

BADANIA REKUPERATORA ENERGII DRGAŃ POJAZDU MECHANICZNEGO

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań wstępnych procesu rekuperacji energii kinetycznej drgań fotela operatora pojazdu mechanicznego. Rekuperator energii drgań, montowany docelowo pod fotelem operatora pojazdu mechanicznego, zbudowany jest z układu listew i kół zębatych, sprzęgieł jednokierunkowych i prądnicy. Pozwala on zamienić energię kinetyczną drgań fotela na prąd elektryczny generowany przez prądnicę i magazynowany ostatecznie w akumulatorze pojazdu. Dla sprawdzenia poprawności zastosowanego rozwiązania zbudowano stanowisko do badań procesu rekuperacji energii drgań. Badania miały na celu weryfikację przyjętych parametrów konstrukcyjnych rekuperatora oraz wyznaczenie zakresu jego parametrów roboczych.

WSTĘP

W Polsce zarejestrowanych jest ponad 25 milionów pojazdów. W każdym z nich funkcjonuje zespół napędowy, który przetwarza energię pierwotną, najczęściej chemiczną, na energię mechaniczną. Sprawność tej transformacji rzadko przekracza 40 %. Większa część dostarczonej energii jest zamieniana w ciepło lub energię drgań i bezpowrotnie tracona [4,5,6]. Przy tak wielkiej liczbie poruszających się po naszych drogach pojazdów rekuperacja nawet niewielkiej części rozpraszanej energii może przynieść wymierne efekty, które przełożą się na oszczędzanie zużycia paliwa a tym samym zmniejszeniu emisji trujących związków wydobywających się z rur wydechowych naszych samochodów [1,3,7,8]. Rekuperator drgań fotela operatora pojazdu mechanicznego właśnie do tego celu ma służyć. Ma być prostym urządzeniem, nieingerującym w funkcjonowanie innych zespołów, odzyskującym część energii drgań poruszającego się pojazdu i tym samym poprawiającym jego bilans energetyczny [2].

1. REKUPERATOR ENERGII DRGAŃ POJAZDU MECHANICZNEGO

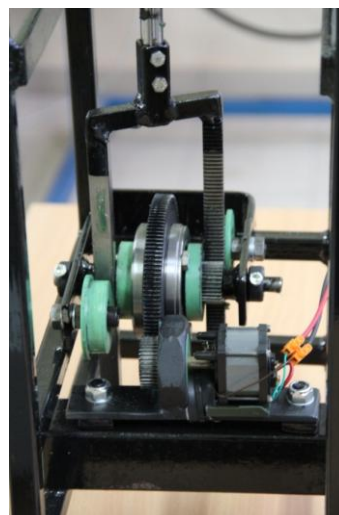
Rekuperator energii drgań pojazdu mechanicznego umożliwia zamianę energii kinetycznej drgającego siedziska fotela operatora na energię elektryczną. Rekuperator montowany jest pod fotelem operatora i wspomaga pracę amortyzatora gazowego. Składa się on (rys.1) z dwóch sprzężonych ze sobą listew zębatych zamieniających, poprzez koła zębate, ruch posuwisto-zwrotny fotela operatora na ruch obrotowy wałków napędowych dwóch sprzęgieł jednokierunkowych. Sprzęgła te połączone są z głównym kołem zębatym zazębionym z kołem zębatym wałka prądnicy. Każde sprzęgło przekazuje moment w inną stronę. Dzięki temu jedna listwa napędza wałek prądnicy podczas ruchu siedziska w dół, druga – ruchu w górę. Generowany w prądnicę prąd magazynowany jest w osobnym akumulatorze lub doładowuje akumulator pojazdu.

Listwy zębate o długości 250 mm mają nacięte 79 zębów o module 1 i wysokość 2,2 mm. Współpracujące z nimi koła zębate o średnicy 32 mm połączone są wpustami z wałkami sprzęgieł o średnicy 12 mm. Na kołach nacięte są 32 zęby. W celu zapewnienia stałego kontaktu listwy dociskane są do kół zębatych za pomocą pierścieniowych rolek dociskowych wykonanych z tekstolitu i montowanych przesuwnie w ramie rekuperatora. Wałki sprzęgłowe, wykonane ze stali, połączone są wpustami ze sprzęgłami jednokie-

runkowymi i łożyskowane w ramie rekuperatora. Zastosowane sprzęgła jednokierunkowe są sprzęgłami kulkowymi typu AA firmy Stieber. Zewnętrzna średnica sprzęgła wynosi 47 mm. Sprzęgło może obracać się z prędkością do 3100 obr/min i przenosić moment obrotowy do wartości 34 Nm. Sprzęgła przykręcone są do głównego koła zębatego o średnicy 144 mm i liczbie zębów równej 144 szt. osadzonego na wałku o średnicy 12 mm. Główne koło zębate współpracuje z kołem zębatym prądnicy o średnicy 36 mm i liczbie zębów równej 36 szt. Wszystkie elementy rekuperatora, z wyjątkiem sprzęgieł, rolek dociskowych listew i ramy wykonane są ze stali 45. Całkowita masa rekuperatora wraz z rama wynosi 6 kg [2].

Uzyskana energia elektryczna może zostać wykorzystana do zasilania urządzeń elektronicznych np. telefonu komórkowego lub przy zastosowaniu innego układu elektronicznego do ładowania kondensatorów zdolnych do szybkich, impulsowych ładowań i rozładowań. Kondensatory takie doskonale nadają się do zastosowań, wymagających krótkich impulsów dużej mocy, przedzielanych dłuższymi przerwami.

Specyfika budowy i sposób funkcjonowania rekuperatora determinuje jego wykorzystanie w pojazdach poruszających się po drogach nieutwardzonych lub bezdrożach np. w ciągnikach rolniczych lub pojazdach terenowych.

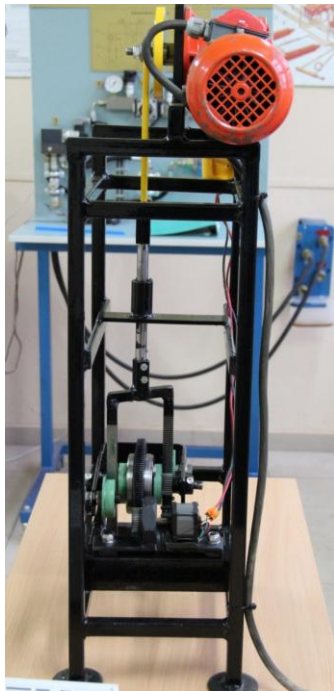


Rys. 1. Rekuperator energii drgań pojazdu mechanicznego

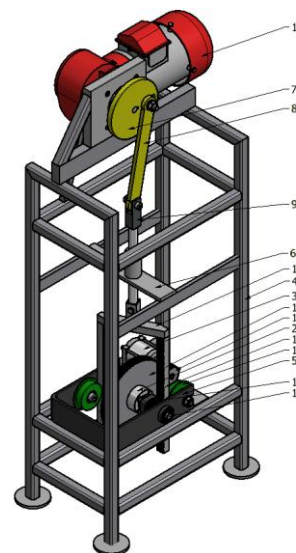
2. STANOWISKO DO BADAŃ PROCESU REKUPERACJI ENERGII DRGAŃ

Ideą budowy stanowiska do badań rekuperatora energii drgań fotela operatora pojazdu mechanicznego jest konieczność przeprowadzenia badań proponowanego systemu w celu sprawdzenia poprawności przyjętych rozwiązań a także doboru parametrów konstrukcyjnych oraz zakresu parametrów roboczych. Stanowisko będzie wykorzystywane w przyszłości także jako stanowisko dydaktyczne (rys.2).

Bazowym elementem stanowiska jest przestrzenna, stalowa rama wykonana z profili zamkniętych (rys.3). Ruchy drgające fotela w górę i w dół są symulowane przez motoreduktor napędzający mimośród. Zastosowanie motoreduktora podyktowane jest maksymalnym uproszczeniem konstrukcji oraz uzyskaniem zwartej budowy stanowiska. Dobrany został motoreduktor firmy Eberhard Bauer model D-37374 o mocy 250 W. Przełożenie przekładni reduktora wynosi 16.1 a maksymalny moment na wale napędowym 25 Nm. Ramię mimośrodu jest połączone z poruszającym się w prowadnicy cięgnem wykonującym ruch posuwisto-zwrotny. Cięgno połączone jest z belką spinającą listwy zębate rekuperatora. Rekuperator zamontowany jest do ramy stanowiska. Poruszające się listwy zębate wprawiają w ruch kolejne elementy rekuperatora tj. koła zębate wałków sprzęgieł jednokierunkowych, główne koło zębate, koło zębate wałka prądnicy i prądnicę. Wartość napięcia i natężenia generowanego prądu rejestrowana jest na przyrządach pomiarowych: miernika cyfrowego VOREL 81783 do odczytu napięcia i natężenia oraz falownika LG 5A do odczytu częstotliwości. Zmianę częstotliwości drgań osiąga się poprzez zmianę prędkości obrotowej wału motoreduktora. Można także zmieniać amplitudę drgań poprzez zmianę wartości wykorbienia mimośrodu.



Rys. 2. Stanowisko do badań procesu rekuperacji energii drgań pojazdu mechanicznego



Rys. 3. Elementy rekuperatora i stanowiska do badań procesu rekuperacji energii drgań: 1-motoreduktor, 2-sprzęgło jednokierunkowe, 3-prądnica, 4-rama, 5-rama rekuperatora, 6-prowadnica, 7-mimośród, 8-ramię mimośrodu, 9-cięgno, 10-belka, 11-listwa zębata, 12-koło zębate sprzęgła jednokierunkowego, 13-główne koło zębate, 14-koło zębate prądnicy, 15-walek sprzęgła jednokierunkowego, 16-rolka dociskowa listwy zębatej [2]

3. BADANIA REKUPERATORA DRGAŃ MECHANICZNYCH

3.1. Cel badań

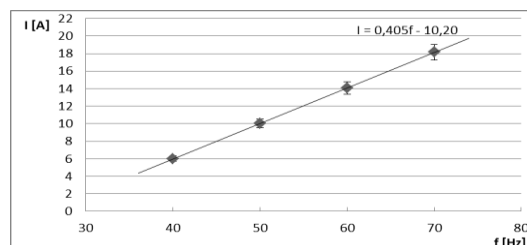
Celem badań był sprawdzenie poprawności przyjętych założeń i parametrów konstrukcyjnych oraz dobór zakresu parametrów roboczych urządzenia.

3.2. Przebieg badań

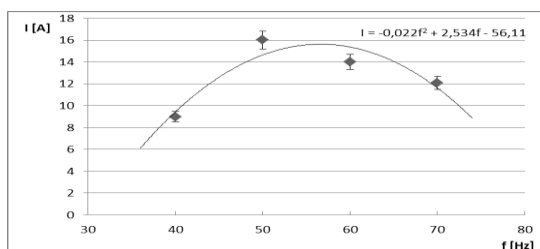
Do prądnicy rekuperatora została podłączona szeregowo dioda w celu odczytu wartości prądu stałego na mierniku. Ustawiono 5 wielkości amplitud drgań tj. 6, 10, 14, 18, 22 mm poprzez zmianę długości wychYLENIA ramienia mimośrodu. Pomiar długości wychYLENIA mimośrodu wykonywano suwmiarką o dokładności 0,05 mm. Za pomocą falownika ustalano prędkość obrotowa motoreduktora odpowiadającą częstotliwością drgań od 0 do 100 Hz ze skokiem 10 Hz. Dla każdej częstotliwości i amplitudy wykonywano 3 próby. Wyniki przedstawiono na wykresach.

3.3. Wyniki badań i ich analiza

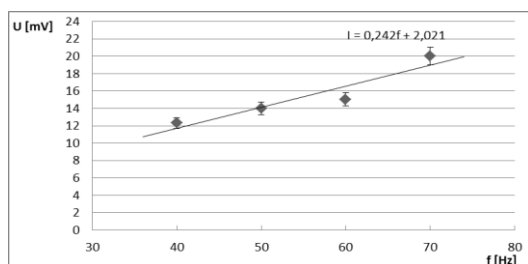
Przykładowe, charakterystyczne wyniki badań przedstawiono na wykresach (rys. 4,5,6,7).



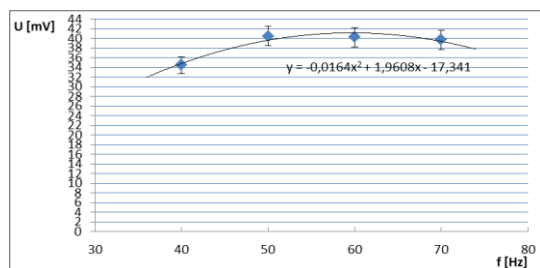
Rys. 4. Przebieg zmian wartości natężenia generowanego prądu w funkcji częstotliwości drgań rekuperatora dla amplitudy drgań 10 mm



Rys. 5. Przebieg zmian wartości natężenia generowanego prądu w funkcji częstotliwości drgań rekuperatora dla amplitudy drgań 18 mm



Rys. 6. Przebieg zmian wartości napięcia generowanego prądu w funkcji częstotliwości drgań rekuperatora dla amplitudy drgań 10 mm



Rys. 7. Przebieg zmian wartości napięcia generowanego prądu w funkcji częstotliwości drgań rekuperatora dla amplitudy drgań 18 mm

Na podstawie uzyskanych w czasie badań wyników i obserwacji można wyciągnąć następujące wnioski:

- wzrost amplitudy i częstotliwości powoduje wzrost napięcia i natężenia prądu,
- największy zakres zmian częstotliwości drgań występuje dla amplitudy 6 mm, wtedy rekuperator funkcjonuje poprawnie w całym badanym zakresie częstotliwości,
- dla amplitud 10 mm i większych proporcjonalnie zmniejsza się zakres częstotliwości, przy których funkcjonowanie rekuperatora jest poprawne, dla amplitudy 22 mm maksymalna osiągnięta częstotliwość to 60 Hz,
- dla amplitud większych niż 14 mm powyżej częstotliwości 50 Hz następuje spadek wartości generowanego napięcia i natężenia prądu (rys. 5 i 7), powodem jest uginanie się prowadnic i ramy rekuperatora,
- największe natężenie prądu 18,14 mA zmierzono dla częstotliwości 70 Hz i amplitudy 10 mm, największe napięcie prądu 39,69 mV zmierzono dla częstotliwości 50 Hz i amplitudzie 18 mm,
- dla poprawy płynności funkcjonowania rekuperator należy wyposażyć go w koło zamachowe oraz poprawić sztywność ramy tak rekuperatora jak i stanowiska badawczego,
- idea funkcjonowania rekuperatora jest dobra, należy zoptymalizować długość listew zębatych oraz przełożenia kół zębatych,
- uzyskane wartości napięć i natężeń prądu są zbyt małe, należy rozważyć zastosowanie innego generatora prądu.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania rekuperatora energii drgań fotela operatora pojazdu mechanicznego wykazały konieczność dokonania szeregu zmian w konstrukcji urządzenia. Należy zmienić długość listew zębatych, przełożenia kół zębatych oraz prądnicę. Niezbędne wydaje się zastosowanie koła zamachowego. Konstrukcja wymaga poprawy sztywności podobnie jak i rama samego stanowiska badawczego. Usunięcie wymienionych niedociągnięć pozwoli na ponowne przeprowadzenie badań i dobór parametrów roboczych rekuperatora. Warto także przemyśleć zastąpienie układu mechanicznego układem indukcyjnym.

BIBLIOGRAFIA

1. Bocheński C., *Badania kontrolne samochodów*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2000.
2. Korzybski W. Rode H., *Rekuperator energii drgań pojazdu mechanicznego*, Logistyka Nr 5, 2014.
3. Kuchar M., Siczek K., *Ocena możliwości odzyskiwania energii z układu zawieszenia przy wykorzystaniu amortyzatora pneumatycznego*, Archiwum Motoryzacji Nr 2, 2012.
4. Lipnicki Z., Rubaszewski A., *Współpraca akumulatora ciepła z układem chłodzenia silnika spalinowego*, Archiwum Motoryzacji Nr 3, 2000.
5. Luft M., Olszowiec P., *Straty silnika spalinowego szansą na rekuperację energii elektrycznej*, Logistyka Nr 6, 2011.
6. Luft S., *Podstawy budowy silników*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2011.
7. Paska J.: *Generacja rozproszona z wykorzystaniem hybrydowych układów wytwórczych*, Energetyka Nr 6, 2013.
8. Żmuda A., *Energia elektryczna ze spalin*, Biuletyn AGH, Kraków 2012.

THE RESEARCH OF RECUPERATOR VIBRATION ENERGY OF THE MOTOR VEHICLE

Abstract

The article presents the results of initial research concerning the process of kinetic energy recuperation from a driver's seat vibration. Recuperator of vibrating energy, which is installed under the driver's seat in a motor vehicle, consists of toothed bars coupled by gear wheels and driving shafts of one-way clutches. It allows to change the kinetic energy of the vibrating seat into the electric one, generated and stored in the accumulator of the vehicle. In order to research the efficiency of the present solution, a stand, for testing the process of vibration energy recuperation, was built. The aim of the research was to verify the assumed construction parameters of the recuperator and to determine its working parameters scope.

Autor:

dr inż. Henryk Rode - Politechnika Warszawska filia w Płocku, Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii w Płocku, Instytut Inżynierii Mechanicznej; 09-400 Płock; ul. Jachowicza 2, tel: +48 24 367-59-93, Fax: +48 24 262-65-42, hrode@pw.plock.pl