

ПРИНЦИП ПОБУДОВИ СУЧАСНИХ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ТЕРАПЕВТИЧНИХ АПАРАТІВ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено дослідження існуючих і перспективних методів ультразвукової терапії та принципів побудови сучасних ультразвукових терапевтичних апаратів (УТА). Запропоновані нові принципи побудови УТА, шляхи розширення їх діапазонів, зокрема, апаратів з гарантованим акустичним контактом по біологічній тканині та рекомендації по їх впровадженню у виробництво і розширеного використання в медичній практиці.

Ключові слова: ультразвук, терапія, автоматичний контроль.

Abstract

The research of existing and perspective methods of ultrasound therapy and principles of construction of modern ultrasound therapeutic devices (UTD) is carried out. New principles of UTD construction, ways of expansion of their ranges, in particular, devices with guaranteed acoustic contact on biological tissue and recommendations on their introduction into production and expanded use in medical practice are offered.

Keywords: ultrasound, therapy, automatic control.

Вступ

В сучасному медичному приладобудуванні немає завершеної цілісної концепції розробки та проектування ультразвукових апаратів медичного призначення, яка об'єднувала б весь комплекс взаємозв'язаних параметрів, починаючи від динамічного навантаження, наприклад, конкретних параметрів коливань, що впливають на тканину безпосередньо або через їх рідку фазу, і, закінчуючи характеристиками параметрів ультразвукового генератора, оптимізованими за певними критеріями. Це перешкоджає створенню високоефективного фізіотерапевтичного обладнання.

Окрім того, відсутність глибоко розроблених методів вимірювання та контролю акустичних параметрів при передачі коливань з випромінювача на біологічну тканину гальмує подальший розвиток і широке впровадження досконалих ультразвукових технологій в медичну практику.

Тому основним завданням при створенні нової терапевтичної ультразвукової апаратури є вирішення задач підвищення ефективності її роботи і, таким чином, розробки сучасних методів та принципів проектування, виробництва, випробування та впровадження в медичну практику з оптимізацією широкого спектру типів ультразвукової фізіотерапевтичної апаратури.

Результати дослідження

У фізіотерапевтичній практиці для ультразвукової терапії використовуються, в основному, вітчизняні уніфіковані ультразвукові терапевтичні апарати (УТА) типу «УЗТ-1», «УЗТ-2», «Гамма», «ЛОР-1» та ін., які під час процедури не можуть забезпечити точно дозовану, нормовану дію ультразвуку на біологічну тканину. Серійно випускається велика різноманітність ультразвукових медичних приладів. Здебільшого вони мають малу вагу і є досить портативними. Ці прилади використовують ультразвук середньої інтенсивності до 3 Вт/см² і працюють у частотному діапазоні 0,75÷5 МГц. Використовується або безперервний, або імпульсний режими. Імпульсні режими вибираються головним чином у тому випадку, коли необхідно зменшити дію теплового ефекту та більш ефективно використовувати саме дію ультразвуку на живу біологічну тканину [1-5].

Основним недоліком таких УТА є невисока ефективність лікувальної дії на пацієнта в порівнянні з апаратами, що додатково використовують комбіновані методи впливу на біологічні тканини. Адже, в правильно підібраній фізіотерапевтичній дії комплексно додаються один до одного впливи позитив-

них ефектів, що діють в одному напрямі кількома фізичними чинниками та послаблюють негативний вплив окремих фізіологічних компонентів, що збільшує ефективність процедурного спільного впливу на біологічну тканину.

Для розширення сфери застосування і збільшення ефективності дії на органи і тканини у фізіотерапевтичній практиці найчастіше використовуються методи поєднання ультразвукової терапії з магнітотерапією. Цей напрям комбінованої терапії з апаратною реалізацією поєднання ультразвукового обладнання з магнітним індуктором швидко займає провідні позиції в медичному приладобудуванні та широко використовується лікувальній практиці для досягнення максимально можливого і ефективного лікувального впливу.

Вирішення проблеми апаратної реалізації приладів ультразвукової терапії з використанням різних режимів ультразвукового впливу запропоноване у новому принципі побудови УТА з впровадженням додаткового генератора імпульсів з магнітним індуктором та системою програмованого регулювання [3]. Проте навіть при такій системній дії, у таких УТА недоліком є відсутність можливості дозованого і керованого енергетичного впливу та централізованого блока керування, як наслідок, невисока ефективність і недостатня нормована фізіотерапевтична дія. Тому для вирішення даної задачі було запропоновано вдосконалений комбінований метод, що гарантує забезпечення паралельного впливу магнітної індукції з ультразвуковим сигналом з параметрами, близькими активації біологічних мембран, а також мікрорухів органів і тканин [6].

При дії магнітного імпульсного поля виникає зменшення тиску в системах глибоких та підшкірних вен і артерій, підвищується тонус стінок судин, підвищується судинна і епітеліальна проникність тканин, а також покращується обмін речовин, що сприяє більш ефективній терапевтичній дії ультразвукових хвиль при комплексному методі.

Розглянуті перспективні способи та їх принципи побудови ультразвукової терапії були об'єднані в автоматизованому ультразвуковому терапевтичному апараті (АУТА), що одночасно використовує ультразвукову енергію та енергію магнітного поля [7-11].

Для нормованої та дозованої дії ультразвуку різної інтенсивності та частоти, автоматизації контролю за динамічними та частотними параметрами було запропонований удосконалений саморегулюючий принцип побудови автоматизованих ультразвукових терапевтичних апаратів з досягненням гарантованого контролю акустичного контакту з біологічною тканиною (рис. 1).

Автоматизація роботи УТА відбувається внаслідок контролю акустичного контакту. Принцип побудови УТА оснований на контролі зміни сили струму в ланцюгу дільника п'єзовипромінювача B_{yx} та блока B_{zp} зразкових резисторів 18.

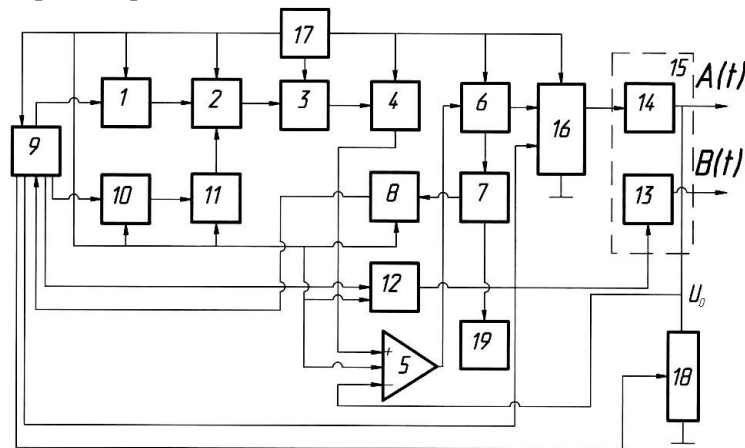


Рис. 1. Структурно-функціональна схема автоматизованого багатофункціонального апарату для ультразвукової терапії, де: 1 – генератор, 2 – модулятор, 3 – буферний каскад, 4 – попередній підсилювач, 5 - диференціальний підсилювач, 6 – вихідний підсилювач, 7 – індикатор вихідної потужності, 8 – блок від'ємного зворотного зв'язку, 9 – програмований блок керування, 10 – інфразвуковий генератор, 11 – буферно-підсилюючий каскад, 12 – генератор струму, 13 – кероване джерело магнітної індукції, 14 – випромінювач ультразвукових хвиль, 15 – комбінований циліндричний випромінювач, 16 – керований резисторний дільник, 17 – блок живлення, 18 – блок зразкових резисторів

Режим контролю акустичного контакту здійснюється автоматично і забезпечується висока точність встановлення дози ультразвукового впливу на біологічну тканину. Контроль акустичного кон-

такту здійснюється у діапазоні зміни вихідної потужності більш ніж на 10 дБ, що суттєво перекриває діапазон регулювання використовуваних у фізіотерапії інтенсивностей акустичного сигналу.

Висновки

Запропоновані принципи побудови АУТА надають можливості розширити спектр регулювання та забезпечити гарантований акустичний контакт і дозований вплив ультразвуковим сигналом на біологічні тканини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Терещенко Н.Ф. Оцінка впливу ультразвукового сигналу на біологічні тканини / Н.Ф. Терещенко, А.В. Кирилова // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. - 2010. - Вип.39.
2. Патент 44206 Україна. Апарат для ультразвукової терапії / Терещенко М.Ф., Чубара А., № u200903338; заявл. 07.04.2009; опубл. 25.09.2009, Бюл. №18.
3. Патент 38906 Україна. Універсальний пристрій для ультразвукової терапії / Терещенко М.Ф., Осадчий О.В., Рудик В.Ю., Стельмах Н.В. - u200810061; заявл. 04.08.2008; опубл. 26.01.2009, Бюл. № 2.
4. Васілевський О. М. Елементи теорії побудови потенціометричних засобів вимірювального контролю активності іонів з підвищеною вірогідністю : [монографія] / О. М. Васілевський, В. М. Дідич. - Вінниця: ВНТУ, 2013. – 176 с.
5. Podzharenko V.O., Vasilevskiy O.M. Diagnostics of technical condition of electromechanical systems for the logarithmic decrement // Proceedings of Donetsk National Technical University. - 2005. - № 88. – С. 138-144.
6. Патент 40266 Україна. Багатофункціональний пристрій для ультразвукової терапії / Терещенко М.Ф., Перунін Р. - u200813838; заявл. 01.12.2008; опубл. 25.03.2009, Бюл. № 6.
7. Васілевський О.М. Алгоритм оцінювання невизначеності у вимірюваннях при виконанні метрологічних робіт // Інформаційні та комп'ютерна інженерія. - 2006. - № 3 (7). - С. 147-151.
8. Поджаренко В. О., Дідич В. М., Васілевський О. М. Оцінка вірогідності автоматизованого контролю складових елементів гумусу в ґрунті // Вісник національного університету „Львівська політехніка”. Серія: «Автоматика, вимірювання та керування». – Львів. – 2009. – № 639. – С. 51 – 54.
9. Vasilevskiy O., Didych V., Kravchenko A., Yakovlev M., Andrikevych I., Kompanets D., Danylyuk Y., Wójcik W., Nurmakhambetov A., Method of evaluating the level of confidence based on metrological risks for determining the coverage factor in the concept of uncertainty, *Proceedings Volume 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018*, 108082C.
10. Vasilevskiy O., Kulakov P., Kompanets D., Lysenko O., Prysyzhnyuk V., Wójcik W., Baitussupov D., A new approach to assessing the dynamic uncertainty of measuring devices, *Proceedings Volume 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018*, 108082E.
11. Патент 53876 Україна. Автоматизований багатофункціональний пристрій для ультразвукової терапії / Терещенко М.Ф., Кирилова А.В., u201003416; заявл. 24.03.2010; опубл. 25.10.2010, Бюл. №6.

Биков В'ячеслав — студент групи КІВТ-19б, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Васілевський Олександр Миколайович — докт. техн. наук, професор кафедри метрології та промислової автоматики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: o.vasilevskiy@gmail.com

Bykov Vyacheslav — student of KIVT-18b group, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Vasilevskiy Oleksandr M. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Department of Metrology and Industrial Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: o.vasilevskiy@gmail.com