o wartości od 0,01 mm. Luzy tej wielkości nie jest wykrywalne badaniami organoleptycznymi. W trakcie badań przegubów ograniczeniem w wielkości masy dodatkowej były parametry wzbudnika (maksymalna masa rdzenia). Wysznuło wniosek, iż zwiększenie masy badanych elementów poprawi wykrywalność małych luzów. Osiągnięto to poprzez badania całego zespołu (zawieszenia). Kolejną istotną wadą jest konieczność stosowania wymuszenia harmonicznego w okresie, co najmniej kilkunastu sekund. Jest to związane z tzw. kondycjonowaniem sygnału z czujników. Oprogramowanie musi zebrać wystarczająco dużo informacji o sygnale, aby właściwie odfiltrować zakłócenia. Jest to konieczne ze względu na oczekiwaną wysoką dokładność pomiaru. Mimo przedstawionych wad metody, badania autorów będą kontynuowane. Następnym etapem będą próby wyizolowania luzów w poszczególnych elementach układu przy zastosowaniu minimalnej ilości, łatwych w montażu czujników pomiarowych.

Przedstawiony sposób pomiaru luzów może być konkurencyjny dla innych metod pomiaru przemieszczeń. Obecnie nie wykonuje się pomiaru luzów w zawieszeniach samochodów. Bardzo poważną zaletą tej metody jest brak konieczności stosowania czujników dotykowych lub zbliżeniowych. Nie potrzeba również stosowania żadnego punktu odniesienia w pomiarze przemieszczenia, gdyż akcelerometr dokonuje pomiaru podczas każdego ruchu. Konkurencyjną do metody akcelerometrycznej pomiaru przemieszczeń jest metoda laserowa, jednak koszt jednego czujnika przydatnego do tego typu pomiarów leży powyżej kilku tysięcy Euro.

W zastosowaniach przemysłowych pomiarów akcelerometrycznych istnieje dodatkowo możliwość obniżenia kosztów poprzez zastosowanie czujników cyfrowych i oprogramowanych sterowników. Zatem metoda ta może być w przyszłości zastosowana także w pomiarach przemysłowych.

#### LITERATURA

1. Lee D. S. (2007), Thermal accelerometer based predictive drop sensor, *Sensors and Actuators*, A 135, 889–894.
2. Mohd-Yasin F., Nagel D. J., Ong D. S., Korman C. E., Chuah H. T. (2007), Low frequency noise measurement and analysis of capacitive micro— accelerometers, *Microelectronic Engineering*, 84, pp. 1788–1791
3. Reimpel J., Betzler J. (2004), *Podwozia samochodów. Podstawy konstrukcji*, WKiŁ Warszawa.
4. Żebrowski-Koziół M. (2007), Eksperymentalne badanie luzu sworzni zwrotnic w aspekcie własności trakcyjnych samochodu, *Wydawnictwo Politechniki Koszalińskiej, X Słupskie Forum Motoryzacji*, pp. 555–560

#### TROUBLESHOOTING OF THE PLAYS IN BALL-JOINTS OF THE FRONT SUSPENSION OF VEHICLES

**Abstract:** A measurement system for identification of plays in ball-joints is presented. It was designed and realized on accelerometer sensors. Overall errors are less than 0,3%. Testing experiments have proved its applicability for car diagnostic stations.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w roku 2009 jako projekt badawczy N N509 288635 pt. Akcelerometryczna metoda badania luzu sworzni zwrotnic w aspekcie właściwości trakcyjnych samochodu.