



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 9958

(13) U

(51) 7 A61H1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ТЕРАПЕВТИЧНИЙ АПАРАТ

1

(21) u200504102

(22) 28 04 2005

(24) 17 10 2005

(46) 17 10 2005, Бюл. № 10, 2005 р.

(72) Дідковський Віталій Семенович, Найда Серпій
Анатолійович, Остапенко Олена Петрівна, Родіо-
нов Михайло Кузьмич(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИ-
ТУТ"(57) Ультразвуковий терапевтичний апарат, який
містить високочастотний генератор, п'єзоперетво-
рювач, одна сторона якого має можливість акусти-
чного контакту із шкірою пацієнта, інша має кон-
такт із повітрям, який відрізняється тим, що
високочастотний генератор є генератором струму і
при цьому він додатково оснащений принаймні
одним ланцюгом з послідовно з'єднаних реактив-

2

ного елемента X_{kd} і індуктивності L_{ko} , вільні ви-
води яких є входом ланцюга, який з'єднаний за
допомогою входного комутатора з виходом високо-
частотного генератора струму, а точка з'єднання
інших їх виводів і вільний вивід індуктивності L_{ko} є
виходом ланцюга, який підключений за допомогою
вихідного комутатора паралельно п'єзоперетво-
рювачу, при цьому величини X_{kd} і L_{ko} визначені із
співвідношень

$$L_{ko} = 1/(\omega_0^2 C_0), \quad X_{kd} = -(\omega L_d - 1/(\omega C_d)),$$

де C_0 - статична ємність п'єзоперетворювача, L_d , C_d - індуктивність і ємність руху, ω_0 - кругова ро-
боча частота п'єзоперетворювача

Запропонована корисна модель належить до
області медичної техніки і призначена для ліку-
вання та профілактики захворювань людини за
допомогою ультразвуку

Основними елементами ультразвукових тера-
певтичних апаратів є високочастотний генератор
та п'єзоелектричний перетворювач. Найбільш по-
ширеним способом введення ультразвукової енер-
гії в тіло пацієнта є контактний, коли п'єзоперетво-
рювач прикладається безпосередньо до шкіри
людини. Серійно за кордоном випускається велика
різноманітність таких апаратів [Применение ульт-
развука в медицине. Физические основы. Пер с
англ. / Под ред. К. Хилла. М. 1989. 568 с.]. Вони
створюють на поверхні шкіри в неперервному, чи в
імпульсному режимах середню в часі інтенсивність
ультразвуку до 3 Вт/см^2 і працюють в частотному
діапазоні 0,8-5 МГц. Вибір частоти визначається
глибиною розташування об'єкта біологічної дії.
Серійні апарати звичайно мають дві або три
фіксовані частоти з взаємозамінюваними п'єзопе-
ретворювачами, які звичайно зроблені у вигляді
диску із високочастотної п'єзокераміки і розміщені
у водонепроникній оболонці. Зворотна сторона
диску межує з повітрям. У випадку високочастот-

ного генератора напруги максимальна потужність,
яка відбирається п'єзоперетворювачем і пере-
дається через акустичний контакт із шкірою, дося-
гається на частоті електричного резонансу
п'єзоперетворювача, а у випадку високочастотного
генератора струму - на частоті механічного резо-
нансу. Але в першому випадку при порушенні аку-
стичного контакту величина її значно збільшується
і йде на механічні втрати в п'єзоперетворювачі. Це
може призвести до його перегрівання, а тому по-
требує системи управління роботою високочас-
тотного генератора.

Перестройка частоти апарату лише з одним
п'єзоперетворювачем можлива в вузькому частот-
ному діапазоні. Так, в апараті "MelaSonar-B" [Mela
Sonar-B, Ultraschall-Therapie Mela GmbH Elek-
tromedizin, Schatzbogen 38, Postfach 820469, D-
8000 München 82 Germany], який складається з
високочастотного генератора та п'єзопе-
ретворювача, робоча частота змінюється в
діапазоні 800-860 кГц, тобто 7%. Це основний не-
долік такого апарату і нарешті, ще один його не-
долік - малий коефіцієнт корисної дії перетворен-
ня для одержання ультразвукової потужності.
12,6 Вт потрібна потужність 60 В А, що впливає на

(13) U

(11) 9958

(19) UA

вагу приладу - 6,2 кг при вазі п'єзоперетворювача всього 210 г. Апарат "Mela Sonar-B" вибрано за прототип.

В основу корисної моделі покладено задачу створити такий ультразвуковий терапевтичний апарат, в якому статична і динамічна реактивності єдиного п'єзоперетворювача були б скомпенсовані окремо одна від одної на будь-якій із робочих частот. Це дозволило б перекрити весь робочий діапазон ультразвукової терапії за допомогою апарату лише з одним п'єзоперетворювачем, а збудження п'єзоперетворювача на частоті компенсації від високочастотного генератора струму дозволило б: автоматично знижувати потужність, що передається п'єзоперетворювачу, при порушенні акустичного контакту із шкірою і вимірювати випромінювану ультразвукову потужність за допомогою високочастотного ватметра; збільшити до 78% ефективність перетворення електричної потужності в випромінювану ультразвукову.

Поставлена задача вирішується тим, що ультразвуковий терапевтичний апарат, який містить високочастотний генератор, п'єзоперетворювач, одна сторона якого має можливість акустичного контакту із шкірою пацієнта, інша має контакт із повітрям, який відрізняється тим, що високочастотний генератор є генератором струму і при цьому він додатково оснащений принаймні одним ланцюгом з послідовно з'єднаних реактивного елемента X_{kd} і індуктивності L_{ko} , вільні виводи яких є входом ланцюга, який з'єднаний, за допомогою вхідного комутатора, з виходом високочастотного генератора струму, а точка з'єднання інших їх виводів і вільний вивід індуктивності L_{ko} є виходом ланцюга, який підключений, за допомогою вихідного комутатора, паралельно п'єзоперетворювачу, при цьому величини X_{kd} і L_{ko} визначені із співвідношень:

$$L_{ko} = 1/(\omega_0^2 C_0), \quad X_{kd} = -(\omega L_d - 1/(\omega C_d)),$$

де C_0 - статична ємність п'єзоперетворювача; L_d , C_d - індуктивність і ємність руху; ω_0 - кругова робоча частота п'єзоперетворювача.

Включення компенсуючих реактивних елементів X_{kd} і L_{ko} дозволяє одним п'єзоперетворювачем перекрити робочий діапазон частот ультразвукової терапії $0,2f_0 \leq f \leq 1,8f_0$ (f_0 - частота механічного резонансу) за допомогою апарату лише з одним п'єзоперетворювачем, а застосування високочастотного генератора струму приводить до того, що на частоті компенсації високочастотна потужність, яка передається п'єзоперетворювачу, пропорційна випромінюваній потужності і останню можна вимірювати за допомогою високочастотного ватметра і високочастотна потужність, яка передається п'єзоперетворювачу, автоматично зменшується при порушенні контакту п'єзоперетворювача із шкірою; ефективність перетворення електричної потужності в випромінювану ультразвукову близька до 78%.

На Фіг. 1 наведена блок-схема ультразвукового терапевтичного апарату.

На Фіг. 2 наведена еквівалентна електрична схема п'єзоперетворювача разом з підключеним до нього за допомогою вихідного комутатора ланцюга із компенсуючих реактивних елементів

X_{kd} і L_{ko} .

Ультразвуковий терапевтичний апарат (Фіг. 1) складається із високочастотного генератора струму 1, вхідного комутатора 2, набору n ланцюгів 3, кожний із яких є послідовним з'єднанням реактивного елемента 4 і індуктивності 5, вихідного комутатора 6, п'єзоперетворювача 7. Вихід високочастотного генератора струму 1 вхідним комутатором 2, перші виводи якого об'єднані і підключені до генератора, а другі підключені до входів ланцюгів, з'єднано з входом одного ланцюга із набору n ланцюгів 3, а вихід цього ж ланцюга вихідним комутатором 6, перші виводи якого підключені до виходів ланцюгів, а другі об'єднані і підключені до п'єзоперетворювача, підключено паралельно п'єзоперетворювачу 7.

Розглянемо роботу ультразвукового терапевтичного апарату. Напряга з виходу високочастотного генератора струму 1, через ланцюг із реактивних елементів X_{kd} і L_{ko} , подається на п'єзоперетворювач 7. Вхідний 2 та вихідний 6 комутатори вибирають із набору n ланцюгів той ланцюг, який відповідає фіксованій робочій частоті п'єзоперетворювача.

Величини компенсуючих реактивних елементів 4 і 5, які входять до ланцюга, визначаються із співвідношень (1). Принциповою відомістю, яка підтверджує можливість здійснення корисної моделі, є встановлена авторами теоретично і експериментально сталість величини R_d :

$$R_d = R_{до} = \pi Z_n / (4k_1^2 \omega_0 C_0 Z_{кер}), \quad (2)$$

в діапазоні частот $0,2 \leq f/f_0 \leq 1,8$. Тут k_1 - коефіцієнт електромеханічного зв'язку; $\omega_0 = 2\pi f_0$ - кругова частота механічного (напівхвильового) резонансу п'єзопластини; Z_n і $Z_{кер}$ - відповідно питомі акустичні імпеданси шкіри людини або повітря, якщо акустичний контакт порушено, і п'єзокераміки.

Значення компенсуючої індуктивності або ємності 4 з опором X_{kd} , одержані на основі виразу для імпедансу п'єзопластини, як системи з розподіленими параметрами, наведені в таблиці для $k_1=0,24$; $Z_n/Z_{кер}=0,05$.

Таблиця

f/f_0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$L_{kd}(\omega^2 C_0)$	76	31,6	16,3	9,1	5,8	2,74	1,1
f/f_0	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
C_{kd}/C_0	1,0	0,28	0,19	0,13	0,092	0,044	0,026

Настройка на одну з частот вказаного вище діапазону здійснюється шляхом підключення паралельно п'єзоелементу 7 відповідної індуктивності L_{ko} і послідовно-індуктивності L_{kd} (при $f/f_0 \leq 0,9$) чи ємності C_{kd} (при $f/f_0 > 0,9$).

Слід зауважити, що величина активної компоненти на частотах поблизу частоти компенсації збільшується із збільшенням відхилення від цієї частоти.

При живленні від генератора струму до п'єзоелемента надходить потужність $W_{вх} = I_{эф}^2 (R_{мв} + R_d)$, а при порушенні акустичного

контакту автоматично зменшується до потужності механічних втрат $W_{\text{мв}} = I_{\text{эф}}^2 R_{\text{мв}}$. Оскільки опір цих втрат

$$R_{\text{мв}} = R_{\text{до}} Q_{\text{ак}} \omega / (Q_{\text{мех}} \omega_0), \quad \text{а}$$

$Q_{\text{ак}} = \pi z_{\text{кер}} / (2z_{\text{н}}) = 3,14$, то для високочастотної п'єзокераміки

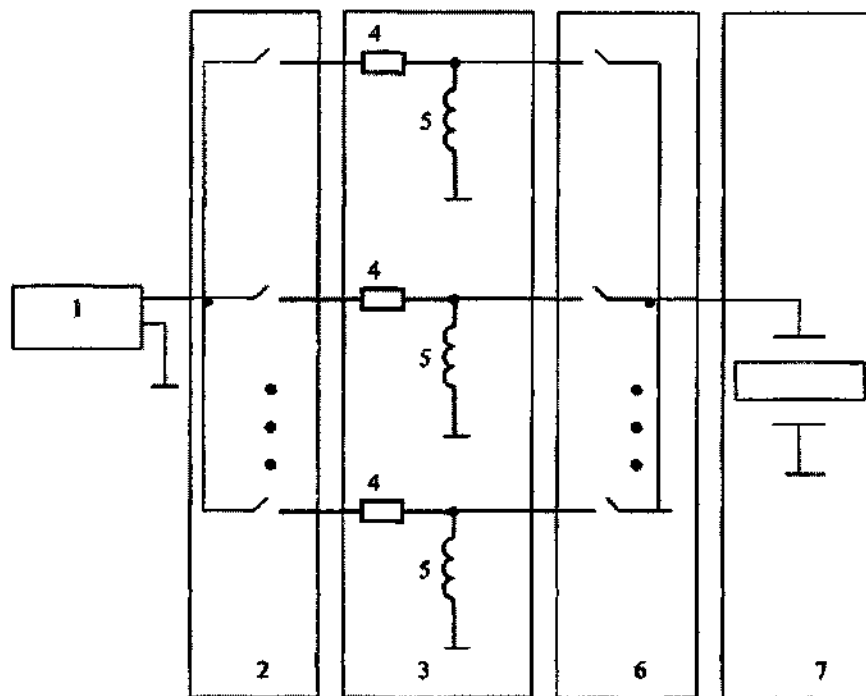
$$(Q_{\text{мех}} = 300-500)$$

$$R_{\text{мв}} / R_{\text{до}} = Q_{\text{ак}} \omega_{\text{макс}} / (Q_{\text{мех}} \omega_0) = 0,18 \ll 1. \quad \text{Таким}$$

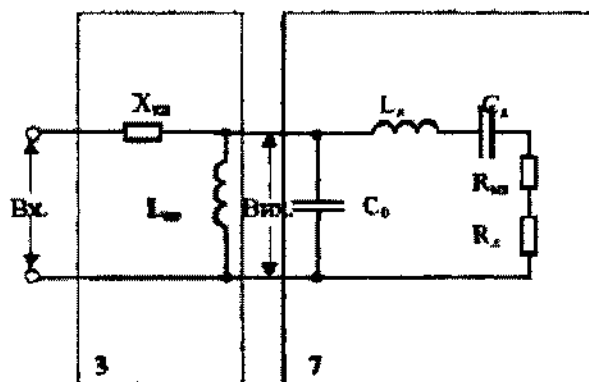
чином на частоті компенсації випромінювана акустична потужність дорівнює високочастотній потужності, що надходить, і її можна вимірювати за

допомогою високочастотного ватметра.

Оскільки величина активної компоненти опору не залежить від частоти компенсації, то в якості вихідного каскаду генератора струму доцільно взяти двохтактний підсилювач потужності класу В на транзисторах в режимі максимуму коефіцієнта корисної дії 78%. Майже таку саму ефективність одержимо для ультразвукового випромінювача. Наприклад, для забезпечення максимальної потужності 12,6 Вт, як в прототипі, треба всього 15 Вт.



Фиг.1



Фиг.2

