

- ний нижніх кінцівок при зміні вертикальної пози людини / И. В. Новожилов, П. А. Кручинин, И. А. Копылов. – М.: Изд-во механико-математического факультета, 2001. – 52 с.
3. Чигарев А. В. Биомеханика / А. В. Чигарев, Г. И. Михасев, А. В. Борисов. – Минск: Изд-во Гревцова, 2010. – 284 с.
 4. Борисов А. В. Моделирование опорно-двигательного аппарата человека и применение полученных результатов для разработки модели антропоморфного робота / А.В. Борисов. – М.: Спутник +, 2009. – 212 с.

*Надійшла до редакції
17 червня 2014 року*

© Іваницька А. Л., Терещенко М. Ф., Вислоух С. П., Філіппова М. В., 2014

УДК 615.847.8

ОСОБЛИВОСТІ ТА СТРУКТУРА АВТОМАТИЗОВАНОГО МАГНІТОТЕРАПЕВТИЧНОГО АПАРАТУ

Терещенко М. Ф., Кос О. С.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна
kos_aleksandr@mail.ru*

Розглядаються питання розробки та особливості структури автоматизованого магнітотерапевтичного апарату (АМА) з можливостями широкого керування параметрами магнітного поля (магнітної індукції, частоти, тривалості імпульсів та форми поля). Були проведені дослідження розподілення постійної та змінної складових магнітного поля в самому індукторі та комплексі «індуктор-біологічний об'єкт» в магнітотерапевтичних апаратах (МТА) «ПОЛЮС-4», «МИТ-11» та виконано їх порівняння.

На основі експериментальних і теоретичних досліджень запропонований спосіб імпульсної магнітотерапії та структура автоматизованого магнітотерапевтичного апарату з точно нормованими параметрами магнітного поля та заданими параметрами впливу в робочій зоні індуктора, контролем ефективності дії фізіотерапевтичної процедури.

***Ключові слова:** автоматизований магнітотерапевтичний апарат, керування параметрами, контроль ефективності процедури.*

Вступ

Магнітні поля (МП) різних видів (постійні, змінні, пульсуючі, обертові та бігучі) мають протизапальну, спазмолітичну, знеболюючу, протинабрякову дію, активно впливають на обмін речовин та енергій і процеси регенерації травмованих тканин, стимулюють захисні реакції організму [1]. При правильно обраному дозуванні впливу МП практично відсутні шкідливі побічні ефекти, що скорочує область протипоказань порівняно з іншими фізіотерапевтичними факторами. Тому є актуальним питання побудови такого автоматизованого магнітотерапевтичного апарату, що контролює хід та значення параметрів МП з можливостями їх широкої зміни і дозволяє автоматизувати та синхронізувати дію магнітного поля з реакцією пацієнта, а також підтримувати та оперативно корегувати параметри магнітного поля під час процедур, залежно від стану па-

цієнта (температури, параметрів артеріального тиску тощо). Це дає можливість підвищити ефективність впливу МП на біологічний об'єкт (БО).

Аналіз сучасного стану проблеми

Підходи до розробки апаратів і систем для магнітотерапії, методики розробки окремих вузлів магнітотерапевтичних апаратів наведені в різних роботах Ю.М. Райгородського, Ю.В. Малкова, Г.Р. Соловйової, Д.А. Синицького та ін.

[1-4]. Крім того, відомі численні зарубіжні зразки апаратів для магнітотерапії [5,6]. Загалом у світі створено десятки різних апаратів і систем, що формують різні магнітні поля лікувального впливу. В абсолютній більшості, це апарати локального впливу, що діють на невелику область тіла, окремий орган або вогнище ураження, і лише поодинокі зразки дозволяють здійснювати загальний вплив на весь організм людини [1, 6, 7].

Можливості апаратів локальної (місцевої) дії обмежені і багато в чому вже вичерпані, а практична медицина, у міру напрацювання досвіду в застосуванні методів лікування магнітними полями, висувала завдання створення апаратури, що забезпечує формування магнітних полів більш складної і тонкої просторової структури, що змінюються в часі відповідно з природними біологічними ритмами людини і протіканням фізіологічних процесів. Подібні вимоги можуть бути задоволені тільки за допомогою контрольованих магнітних систем, що здійснюють загальний вплив на весь організм людини, з фіксацією параметрів його відгука. Саме з такими апаратами і системами пов'язані перспективи розвитку магнітотерапії, як перспективного методу лікування.

Постановка задачі

Для впровадження в медичну практику автоматизованих магнітотерапевтичних апаратів необхідна розробка нових принципів побудови таких апаратів з можливостями широкого управління параметрами магнітного поля, розширені дослідження розподілення постійної та змінної складових магнітного поля, їх форми в самому індукторі та комплексі «індуктор-біологічний об'єкт» та врахування інтегральної оцінки дії МП на БО.

В якості такої оцінки впливу магнітного поля може бути зміна різниці температур біологічного об'єкту під час проведення фізіопроцедури [8].

При визначенні значень магнітної індукції індуктора без феромагнітного сердечника, для інженерних розрахунків параметрів індуктора можна прийняти лінійний характер зміни значень магнітної індукції $B(t)$ від зміни струму $I(t)$ [9].

Магнітна індукція індуктора МТА розраховується за формулою:

$$B(t) = k_B \cdot I(t), \quad (1)$$

де k_B – постійна індуктора по магнітній індукції, $I(t)$ – зміна значень сили струму.

При дії магнітного поля на біологічний об'єкт зовнішнє МП взаємодіє з магнітним полем БО. Зв'язок, що виникає при цьому через МП, є позитивним. Залежність змін амплітуди магнітної індукції поля $B(t)$ від часу t та частоти f

визначає межу теплових ефектів на площині амплітуда-частота і характеризується частотним коефіцієнтом K_f та k_B – постійною індуктора по магнітній індукції. Для того, щоб визначити вплив МП на поверхневі шари епідермісу людини, виміряємо реальні значення постійної та змінної складових магнітної індукції в індукторах апаратів «ПОЛЮС-4», «МИТ-11», комплексу «індуктор-біологічний об'єкт» та їх залежність від частоти. На базі проведених досліджень запропоновано ефективну та оптимальну структуру побудови автоматизованого магнітотерапевтичного апарату.

Результати дослідження

Постійна індуктора по магнітній індукції k_B залежить від виду магнітного поля (постійне чи змінне) та в діапазоні до слабких магнітних полів.

$$k_B = \sqrt{K_{ВП}^2 + K_{ВЗ}^2}, \quad (2)$$

де $K_{ВП}$ – постійна індуктора по магнітній індукції при подачі постійного струму; $K_{ВЗ}$ – постійна індуктора по магнітній індукції при подачі змінного струму.

Дослідження проводились на комбінованому фізіотерапевтичному апараті «МИТ-11», в режимах значень магнітної індукції 12, 15 та 18 мТл на поверхні індукторів. Водночас, досліджувався діапазон частот модуляції відповідно 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80 Гц. В якості вимірювального приладу використовувався універсальний тесламетр 43205. Нижче наведені результати досліджень розподілення постійної та змінної складових магнітного поля в самому індукторі та побудовані відповідні графіки (рис. 1, рис. 2).

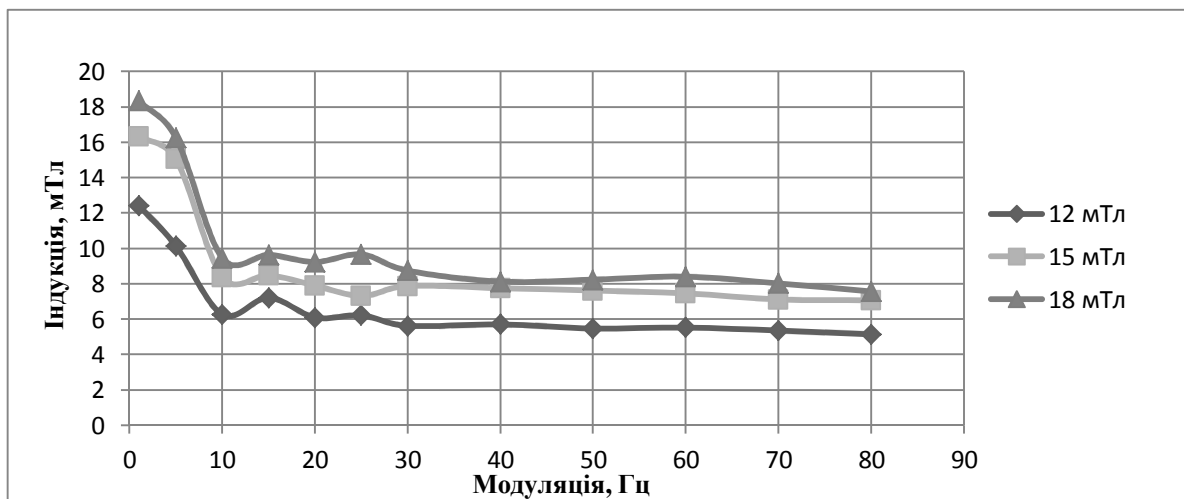


Рис. 1. Графік залежності зміни постійної складової магнітної індукції від частоти за різних режимів роботи магнітотерапевтичного апарату «МИТ-11»

В результаті отриманих залежностей встановлено, що сумарне значення магнітної індукції при малих значеннях частоти – великі, а зі збільшенням частоти значення магнітної індукції зменшуються. При дослідженні параметрів поля індуктора на магнітотерапевтичному апараті «ПОЛЮС-4» в положенні

перемикача максимальної інтенсивності «3», номінальне паспортне значення, за даними виробника повинно було складати 15 ± 2 мТл, частота посилок обертового магнітного поля становить 25 Гц. В якості вимірювального приладу використовувався універсальний тесламетр 43205.

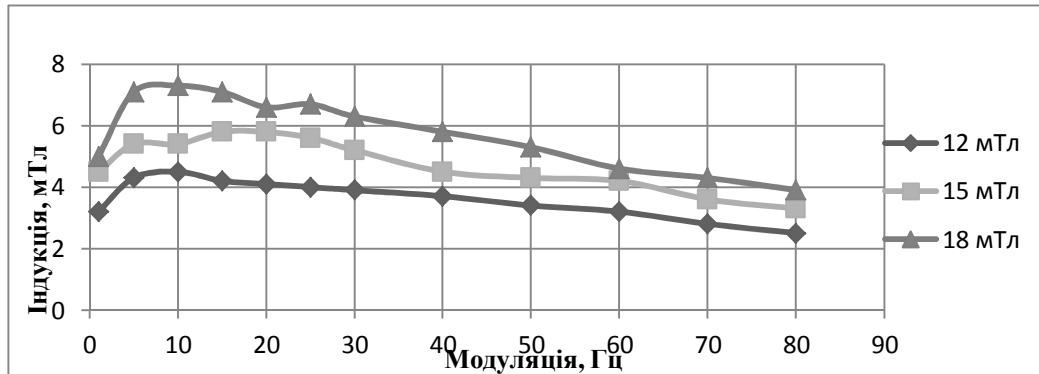


Рис. 2. Графік залежності змінної магнітної індукції від частоти за різних режимів роботи магнітотерапевтичного апарату «МИТ-11»

Картина еквіпотенціальних кривих поля, виміряних в індукторі, приведена на рис. 3 та 4 для постійної та змінної складових реального магнітного поля.

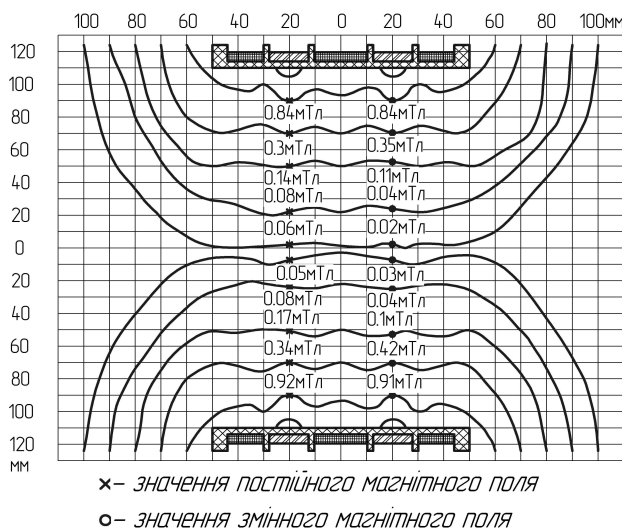


Рис. 3. Картина постійного та змінного магнітного поля індуктора «ПОЛЮС-4» в вертикальній площині, перемикач інтенсивності в положенні «3», частота 25 Гц

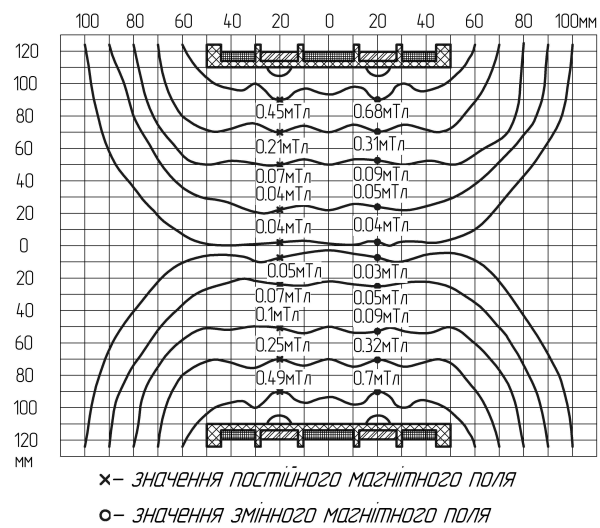


Рис. 4. Картина постійного та змінного магнітного поля індуктора «ПОЛЮС-4» в горизонтальній площині, перемикач інтенсивності в положенні «3», частота 25 Гц

З рис. 3, 4 можна зробити такі висновки, що найбільша інтенсивність магнітного поля спостерігається біля робочої поверхні індуктора та не перевищує 1 мТл, потім вона спадає з віддаленням від поверхні індуктора. Реальні значення магнітного поля (1 мТл) значно відрізняється від заявлених виробником 15 мТл.

Для усунення невідповідності між заявленими значеннями параметрів МТА та реальними для створення АМА нами запропонований та випробуваний

спосіб імпульсної магнітотерапії, що включає вплив на пацієнта імпульсним магнітним полем, з використанням біполярних імпульсів магнітне поле, періодично змінюється по амплітуді з індукцією (5,0-80,0) мТл і частотою проходження імпульсів (0,1-20,0) Гц [10].

На основі цього способу було запропоновано новий принцип побудови автоматизованого магнітотерапевтичного апарату, який забезпечує автоматизацію процедури, підвищує ефективність її дії та точність відтворення заданих параметрів МП [11]. Автоматизований апарат для магнітотерапії, який представлено на рис. 5, може працювати в трьох режимах – синхронному, асинхронному та комбінованому.

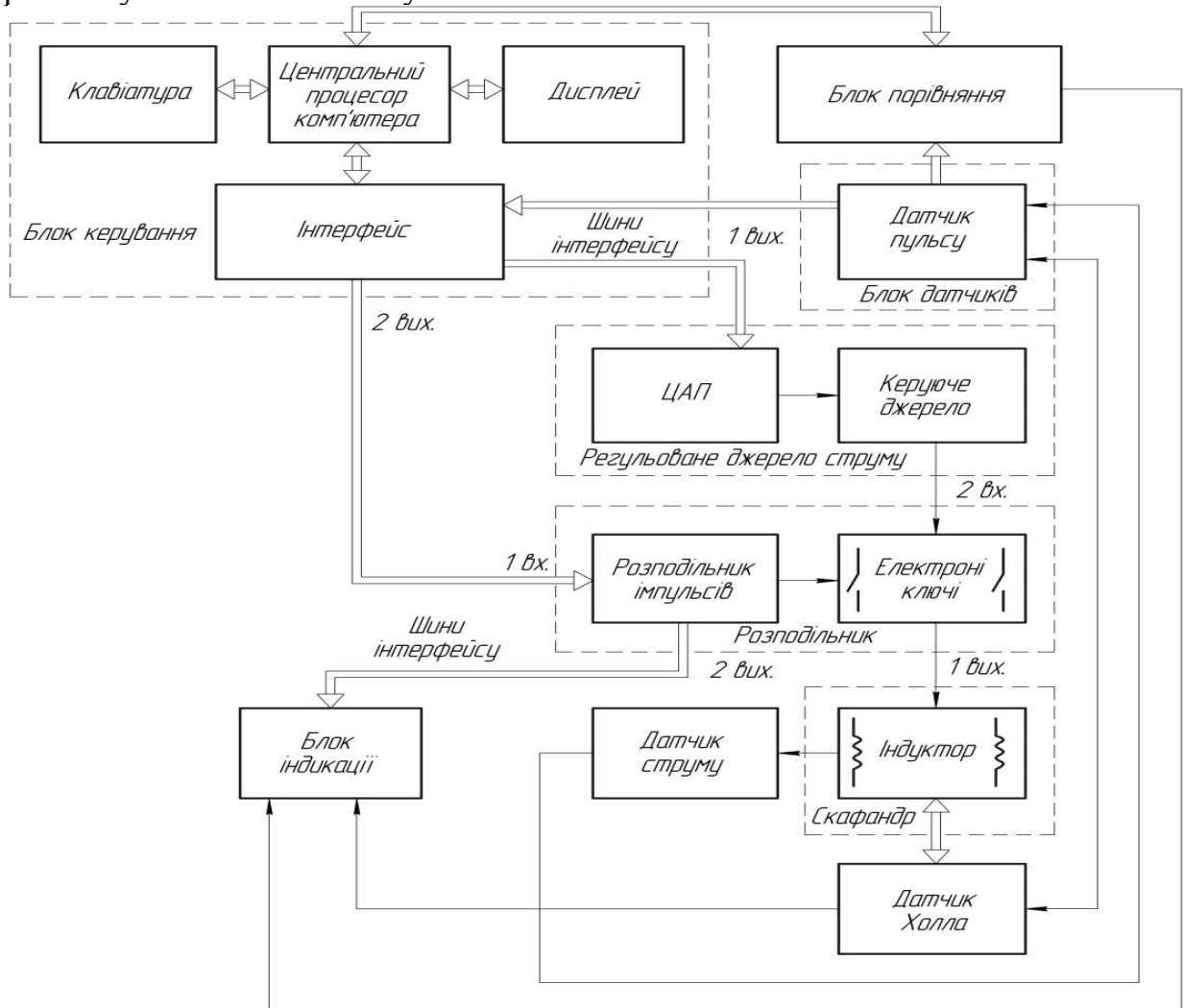


Рис. 5. Структурна схема автоматизованого магнітотерапевтичного апарату

При роботі першого режиму (синхронному) параметри магнітного поля синхронізовані безпосередньо з вихідними сигналами блоку датчиків (датчик кров'яного тиску, пульсу, температури) та датчиків Холла (магнітної індукції) і по їх значеннях налаштовує режими фізіопроцедури. При другому режимі (асинхронному) такий зв'язок відсутній хоча інформація про стан пацієнта та значення параметрів магнітного поля в зоні індукторів в наявності. У третьому режимі стан контролю не періодичний – по необхідності.

Висновки

Проведені дослідження індукторів магнітотерапевтичних апаратів «МИТ-11» «ПОЛЮС-4», та приведені реальні епюри ліній еквопотенціалів постійної та змінної складових магнітного поля.

На базі проведених досліджень запропоновано новий спосіб імпульсної магнітотерапії та ефективна, оптимальна схема побудови автоматизованого магнітотерапевтичного апарату із забезпеченням контролю за ходом протікання процесу дії поля на БТ, що виключає негативні наслідки терапевтичної процедури (перегрів тканини), формує нормовані, точно дозовані за значенням магнітної індукції, частоти, форми поля та тривалості дії МП на БТ.

У подальших дослідженнях будуть досліджені закономірності в зміні параметрів впливу магнітного поля на різні глибини шарів біологічної тканини та їх біофізичний відгук (зміна значень температури, оксигенації БО, інтенсивності кровотоку та тиску) в зоні дії поля з використанням автоматизованих магнітотерапевтичних апаратів.

Література

1. Соловьева Г. Р. Магнитотерапевтическая аппаратура. – М.: Медицина, 1991. – 176 с.
2. Викторов В. А. Основы разработки аппаратуры для магнитотерапии и аппараты системы "Полюс" / В. А. Викторов, Ю. В. Малков // Медицинская техника. – 1994. – № 3. – С. 26-32.
3. Малков Ю. В. Аппарат для магнитотерапии и магнитофореза "Полюс-3" / Ю. В. Малков, А. И. Коробков, Н. А. Петрова // Мед.техника. – 1993. – № 2. – С. 46-48.
4. Соловьева Г. Р. Аппарат для низкочастотной магнитотерапии "Полюс-1" / Г.Р. Соловьева, В. А. Еремин, Р. Р. Горзон // Медицинская техника. – 1973. – № 5. – С. 29-33.
5. Еремин В. А. Переносный аппарат для низкочастотной магнитотерапии "Полюс-101" / В. А. Еремин, Г. Р. Соловьева, В. А. Шишков // Медицинская техника. – 1986. – № 5. – С. 56-58.
6. Улащик В. С. Низкочастотная магнитотерапия // Медицинские знания. – 2006. – № 6. – С. 28-30.
7. Системы комплексной электромагнитотерапии / А. М. Беркутов, В. И. Жулев, Г. А. Кураев, Є. М. Прошина. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2000. – 376 с.
8. Тимчик Г. С. Система температурного контролю в магнітотерапії / Г. С. Тимчик, М.Ф. Терещенко, В.Ю. Рудик // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2013. – № 1(87) – С. 111 – 116.
9. Прецизионные источники изменяющихся магнитных полей. Терещенко Н. Ф. ВАК, спец. 05.11.05 Приборы и методы измерения электрических и магнитных величин, канд. техн. наук, Киев, 1991.
10. Патент 82553 України, МПК А 61N 2/04. Спосіб імпульсної магнітотерапії / Терещенко М. Ф., Кос О. С., Терещенко С. М. Заявка № у 2013 03973. Пріоритет 01.04.2013 р. Опубл. 12.08.2013 р. Бюл. № 15.
11. Заявка на корисну модель України № 2014 02471 МПК(7) А 61N 2/04. Автоматизований апарат для магнітометрії / М. Ф. Терещенко, О. С. Кос. Пріоритет 12.03.2014 р. Рішення 19.05.2014 р.

*Надійшла до редакції
30 травня 2014 року*

© Терещенко М. Ф., Кос О. С., 2014