

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ФОТОТЕРАПЕВТИЧНОЇ АПАРАТУРИ СЕРІЇ «БАРВА»
ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ РЕЖИМІВ СКАНУВАННЯ
Кіпенський А.В., Сокол Є.І., Коробов А.М.*, Король Є.І., Бізід Лассаад,
Куліченко В.В.**

Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», кафедра «Промислова і біомедична електроніка»,
Україна, 61002, г. Харків, вул. Фрунзе, 21; тел.: +38(057) 7076237, 7076937;
e-mail: korol@kpi.kharkov.ua

*НДІ лазерної біології і лазерної медицини,
Україна, 61077, г. Харків, пл. Свободи, 4; тел.: +38(057) 7548037;
тел./факс: +38(057) 7075191; e-mail: LBLM@univer.kharkov.ua

У сучасній фототерапевтичній апаратурі, що виробляється науково-виробничою медико-біологічною корпорацією «Лазер і Здоров'я» (м. Харків), в якості випромінювачів електромагнітного випромінювання (ЕМВ) оптичного діапазону (ОД) використовуються потужні напівпровідникові світлодіоди. В залежності від призначення апарата він може містити світлодіоди з однією довжиною хвилі випромінювання, чи світлодіоди, що мають випромінювання з різною довжиною хвилі. Крім того, світлодіоди можуть бути об'єднані в одну групу, або в декілька груп в залежності від довжини хвилі випромінювання чи місця розташування у апараті. Аналіз джерел інформації показав, що збільшення ефективності фототерапевтичної апаратури у теперішній час досягається завдяки забезпеченню імпульсних режимів у яких під час проведення процедури може змінюватися частота модуляції випромінювання (сканування за частотою модуляції випромінювання). Ще більш ефективними можуть бути режими опромінення при яких змінюється довжина хвилі випромінювання (сканування за довжиною хвилі випромінювання). Можливий ще один режим сканування – по зонах опромінення. Використання таких режимів у фототерапевтичній апаратурі серії «Барва» забезпечується мікропроцесорними блоками імпульсного керування, що розроблені спеціалістами Національного технічного університету «ХПІ».

Мета цієї роботи полягає в узагальненні результатів створення фототерапевтичної апаратури серії «Барва» з мікропроцесорними блоками імпульсного керування, які забезпечують різноманітні режими опромінення, а також у визначенні напрямку подальшого розширення функціональних можливостей цієї апаратури.

Сканування за частотою модуляції випромінювання використовується у апаратному комплексі для хромотерапії «Барва-Колор», в апаратах квантової терапії Коробова-Козьявкіна «Барва-ФЦ/150» и «Барва-ФК/200», а також в апараті для кольоропунктури «Барва-Рефлекс 7/2». Режими сканування в цих апаратах забезпечуються відповідно

мікропроцесорними блоками імпульсного керування МПБ-2С/80, МПБ-3С/500 та МПБ-7С/40 Р.

У апаратному комплексі для хромотерапії «Барва-Колор» у якості апаратів для впливу ЕМВ ОД використовуються фотонні матриці Коробова «Барва-Флекс» різноманітних модифікацій. Усі світлодіоди у матриці об'єднані у єдину групу незалежно від довжини хвилі ЕМВ. Мікропроцесорний блок імпульсного керування МПБ-2С/80 забезпечує роботу фотонних матриць у двох режимах сканування. В першому режимі вплив здійснюється модульованим ЕМВ з частотою модуляції, що змінюється у діапазоні від 1 до 10 Гц з дискретністю 1 Гц. У другому режимі вплив здійснюється модульованим ЕМВ з частотою модуляції, що змінюється у діапазоні від 10 до 100 Гц з дискретністю 10 Гц. Слід зауважити, що в обох режимах частота модуляції змінюється за пилкоподібним законом з періодом сканування 60 с. При цьому тривалість впливу ЕМВ з кожною частотою модуляції складає 6 с. Шпаруватість імпульсів, що використовуються для модуляції ЕМВ, при будь-якому значенні частоти модуляції залишається незмінною і дорівнює 2.

Апарати квантової терапії Коробова-Козьявкіна «Барва-ФЦ/150» і «Барва-ФК/200» являють собою камери з направленими усередину матрицями з світлодіодами та призначені для опромінення кінцівок пацієнтів ЕМВ інфрачервоного і червоного або синього спектрів (в залежності від модифікації). Всі світлодіоди в апаратах об'єднані в одну групу. Режими сканування в цих апаратах, аналогічні режимам апаратного комплексу для хромотерапії «Барва-Колор», але забезпечуються вони мікропроцесорним блоком імпульсного керування МПБ-3С/500.

У апараті для кольоропунктури «Барва-Рефлекс 7/2» з метою одночасного впливу ЕМВ на дві біологічно активні точки використовується два випромінювача (по одному світлодіоду у кожному) з однаковою довжиною хвилі. При цьому світлодіоди обох випромінювачів об'єднані в одну групу. Мікропроцесорний блок імпульсного керування МПБ-7С/40 Р забезпечує роботу випромінювачів у трьох режимах сканування. У першому режимі частота модуляції змінюється від 0,1 до 1 Гц з дискретністю 0,1 Гц, у другому режимі частота змінюється від 1 до 10 Гц з дискретністю 1 Гц, у третьому режимі – від 10 до 100 Гц з дискретністю 10 Гц. Принциповою відмінною рисою режимів сканування за частотою модуляції ЕМВ у апараті для кольоропунктури від режимів сканування у апаратах, що розглянуті вище, є те, що тривалість впливу ЕМВ з кожною частотою модуляції складає 2 періоди в першому режимі, 20 періодів у другому режимі і 200 періодів – у третьому. При цьому період сканування не залежить від режиму та завжди дорівнює 58,58 с. Шпаруватість імпульсів, що використовуються для модуляції ЕМВ, як і у попередніх випадках дорівнює 2.

Сканування за довжиною хвилі випромінювання знайшло своє застосування у багатофункціональному апаратному комплексі для фототерапії «Барва-Терапевт», основним апаратом якого є фотонний поліхромний масажер Коробова «Барва-ФМК/ПХ», у фотонному випромінювачі Коробова для циркулярного душу та у фотонних поліхромних матрицях Коробова. Для забезпечення режимів сканування вказаних апаратів було розроблено цілий ряд мікропроцесорних блоків імпульсного керування МПБ-5С/20, МПБ-4/750, МПБ-5С/800 і МПБ-5С/2000.

У фотонному масажері «Барва-ФМК/ПХ» випромінююча система складається з 25 світлодіодів, що поділені на п'ять груп (по 5 діодів) за довжиною хвилі максимуму випромінювання: 470 нм (синій спектр), 525 нм (зелений спектр), 595 нм (жовтий спектр), 650 нм (червоний спектр) та 940 нм (інфрачервоний (ІЧ) спектр). Режим сканування у масажері забезпечується шляхом почергового включення груп світлодіодів з різною довжиною хвилі випромінювання, починаючи з мінімальної (синій спектр) і скінчуючи максимальною (ІЧ спектр). При цьому тривалість впливу ЕМВ кожної з груп світлодіодів на протязі одного періоду сканування дорівнює 0,2 с, а сам період сканування відповідно складає 1 с.

У фотонному випромінювачі Коробова для циркулярного душу світлодіоди системи випромінювання поділені на чотири рівні за кількістю діодів групи за довжиною хвилі максимуму випромінювання: 470 нм (синій спектр), 525 нм (зелений спектр), 595 нм (жовтий спектр), 650 нм (червоний спектр). Режим сканування у випромінювачі забезпечується, як і у попередньому випадку, шляхом почергового включення груп світлодіодів з різною довжиною хвилі випромінювання, починаючи з мінімальної (синій спектр) і скінчуючи максимальною (червоний спектр). Слід зауважити, що у мікропроцесорному блоці імпульсного керування МПБ-4/750 передбачена можливість змінювати частоту сканування в діапазоні від 1 до 9 Гц з дискретністю 1 Гц. При цьому тривалість опромінення ЕМВ кожної з груп світлодіодів на протязі одного періоду буде складати $\frac{1}{4}$ періоду сканування.

У фотонних поліхромних матрицях Коробова незалежно від модифікації світлодіоди розділені на п'ять груп за довжиною хвилі максимуму випромінювання: 470 нм (синій спектр), 525 нм (зелений спектр), 595 нм (жовтий спектр), 650 нм (червоний спектр) та 940 нм (інфрачервоний (ІЧ) спектр). Мікропроцесорні блоки імпульсного керування МПБ-5С/800 і МПБ-5С/2000, що відрізняються потужністю, забезпечують роботу фотонних поліхромних матриць в двох режимах сканування шляхом почергового включення груп світлодіодів з різною довжиною хвилі випромінювання, починаючи з мінімальної (синій спектр) і скінчуючи максимальною (ІЧ спектр). При цьому у першому режимі період сканування складає 1 с, а у другому – 5 с.

Сканування по зонах опромінення було використано у фототерапевтичному апаратному комплексі для гінекології «Барва-Гінеколог». У комплексі основним апаратом для впливу ЕМВ ОД є універсальний фотонний гінекологічний зонд Коробова А. – Коробова В. «Барва-ГІН/30». Випромінююча система, що розташована зсередини зонду, складається з бокового випромінювача, який має шість груп по 12 світлодіодів, що рівномірно розподілені по колу вздовж циліндра, та торцевого випромінювача – одна група з 6 світлодіодів. Режим сканування у зонді забезпечується інтелектуальним мікропроцесорним модулем ІМППМ-7/40 Г. Суть режиму сканування полягає у тому, що групи світлодіодів бокового випромінювача вмикаються по черзі, створюючи ефект обертання системи випромінювання. При цьому частота сканування (величина, що є оберненою терміну одного оберту) регулюється у діапазоні від 1 до 99 Гц з дискретністю 1 Гц. Слід зауважити, що середня потужність опромінення зонду у цьому режимі буде складати лише 16,67 % від максимального значення (390 мВт).

Аналіз варіантів сканування, що використовуються у фототерапевтичній апаратурі серії «БАРВА», дозволяє зробити наступні висновки:

- сканування за частотою модуляції ЕМВ в усіх розглянутих апаратах завжди здійснюється шляхом змінення цієї частоти від деякого мінімального до деякого максимального значення. Такий підхід декілька обмежує застосування режимів сканування, а отже й самої фототерапевтичної апаратури. Розширення функціональних можливостей такої апаратури може бути досягнуто за рахунок використання різноманітних законів змінення частоти модуляції: зростання, зменшення, зростання та наступне зменшення за один період сканування. Наявність таких режимів сканування без сумнівів суттєво розширить галузь застосування апаратури, оскільки кожний з цих режимів має особливий терапевтичний ефект;

- при опроміненні з використанням режимів сканування за довжиною хвилі випромінювання доцільним в деяких випадках є нерівномірне розподілення періоду сканування для впливу ЕМВ з різною довжиною хвилі. Це дозволить підвищити направленість терапевтичного впливу для досягнення потрібного ефекту (збудження, нормалізація або гальмування). Корисним може бути й одночасний вплив ЕМВ з різною довжиною хвилі та періодичним зміненням потужності випромінювань з деяким фазовим зсувом;

- підвищення потужності випромінювання універсального фотонного гінекологічного зонду «Барва-ГІН/30» в режимі сканування до 33,33 % (від максимального значення) може бути досягнуто за рахунок одночасного вмикання двох діаметрально розташованих груп світлодіодів бокового випромінювача (1 та 4; 2 та 5; 3 та 6), або за рахунок одночасного

вмикання двох сусідніх груп світлодіодів (1-2; 2-3; 3-4; 4-5; 5-6; 6-1). Ще більшу потужність (50 % від максимального значення) можна забезпечити шляхом одночасного вмикання трьох сусідніх груп світлодіодів (1-2-3; 2-3-4; 3-4-5; 4-5-6; 5-6-1; 6-1-2). Такий підхід повністю забезпечить ефект сканування по зонах опромінення при підвищенні середнього значення потужності випромінювання фотонного зонду.

Наприкінці слід зауважити, що оскільки усі блоки керування розроблені з використанням нової концепції мікропроцесорного імпульсного керування і теорії цифро-імпульсних та імпульсно-цифрових перетворювань, то розширення їх функціональних можливостей за рахунок нових режимів сканування можливо шляхом удосконалення програмно-математичного забезпечення без зміни апаратної частини або з несуттєвими її змінами.