

скої літератури. – 1969. – 576 с.

<p>Шиша Т.А., Чиж І.Г. Влияние асферичности оптических поверхностей аберрационной модели глаза на моделируемую волновую аберрацию</p> <p>Установлено влияние искажений формы оптических поверхностей аберрационной модели глаза на параметры волновой аберрации. Разработано методику расчета допустимой асферичности поверхностей. подтверждена технологическая возможность создания аббератора в качестве образцовой меры волновой аберрации глаза.</p> <p>Ключевые слова: имитация аберраций глаза, ошибки моделирования волнового фронта</p>	<p>Shysha T.A., Chyzh I.H. The influence of optical surfaces asphericity on the wave aberration, simulated in the eye model</p> <p>The influence is established of optical surface deformations arising in the aberration eye model on parameters of its wave aberration. The technique is proposed for estimation of the permissible surface asphericity.</p> <p>The technological possibility is proven of manufacturing the aberrator as an elalon of eye wave aberration.</p> <p>Keywords: Eye aberration simulation, wavefront errors</p>
--	--

Надійшло до редакції
18 березня 2010 року

УДК 615.84

МАГНІТОТЕРАПЕВТИЧНИЙ АПАРАТ ТА МІРА ДЛЯ ЙОГО ПОВІРКИ

Терещенко М.Ф., Рудик В.Ю., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Стаття присвячена дослідженню особливостей побудови сучасних магнітотерапевтичних апаратів (МТА) зі змінними магнітними полями заданих форм (ЗМПЗФ). Запропоновані нові методи і принципи побудови таких перспективних МТА з розширеними динамічним, частотним діапазонами та високоточною міри для їх метрологічної атестації

Ключові слова: магнітотерапевтичний апарат, міра, повірка

Вступ

Сьогодні магнітотерапія становиться багатообіцяючим перспективним фізіотерапевтичним методом [1], який дозволяє обмежити використання ліків та уникнути їх побічного впливу. Тому створення багатофункціональних МТА набуває актуального значення на сучасному етапі розвитку медичної техніки. Ефективність лікування, яке проводиться за допомогою МТА, в першу чергу, залежить від магніточутливості пацієнта, виду та ступеню захворювання, точності завдання характеристик діючого магнітного поля (МП). Для збільшення ефективності терапевтичного впливу важливе значення має величина динамічного та частотного діапазонів МТА при створенні різних видів МП [2].

Постановка задачі

Варіації біологічної дії МП залежать від його біотропних параметрів: індукції, градієнта, вектора, частоти, форми імпульсу, експозиції, локалізації і ін. Ефект дії МП зростає при варіюванні біотропними параметрами під час проведення процедури. Сучасні МТА (“Полюс-6”, “МІТ-11”, “Полімаг”, “Маг-30”, “МАВР-2”, “ПДМТ-2”) обмежені у варіюванні зміною параметрів МП. Задачею

даної роботи є розширення динамічного та частотного діапазонів формування сигналу МП необхідної форми.

Отже, виникає необхідність запропонувати нові принципи побудови багатофункціональних МТА, що забезпечать надійність і універсальність використання в широкому динамічному та частотному діапазонах МП. Нами розглянуті шляхи вирішення цієї задачі на розробленому експериментальному зразку МТА, який використовується для створення зразкових джерел ЗМПЗФ [3] та міри для його повірки [4].

Дослідження та розробка нових принципів побудови магнітотерапевтичних апаратів зі ЗМПЗФ

На принципі суперпозиції полів в робочій частині індуктора, який широко використовується в медичній практиці, працює запропонований нами МТА [5]. Такий МТА містить задаючий генератор, лінію затримки, котушку Гельмгольца, блок порівняння, інвертор, блоки фільтрів, блоки фазорегулюючих ланцюгів, коректуючу котушку. Значними недоліками цього апарату є недостатньо широкі динамічний та частотний діапазони МП.

Сучасні МТА повинні з високою точністю формувати задані форми МП та забезпечувати його однорідність в робочому об'ємі котушок, бути універсальними, як у використанні, так і в керуванні режимами роботи. Для вирішення цих задач нами в розробленому перспективному, багатофункціональному МТА [3] введені автоматизовані блоки керування, синхронізації та широкополосного нормованого підсилення.

Структурна схема такого експериментального зразка багатофункціонального МТА [3] представлена на рис. 1.

Вхідний сигнал задаючого генератора (ЗГ) через керовану лінію затримки (КЛЗ) формується для подачі в котушку Гельмгольца (КГ). Отриманий сигнал після КЛЗ підсилюється блоками підсилення (БП). При порівнянні сигналу, який необхідно отримати в котушці Гельмгольца (КГ) з високою точністю, та реально отриманого сигналу з'являється похибка. Для усунення цієї похибки виділяємо різницевий сигнал між струмом, що протікає по котушці Гельмгольца (КГ), та напругою задаючого генератора (ЗГ) в блоці порівняння (Бпор). Різницевий сигнал інвертується в інверторі (Інв). Його розкладають на n гармонік в системі фільтрів (Ф), пропускають через m фазорегулюючих ланцюгів (ФРЛ) та подають на відповідні секції коректуючої котушки (КК). Між сумарною магнітною індукцією полів відповідних гармонічних складових та реально отриманим сигналом існує асинхронізм, викликаний інерційними властивостями елементів компенсаційного ланцюга. Через це неможливо отримати сигнал заданої форми. Для усунення цього є блоки підсилення (БП) та блок керування та синхронізації (БКС). Котушка Гельмгольца (КГ) разом з коректуючою котушкою (КК) створюють зразкову міру магнітної індукції (ЗММІ). Починаючи з другого імпульсу періодичного імпульсного МП, в зразкову міру магнітної індукції (ЗММІ) синхронно надходять сигнали в котушки, та створюються імпульси МП заданої форми.

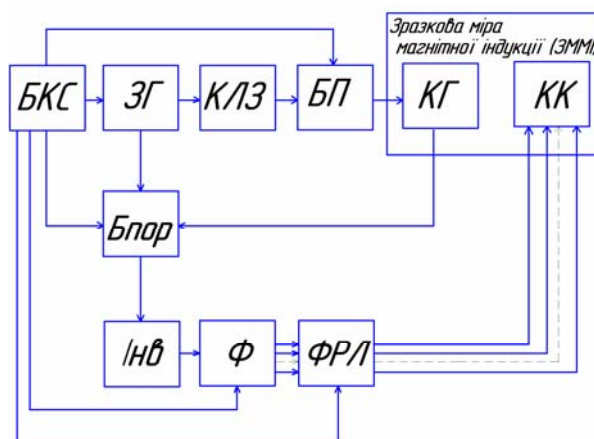


Рис.1. Структурна схема МТА

Запропонований принцип побудови багатofункціонального МТА дає можливість значно розширити динамічний та частотний діапазони формування МП необхідної форми.

На експериментальному зразку такого МТА перевірена така можливість і отримані такі результати: висока точність створення МП заданої форми - похибка 2,5%, розширений динамічний (з 5 мТл до 10 мТл) та частотний (з 50 до 100 Гц) діапазони. Дослідження показали можливість створення МП трикутної, трапецеїдальної, квазіпрямокутної, експоненціальної форми з похибкою не більше 2,5%.

Для метрологічної атестації таких МТА були запропоновані нові принципи побудови високоточних однорідних мір магнітної індукції ЗМПЗФ, що полягають у введенні в основну котушку n резонансних контурів, які укладаються по спіралі на каркас, та врахуванні їх міжвиткового інтервалу. В наслідок даного конструктивного рішення результуюча складова намотки котушки джерела виконана так, що сумарна міжвиткова ємність прагне до нуля $\sum C_s \rightarrow 0$.

На базі цих принципів розроблена нова конструкція міри магнітної індукції. Використання такої міри магнітної індукції дозволяє значно підвищити точність формування нормованих значень індукції однорідного МП в широкому динамічному (0,5-10) мТл та частотному (1,0 – 100) Гц діапазонах.

Розглянута в [6] міра однорідного МП містить n послідовно включених контурів. Вони симетрично розташовані відносно центру та встановлені на каркасі. Утворююча каркасу, на якій укладені витки кожного контуру в розрізі площини, що проходить через n контурів, нахилена під кутом, що визначається кількістю контурів і їх геометричними розмірами. Недоліком цієї міри є недостатня однорідність МП. Для підвищення однорідності МП в робочій зоні міри нами введені n резонансних контурів, створених індуктивністю витка L_i , його активним опором R_i та міжвитковою ємністю \tilde{N}_i , які укладаються по спіралі на каркасі, причому їх міжвитковий інтервал складає половину діаметра проводу

$$d/2 \quad (1)$$

на початку каркасу і зменшується за формулою у кінці намотки

$$d/2 - (i/n)(d/2), \quad (2)$$

де i – порядковий номер витка, d – діаметр проводу, n – кількість витків у мірі.

Схема конструкції міри однорідного МП представлена на рис. 2. На рис. 3. представлена схема для розрахунку параметрів міри однорідного МП на базі котушки Гельмгольца.

Міра однорідного МП містить каркас 1 кільцевої системи, котушки 2, які створюють однорідне МП, резонансні витки 3. На рис. 2 зображені радіус кільця R , відстань від площини витка до площини симетрії l , розрахунковий кут нахилу θ , при якому виникає максимальна однорідність значень магнітної індукції в центрі, кут θ_1 між системою та радіусом-вектором, який з'єднує початок координат з точкою, в якій розраховується поле.

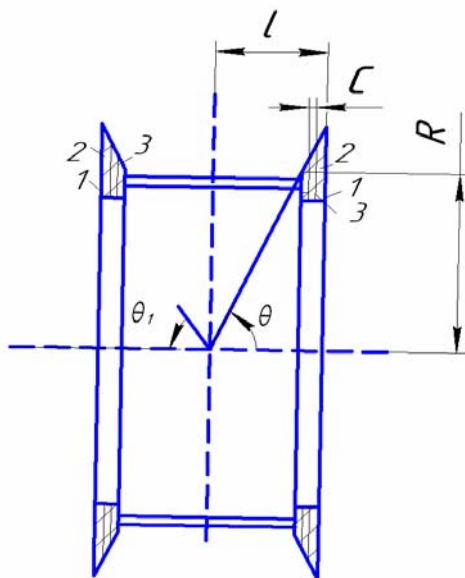


Рис. 2. Схема конструкції міри однорідного МП

Кільцева система складається наступним чином.

Внутрішні витки котушок 2 розташовуються так, щоб дотримувалась умова формування МП, тобто дотримувалось теоретичне відношення l/R .

Наступні витки 3 намотуються по спіралі на каркас 1, який представляє поверхню конуса з кутом при вершині, який дорівнює 2θ , причому міжвитковий інтервал n резонансних контурів складає половину діаметра проводу (1) на початку каркасу і зменшується по формулі (2).

На схемі для розрахунку параметрів міри однорідного МП на базі котушки Гельмгольца позначені початок координат O , вісі X та Y , відстань a від місця, в якому обчислюється магнітна індукція до проекції середини обмотки на вісь X , радіус-вектор ρ , розрахунковий кут нахилу θ , при якому виникає максимальна однорідність значень магнітної індукції в центрі котушки.

Кільцева, виготовлена таким чином, є сумою всіх кільцевих систем, з яких можна отримати ідеальну систему формування однорідного МП.

Котушки 2 на рис. 2 створюють МП з високою однорідністю. Це доведено приведеними розрахунками.

Так як магнітна індукція кругового контуру симетрична щодо осі, то розглядаються аксіальна складова індукції B_x і радіальна складова індукції B_y .

На експериментальному зразку міри була досягнута висока однорідність МП в робочому об'ємі котушок.

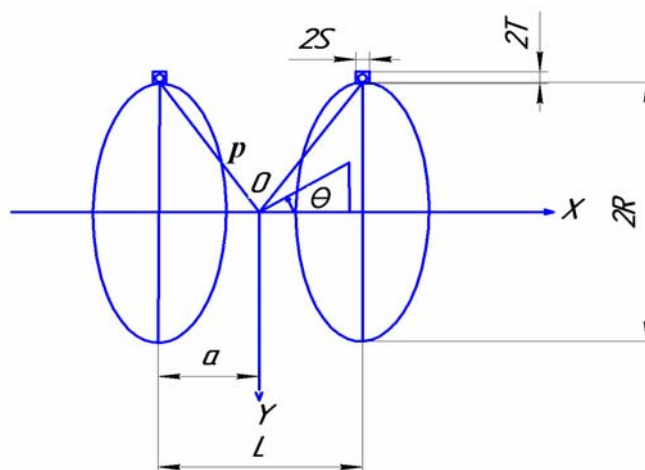


Рис. 3. Схема для розрахунку параметрів міри однорідного МП на базі котушки Гельмгольца

Математичне моделювання було проведено за допомогою схеми для розрахунку параметрів міри однорідного МП на базі котушки Гельмгольца з врахуванням поправки на спіралевидну гвинтоподібність обмотки, яка характерна для одношарової обмотки з голого мідного дроту, та поправок, пов'язаних з кінцевою товщиною обмотки, які характерні для багатошарової обмотки.

Для точних розрахунків, використовуючи закон Біо-Савара-Лапласа, розраховується вплив спіралевидної гвинтоподібності обмотки на постійну котушки.

Провівши розкладання в ряд по мірах δ/R та $\rho v/R$ для двох секцій отримано рівняння [4]

$$B_x = (1.6Iv/(\sqrt{5}R))[1 - 0.6(\delta/R) + 0.16(\delta^3/R^3) + 0.64((\rho v)^2\delta/R^3) - 0.23(\rho v)^4/R^4 + \dots], \quad (3)$$

де v - кількість витків в секції обмотки, $\delta = L - R$, $L = 2a$, ρv - напівширина обмотки ($\rho v < R$).

Формула (3) виражає величину магнітної індукції в центрі котушки.

Якщо за ширину обмотки прийняти відстань від початку до кінця гвинтової спіралевидної секції, то спіралевидна гвинтоподібність намотування не змінює розрахунок аксіальної складової МП котушки.

Розрахункову формулу для визначення значення магнітної індукції одношарової котушки було отримано в роботі [4]

$$B_{0x} = ((1.6/\sqrt{5})(\mu_0 Iv/R_{\tilde{n}\delta})) [1 - 0.6(\delta/R_{\tilde{n}\delta}) + 0.16(\delta^3/R_{\tilde{n}\delta}^3) - 0.05(c^2/R_{\tilde{n}\delta}^2) - 0.1(\mu^2/R_{\tilde{n}\delta}^2) + 0.64(\delta s^2/R_{\tilde{n}\delta}^3) - 0.23(s^4/R_{\tilde{n}\delta}^4) + (0.96(\delta/R_{\tilde{n}\delta}^3) - 1.152(s^2/R_{\tilde{n}\delta}^4))(2x^2 - y^2) - (0.144/R_{\tilde{n}\delta}^4)(8x^4 - 24x^2y^2 + 3y^4 + \dots)], \quad (4)$$

де $2s$ - ширина обмотки, c - радіус проводу обмотки, R_{cp} - середній радіус обмотки.

При метрологічній атестації МТА на практиці найчастіше застосовуються багатошарові котушки Гельмгольца. Для точних розрахунків розраховується вплив поправок, пов'язаних з кінцевою товщиною обмотки. Приведено розрахункову формулу

$$\begin{aligned}
 B_{0,x} = & ((1.6/\sqrt{5})(\mu_0 I v / R_{\tilde{n}\delta})) [1 - 0.6(\delta/R_{\tilde{n}\delta}) + 0.16 \\
 & (\delta^3/R_{\tilde{n}\delta}^3) - T^2/15R_{\tilde{n}\delta}^2 + 0.64(\delta s^2/R_{\tilde{n}\delta}^3) - \\
 & - 0.23(s^4/R_{\tilde{n}\delta}^4) + 0.256(s^2 T^2/R_{\tilde{n}\delta}^4) + 0.96(\delta/R_{\tilde{n}\delta}^3) - 1.152 \\
 & (s^2/R_{\tilde{n}\delta}^4) + 0.992(T^2/R_{\tilde{n}\delta}^4)] (2x^2 - y^2) - (0.144/R_{\tilde{n}\delta}^4) \\
 & (8x^4 - 24x^2 y^2 + 3y^4) + \dots],
 \end{aligned} \tag{5}$$

де $2T$ – товщина обмотки.

Кінцева формула для розрахунку однорідності поля в робочому об'ємі котушки буде мати вигляд

$$0.96(\delta/R_{\tilde{n}\delta}) - 1.152(s^2/R_{\tilde{n}\delta}^2) + 0.992(T^2/R_{\tilde{n}\delta}^2) = 0. \tag{6}$$

Відстань між серединами секцій обмотки розраховується із (6) по заданим параметрам T , s і R_{cp}

$$L = R_{\tilde{n}\delta} + \delta, \tag{7}$$

яке забезпечить найкращу однорідність МП в центральній області міри, причому міра містить n резонансних контурів, які укладені по спіралі на каркас, та їх міжвитковий інтервал складає половину діаметра проводу (1) на початку каркасу і зменшується по формулі (2).

Умова однорідності розраховується співвідношенням

$$T/s = \sqrt{1.152/0.992}, \tag{8}$$

при

$$\delta = 0, \tag{9}$$

тобто відстань між серединами секції дорівнює середньому радіусу котушки. При цьому товщина обмотки завжди більше її ширини. Через більшу похибку виміру середнього радіусу котушки товсті обмотки менш вигідні, ніж тонкі. Умова (7) забезпечує можливість вищої точності вибору обмоток з малою товщиною.

У мірі однорідного МП є можливість реалізувати той ступінь однорідності поля, який визначається вибором кільцевої системи. Це особливо важливо, коли габарити кільцевої системи обмежені, а ступінь однорідності створюваного поля повинен бути високим. Такі вимоги виникають при проведенні компонентних вимірювань на підставці, що коливається, коли кільцева система встановлюється на гіроскопічному стабілізаторі. Міра однорідного МП дає можливість використовувати малогабаритні кільцеві системи, не порушуючи умов формування МП. Це значно розширює можливості кільцевих систем, особливо у випадках застосування їх в обмежених об'ємах, причому міра однорідного МП містить n резонансних контурів, які укладені по спіралі на каркасі, та їх міжвитковий інтервал складає половину діаметра проводу (1) на початку каркасу і зменшується по формулі (2).

Таким чином, за даними принципами побудови МТА нами був розроблений експериментальний зразок багатофункціонального МТА та високоточна міра

для його метрологічної атестації.

Висновки

1. Запропоновані нові принципи побудови МТА, що забезпечують високу точність створення МП трикутної, трапецеїдальної, квазіпрямокутної, експоненціальної форми з похибкою не більше 2,5%, розширення динамічного (з 5 мТл до 10 мТл) та частотного (з 50 до 100 Гц) діапазонів та високу однорідність сигналу завдяки введенню автоматизованих блоків керування, синхронізації та широкополосного нормованого підсилення.

2. Для метрологічної атестації експериментального зразка МТА була розроблена міра магнітної індукції з високою однорідністю поля в робочій зоні. Це доведено розрахунками та математичним моделюванням значень магнітної індукції в робочій зоні.

3. При подальшій розробці нових типів МТА виникає необхідність поєднувати високоточні джерела різних МП, сучасні методи та пристрої керування та підтримання на заданому рівні нормованих значень індукцій та різних форм МП з розробкою методики інженерних розрахунків індукторів МТА та зразкових мір МП.

Література

1. Сердюк В.В. Магнитотерапия: Прошлое, настоящее, будущее. Справочное пособие. – К.: Азимут – Украина, 2004. – 536с.
2. Соловьева Г.Р. Магнитотерапевтическая аппаратура. – М.: Медицина, 1991. – 176с.
3. Патент на корисну модель Україна 43204 МПК. G 01 R 33 / 02. Пристрій для відтворення періодичного імпульсного магнітного поля / Терещенко М.Ф., Рудик В.Ю. Заявка № у 2009 01601. Заявл. 24.02.2009. Опубл. 10.08.2009. Бюл.№16,2009.
4. Заявка на патент на корисну модель Україна МПК G 01 R 33 / 02. Пристрій для створення однорідного магнітного поля / Терещенко М.Ф., Рудик В.Ю. Заявка № у 2009 08720.
5. А.с. 1594465 СССР МПК G 01 R 33 / 02. Устройство для воспроизведения периодического импульсного магнитного поля / Терещенко Н.Ф., Кривасов А. К. и Кудрявцев С. И. Заявка №4348515/24-21. Заявл. 23.12.87. Опубл. 23.09.1990. Бюл.№35,1990.
6. А.с. 1057897 СССР МПК G 01 R 33 / 02. Прибор для создания однородного магнитного поля / Бледнер В.А. Заявка №3281318/18-21. Заявл. 27.04.1981. Опубл. 30.11.1983. Бюл.№44,1983.

Рудик В.Ю., Терещенко Н.Ф. **Магнитотерапевтический аппарат и мера для его проверки.**

Статья посвящена исследованию особенностей построения современных магнитотерапевтических аппаратов (МТА) с переменными магнитными полями заданных форм (ПМПЗФ). Предложены новые методы и принципы построения МТА с расширенными динамическими, частотными диапазонами и высокоточной меры для их метрологической аттестации.

Ключевые слова: магнитотерапевтический аппарат, мера, проверка

Rudik V.U., Tereshchenko N.F. **Magnetictherapy apparatus and measures for its check.**

The article is devoted to research of features of construction of modern magnetictherapy apparatus (MTA) with variable magnetic fields specified forms (VMFSF). New methods and principles of construction of MTA are offered with extended dynamic, frequency ranges and high-precision measures for their metrological attestation.

Keywords: Magnetictherapy apparatus, measures, check

Надійшло до редакції
28 березня 2010 року