

УДК 615.472.03:615.847.8

## РОЗРОБКА АПАРАТА ДЛЯ МАГНІТНОЇ ТЕРАПІЇ

**М. М. Баран, В. П. Вірченко, Ю. С. Синькоп, А. І. Мухомор<sup>1</sup>**

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»  
КЛ "Феофанія"<sup>1</sup>*

Описано новий апарат для магнітної терапії - магнітостимулятор МС-2012. Наведено опис функціональної схеми приладу. Особливістю апарата є використання мікроконтролера, який дозволяє задавати імпульси будь-якої частоти, форми (скважності), і дає можливість незалежного управління каналами.

**Ключові слова:** магнітотерапія, магнітостимуляція, магнітне поле.

## РАЗРАБОТКА АППАРАТА ДЛЯ МАГНИТНОЙ ТЕРАПИИ

**М. М. Баран, В. П. Вирченко, Ю. С. Синькоп, А. И. Мухомор<sup>1</sup>**

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»  
КЛ "Феофанія"<sup>1</sup>*

Описан новый аппарат для магнитной терапии - магнитостимулятор МС-2012. Приведено описание функциональной схемы прибора. Особенностью аппарата является использование микроконтроллера, который позволяет задавать импульсы любой частоты, формы (скважности), и дает возможность независимого управления каналами.

**Ключевые слова:** магнитотерапия, магнитостимуляция, магнитное поле.

## DEVELOPMENT AN APPARATUS I FOR MAGNETIC THERAPY

**M. M. Baran, V. P. Virchenko, Yu. S. Syniekop, A. I. Mukhomor<sup>1</sup>**

*National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»  
СН "Feofaniya"*

A new apparatus for magnetic therapy - magnetostimulator MS-2012 is described. A description of the functional scheme of the device is presented. Feature of the device is the usage of a microcontroller, which allows you to set the pulses of any frequency, shape (porosity), and allows independent channels control.

**Key words:** magnetotherapy, magnetostimulation, magnetic field.

**Вступ.** Застосування магнітних полів для лікування різних захворювань практикується вже кілька сотень років, причому в останні десятиліття йде інтенсивний розвиток технічних засобів, призначених для магнітотерапії. В даний час магнітотерапія в медицині знаходить широке застосування [1, 2, 3]. Магнітні поля (МП) сприятливо впливають на м'язово-судинну систему, зменшують запальні процеси, покращують циркуляцію крові, сприяють фіксації деяких лікарських речовин в певному місці організму, підвищують ефективність таких лікувальних методів як електрофорез, фонофорез і фотофорез. Особливо вони ефективні (з аналізу літературних джерел) для транспортування магнітних терапевтичних частинок всередині людського організму, так званої адресної доставки ліків. Такі частинки складаються з капсу-

ли, всередині якої знаходяться ліки, покритої феромагнітним або суперпарамагнітним матеріалом. За допомогою МП капсули можуть доставлятися до найвіддаленіших клітин організму долаючи різні біохімічні бар'єри. Так за допомогою МП наночастинки проникають в товщу хряща чи кістки, а не залишаються на поверхні.

Ефект проникнення магнітних наночасток в тканину живого організму можна контролювати різними методами, наприклад, УЗД-апаратурою. Причому ультразвукові коливання також сприяють введенню ліків в організм людини (фонофорез).

Зокрема, магнітним полем лікують судинні захворювання, захворювання нервової системи, хвороби суглобів та хребта, травми та їх наслідки, термічні ураження, а також використовують лікування магні-

© М. М. Баран, В. П. Вірченко, Ю. С. Синькоп, А. І. Мухомор

тним полем в гінекології, дерматології, урології. Магнітотерапевтичні апарати, що застосовуються для цих цілей, прості та надійні в експлуатації. Їх можна застосовувати як в клініках, так і в домашніх умовах. Технічне обслуговування їх мінімальне, а ціна низька. Вважається, що створювані цими апаратами магнітні поля безпечні, вони вільно проникають крізь тканини, кістки, шкіру.

Однак питання управління магнітотерапевтичним впливом на біологічний об'єкт вивчені не повністю, що приводить нас до необхідності більш детального розгляду процесів, створення нових методик та апаратів.

Апарати для магнітотерапії

Існує багато приладів для магнітотерапії, що працюють за різними принципами і мають різну функціональність, форму і розміри випромінювачів.

В даний час в країнах СНД серійно виробляється апарат «Полюс-1» [1], розроблений під ВНІМП. Апарат призначений для місцевого лікувального впливу односпрямованим низькочастотним змінним магнітним полем. «Полюс-1» має три види індукторів: з П-подібним та прямим сердечниками і порожнинний індуктор. Лікування проводять за допомогою одного або двох змінних індукторів, що встановлюються поперечно або поздовжньо. Регулюють магнітну інтенсивність 4 ступенями. Індукція магнітного поля (МП) 25-35 мТл. МП швидко згасає і на відстані 5-6 см від індуктора майже відсутня. Апарат працює в безперервному і переривчастому режимах, форма вихідного сигналу синусоїда, що звукує сферу застосування.

Інший апарат - «Полюс-101» призначений для впливу змінним магнітним полем на кінцівки. Індуктори до нього виконані у вигляді двох соленоїдів. Один з них індуктує змінне магнітне поле частотою 700 Гц, інший частотою 1000 Гц. Максимальна індукція в центрі соленоїда становить 1,5 мТл, біля його внутрішніх стінок - 2,5 мТл. На кожному наступному ступені індукція збільшується на 25%, як і в апарата «Полюс-1», вихідний сигнал - синусоїда, ще одним недоліком апарату є його вага - 12,5 кг.

З літературних джерел відомо, що в Україні створено зразок апарату «ЕЯ», що генерує магнітне поле від 2,5 до 10 мТл. Розроблена установка "УМТ-1" для створення магнітного поля 5-30 мТл і частоти 1-100 Гц; генератор імпульсного магнітного поля "Алімп-1" і "Звезди-3", індукція магнітного поля 0,05-2,5 мТл, частота проходження імпульсів 1-1000 Гц [4].

Актуальною є задача створення портативного універсального магнітотерапевтичного апарата, призна-

ченого для лікувального впливу на організм людини низькочастотним ЕМП в домашніх умовах, за рекомендацією лікаря.

На кафедрі фізичної та біомедичної електроніки Національного технічного університету України «КПІ» був розроблений апарат для магнітної терапії - магнітостимулятор «МС - 92М» [5], основна відмінність і перевага даного апарата від конкурентів полягає в тому, що існує можливість вибору вихідного сигналу з 16 запропонованих. Можна взаємодіяти як постійним, так і змінним магнітним полем, що розширює сферу застосування. «МС - 92М» був взятий за основу при розробці нового апарата - магнітостимулятора «МС - 2012». Він призначений для терапевтичного впливу на організм людини постійним і змінним магнітним полем індукцією 5-30 мТл та частотою 0 - 100 Гц. Прилад має два індуктори з діаметром робочої поверхні 36 мм. Портативність та електробезпека приладу дозволяють лікувати хворих не тільки в умовах стаціонару, але і в амбулаторно-клінічних мережах, на дому.

Процеси терапевтичного лікування організму за допомогою МП, дослідження адресного транспортування магнітних наночастинок ставлять перед такими приладами ряд вимог, які автори постаралися виконати у пропонованій конструкції. Таке рішення передбачає використовувати дані прилади як для лікування, так і для дослідних робіт.

Важливими параметрами для апаратів даного класу є, зокрема, величина вихідного сигналу, його форма, тривалість, скважність, стабільність в діапазоні частот від 0 до 100 Гц, при мінімальній споживаній апаратом потужності, масі і габаритних розмірах, а також собівартості виробів. Це визначає умови широкого впровадження апаратів в практичну медицину та їх конкурентоспроможність на ринку виробів медичної техніки.

При створенні МС - 2012 були проаналізовані та враховані як сильні сторони (універсальність) так і недоліки МС - 92М.

Основні переваги МС - 2012:

- сучасна елементна база;
- малі габарити, вага, мала споживана потужність;
- значно зменшені лінійні спотворення сигналів на виході апарату;
- використовуються польові транзистори, включені за напівмостовою схемою з кусково-поступальним накачуванням, замість біполярних транзисторів, включених за схемою емітерного повторювача (МС - 92М);
- застосовано зворотний зв'язок, що дає можливість постійного контролю і коригування вихідного сигнала.

лу щодо «еталонного» тобто записаного в пам'яті МК з урахуванням коефіцієнта підсилення;

- застосування мікроконтролера (МК) дозволяє:
- підключити МС до ПК і таким чином проводити управління системою;
- задавати сигнали і їх параметри;
- незалежно керувати каналами;
- виводити інформацію на дисплей;
- отримувати коливання будь-якої частоти, форми (скважності);

• подавати різні сигнали на канали зі зсувом по фазі (з різною фазою, частотою, амплітудою).

*Опис блок-схеми апарату.* На рис. 1 представлена блок-схема магнітостимулятора. Він складається з блока живлення (БЖ) 1, блока стабілізації (БС) 2, блока керування (БК) 3, блока підсилення і формування сигналу (БП та ФС) 4, блока індикації (БІ) 5.

Умовно блок схему можна поділити на 2 частини: аналогову і цифрову. До аналогової відноситься блок живлення та стабілізації. Цифрова відповідає за фор-

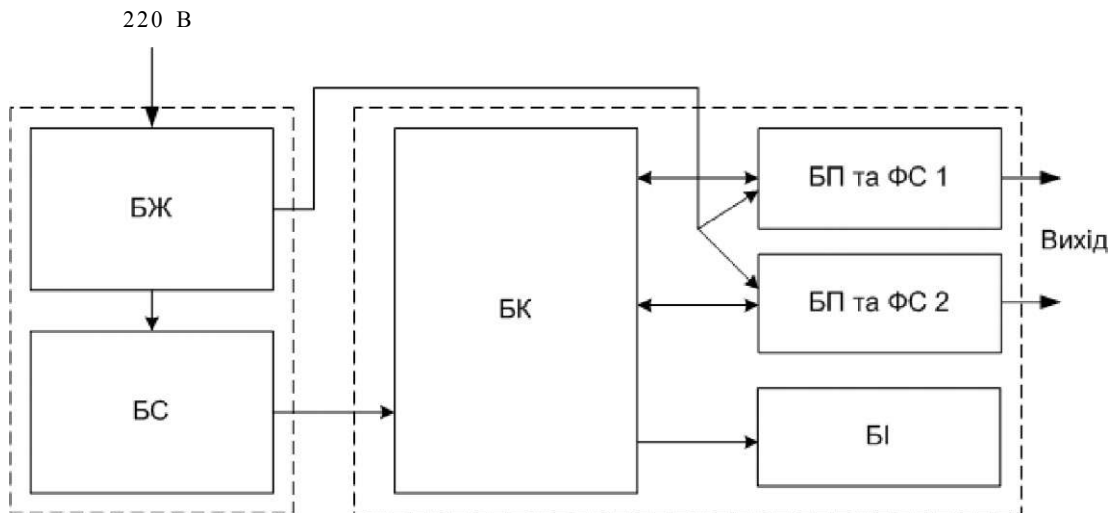


Рис. 1. Блок-схема магнітостимулятора.

мування сигналів, їх підсилення, а також установку і контроль параметрів потужності, частоти і часу.

В якості блока живлення (1) застосовується імпульсний двополярний блок з напругою живлення  $\pm 24$  Вольт. Вихідна напруга з блоку живлення подається на блок стабілізації (2), який використовується безпосередньо для стабілізації напруги, а також для отримання двох додаткових напруг  $\pm 12$  і  $\pm 5$  Вольт для живлення мікроконтролера і підсилювача.

Основною частиною блоку керування (3) є мікроконтролер, в якості якого обрано 8-розрядний мікроконтролер фірми Лішеї (ATMega16). Після подачі напруги на МК відбувається ініціалізація системного мікрокоду, а також опитування портів МК і складових частин магнітостимулятора. Якщо процедура завершилася без помилок, відбувається запуск керуючої програми, яка запропонує нам вибрати тип імпульсу, його потужність, частоту і час процедури. Для контролю та візуалізації процесу служить блок індикації (5), який представлений цифровим буквеночисловим табло. Формування і підсилення вихідного сигналу, заданого в МК, відбувається в блоці підсилення і формування сигналу (4).

На рисунку 2 представлена функціональна схема магнітостимулятора для одного каналу. На шунті І2, встановленому у вихідний каскад, вимірюється рівень струму на індукторі Ї, і потім за допомогою зворотного зв'язку з МК відбувається порівняння значення вихідного сигналу з заданим, з урахуванням необхідних коефіцієнтів. Якщо значення нижче, з МК подається сигнал на драйвер ключів, і відкривається транзистор УТ1 або УТ2 (в залежності від полярності сигналу: УТ1 - додатня складова, УТ2 - від'ємна складова) - включається ланцюг накачування, значення піднімається до необхідного рівня, ключі закриваються. Коли подається сигнал на УТ3 або УТ4 (в залежності від полярності сигналу УТ3 - додатня складова, УТ4 - від'ємна складова), то включається ланцюг утримання. Зворотний зв'язок дозволяє відстежувати форму сигналу, і таким чином, відбувається постійний контроль вихідного сигналу, що забезпечує високу точність повторення заданого імпульсу. Оскільки до апарату підключається два випромінювачі, використовується два незалежних блоки підсилення. Формування сигналу на низькій частоті відбувається за допомогою двох ланцюгів

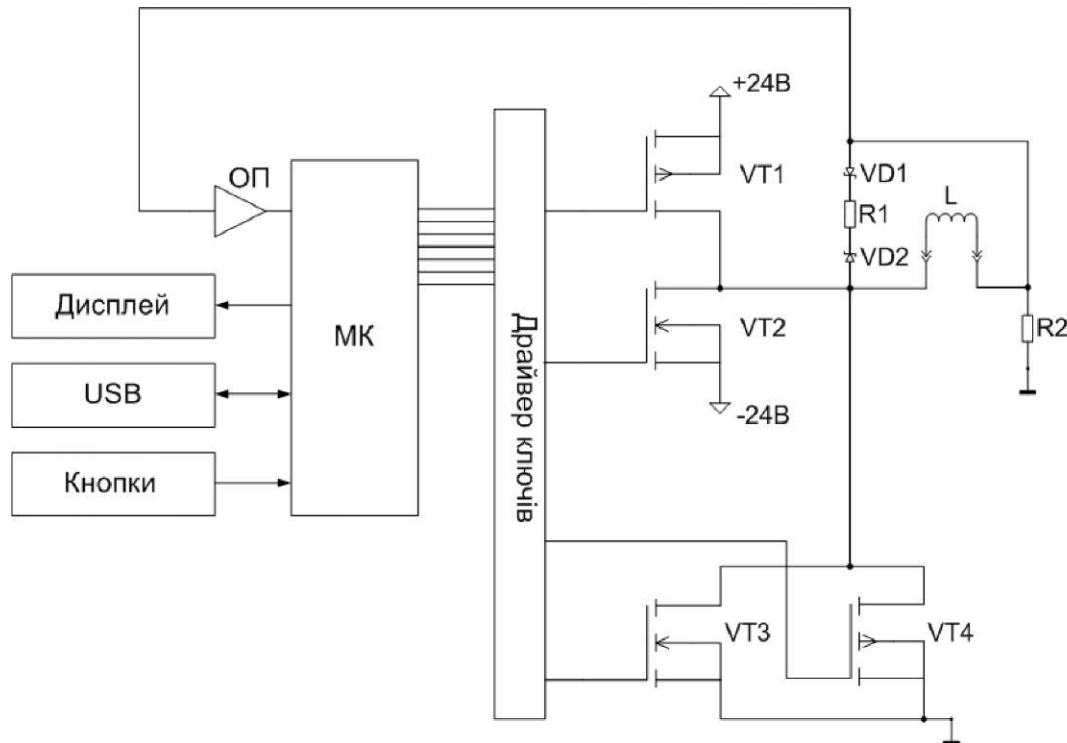


Рис. 2. Функціональна схема магнітостимулятора

накачування (УТ1, УТ2) та утримання (УТ3, УТ4). При підвищенні частоти, щоб уникнути спотворення сигналу, необхідно підключити додатково ланцюг розряду, який представлено двома зустрічно включеними стабілітронами УБ1, УБ2. Резистор Я1 в ланцюзі розряду призначений для розсіювання надлишкової потужності, накопиченої в індукторі.

Головною особливістю в схемному вирішенні при побудові МС - 2012 є використання для підсилення польових транзисторів, включених за напівмостовою схемою з кусково-поступальним накачуванням,

замість біполярних транзисторів, включених за схемою емітерного повторювача (МС - 92М), така схема дозволяє уникнути використання великих і масивних радіаторів, має високий ККД.

**Висновки.** 1. В результаті проведених досліджень та аналізу представлених на ринку апаратів для магнітної терапії були визначені сильні та слабкі їх сторони.

2. Перевагою нового приладу є стабільність вихідних параметрів, відсутність спотворень форми сигналів, малі габарити та вага. Прилад може використовуватися як для лікування, так і для дослідних робіт.

#### Література

1. Соловьева Г. Р. Магнитотерапевтическая аппаратура / Соловьева Г. Р. - М. : Медицина, 1991. - 167с.
2. Жулев В. И. Управление магнитотерапевтическим воздействием по показателю активности регуляторных систем / В. И. Жулев, О. В. Кирьяков // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. - 2001. - № 10. - С. 33-39.
3. Лобкаева Е. П. Теоретическое обоснование подбора параметров импульсного магнитного поля для достижения стойкого терапевтического эффекта / Е. П. Лобкаева // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. - 2006.

- №> 1-2. - С. 12-20.

4. Терапия электромагнитными волнами миллиметрового диапазона. Вып. 1.2 / Самосюк И.З., Чухраев Н.В., Шимков Г.Е., Бицон А.В. - К. : НМЦ Медицинские инновационные технологии, 1999. - 216 с.
5. Пат. 17912 Україна, МПК А 6 Ш 2/00. Апарат для магнітотерапії / Варченко В.Г., Зубчук В.І., Синеккоп Ю.С.; заявник і власник патенту Синеккоп Ю.С. - № 96124613; заявл. 10.12.1996; опубл. 03.06.1997, бюл. №> 0