



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **150735** (13) **U**  
(51) МПК (2022.01)  
**F16F 15/00**  
**H05K 7/12** (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

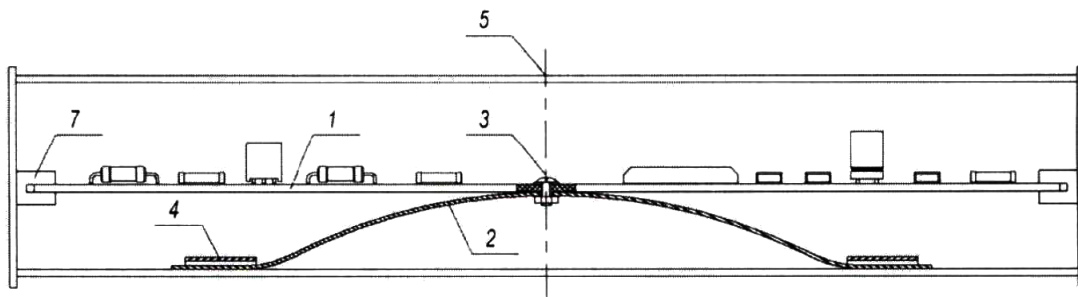
(21) Номер заявки: <b>u 2021 05920</b>	(72) Винахідник(и): <b>Ковтун Ігор Іванович (UA), Горошко Андрій Володимирович (UA), Петращук Світлана Анатоліївна (UA), Бойко Юлій Миколайович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>21.10.2021</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>07.04.2022</b>	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>06.04.2022, Бюл.№ 14</b>	(73) Володілець (володільці): <b>ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, 29016 (UA)</b>

## (54) ПРИСТРІЙ ЗНИЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАПРУЖЕНЬ ТА ДЕФОРМАЦІЙ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ

### (57) Реферат:

Пристрій зниження динамічних напружень та деформацій друкованих плат включає конструктивний вузол демпфірування. В небезпечному перерізі друкованих плат в умовах резонансу використано демпфер сухого тертя (ДСТ) ресорного типу, приєднаний рухомим з'єднанням до несного корпусу радіоелектронної апаратури через муфту та нерухомим з'єднанням - стяжкою до друкованої плати. Коефіцієнти жорсткості обох тіл: друкованої плати та ДСТ, визначаються за формулою:  $k = \frac{EJ}{l^3}$ , де  $E$  - модуль Юнга;  $J$  - осьовий момент інерції;  $l$

- довжина.



Фіг. 1

UA 150735 U

UA 150735 U

Корисна модель належить до радіопромисловості та електронної промисловості і може бути використана при проектуванні блоків радіоелектронної апаратури для зниження динамічних напружень та деформацій друкованих плат, які працюють в умовах зовнішніх динамічних навантажень.

5 Серед відомих пристроїв [1-3] зниження амплітуди вібрацій пропонується досягати або збільшенням жорсткості друкованої плати, або шляхом забезпечення амортизаційних механізмів.

Збільшення жорсткості плат кріпленням блоків радіоелектронної апаратури, в тому числі і самих друкованих плат до корпусу, жорстким болтовим з'єднанням до конструктивних елементів платформ [1], та збільшення жорсткості конструкції друкованої плати застосуванням ребра жорсткості [2] для зменшення деформацій плати характеризується збільшенням маси та об'єму виробів та тією властивістю, що вони не виключають коливання плат, оскільки останні повторюють коливання корпусу, які далі передаються на встановлені на платі електронні компоненти і у випадку їх резонансного збудження приводять до механічного руйнування.

15 Амортизаційні механізми/методи зазвичай інтегрують в'язко-еластичний матеріал у саму плату. Однак модифікації плат з використанням в'язко-еластичного матеріалу, як правило, не підходять для плат, які вже були спроектовані та виготовлені. Крім цього, в'язко-пружні демпфувальні механізми не достатньо ефективні для частот більше 50 Гц, їх важко орієнтувати в певному режимі, і вони суттєво залежать від температури і займають багато місця. [3].

Найбільш близьким за технічною суттю та досягнутим результатом до пристрою, що пропонується, є пристрій [4], в якому демпфірування забезпечується утворенням гнучкого елемента зовнішнього електромонтажу як демпфувального вузла сумісно із паралельно розташованими друкованими платами, де розсіювання енергії відбувається за рахунок деформації різнорідних матеріалів, з яких складається гнучкий елемент зовнішнього електромонтажу, тертя між складовими проводами та ізолюючими матеріалами. Проте технічна регламентація, проектування та визначення ефективності запропонованого вузла є ускладненими через властивості використовуваних матеріалів.

В основу корисної моделі поставлена задача створити пристрій, в якому сили в'язкого тертя незначні та демпфери в'язкого тертя не можуть бути використані для зниження амплітуд на критичних частотах та запропоновано застосування додаткового конструктивного вузла, який реалізує функцію демпфера сухого тертя (ДСТ). Завдяки ДСТ розвиваються дисипативні сили - сили непружного опору, пов'язані із сухим тертям в кінематичних парах, що здійснюють коливання. Більш того, конструкційне сухе тертя перевищує в'язке внутрішнє тертя в матеріалах конструкції.

Поставлена задача вирішується тим, що в небезпечному перерізі друкованих плат в умовах резонансу використовується демпфер сухого тертя (ДСТ) ресорного типу, приєднаний рухомим з'єднанням до несного корпусу через муфту та нерухомим з'єднанням стяжкою до друкованої плати при цьому коефіцієнти жорсткості обох тіл: друкованої плати та ДСТ визначаються за формулою:

40 
$$k = \frac{EJ}{l^3}$$
, де E - модуль Юнга; J - осьовий момент інерції; l - довжина.

Для реалізації ДСТ запропоновано використання конструкції ресорного типу. Варіанти конструктивного виконання ДСТ показано на кресленнях:

Фіг. 1 - конструктивне виконання ДСТ ресорного типу - ресора;

Фіг. 2 - конструктивне виконання ДСТ ресорного типу - подвійна ресора;

45 Фіг. 3 - конструктивне виконання ДСТ ресорного типу - напівресори.

На кресленнях умовно позначено: 1 - друкована плата; 2 - демпфер сухого тертя - ресора; 3 - стяжка; 4 - муфта; 5 - несний корпус; 6 - демпфер сухого тертя - напівресора; 7 - напрямні друкованої плати.

У варіантах (Фіг. 1) та (Фіг. 2) ДСТ 2 приєднаний рухомим з'єднанням до несного корпусу 5 через муфту 4 та нерухомим з'єднанням стяжкою 3 до друкованої плати 1. У варіанті (Фіг. 3) використано подвійний ДСТ 6, який складається із двох напівресор, приєднаних нерухомим з'єднанням стяжкою 3 до несного корпусу 5 та рухомим з'єднанням до через муфту 4 до друкованої плати.

ДСТ ресорного типу призначено для ефективного зниження динамічних напружень та переміщень в найбільш небезпечному перерізі друкованої плати в умовах резонансу, що забезпечується і залежить від пружно-дисипативних характеристик ДСТ, зокрема його жорсткості. Коефіцієнт жорсткості ДСТ прямо пропорційний до створюваної ним узагальненої сили пружного опору, яка створює силу притискання демпферу до поверхні муфти та силу тертя, яка чинить опір ковзанню демпферу 2 у муфті 4, і за рахунок їх зростання із збільшенням

амплітуди коливань, забезпечує зниження динамічних напружень та деформацій. Ефективність зниження амплітуди коливань забезпечується як підвищенням коефіцієнта жорсткості ДСТ, так і коефіцієнта тертя, який, в свою чергу, визначається матеріалом і станом поверхонь пари тертя: ДСТ 2 (Фіг. 1, 2) або 6 (Фіг. 3) та муфти 4 (Фіг. 1÷3).

5 Функція залежності максимального динамічного напруження (1) та прогину (2) від жорсткості ДСТ  $k_2$  в умовах резонансу:

$$\Delta_{\text{дин}}^{\text{max}}(k_2) = Z_0 \frac{k_1 + k_2}{m_3} \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{k_2}{m_3} \sqrt{1 + \mu^2} - \frac{k_2}{m_3}\right)^2 + 4n^2 \frac{(k_1 + k_2)}{m_3}}}, \quad (1)$$

$$\Delta_{\text{дин}}^{\text{max}}(k_2) = Z_0 \frac{k_1 + k_2}{m_3} \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{k_2}{m_3} \sqrt{1 + \mu^2} - \frac{k_2}{m_3}\right)^2 + 4n^2 \frac{(k_1 + k_2)}{m_3}}}, \quad (2)$$

10 де  $k_1$  та  $k_2$  - жорсткість друкованої плати та ДСТ відповідно;  $m_3$  - загальна маса друкованої плати;  $l_1$  - довжина друкованої плати;  $W_{\text{ос}}$  - осьовий момент опору;  $n$  - сумарний коефіцієнт демпфірування (непружного опору - в'язкого тертя) друкованої плати та ДСТ;  $\mu$  - коефіцієнт тертя, який залежить від пари тертя, показує ступеневе зниження напружено-деформованого стану за рахунок збільшення жорсткості ДСТ.

15 Коефіцієнти жорсткості обох тіл: друкованої плати та ДСТ визначаються за формулою:

$$k = \frac{E}{l^3}, \quad (3)$$

де  $E$  - модуль Юнга;  $J$  - осьовий момент інерції,  $l$  - довжина.

З достатньою для практики точністю коефіцієнт жорсткості ДСТ, який за своєю конструкцією є криволінійним, можна визначити таким чином як для прямолінійної балки, технічна регламентація якої виконується підбором фізичних та геометричних характеристик.

20 Сила непружного опору - сила сухого тертя, яка розвивається при ковзанні вільних кінців ДСТ у муфті, здійснює опір коливанням небезпечного перерізу друкованої плати, і прямо пропорційна силі пружного опору ДСТ, тобто силі притискання поверхонь  $N$ , яка в свою чергу прямо пропорційна амплітуді спільного переміщення  $\Delta Z$ :

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N = \mu \cdot k_2 \cdot \Delta Z, \quad (4)$$

25 Значення сили тертя (4) та відповідно ефективність зниження амплітуди коливань забезпечується як підвищенням коефіцієнта жорсткості ДСТ, так і коефіцієнта тертя, який, в свою чергу, визначається матеріалом і станом поверхонь пари тертя: ДСТ 2 (Фіг. 1, 2) або 6 (Фіг. 3) та муфти 4 (Фіг. 1÷3).

30 Таким чином використання додаткового конструктивного вузла у вигляді демпфера сухого тертя ресорного типу у коливальній системі, яку утворює друкована плата в корпусі блока радіоелектронної апаратури забезпечує ефективне зниження динамічного напруження та деформації в небезпечному перерізі друкованої плати.

Джерела інформації:

35 1. Карпушин В.Б. Вибрации и удары в радиоаппаратуре / В.Б. Карпушин. - М.: Советское радио, 1971. - С. 99.

2. Пат. UA 5291 U Україна, МПК: F16F 15/08. Пристрій для віброізоляції монтажних плат / В.П. Ройзман, В.В. Стрельбіцький, М.А. Нестер: заявник та патентовласник Хмельн. нац. ун-т. - № 20041108925; заявл. 01.11.2004; опубл. 15.02.2005; Бюл. №2. - 3 с: іл.

40 3. High-damping PCB implemented by multi-layered viscoelastic acrylic tapes for use of wedge lock applications / Tae-Yong Park, Seok-Jin Shin, Sung-Woo Park, Soo-Jin Kang, Hyun-Ung Oh // Engineering Fracture Mechanics, 2021. - Vol. 241.

4. Пат. UA 13063 C1 Україна, МПК: H05K 5/00, H05K 7/12, H05K 7/14. Радіоелектронний блок / В.П. Сальніков, Є.П. Серета: заявник та патентовласник КБ електроприладобудування НВО "Хартрон". - № 95320384; заявл. 18.01.1991; опубл. 28.02.1997; Бюл. № 1. - 3 с: іл.

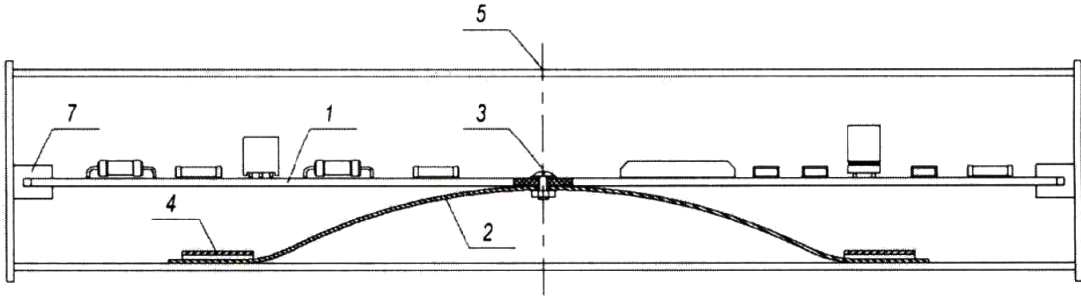
45

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

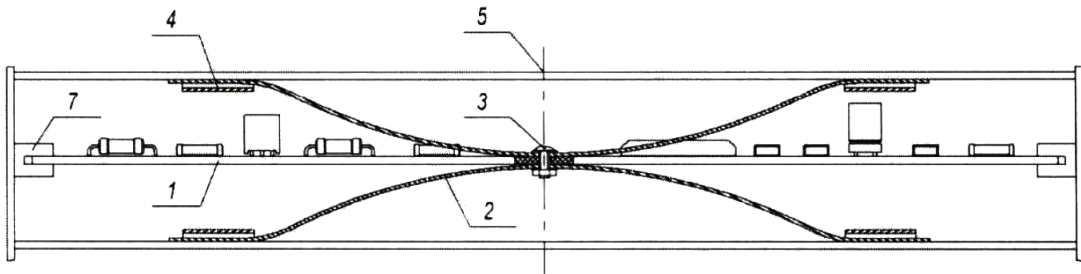
Пристрій зниження динамічних напружень та деформацій друкованих плат, який включає конструктивний вузол демпфірування, який **відрізняється** тим, що в небезпечному перерізі друкованих плат в умовах резонансу використано демпфер сухого тертя (ДСТ) ресорного типу,

50

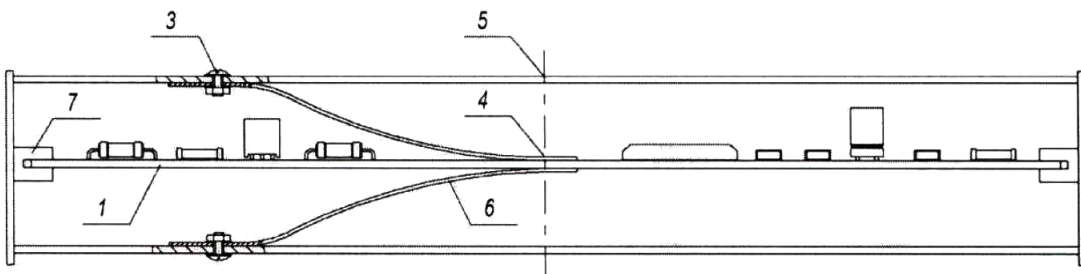
приєднаний рухомим з'єднанням до несного корпусу радіоелектронної апаратури через муфту та нерухомим з'єднанням - стяжкою до друкованої плати, при цьому коефіцієнти жорсткості обох тіл: друкованої плати та ДСТ, визначаються за формулою:  $k = \frac{48EJ}{l^3}$ , де  $E$  - модуль Юнга;  $J$  - осьовий момент інерції;  $l$  - довжина.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3