



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2019 00620**

(22) Data de depozit: **03/10/2019**

(41) Data publicării cererii:
29/04/2021 BOPI nr. **4/2021**

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA "BABEȘ BOLYAI" DIN
CLUJ-NAPOCA,
STR. MIHAIL KOGĂLNICEANU NR. 1,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(72) Inventatori:

• BURDA IOAN, STR. BUCEGI NR. 2B,
AP. 25, CLUJ- NAPOCA, CJ, RO;
• TURCU ROMULUS VALERIU FLAVIU,
STR. NICOLAE TITULESCU, NR. 38, AP. 21,
CLUJ- NAPOCA, CJ, RO;
• VATAVU MARIAN, ALEEA PINULUI, NR. 2,
AP. 13, BOTOȘANI, BT, RO

(54) CIRCUIT DE AMORTIZARE MULTI-MODALĂ PRIN SALTUL FRECVENȚEI DE REZONANȚĂ A ȘUNTULUI RL

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un circuit de amortizare multi-modală a structurilor mecanice prin saltul frecvenței de rezonanță a șuntului RL. Circuitul, conform invenției, este alcătuit dintr-un traductor piezoelectric (1) înglobat într-o structură mecanică (2), cu unul din electrozi conectat la masă (3), semnalul de la celălalt electrod (4) fiind aplicat prin intermediul unui bloc de condiționare (5) la intrarea unui circuit digital de numărare (6) care comandă un multiplexor analogic (7), la ieșirea acestuia fiind palierete de tensiune de control (8) pentru un inductor sintetic (9) înseriat cu o rezistență de valoare optimă (10) pentru a forma șuntul RL prin conectare la electrodul (4) materialului piezoelectric.

Revendicări: 2

Figuri: 3

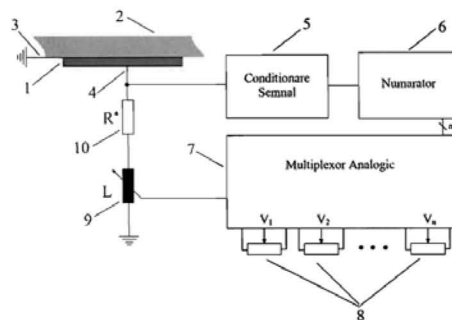


Fig. 1



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr.	a 219 0062
Data depozit	03-10-2019

Circuit de Amortizare Multi-modală prin Saltul Frecvenței de Rezonanță a Șuntului RL

Invenția se referă la un circuit de amortizare pasivă multi-modală a structurilor mecanice cu mai multe moduri de vibrație prin metoda șuntului RL [1], cu ajutorul unui singur traductor piezoelectric și a unui singur inductor sintetic, realizat pe baza conceptului de convertor de impedanță generalizat, cunoscut în literatură sub numele de girator [2].

Câteva concepte, din care unele ușor de implementat în aplicațiile practice, au fost propuse [3-5] prin extinderea teoriei de amortizare pasivă a unui singur mod de vibrație cu ajutorul șuntului RL. De regulă, șunturile de tip RL pentru amortizarea multi-modală se bazează pe tehnici de blocare a curentului prin intermediul unor circuite rezonante paralel pentru fiecare ramură de amortizare a unui mod de vibrație. Componentele electronice suplimentare care sunt adăugate pentru amortizarea multi-modală ridicată complexitatea șuntului RL pentru a crește numărul de rezonanțe electrice ale acestuia. Cea mai eficientă implementare, din perspectiva complexității circuitului, utilizează pentru fiecare mod de vibrație un circuit RLC [5] suplimentar, reglat pe una din frecvențele naturale de rezonanță modală a structurii mecanice. În acest caz, pentru fiecare ramură a șuntului multi-modal avem următoarele relații:

$$Z_0 = \frac{1}{j\omega C_{PZT}^T}$$

$$Z_1 = j\omega L_1 + R_1$$

$$Z_2 = j\omega L_2 + R_2 + \frac{1}{j\omega C_2}$$

...

$$Z_N = j\omega L_N + R_N + \frac{1}{j\omega C_N}$$

unde prin C_{PZT}^T am notat capacitatea electrică a materialului piezoelectric înglobat în structura mecanică. După cum se poate constata din relațiile precedente este dificil să reglăm frecvențele de rezonanță electrică pentru acest circuit, deoarece fiecare ramură a șuntului nu este echivalentă cu un șunt individual pentru un singur mod de vibrație. Reglarea unei frecvențe de rezonanță electrică pentru amortizarea unui anumit mod de vibrație va influența celelalte frecvențe de rezonanță electrică ale circuitului. Acest tip de șunt este cunoscut în literatură ca șuntul Hollkamp [5] fiind de altfel cel mai ușor de implementat și a fost validat experimental pentru amortizarea simultană a două moduri de vibrație pentru o structură mecanică de tip bară încastrată fixată la un capăt. O problemă asociată cu această abordare este dimensiunea și complexitatea circuitelor pentru amortizarea structurilor mecanice cu mai multe moduri de vibrație prin utilizarea unui singur traductor piezoelectric. De asemenea, datorită frecvențelor extrem de joase specifice

structurilor mecanice precum și a capacității electrice statice a materialului piezoelectric de ordinul a 10^{-8} F (Farad), utilizarea unor inductori pasivi este practic imposibilă. Acest lucru este determinat de valoarea foarte mare de ordinul $10^3 - 10^6$ H (Henry) ale inductanței din șuntul RL și în această situație singura soluție este ca inductorul să fie sintetizat cu ajutorul unui circuit numit girator, realizat cu ajutorul unor amplificatoare operaționale [6].

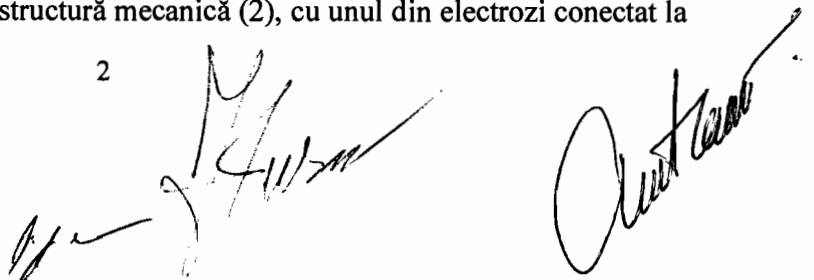
Prezenta invenție are ca scop realizarea unui circuit de amortizarea multi-modală prin saltul frecvenței de rezonanță a șuntului RL care să utilizeze un singur traductor piezoelectric și un singur inductor sintetic.

Circuitul de amortizare multi-modală prin saltul frecvenței de rezonanță a șuntului RL, conform invenției, se caracterizează, prin utilizarea unui traductor piezoelectric, înglobat în structura mecanică, cu unul din electrozi conectat la masă, semnalul de la celălalt electrod este aplicat prin intermediul unui bloc de condiționare la intrarea unui circuit digital de numărare care comandă un multiplexor analogic. La ieșirea multiplexorului analogic avem o secvență de paliere de tensiune, fiecare valoare a tensiunii este specifică pentru un mod de vibrație. Inductorul sintetic este controlat în tensiune [7] și secvența frecvențelor de rezonanță electrică a șuntului RL este determinată de valorile palierelor de tensiune. Durata fiecărui palier de tensiune din secvența de control este egală cu perioada primului mod de vibrație. Semnalul de la intrarea numărătorului digital, conform invenției, poate fi furnizat și de la un generator de semnal dreptunghiular cu avantajul, în acest caz, de a controla durata palierelor pentru tensiunea de control independent de frecvența primului mod de vibrație a structurii mecanice amortizate. Ideea inovatoare este pusă în evidență prin faptul că este utilizat un singur inductor sintetic controlat în tensiune iar frecvențele de rezonanță electrică care asigură amortizarea multi-modală sunt riguros independente simplificând, la maximum, reglarea circuitului.

Alte avantaje și caracteristici reies mai clar din descrierea următoare, prezentată pe baza unor exemple de realizare a invenției, nelimitative, și reprezentate în desenele anexate, în care:

- fig. 1, reprezintă schema bloc a circuitului de amortizare multi-modală prin saltul frecvenței de rezonanță a șuntului RL;
- fig. 2, reprezintă aceeași schemă bloc ca și în fig. 1, în varianta cu generator de semnal dreptunghiular;
- fig. 3, prezintă răspunsul în frecvență pentru o structură mecanică neamortizată (circuit deschis), amortizarea unui singur mod de vibrație și amortizarea a două respectiv trei moduri de vibrație.

Circuitul de amortizare multi-modală prin saltul frecvenței de rezonanță a șuntului RL, conform invenției (fig. 1), se caracterizează prin utilizarea unui traductor piezoelectric (1), înglobat într-o structură mecanică (2), cu unul din electrozi conectat la masă (3), semnalul de la celălalt electrod (4) este aplicat prin intermediul unui bloc de condiționare (5) la intrarea unui circuit digital de numărare (6) care comandă un multiplexor analogic (7) la ieșirea caruia avem paliere ale tensiunii de control (8) pentru inductorul sintetic (9) înseriat cu o rezistență de valoare optimă (10) pentru a forma șuntul RL prin conectare la electrodul (4) a materialului piezoelectric. O a doua versiune de implementare a circuitului, conform invenției (fig. 2), se caracterizează prin utilizarea unui traductor piezoelectric (1), înglobat într-o structură mecanică (2), cu unul din electrozi conectat la



masă (3), semnalul de la celălalt electrod (4) este legat printr-o rezistență de valoare optimă (10) în serie cu un inductor sintetic controlat în tensiune (9) pentru a forma șuntul RL. Tensiunea de control (8) a inductanței sintetice este generată de multiplexorul analogic (7) cu secvența de ieșire comandată de un circuit digital de numărare (6) la intrarea căruia este aplicat un semnal dreptunghiular de la generatorul (11). Cele două exemple de implementare ale circuitului de amortizare multi-modală prin saltul frecvenței de rezonanță a șuntului RL au performanțe echivalente, dependente doar de numărul de moduri vizate pentru a fi amortizate simultan. În fig. 3 sunt prezentate rezultatele simulării pentru: o structura neamortizată (circuit deschis), amortizarea unui singur mod de vibrație, și amortizarea a două respectiv trei moduri de vibrație.

Prin aplicarea invenției se obțin următoarele avantaje:

- se utilizează un singur inductor sintetic controlat în tensiune pentru amortizarea multi-modală prin metoda șuntului RL;
- se simplifică la maximum procedura de reglare a șuntului RL multi-modal;
- implementare simplificată, prin reducerea complexității șuntului multi-modal RL și fiabilitate ridicată.

Bibliografie

1. Hagood N.W. and von Flotow A. *Damping of Structural Vibrations with Piezoelectric Materials and Passive Electrical Networks*. Journal of Sound and Vibration, 146(2): 243-268, 1991.
2. Tellegen, B. D. H., *The gyrator, a new electric network element*, Philips Res. Rep., 3, 81-101, 1948.
3. Wu, S.-Y., *Method for multiple mode piezoelectric shunting with single PZT transducer for vibration control*. J. Intell. Mater. Syst. Struct., 9, 991-998, 1998.
4. Wu, S.-Y., *Method for multiple-mode shunt damping of structural vibration using a single PZT transducer*. In Proceedings of the 5th Annual International Symposium on Smart Structures and Materials, San Diego, CA, USA, 1-5 March 1998.
5. Hollkamp J.J. *Multimodal Passive Vibration Suppression with Piezoelectric Materials and Resonant Shunts*. Journal of Intelligent Material Systems and Structures, 5(1):49-57, 1994.
6. Antoniou, A., *Realisation of gyrators using operational amplifiers, and their use in RC-active-network synthesis*, Proc. Inst. Electr. Eng., 116, 1838-1850, 1969.
7. Mokrani, B., Burda, I., Preumont, A., *Adaptive inductor for vibration damping in presence of uncertainty*, In *Smart Structures and Materials*, Araujo, A., Mota, Soares C., Eds.; Springer Cham, Switzerland, vol. 43, pp. 133-151, 2017.

The bottom of the page features several handwritten signatures and initials. On the left, there are the initials 're'. To the right, there are two larger, more complex signatures, one of which appears to be 'Antonio'.

Revendicări

1. Circuit de amortizare multi-modală prin saltul frecvenței de rezonanță a șuntului RL, caracterizat prin aceea că este alcătuit dintr-un traductor piezoelectric (1), înglobat într-o structură mecanică (2), cu unul din electrozi conectat la masă (3), semnalul de la celălalt electrod (4) este aplicat prin intermediul blocului de condiționare (5) la intrarea unui circuit digital de numărare (6) care comandă un multiplexor analogic (7) la ieșirea acestuia sunt palierele de tensiune de control (8) pentru inductorul sintetic (9) înseriat cu o rezistență de valoare optimă (10) pentru a forma șuntul RL prin conectare la electrodul (4) al materialului piezoelectric.
2. Circuit de amortizare multi-modală prin saltul frecvenței de rezonanță al șuntului RL, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că semnalul de la intrarea circuitului digital de numărare (6) provine de la un generator de semnal dreptunghiular (11).



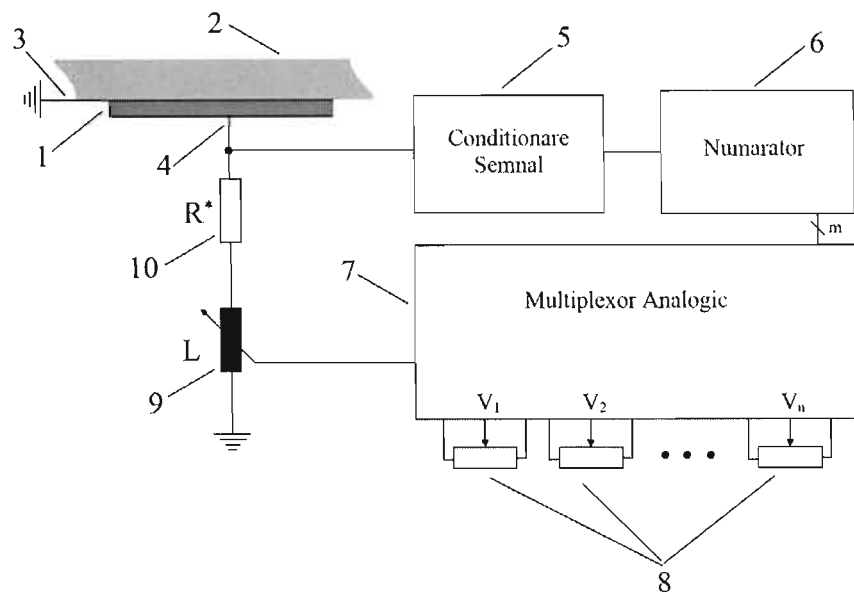


fig. 1

5

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

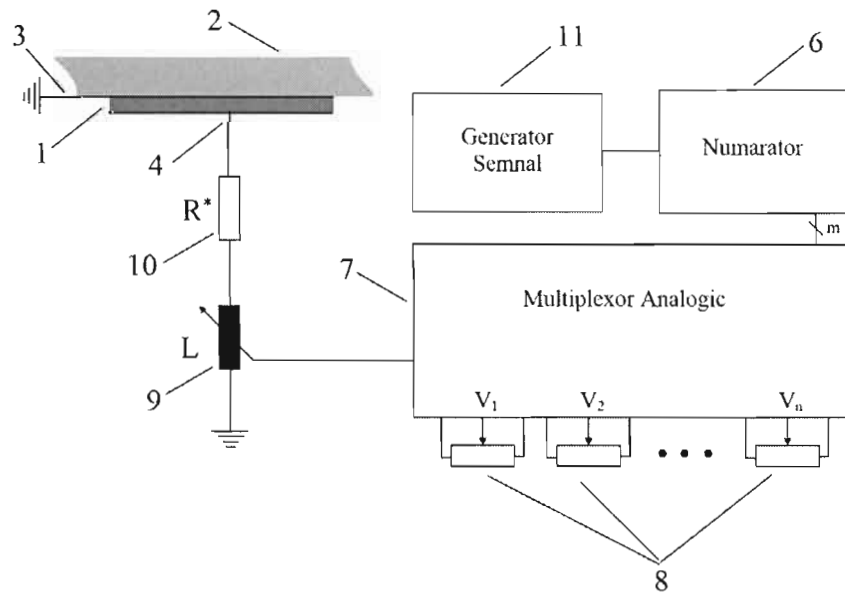


fig. 2

6

[Handwritten signatures]

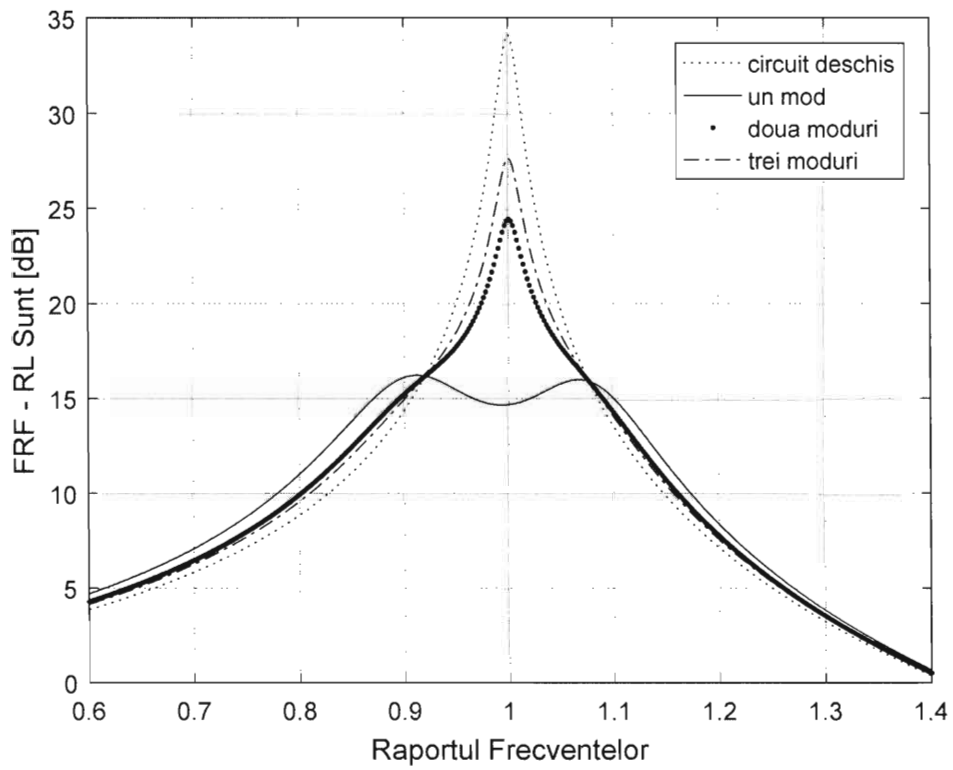


fig. 3

[Handwritten signatures]