

Maciej ROSÓŁ, Bogdan SAPIŃSKI, Łukasz JASTRZĘBSKI

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA,  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

## Badania laboratoryjne układów kondycjonowania sygnału generatora elektromagnetycznego do zasilania tłumika magnetoreologicznego

Dr inż. Maciej ROSÓŁ

Jest pracownikiem w Katedrze Automatyki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Zainteresowania: sterowanie układami nieliniowymi w czasie rzeczywistym, „inteligentne” algorytmy sterowania, regulacja w otwartych łańcuchach sterowania, wykorzystanie mikrokontrolerów jednocukrowych oraz sterowników PLC w pomiarach i sterowaniu, sterowanie rozproszone z wykorzystaniem magistrali CAN, sieci Ethernet i LonWorks.



e-mail: [mr@agh.edu.pl](mailto:mr@agh.edu.pl)

Prof. dr hab. inż. Bogdan SAPIŃSKI

Jest pracownikiem w Katedrze Automatyki Procesów Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Działalność naukowa w zakresie automatyki i robotyki. Zainteresowania i obszary badań: sterowanie w układach mechanicznych, semiaktywne i aktywne układy redukcji drgań, odzyskiwanie energii drgań, materiały i konstrukcje inteligentne, zastosowanie cieczy magnetoreologicznych do tłumienia drgań w układach dyskretnych i ciągłych.



e-mail: [deep@agh.edu.pl](mailto:deep@agh.edu.pl)

Mgr inż. Łukasz JASTRZĘBSKI

Jest doktorantem Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Zainteresowania i obszary badań: modelowanie układów elektromechanicznych, techniki pomiarowe, układy redukcji drgań mechanicznych z odzyskiem energii, programowanie mikrokontrolerów.



e-mail: [lukasz.jastrzebski83@gmail.com](mailto:lukasz.jastrzebski83@gmail.com)

### Streszczenie

W artykule opisano badania pasywnych układów kondycjonowania sygnału z generatora elektromagnetycznego, które zaprojektowano do zasilania tłumika magnetoreologicznego (MR) o ruchu liniowym. Przedstawiono układy kondycjonowania zrealizowane na diodach Schottky'ego oraz przekaźnikach analogowych, stanowisko badawcze oraz wyniki badań. Działanie układów porównano analizując charakterystyki częstotliwościowe i czasowe.

**Słowa kluczowe:** kondycjonowanie sygnałów, generator elektromagnetyczny, tłumik MR, redukcja drgań.

### Laboratory tests of signal conditioning systems of electromagnetic generator for MR damper power supply

#### Abstract

The paper deals with laboratory testing of passive conditioning systems improving the output signal of the electromagnetic generator used for a power linear magnetorheological (MR) damper. The generator, composed of permanent magnets and a coil with foil winding, produces electrical energy according to Faraday's law of electromagnetic induction. This energy is applied to vary the damping characteristics of the MR damper attached to the generator by the input current produced by the device. The objective of the conditioning systems is to improve the voltage signal applied to the control coil of the MR damper. The paper describes briefly the conditioning systems based on Schottky's diodes and analog relays, the experimental setup (the self-powered vibration reduction system based on MR damper for a one-degree-of-freedom object, measurement and control equipment) and the results of experimental tests. The performance of the developed conditioning systems is compared by analyzing the determined frequency and time responses.

**Keywords:** signal conditioning, electromagnetic generator, MR damper, vibration reduction.

### 1. Wstęp

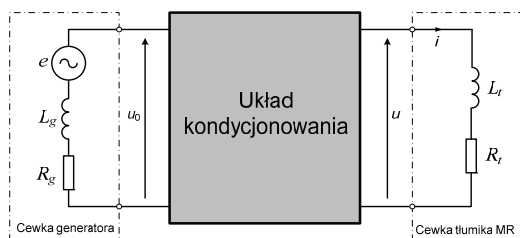
W ostatniej dekadzie obserwuje się rosnące zainteresowanie problemem odzyskiwania energii z różnych źródeł. Takim źródłem mogą być np. drgania maszyn i konstrukcji. Choć w większości przypadków są one uważane za szkodliwe, to jak pokazują wyniki badań, odzyskiwana energia drgań mechanicznych może być po przetworzeniu z powodzeniem wykorzystana do zasilania urządzeń, zwłaszcza tych o małej mocy. Dotyczy to szczególnie czujników, które są zasilane napięciem rzędu kilka woltów, pobierają prąd o natężeniu rzędu kilkudziesięciu miliamperów, a pobierana przez nie energia jest liczona w mikro- lub mili-dżulach [1]. W przypadku, gdy zasilanie energią odzyskaną dotyczy sterowanych elektrycznie elementów wykonawczych (np. tłumików MR), pobierana energia jest liczona w dziesiątych częściach dżuli lub dżulach [2, 4 i 6].

Aby przetworzyć energię drgań mechanicznych na energię elektryczną budowane są różnego rodzaju przetworniki. Przetworniki te mogą wykorzystywać następujące mechanizmy konwersji energii: elektromagnetyczny, elektrostatyczny lub związany z efekt piezoelektrycznym czy też magnetostrykcyjnym. Jednym z wielu problemów związanych z budową takich przetworników jest odpowiednie ukształtowanie sygnału wyjściowego. Zagadnienie to w odniesieniu do przetworników piezoelektrycznych przeznaczonych do zasilania czujników bezprzewodowych poruszono np. w pracy [3], a w odniesieniu do przetwornika elektromagnetycznego zasilającego amortyzator samochodowy w pracy [4]. W niniejszej artykule zagadnienie to dotyczy przetwornika elektromagnetycznego, który jest wykorzystywany do zasilania liniowego tłumika MR.

W pracy [5] opisano stanowisko badawcze układu redukcji drgań z generatorem elektromagnetycznym i tłumikiem MR dla obiektu o jednym stopniu swobody. Specyfika działania tego układu redukcji drgań polega na wykorzystaniu do sterowania siłą tłumika MR części energii obiektu drgającego. Prędkość obiektu jest „przetwarzana” w generatorze na siłę elektromotoryczną, wywołującą przepływ prądu w cewce sterującej tłumika MR, który wzbudza pole magnetyczne wpływające na siłę wytwarzaną przez tłumik.

W pracy [6] opisano budowę i wyniki eksperymentów użytego w badaniach generatora elektromagnetycznego. Rezystancja i indukcyjność cewki generatora wynoszą:  $R_g=0,25 \Omega$  i  $L_g=4,78 \text{ mH}$ . Podstawowe parametry techniczne i charakterystyki zastosowanego tłumika MR (model RD-1005-3 firmy Lord Corporation) przedstawiono w pracy [7]. Rezystancja i indukcyjność cewki sterującej tłumika RD-1005-3 wynoszą  $R_f=5,5 \Omega$ ,  $L_f=125 \text{ mH}$ .

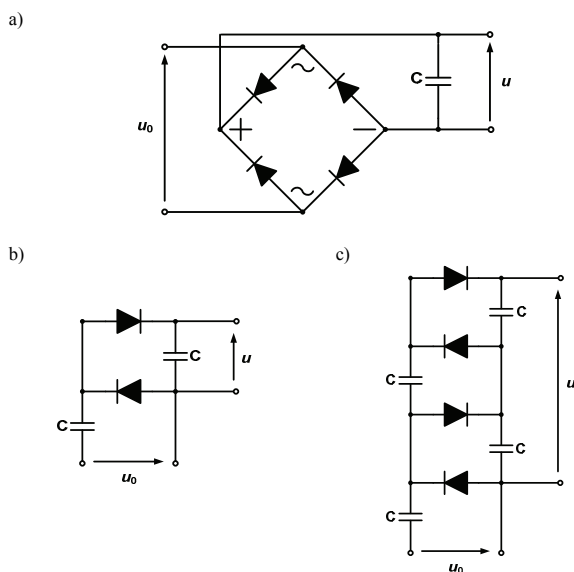
W przypadku zasilania tłumika MR bipolarnym sygnałem napięciowym bezpośrednio z generatora, mogą pojawić się problemy z właściwym kształtowaniem napięcia i prądu w cewce sterującej. Sytuacje takie obserwowano podczas badań funkcjonalnych stanowiska. Wprowadzenie pomiędzy cewkę generatora i cewkę sterującą tłumika MR układu kondycjonowania (rys. 1) wymusza polaryzację napięcia wyjściowego generatora i jego wygładzenie (filtrację). Wyniki symulacji i projekt badanych układów kondycjonowania (mostek Graetz'a, dwukrotny i czterokrotny powielacz napięcia) przedstawiono w pracy [8]. W niniejszej pracy opisano wyniki badań laboratoryjnych zaprojektowanych i wykonanych układów kondycjonowania.



Rys. 1. Schemat układu zasilania tłumika MR  
Fig. 1. Schematic of powering system for the MR damper

## 2. Układy kondycjonowania

Układy kondycjonowania zrealizowano na diodach Schottky'ego i przełącznikach (kluczach) analogowych. Schematy układów (z diodami Schottky'ego): prostownika z mostkiem Graetz'a (MGS), dwukrotnego powielacza napięcia, (PN2S) i czterokrotnego powielacza napięcia (PN4S) pokazano na rys. 2a–c. Dla rozróżnienia układów z przełącznikami analogowymi przyjęto oznaczenia: MG, PN2, PN4.



Rys. 2. Schematy układów kondycjonowania: a) prostownik z mostkiem Graetz'a, b) dwukrotny powielacz napięcia, c) czterokrotny powielacz napięcia  
Fig. 2. Schematics of conditioning systems: a) Graetz bridge, b) twofold voltage multiplier, c) fourfold voltage multiplier

Do budowy układów wybrano diody typu STPS2L40U oraz przełączniki analogowe typu AQY211EH. Ważniejsze parametry zastosowanych elementów podano w tabeli 1 i 2. Elementy te dobrano tak, aby uzyskać jak najmniejszy spadek napięcia przy zakładanym maksymalnym natężeniu prądu przewodzenia (1A).

Tab. 1. Parametry diod Schottky'ego STPS2L40U  
Tab. 1. Parameters of the STPS2L40U Schottky's diodes

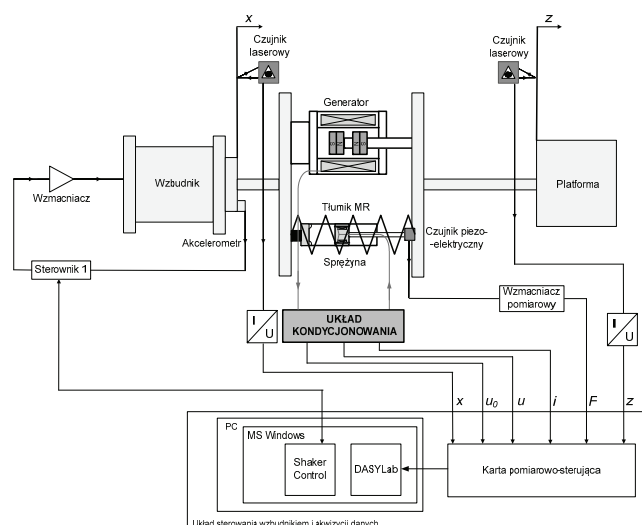
Parametr	Wartość
Powtarzająca się wartość szczytowa napięcia wstecznego: $V_{RRM}$	40 V
Średnia wartość natężenia prądu w kierunku przewodzenia: $I_{F(AV)}$ ( $T_L=130^{\circ}\text{C}$ , $\delta=0,5$ )	2 A
Spadek napięcia w kierunku przewodzenia: $V_F$ ( $I_F=2\text{ A}$ , $T_J=130^{\circ}\text{C}$ )	max. 0,34 V
Maksymalna temperatura pracy złącza: $T_J$	150°C
Krytyczna wartość narastania napięcia wstecznego: $dV/dt$	10000 V/ $\mu\text{s}$

Tab. 2. Parametry przełączników analogowych AQY211EH  
Tab. 2. Parameters of the AQY211EH analog relays

Parametr	Wartość
Wartość natężenia prądu pracy diody LED w kierunku przewodzenia: $I_{Fon}$	1,2 mA (max. 3,0 mA)
Wartość natężenia prądu diody LED wyłączająca tranzystor optoizolatora: $I_{Foff}$	0,4 mA (max. 1,1 mA)
Spadek napięcia diody LED w kierunku przewodzenia: $V_F$	1,25 V (max. 1,5 V)
Rezystancja klucza w stanie załączenia: $R_{on}$	0,25 $\Omega$ (max. 0,5 $\Omega$ )
Czas włączenia klucza: $T_{on}$ ( $I_F=5\text{ mA}$ )	1,5 ms (max. 5,0 ms)
Czas wyłączenia klucza: $T_{off}$ ( $I_F=5\text{ mA}$ )	0,1 ms (max. 1,0 ms)
Maksymalna wartość napięcia na kluczu: $V_L$	30 V
Maksymalna ciągła wartość natężenia prądu klucza: $I_L$	1 A

## 3. Stanowisko badawcze

Badania układów kondycjonowania przeprowadzono na stanowisku, którego schemat pokazano na rys. 3. W skład stanowiska wchodziły: elektromagnetyczny wzbudnik drgań, ruchoma platforma, układ redukcji drgań (generator elektromagnetyczny, tłumik RD-1005-3) i sprężyna. Platforma, układ redukcji drgań i sprężyna stanowią układ mechaniczny o jednym stopniu swobody. Sterowanie drganiami platformy umożliwiał tłumik MR generujący siłę zależną od zmian natężenia prądu w cewce sterującej. Zmiany te wynikają ze zmian siły elektromotorycznej wytwarzanej w cewce generatora.



Rys. 3. Schemat stanowiska badawczego  
Fig. 3. Schematic of the experimental setup

Układ wytwarzania drgań wymuszających ruch platformy składał się z: wzbudnika drgań V780 firmy LDS [9], wzmacniacza mocy i sterownika połączonego z komputerem przez port USB. Do sterowania wzbudnikiem wykorzystano oprogramowanie LDS Dactron Shaker Control w wersji 6.1, natomiast do akwizycji danych program DASYLab w wersji 10.0.

Układ akwizycji danych stanowił komputer przenośny pracujący pod kontrolą systemu Windows XP, połączony z kartą wejść-wyjść AC/CA typu DAQPad-6052E firmy National Instruments [10] przez interfejs FireWire (IEEE 1394). Przemieszczenie rdzenia wzbudnika (wymuszenie)  $x$  i platformy  $z$  mierzono za pomocą czujników laserowych FT 50 RLA 70 [11]. Do pomiaru siły tłumika  $F$  wykorzystano czujnik piezoelektryczny typu 208-C03 [12].

W badaniach układów kondycjonowania mierzono: napięcie na zaciskach generatora  $u_0$ , napięcie wyjściowe z układu kondycjonowania  $u$  oraz natężenie prądu  $i$  w cewce sterującej tłumikiem MR.

#### 4. Wyniki badań

Badania wykonano w stanie jałowym (SJ) oraz stanie obciążenia (SO) układu kondycjonowania przy wymuszeniach sinusoidalnych  $x$  o amplitudzie 3,5 mm i częstotliwości w zakresie (2, 10) Hz, zmienianej z krokiem 0,5 Hz. Wyniki badań pokazano w postaci zależności średnio-półokresowych napięć  $u_{0AV}$ ,  $u_{AV}$ , natężenia prądu  $i_{AV}$ , siły  $F_{AV}$  oraz współczynnika przenoszenia drgań  $T_{xz}$  od częstotliwości  $f$ . Wartości średnio-półokresowe napięć, natężenia prądu i siły obliczono z wzoru (1).

$$y_{AV} = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} |y(\tau)| d\tau \quad (1)$$

gdzie:  $y(\tau)$  – wielkość mierzona,  
 $y_{AV}$  – wartość średnio-półokresowa wielkości mierzonej.

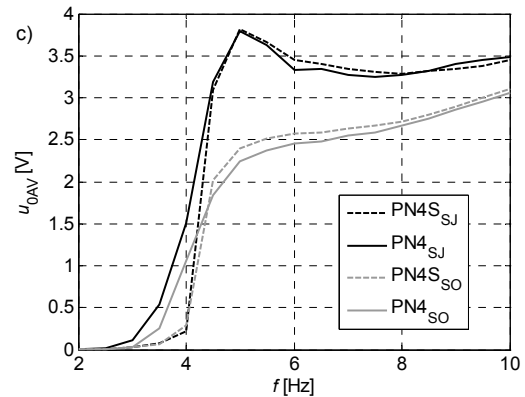
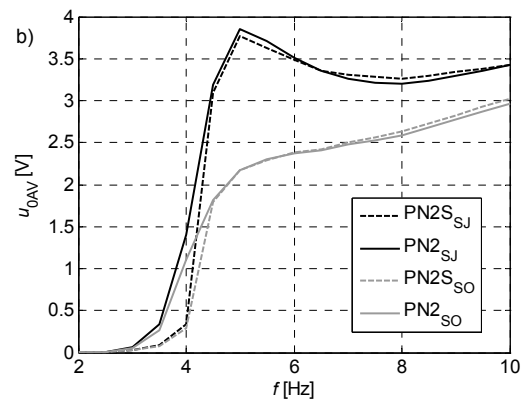
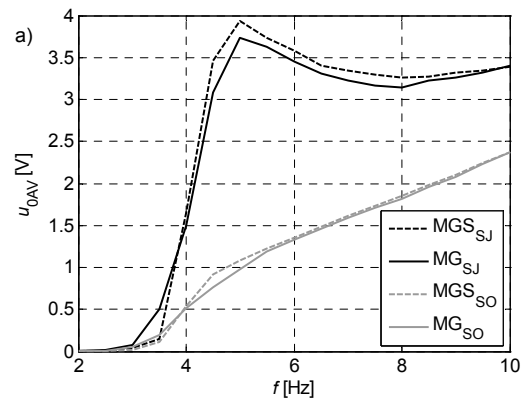
Współczynnik przenoszenia obliczono z wzoru (2).

$$T_{xz} = \frac{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} |z(\tau)| d\tau}{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} |x(\tau)| d\tau} \quad (2)$$

Wyznaczone zależności  $u_{0AV}(f)$ ,  $u_{AV}(f)$ ,  $i_{AV}(f)$ ,  $F_{AV}(f)$ ,  $T_{xz}(f)$  przedstawiono na rys. 4–8. Aby ułatwić porównanie charakterystyk badanych układów wprowadzono oznaczenia:

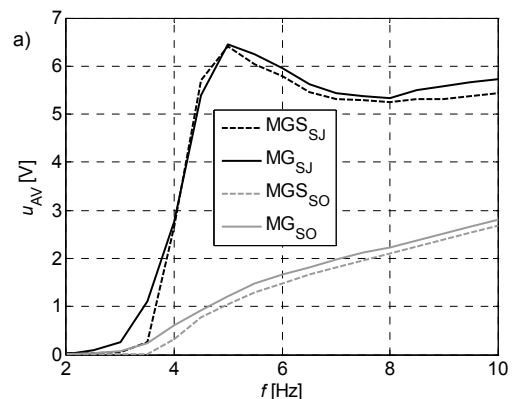
- MGS<sub>SJ</sub>, PN2S<sub>SJ</sub>, PN4S<sub>SJ</sub> – mostek Graetz'a z diodami Schottky'ego, stan jałowy,
- MGS<sub>SO</sub>, PN2S<sub>SO</sub>, PN4S<sub>SO</sub> – mostek Graetz'a z diodami Schottky'ego, stan obciążenia,
- MG<sub>SJ</sub>, PN2<sub>SJ</sub>, PN4<sub>SJ</sub> – mostek Graetz'a z kluczami analogowymi, stan jałowy,
- MG<sub>SO</sub>, PN2<sub>SO</sub>, PN4<sub>SO</sub> – mostek Graetz'a z kluczami analogowymi, stan obciążenia.

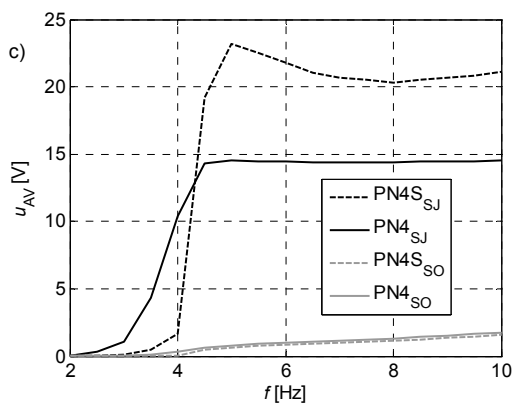
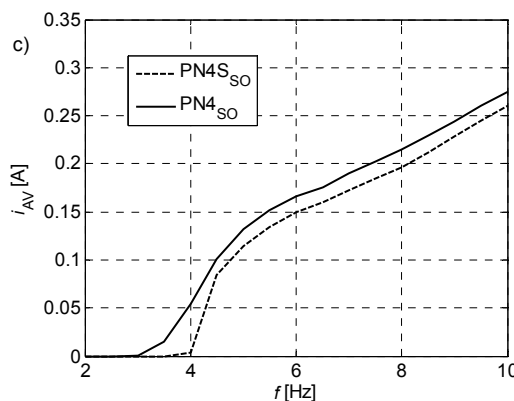
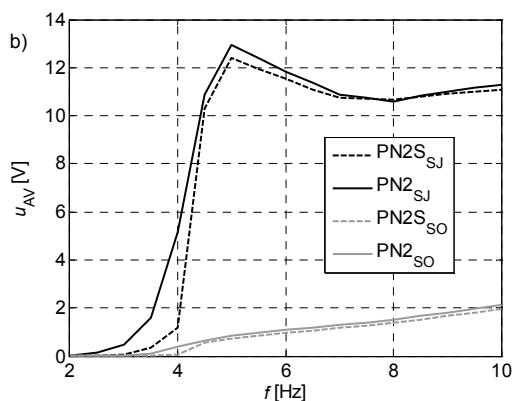
W stanie obciążenia dla wszystkich układów kondycjonowania zaobserwowano wzrost napięcia  $u_{0AV}$  (rys. 4) i  $u_{AV}$  (rys. 5) z częstotliwością. Prowadzi to do wzrostu natężenia prądu  $i_{AV}$  (rys. 6) oraz siły tłumika  $F_{AV}$  (rys. 7). Należy zauważyć, że dla układów z diodami Schottky'ego niezerowa wartość napięcia  $u_{AV}$  pojawia się począwszy od częstotliwości  $f=3,5$  Hz, którą można przyjąć za częstotliwość progową. W stanie jałowym siła  $F_{AV}$ , napięcia  $u_{0AV}$ ,  $u_{AV}$  i natężenie prądu  $i_{AV}$  osiągają maksymalne wartości dla częstotliwości  $f=5$  Hz. Wynika to z maksymalnej wartości prędkości względnej tłoka tłumika MR ( $\dot{x}-\dot{z}$ ) uzyskiwanej dla tej częstotliwości.



Rys. 4. Napięcie  $u_{0AV}$  w funkcji częstotliwości  $f$ : a) układ MGS i MG, b) układ PN2S i PN2, c) układ PN4S i PN4

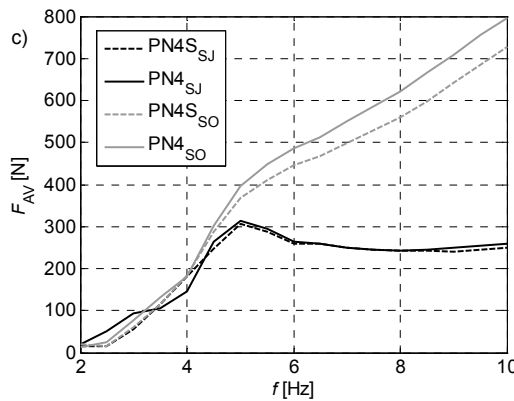
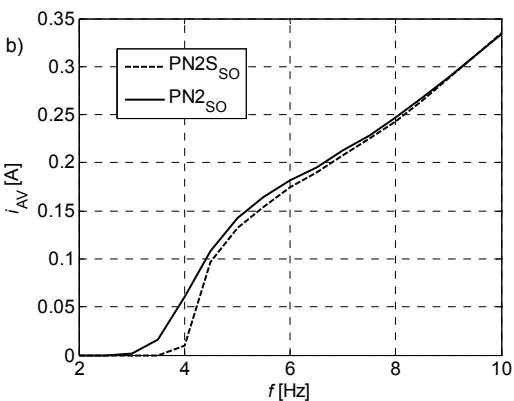
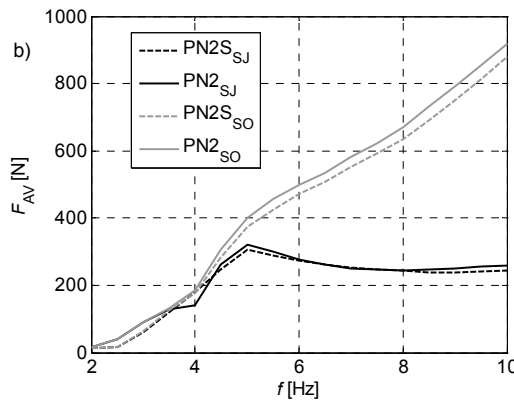
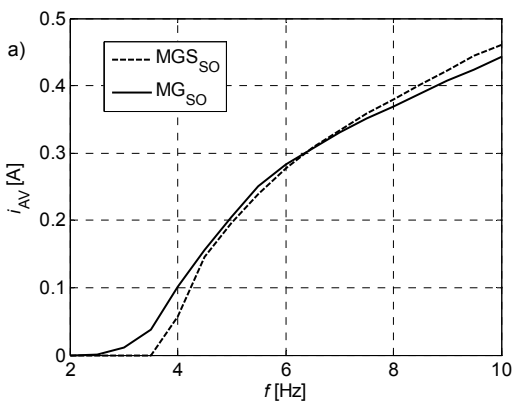
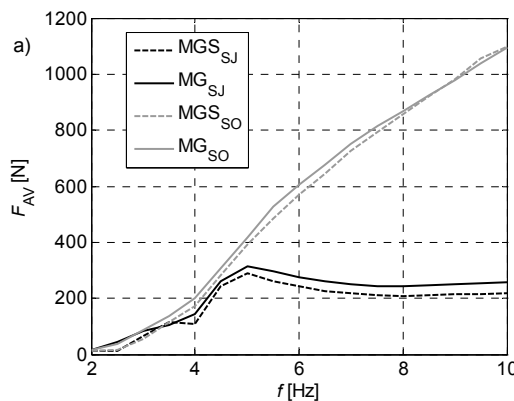
Fig. 4. Voltage  $u_{0AV}$  vs. frequency  $f$ : a) MGS and MG system, b) PN2S and PN2 system, c) PN4S and PN4 system





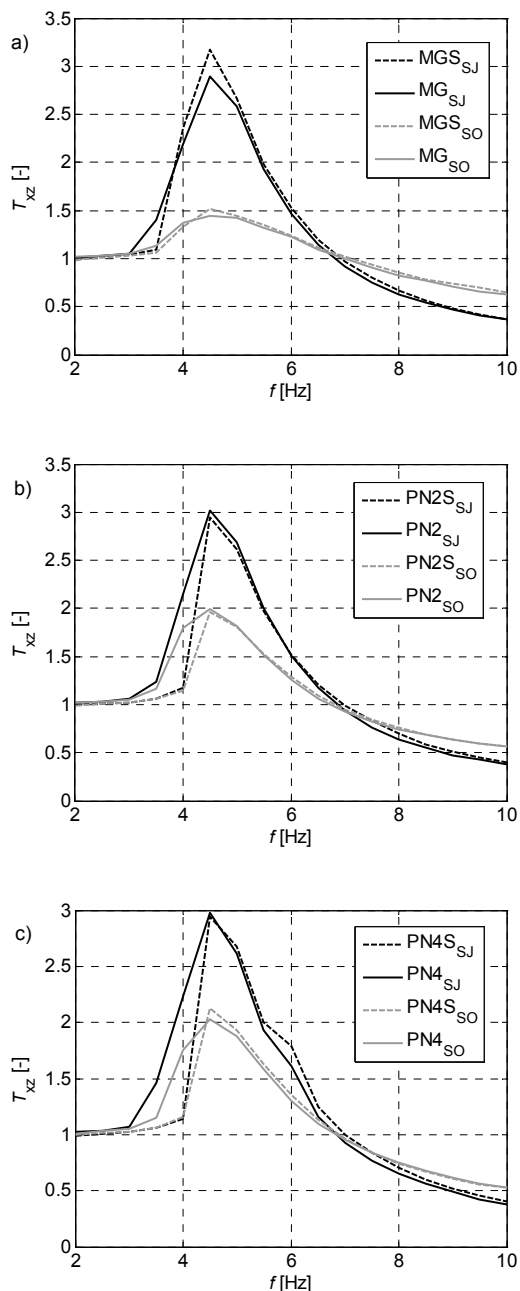
Rys. 6. Natężenie prądu  $i_{AV}$  w funkcji częstotliwości  $f$ : a) układ MGS i MG, b) układ PN2S i PN2, c) układ PN4S i PN4  
 Fig. 6. Current  $i_{AV}$  vs. frequency  $f$ : a) MGS and MG system, b) PN2S and PN2 system, c) PN4S and PN4 system

Rys. 5. Napięcie  $u_{AV}$  w funkcji częstotliwości  $f$ : a) układ MGS i MG, b) układ PN2S i PN2, c) układ PN4S i PN4  
 Fig. 5. Voltage  $u_{AV}$  vs. frequency  $f$ : a) MGS and MG system, b) PN2S and PN2 system, c) PN4S and PN4 system



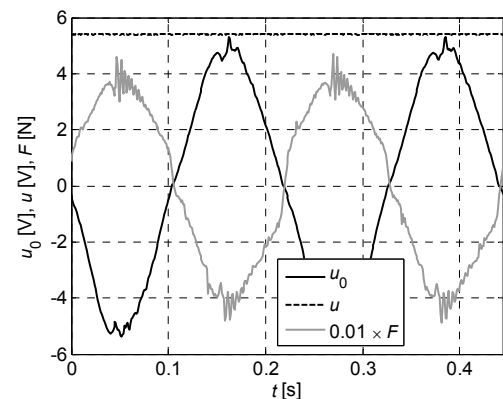
Rys. 7. Siła tłumika  $F_{AV}$  w funkcji częstotliwości  $f$ : a) układ MGS i MG, b) układ PN2S i PN2, c) układ PN4S i PN4  
 Fig. 7. Damper force  $F_{AV}$  vs. frequency  $f$ : a) MGS and MG system, b) PN2S and PN2 system, c) PN4S and PN4 system

Z wykresów współczynnika przenoszenia drgań  $T_{xz}$  (rys. 8) wynika, że zarówno w stanie jałowym jak i obciążenia, współczynnik ten przyjmuje maksymalną wartość dla częstotliwości własnej drgań układu mechanicznego  $f_0=4,5$  Hz. W zakresie częstotliwości (3,5–6,5)Hz, najmniejsze wartości współczynnika przenoszenia drgań  $T_{xz}$  uzyskano, stosując układ MGS i MG. Dla częstotliwości  $f > 7$  Hz, współczynnik  $T_{xz}$  osiągał najmniejsze wartości dla układów PN2S, PN2, PN4S i PN4. Wynika to z mniejszej wartości natężenia prądu na wyjściu tych układów kondycjonowania.

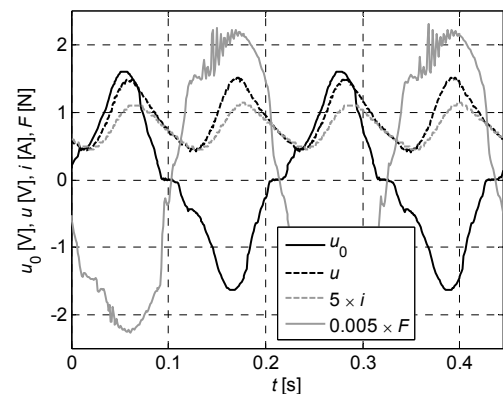


Rys. 8. Współczynnik przenoszenia drgań  $T_{xz}$ : a) układ MGS i MG, b) układ PN2S i PN2, c) układ PN4S i PN4  
Fig. 8. Transmissibility coefficient  $T_{xz}$  vs. frequency  $f$ : a) MGS and MG system, b) PN2S and PN2 system, c) PN4S and PN4 system

Pomiary rezystancji kluczy AQY211EH wykazały, że ta rezystancja zmienia się ze zmianą natężenia prądu i wynosi od ok.  $0,28 \Omega$  ( $i=0,1$  A) do  $0,45 \Omega$  ( $i=0,45$  A). Maksymalna zmiana napięcia mierzonego na diodzie STPS2L40U wynosiła  $0,018$  V w odniesieniu do wartości średniej  $0,27$  V.

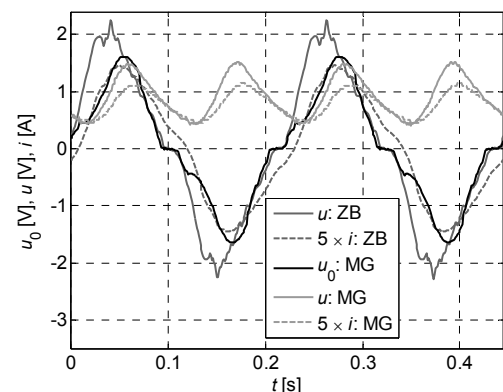


Rys. 9. Przebiegi czasowe  $u_0, u, F$  w stanie jałowym: układ MG,  $f=4,5$  Hz  
Fig. 9. Waveforms of  $u_0, u, F$  under no-load condition: MG system,  $f=4,5$  Hz

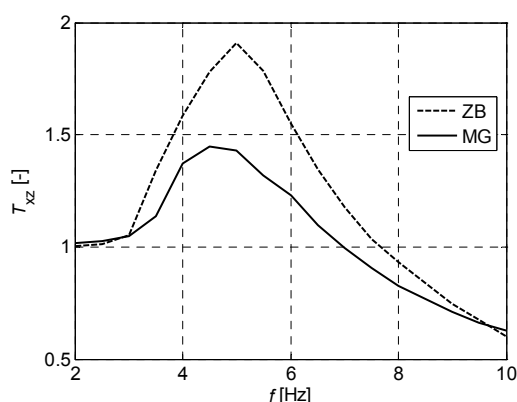


Rys. 10. Przebiegi czasowe  $u_0, u, i, F$  w stanie obciążenia: układ MG,  $f=4,5$  Hz  
Fig. 10. Waveforms of  $u_0, u, i, F$  under the load: MG system,  $f=4,5$  Hz

Przedstawiono również przebiegi czasowe  $u_0, u, i$  oraz  $F$  dla układu MG uzyskane przy częstotliwości  $4,5$  Hz (rys. 9, 10). Z rys. 9 wynika, że maksymalne napięcie  $u_0$  w stanie jałowym wynosi  $5,35$  V. W efekcie na wyjściu układu MG uzyskuje się napięcie  $u$  wynoszące  $5,39$  V. W przypadku obciążenia układu MG cewką sterującą tłumika MR jest pobierany prąd o natężeniu  $0,16$  A (wartość średnia). Tak duży pobór prądu uniemożliwia osiągnięcie stanu ustalonego, który obserwowano w stanie jałowym. Z rys. 10 widać, że napięcie  $u$  oscyluje wokół wartości średniej równej  $0,98$  V. Różnica pomiędzy siłą tłumika w stanie obciążenia i stanie jałowym wynosi około  $50$  N.



Rys. 11. Przebiegi czasowe  $u_0, u, i$ , w stanie obciążenia: bez układu kondycjonowani i z układem MG,  $f=4,5$  Hz  
Fig. 11. Waveforms of  $u_0, u, i$  under the load: with MG system, and without conditioning system  $f=4,5$  Hz



Rys. 12. Współczynnik przenoszenia drgań  $T_{xz}$  bez układu kondycjonowania i z układem MG

Fig. 12. Transmissibility coefficient  $T_{xz}$  vs. frequency  $f$ : with MG system, and without conditioning system

Na rys. 11 porównano charakterystyki czasowe napięć  $u_0$ ,  $u$  oraz natężenia prądu  $i$  w przypadku zasilania tłumika przez układ kondycjonowania MG oraz bezpośrednio z generatora elektromagnetycznego (ZB). Podobne porównanie dotyczące współczynnika przenoszenia drgań  $T_{xz}$  pokazano na rys. 12.

Napięcie na cewce generatora  $u$  dla układu ZB jest większe niż napięcie  $u_0$  podawane na układ MG (wynika to z mniejszej prędkości względnej  $(\dot{x}-\dot{z})$ ). Natężenie prądu w cewce sterującej tłumika oscyluje wokół niezerowej wartości. Wpływa to na poprawę charakterystyki współczynnika przenoszenia drgań. Z wykresów współczynnika przenoszenia drgań  $T_{xz}$  (rys. 12) widać około 30% zmniejszenie współczynnika przenoszenia drgań  $T_{xz}$  przy częstotliwości rezonansowej.

## 5. Wnioski

W pracy opisano badania pasywnych układów kondycjonowania (z diodami Schottky'ego oraz przekaźnikami analogowymi) sygnału generatora elektromagnetycznego do zasilania tłumika MR. Wyniki badań przedstawiono w postaci charakterystyk częstotliwościowych oraz czasowych. Z punktu widzenia zasilania tłumika MR najlepszymi okazały się układy MGS i MG.

Układy MGS, PN2S, PN4S (z diodami Schottky'ego), ze względu na napięcie progowe diod  $V_F$ , generują niezerowe napięcie  $u$  przy częstotliwości  $f > 3,5$  Hz. W przypadku braku zasilania cewki sterującej przy częstotliwości  $f > 6$  Hz, prędkość względna  $(\dot{x}-\dot{z})$  zmienia się maksymalnie o 1,8 % w odniesieniu do wartości średniej, co powoduje niewielkie zmiany  $u_0$  oraz  $u$ .

Siły tłumika  $F$  uzyskiwane dla częstotliwości  $f \leq 5$  Hz, przy zasilaniu tłumika przez układy kondycjonowania, osiągają podobne

wartości, pomimo znacznych różnic w natężeniu prądu  $i$ . Oznacza to, że istotne zmiany siły występują przy natężeniu prądu  $i \geq 0,2$  A. Dla częstotliwości  $f > 5$  Hz, największa siła tłumika jest osiągana przy zasilaniu tłumika przez układy MGS i MG.

Z uwagi na to, że dla  $f > 7$  Hz, wartości współczynników przenoszenia  $T_{xz}$  przy zasilaniu cewki sterującej przez układy pasywne są większe niż w przypadku braku zasilania, powinno się stosować dodatkowe układy sterujące natężeniem prądu.

Pracę wykonano w ramach projektu badawczego nr N501 366964.

## 6. Literatura

- [1] Beeby S. P., Tudor M. J., White N. M.: Energy harvesting vibration sources for microsystems applications. Measurement Science and Technology, 17, 175–195, IOP Publishing Ltd., UK, 2006.
- [2] Cho S. W., Jung H. J., Lee I. W.: Feasibility Study of Smart Passive Control System Equipped with Electromagnetic Induction Device. Smart Materials and Structures 16, 2323–2329, 2007.
- [3] Roundy S., Leland E. S., Baker J., Carleton E., Reilly E. Lai E., Otis B., Rabey J. M., Wright P. K., Sundararajan V.: Improving power output for vibration-based energy scavengers. IEEE Pervasive Computing Vol. 4, No 1, 2005, 28–36.
- [4] Zuo L., Scully B., Shestani J., Zhou Y., Design and characterization of an electromagnetic harvester for vehicle suspensions. Smart Materials and Structures, 19, 1–10, 2010.
- [5] Sapiński B., Snamina J., Jastrzębski Ł., Staśkiewicz A.: Stanowisko laboratoryjne do badań samozasilającego się układu redukcji drgań sejsmicznych. XII Krajowe Sympozjum Wpływ Wibracji na Otoczenie, Kraków-Janowice, 2010.
- [6] Sapiński B.: Vibration power generator for a linear MR damper. Smart Materials and Structures, 19, 1050-1062, 2010.
- [7] Sapiński B.: Magnetorheological Dampers for Vibration Control, UWND AGH, Kraków, 2006.
- [8] Rosół M., Sapiński B.: Symulacja i projekt układu kondycjonowania sygnału generatora elektromagnetycznego do zasilania tłumika magnetoreologicznego. XII Krajowe Sympozjum Wpływ Wibracji na Otoczenie, Kraków-Janowice, 2010.
- [9] <http://www.lds-group.com>
- [10] <http://www.ni.com>
- [11] <http://www.sensopart.com>
- [12] <http://www.pcb.com>

otrzymano / received: 08.07.2010

przyjęto do druku / accepted: 01.09.2010

artykuł recenzowany

## INFORMACJE

**Zapraszamy do publikacji artykułów promocyjnych  
w miesięczniku naukowo-technicznym PAK**

Redakcja czasopisma POMIARY AUTOMATYKA KONTROLA  
44-100 Gliwice, ul. Akademicka 10, pok. 30b,  
tel./fax: 32 237 19 45, e-mail: [wydawnictwo@pak.info.pl](mailto:wydawnictwo@pak.info.pl)