



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **80344** (13) **U**  
(51) МПК (2013.01)  
**A61N 7/00**  
**G01N 29/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

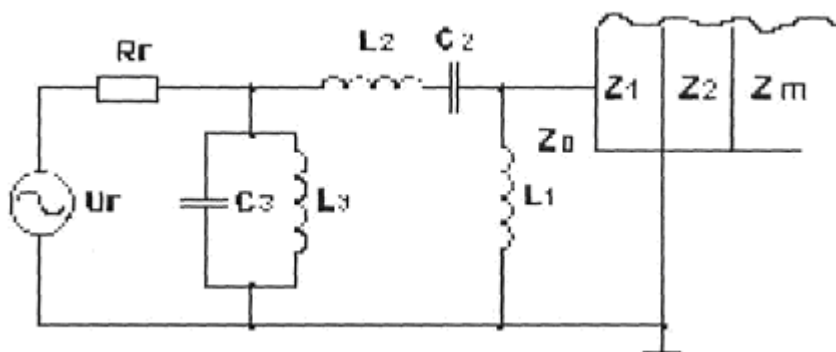
## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	u 2012 13518	(72) Винахідник(и):	Дідковський Віталій Семенович (UA), Найда Сергій Анатолійович (UA), Желяскова Тетяна Миколаївна (UA)
(22) Дата подання заявки:	26.11.2012	(73) Власник(и):	Дідковський Віталій Семенович, вул. Л. Толстого, 25, кв. 16, м. Київ-32, 01032 (UA), Найда Сергій Анатолійович, вул. Ломоносова, 27, кв. 1, м. Київ-127, 03127 (UA), Желяскова Тетяна Миколаївна, вул. 3-го Інтернаціоналу, 1/4, кв. 67, м. Ірпінь, 08200 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	27.05.2013		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	27.05.2013, Бюл.№ 10		

## (54) ВИПРОМІНЮВАЧ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ТЕРАПЕВТИЧНОГО АПАРАТУ

### (57) Реферат:

Випромінювач ультразвукового терапевтичного апарату містить п'єзоперетворювач, одна сторона якого має можливість акустичного контакту зі шкірою пацієнта, інша має контакт із повітрям. Випромінювач побудований на основі п'єзопластики з кераміки типу PZT-8 з великою механічною добротністю ( $Q_m=1000$ ) і коефіцієнтом електроємного зв'язку ( $k_t=0,51$ ) з одним перехідним шаром з алюмінію товщиною  $b_2=0,54$  ( $n_2=0,27$ ) і двома узгоджувальними ланцюгами з параметрами  $m_1=0,75$ ,  $m_2=0,79$ ,  $\alpha_2=0,5$ , які додано до опору  $R_r$ , добротністю  $Q=1,44$ .



UA 80344 U



Корисна модель належить до галузі медичної техніки і призначена для використання в ультразвукових терапевтичних апаратах для лікування різних захворювань.

Найбільш поширеним способом введення ультразвукової енергії в тіло пацієнта є контактний, коли п'єзоперетворювач прикладається безпосередньо до шкіри людини. Під час процедури перетворювач, в залежності від інтенсивності випромінювання, може утримуватися в одному положенні або неперервно переміщуватися над ділянкою, що обробляється. Разом з тим необхідно виключити можливість виникнення стоячих хвиль та "гарячих точок", які можуть призвести до локальних пошкоджень [Применение ультразвука в медицине. Физические основы: Пер. с англ./ Под ред. К. Хилла. М.: Мир, 1989. 568 с]. Для попередження цьому апарати чеської фірми BTL з двочастотними випромінювачами на 1 і 3 МГц площею 1 і 4 см<sup>2</sup> та випромінюючою в неперервному режимі інтенсивністю 2 Вт/см<sup>2</sup>, потужністю 2 і 8 Вт, випускаються з індикацією появи стоячих хвиль.

Уникнути появи стоячих хвиль можна застосуванням модуляції частот або випромінюванням широкопasmового сигналу. Для цього потрібен широкопasmовий УЗ випромінювач.

Широкопasmовість з десятикратним відношенням верхньої і нижньої частот в мегагерцовому діапазоні отримана у різнотовщинних перетворювачах, які застосовуються в імпульсній дефектоскопії [Ультразвуковые пьезопреобразователи для неразрушающего контроля / Под ред. И.Н. Ермолова. М.: Машиностроение, 1986. 200с.]. Однак, для УЗ терапії такі перетворювачі принципово не підходять, оскільки різні точки в перерізі створюваного ними пучка опромінюються різними частотами з різною інтенсивністю.

Проте, широкопasmові випромінювачі можливо створювати на основі рівнотовщинних п'єзопластин з повітряним тильним навантаженням з акустичними узгоджувальними шарами та коректувальними електричними ланцюгами.

Перестроювання частоти апарату лише з одним п'єзоперетворювачем можлива в вузькому частотному діапазоні. Так, в апараті "MelaSonar-B" [Mela Sonar-B, Ultraschall-Therapie. Mela GmbH Elektromedizin, Schatzbogen 38, Postfach 820469, D-8000 Munchen 82. Germany], робоча частота п'єзоперетворювача змінюється в діапазоні 800-860 кГц, тобто лише 7 %. Це основний недолік такого апарату. Випромінювач апарату "Mela Sonar-B" вибрано за найближчий аналог.

В основу корисної моделі поставлено задачу створити такий випромінювач ультразвукового терапевтичного апарату, який має достатньо широку смугу робочих частот, аби перекрити робочий діапазон ультразвукової терапії 1÷3 МГц, і при цьому має максимально можливий коефіцієнт передачі по потужності  $\Pi_{\text{и}}$ .

Поставлена задача вирішується тим, що випромінювач ультразвукового терапевтичного апарату, який містить п'єзоперетворювач, одна сторона якого має можливість акустичного контакту зі шкірою пацієнта, інша має контакт із повітрям, який відрізняється тим, що побудований на основі п'єзопластики з кераміки типу PZT-8 з одним узгоджувальним шаром з алюмінію і двома коректувальними ланцюгами послідовним  $L_2, C_2$  та паралельним  $L_3 \parallel C_3$ , які додано до опору  $R_r$ . Оптимізуючи параметри випромінювача досягається смуга частот близько 100 % та максимальний коефіцієнт передачі по потужності  $\Pi_{\text{и}}$ , який дорівнює відношенню акустичної потужності  $P_{\text{ак}}$  до потужності  $P_r$ , що виділяється генератором напруги з амплітудою  $U_r$  на опорі навантаження  $R_r$ .

$$\Pi_{\text{и}} = \frac{4Q \operatorname{Re} Y_{\text{п}}}{\left| 1 + Z_{32}(Y_1 + Y_{\text{п}}) + Q[Y_1 + Y_3 + Y_{\text{п}} + Z_{32}Y_3(Y_1 + Y_{\text{п}})] \right|^2},$$

де  $Q = R_r \omega_0 C_0$  - добротність;

$$Y_1 = -i \frac{m_1^2}{x} \text{ - провідність індуктивного шунта } L_1;$$

$$Z_{32} = \frac{i}{\alpha_2} \left( \frac{x}{m_2^2} - \frac{1}{x} \right) \text{ - електричний імпеданс контуру } L_2, C_2;$$

$$Y_3 = -i\alpha_3 \left( \frac{m_3^2}{x} - x \right) \text{ - провідність контуру } L_3 \parallel C_3;$$

$$Y_{\text{п}} = ix \frac{\Delta_0}{\Delta_0 - \Delta_1} \text{ - провідність перетворювача,}$$

де  $\Delta_0 = 1 - V_{10} V_{1m} a_1^2$ ,  $a_1 = e^{-i\pi x}$ ,  $V_{10} = 1$ ,

$$\Delta_1 = \frac{\beta}{2i\pi x} (1 - a_1) [2 + V_{10} + V_{1m} - a_1 (V_{10} + V_{1m} + 2V_{10} V_{1m})], \quad V_{12} = \frac{1 - \alpha_{21}}{1 + \alpha_{21}}, \quad V_{2m} = \frac{\alpha_{21} - \alpha_{m1}}{\alpha_{21} + \alpha_{m1}},$$

$$V_{1m} = \frac{V_{12} - a_2^2 V_{2m}}{1 + a_2^2 V_{12} V_{2m}}, \quad a_2 = e^{-ib_2 \pi x};$$

$\beta = k_t^2$  - квадрат коефіцієнта електромеханічного зв'язку для коливань по товщині;

5  $\alpha_{m1} = z_m / z_1$  - нормований хвильовий опір навантаження (води);

$\alpha_{21} = z_2 / z_1$  - нормований хвильовий опір узгоджувального шару;

$m_1 = \omega_1 / \omega_0$  - параметр налаштування,

де  $\omega_1$  - резонансна частота контуру  $L_1 \parallel C_0$ ,

$\omega_0$  - антирезонансна частота,  $C_0$  - ємність загальмованого п'єзоперетворювача;

10  $m_2 = \omega_2 / \omega_0$  - параметр налаштування,

де  $\omega_2$  - резонансна частота контуру  $L_2, C_2$ ;

$\alpha_2 = C_2 / C_0$  - відносна ємність контуру  $L_2, C_2$ ;

$m_3 = \omega_3 / \omega_0$  - параметр налаштування,

де  $\omega_3$  - резонансна частота контуру  $L_3 \parallel C_3$ ;

15  $\alpha_3 = C_3 / C_0$  - відносна ємність контуру  $L_3 \parallel C_3$ ;

$x = \omega / \omega_0$  - відносна частота;

$b_2 = 2n_2$  - відносна хвильова товщина шару,  $n_2$  - нормована на довжину хвилі в матеріалі шару на антирезонансній частоті.

На кресленні наведена розрахункова схема багатопараметрового перетворювача.

20 Випромінювач ультразвукового терапевтичного апарату складається з п'єзопластики з кераміки типу PZT-8 ( $z_1 = 35 \cdot 10^6$  Па·с/м) з великою механічною добротністю  $Q_m = 1000$  і коефіцієнтом електромеханічного зв'язку  $k_t = 0,51$  з одним перехідним шаром ( $z_2 = 17,5 \cdot 10^6$  Па·с/м) з алюмінію і двома узгоджувальними ланцюгами ( $L_2, C_2$  та  $L_3 \parallel C_3$ ), які додано до демпфувального опору ( $R_r$ ).

25 Розглянемо роботу випромінювача ультразвукового терапевтичного апарату. Напряга з виходу високочастотного генератора струму ( $U_r$ ), через демпфувальний опір ( $R_r$ ) та узгоджувальні ланцюги ( $L_2, C_2$  та  $L_3 \parallel C_3$ ) подається на п'єзопластину ( $z_1$ ). З п'єзоперетворювача ( $z_1$ ) сигнал через перехідний шар ( $z_2$ ) передається в біологічну тканину ( $z_m = 1,5 \cdot 10^6$  Па·с/м).

30 Параметрами оптимізації стали: товщина шару; величини елементів коректувальних ланцюгів ( $L_1, L_2, L_3, C_2, C_3$ ); величина  $R_r$  - демпфувального опору, включаючи внутрішній опір генератора. Оптимізація параметрів системи здійснювалася на максимум добутку  $P_m \cdot \Delta f$ .

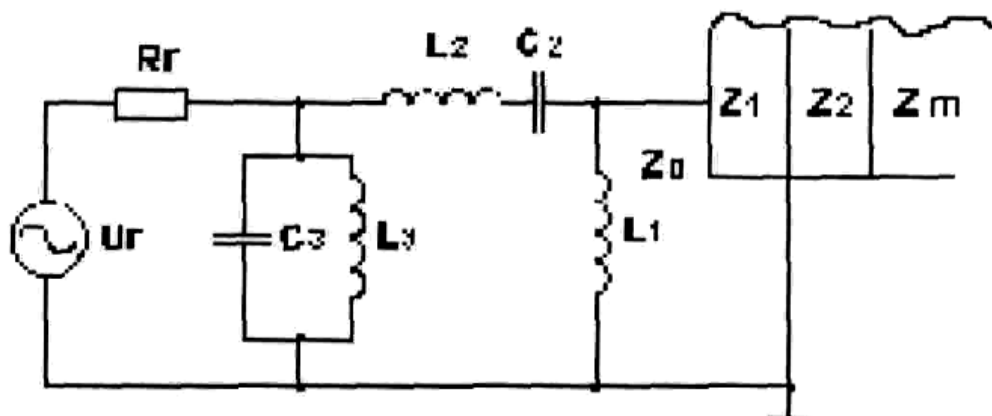
За результатами оптимізації параметрів системи отримано наступні дані:  $\beta = 0,26$

( $k_t = 0,51$ );  $z_1 = 35 \cdot 10^6$  Па·с/м;  $\alpha_{m1} = 0,043$ ;  $z_2 = 17,5 \cdot 10^6$  Па·с/м; товщина шару 35 скомпенсована таким чином, аби значення обох максимумів частотної характеристики перетворювача були однаковими:  $b_2 = 0,54$  ( $n_2 = 0,27$ ); значення параметрів налаштування коректувальних ланцюгів знижено до  $m_1 = 0,75$ ,  $m_2 = 0,79$ ,  $\alpha_2 = 0,5$ ; значення добротності  $Q = 1,44$ .

40 За таких параметрів робоча смуга частот п'єзоперетворювача пролягає від 1 до 3 МГц, що складає 100 %, і це є принциповою відмінністю, яка підтверджує можливість здійснення корисної моделі. Зокрема, такий випромінювач може бути використано для проведення лікувальних процедур без його переміщення, що особливо важливо при максимально допустимих інтенсивностях.

# ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 5 Випромінювач ультразвукового терапевтичного апарату, який містить п'єзоперетворювач, одна  
сторона якого має можливість акустичного контакту зі шкірою пацієнта, інша має контакт із  
повітрям, який **відрізняється** тим, що побудований на основі п'єзопластики з кераміки типу  
PZT-8 з великою механічною добротністю ( $Q_m=1000$ ) і коефіцієнтом електромеханічного зв'язку  
( $k_t=0,51$ ) з одним перехідним шаром з алюмінію товщиною  $b_2=0,54$  ( $n_2=0,27$ ) і двома  
10 узгоджувальними ланцюгами з параметрами  $m_1=0,75$ ,  $m_2=0,79$ ,  $\alpha_2=0,5$ , які додано до опору  $R_r$ ,  
добротністю  $Q=1,44$ .



Комп'ютерна верстка М. Мацело

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601