



**Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет енергетики, робототехніки та комп'ютерних
технологій**

**Кафедра електромеханіки, робототехніки, біомедичної
інженерії та електротехніки**

СИСТЕМИ БІОМЕДИЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ БІООБ'ЄКТІВ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ
ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ на тему:**

**«ВИКОРИСТАННЯ АПАРАТІВ ДЛЯ ФРАНКЛІНІЗАЦІЇ, УВЧ ТА
АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ НА ОРГАНІЗМ
ЛЮДИНИ»**

для студентів першого рівня вищої освіти «бакалавр»
спеціальності 163 «Біомедична інженерія»
освітньо-професійної програми «Біомедична інженерія» денної або заочної
форми навчання

ЗАТВЕРДЖЕНО
рішенням Науково-методичної
ради факультету енергетики, робототехніки
та комп'ютерних технологій
Протокол №1 від 31 жовтня 2023 р.

Харків, 2024

УДК 538.8(075.8)

Схвалено на засіданні кафедри ЕРБМІЕ
Протокол №2 від 31 вересня 2023 р.

Системи біомедичної реабілітації біооб'єктів: Методичні вказівки до виконання практичної роботи на тему: «ВИКОРИСТАННЯ АПАРАТІВ ДЛЯ ФРАНКЛІНІЗАЦІЇ, УВЧ ТА АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ». Для студентів першого рівня вищої освіти «БАКАЛАВР», спеціальності 163 «Біомедична інженерія», освітньо-професійної програми «Біомедична інженерія» денної або заочної форми навчання / уклад. Косуліна Н. Г., Чорна М. О., Шигимага В. О., Сухін В. В., Ляшекно Г. А., Коршунов К. С. – Харків: ДБТУ, 2024. – 53 с.

Методичні вказівки підготовлено згідно з навчальною програмою дисципліни «Системи біомедичної реабілітації біооб'єктів». Систематизовано матеріал для практичної роботи. Приведені загальні відомості щодо електричного поля і його характеристик. Розглянуто лікувальне застосування електричного поля: франклінізація, інфітатерапія, ультрависокочастотна терапія. Представлено конструкцію та роботу приладів.

Рецензенти:

Мороз О. М. – доктор технічних наук проф., професор кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту Державного біотехнологічного університету;

Аврунін О. Г. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри біомедичної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки.

© ДБТУ 2024 рік

© Косуліна Н. Г., Чорна М. О., Шигимага В. О., Сухін В. В., Ляшекно Г. А., Коршунов К. С. 2024 рік

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ І ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	7
1. Відомості об електричному полі.....	7
1.2. Електричне поле. Напруженість електричного поля. Принцип суперпозиції. Електричний диполь.....	8
1.3. Взаємодія зарядів. Закон Кулона.....	12
РОЗДІЛ 2. ЛІКУВАЛЬНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ.....	14
2.1. Франклінізація.....	14
2.2. Інфітатерапія	16
2.3 Ультрависокочастотна терапія.....	17
РОЗДІЛ 3. ПРИКЛАДНА ЧАСТИНА УВЧ ТЕРАПІЇ. ПРИЛАДИ.....	23
3.1. Біофізичні основи застосування високочастотних ЕМП в лікувальних цілях.....	23
3.2. Ультрависокочастотний апарат УВЧ-30.....	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	48
ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ.....	51
КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ.....	52

ВСТУП

1. Метод УВЧ-терапії: визначення, біологічна дія і показання для лікування

Ультракороткохвильова (ультрависокочастотна – УВЧ) терапія – це найбільш поширений фізіотерапевтичний метод, у якому використовується вплив ультрависокочастотного електромагнітного поля на тканини організму хворого, який перебуває в міжелектродному просторі. У клінічній практиці використовують стаціонарні й переносні апарати УВЧ.

Біологічна дія УВЧ проявляється по-різному. При слабких дозах помічаються активізація каталізаторів ферментів, збільшення кількості альбумінів за рахунок зменшення кількості глобулінів, розширення судин, поліпшення живлення тканин. Багаторазові процедури у стимулюючих дозах викликають посилення еритропоезу, підвищення фагоцитозу та імунобіологічних властивостей організму.

Цей спосіб електротерапії здійснює протизапальну, розсмоктуючу і болезаспокійливу дію.

Показання для застосування УВЧ-терапії: гострі запальні процеси в органах і системах; травми спинного мозку і периферійних нервів; радикуліт; поліомієліт; енцефаліт; мієліт у періоди підгострого та хронічного перебігу, хвороба Рейно; облітеруючий ендартеріт, гострі і підгострі запалення матки і придатків.

Протипоказання: злоякісні новоутворення, системні захворювання крові, серцева недостатність II-III ступеня; аневризма аорти; гіпотонія; схильність до кровотеч; інфаркт міокарда; туберкульоз легень в активній формі.

2. Фізичні та електричні аспекти впливу електричного поля ультрависокої частоти на біологічні тканини

Ультрависокочастотна терапія полягає у впливі на певні ділянки тіла хворого змінним безперервним або імпульсним електричним полем ультрависокої частоти. До УВЧ відносять електромагнітні коливання 30 – 300 МГц, що відповідає довжинам хвиль від 10 до 1 м (ультракороткі хвилі).

Для проведення лікування електричним полем УВЧ ділянку тіла, яка підлягає впливу, поміщають в електричне поле конденсатора, тобто між двома ізольованими металевими пластинами, до яких підводиться змінна напруга, яка генерується в апараті. Таким чином, між тілом пацієнта і електродами апарату немає прямого контакту, а величина зазору визначає розподіл енергії,

яка поглинається тілом. При малому зазорі (0,5 см) велика частина енергії поглинається поверхневими шарами тканин, що знаходяться безпосередньо поблизу конденсаторних пластин. При великих зазорах (3 см) значна частина енергії розсіюється у навколишній простір, але частина, що залишилася, більш-менш рівномірно поглинається всієї товщею тканин.

Основним і єдиним чинником, що діє у цьому методі на організм, є змінне електричне поле, що являє собою особливу форму матерії, за допомогою якої здійснюється взаємодія між електрично зарядженими частинками. Отже, якщо помістити будь-яку ділянку тіла в електричне поле, наприклад, між двома різнойменно зарядженими пластинами, то воно буде впливати на електрично заряджені частинки тіла (іони). Цей вплив полягає у тому, що іони переміщуються у бік протилежно заряджених пластин, утворюючи струм провідності. Дипольні частинки тіла під впливом поля змінюють положення, орієнтуючись своїми зарядами до протилежно заряджених пластин. Діелектрики, що не володіють структурним диполем, тимчасово набувають його – поляризуються.

При зміні напрямку електричного поля перераховані процеси будуть відбуватися у зворотному напрямку.

Під час УВЧ-впливу у тканинах тіла, поряд з втратами за рахунок іонної провідності, відбуваються діелектричні втрати за рахунок орієнтаційних коливань дипольних білкових молекул. Зміни у клітинних і молекулярних структурах тканин під впливом електричного поля УВЧ обумовлюють, крім теплової, «специфічну» дію поля.

У зв'язку з цим УВЧ-терапію проводять не тільки у тепловому (тобто при чіткому відчутті хворим тепла), але і слаботепловому і навіть нетепловому дозуванні.

Розподіл тепла між поверхневими і глибоко розташованими тканинами тіла хворого при УВЧ-терапії надзвичайно сприятливий для лікування. У зв'язку із збільшенням у десятки разів частоти коливань зменшується ємкісний опір тканин і, відповідно, збільшується реактивна (ємкісна) частина високочастотного струму, який проходить через них.

Цим пояснюється відносне зменшення нагрівання поверхневих прошарків тканин, які мають меншу провідність, у порівнянні із тими, які глибоко розташовані. Збільшення частки ємкісної складової струму, що проходить через підшкірний жировий шар, не нагріває його і призводить до зменшення активної складової струму, що викликає нагрівання тканини.

Аналогічно високочастотний струм проходить у вигляді ємкісного струму через шари жирової тканини, що оточують окремі органи, а також через кісткову тканину у кістковий мозок. Таким чином, при УВЧ-терапії забезпечується надзвичайно ефективний вплив на внутрішні тканини й органи.

Важливою перевагою УВЧ-терапії є можливість проводити процедури із зазорами між електродами і поверхнею тіла. Наявність зазорів дозволяє значно зменшити небажаний нагрів поверхневих тканин у зв'язку із тим, що простір поблизу електродів, у якому концентрація силових ліній поля найбільша, розташовується при цьому поза тілом хворого. Вельми істотною є також

зручність проведення процедури УВЧ-терапії, коли не потрібно забезпечувати контакт між електродом і тілом пацієнта.

Імпульсна УВЧ-терапія. За останні роки в практику фізіотерапії входить метод впливу на організм електричним полем УВЧ в імпульсному режимі, який має назву імпульсної УВЧ-терапії. При імпульсній УВЧ-терапії електричне поле має імпульсний характер. Генерація височастотних коливань відбувається протягом декількох мікросекунд, після чого виникає пауза, яка у тисячу разів перевищує тривалість самого імпульсу. Напряга поля між електродами за час дії імпульсу досягає декількох тисяч вольт на метр, що в 6...7 разів більше, ніж при безперервному режимі. Оскільки потужність коливань пропорційна квадрату напруженості поля, то апарати для імпульсної УВЧ-терапії мають потужність в імпульсі до 15000 Вт, що у 40 разів більше потужності, яка може створюватися апаратами для безперервної УВЧ-терапії. Середня потужність імпульсних коливань у тисячу разів менше, ніж потужність в імпульсі і не перевищує 15 Вт.

3. Практика проведення УВЧ-терапії

Конденсаторні електроди, які застосовують для УВЧ-терапії, мають металеву круглу або прямокутну пластину, циліндр або провідник іншої форми, які ізолювані з усіх боків для захисту від опіків, які можуть мати місце при їх торканні.

Електроди зазвичай мають жорстку конструкцію і зміцнюються на кінцях електротримачів апарату. Найбільш часто застосовуються жорсткі електроди з круглою пластиною різного діаметру.

Використовуються також жорсткі конденсаторні електроди спеціального призначення:

вагінальний – у вигляді металевого стержня, вміщеного всередині пластмасового або скляного циліндричного кожуха;

пахвовий – має ізолюючий корпус у вигляді трикутної призми з увігнутою сферичною поверхнею для впливу на фурункули тощо.

Крім жорстких, знаходять застосування гнучкі електроди, виготовлені із запресованої у гуму металеві фольги або сітки. Для збільшення зазору між тілом і гнучким електродом під нього підкладається одна або кілька прокладок з перфорованого фетру. Гнучкий електрод і прокладки або фіксуються вагою тіла хворого, або закріплюються на тілі еластичним гумовим бинтом.

Дозування при УВЧ-терапії ґрунтується на відчуттях тепла пацієнтом. Для орієнтування медичного персоналу, особливо важливого при порушеннях теплової чутливості, багато апаратів для УВЧ-терапії мають прилад, що вимірює анодний струм генераторних ламп.

Прилад, показання якого можуть використовуватися тільки для оцінки відносної величини потужності і для відтворення однакових за умовами (електроди, зазори і ін) процедур, є також індикатором настройки у резонанс вихідного контуру апарату.

Оскільки мимовільні рухи хворого можуть призвести до розлаштування вихідного контуру і суттєво зменшити вихідну потужність, необхідно у процесі проведення процедури періодично підлаштовувати його за допомогою пристрою, який виведено на панель управління апарату. У деяких пересувних апаратах підстроювання проводиться автоматично без участі обслуговуючого персоналу.

Контроль налаштування може здійснюватися також за максимальним блиском неонові лампи на ізольованому руків'ї, яку підносять до електродів або до їх дротів. Слід стежити за тим, щоб не торкатися при цьому рукою дротів або електродів, в іншому випадку після відведення руки контур виявиться розлаштованим.

Металеві предмети в електричному полі УВЧ не нагріваються, проте близько них, особливо при наявності гострих країв і виступів, відбувається концентрація силових ліній поля, і, як наслідок цього, можуть мати місце місцеві перегріву і навіть опіки. З цієї причини сидіння або ліжко для хворого при проведенні процедур УВЧ-терапії не повинні мати металевих частин, а кільця, шпильки, голки та інші металеві предмети, що знаходяться у хворого, повинні бути вилучені, якщо вони розташовані близько до області дії.

Особливої обережності слід дотримуватися, якщо у пацієнта є зубні протези, а також металеві осколки, шрапнель, що залишилися в організмі після поранень або травм. Вологий одяг і його складки також можуть викликати місцеві перегріву, тому бажано одяг перед процедурою знімати, а вологу шкіру осушити.

Пацієнт повинен розташуватися зручно, щоб зберегти прийняте положення до кінця процедури.

З'єднувальні дроти не повинні торкатися тіла і один одного. Фіксація положення дротів здійснюється за допомогою фіксаторів із високочастотного діелектрика, які закріплюються на електротримачах, і гребінок, що вставляються поміж дротами.

Для регулювання високочастотної потужності слід користуватися ступінчастим перемикачем на панелі апарату. Абсолютно неприпустимо розлаштовувати для цієї мети вихідний контур, тому що при випадковому русі хворого потужність може раптово збільшитися та перевищити допустиму для даної процедури величину.

Висновок

УВЧ-терапія являє собою вплив на тканини тіла хворого електричним полем ультрависокої частоти.

Електричне поле створюється за допомогою двох конденсаторних електродів, з'єднаних дротами з генератором УВЧ коливань.

Для УВЧ-терапії частина тіла розміщується між електродами або, при внутрішньопорожнинних впливах, один з електродів вводиться у відповідну порожнину організму, а другий - розташовується біля поверхні тіла.

РОЗДІЛ 1. ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ І ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

1.1. Відомості об електричному полі

Заряди взаємодіють не тільки при зіткненні наелектризованих тіл, але й тоді, коли ці тіла перебувають на відстані один від одного. Вид матерії, за допомогою якої здійснюється взаємодія електричних зарядів на відстані, називається *електричним полем*.

Електричне поле завжди існує навколо електричного заряду і має дві характеристики: силову (напруженість електричного поля в даній точці) та енергетичну (потенціал електричного поля в даній точці).

Напруженість E електричного поля в якій-небудь точці вимірюється силою F , з якою поле діє на одиничний позитивний точковий заряд q , вміщений у цю точку поля:

$$E = F/q.$$

Напруженість електричного поля – векторна величина. Напрямок вектору напруженості збігається з напрямком вектору сили F , що діє в даній точці на позитивний заряд.

Потенціалом електричного поля в даній точці називається величина, яка чисельно дорівнює значенню потенційної енергії одиничного позитивного точкового заряду, вміщеного в цій точці.

Потенціали точок електричного поля позитивно зарядженого тіла позитивні й зменшуються у міру віддалення від тіла, а потенціали точок електричного поля негативно зарядженого тіла негативні й збільшуються при віддаленні від тіла.

Потенціал наелектризованого провідника стає тим більшим, чим більше електрики йому передається.

Якщо електричне поле створюється декількома зарядами, розташованими в різних точках простору, то потенціал в кожній точці поля дорівнює алгебраїчній сумі потенціалів полів усіх зарядів у цій точці.

Різниця потенціалів ($\varphi_1 - \varphi_2$) між двома точками електричного поля одержала назву *напруги* (U). Напруга чисельно дорівнює роботі A , яку виконують електричні сили при переміщенні одиничного позитивного заряду q між двома точками:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = A/q.$$

У системі СІ за одиницю різниці потенціалів (одиницю напруги) приймається один вольт (1 В) – різниця потенціалів між двома точками

електричного поля, за якої сили поля, переміщуючи один кулон електрики з однієї точки в іншу, виконують роботу в один джоуль. Якщо електричне поле однорідне, тобто напруженість у всіх точках поля постійна по величині й напрямку, то між напруженістю поля і різницею потенціалів існує взаємозв'язок:

$$E = - U/L,$$

де L – довжина силової лінії однорідного електричного поля.

У системі СІ напруженість електричного поля вимірюється в одиницях вольт/метр (В/м). 1 В/м – це напруженість такого однорідного електричного поля, в якого різниця потенціалів на кінцях силової лінії завдовжки в 1 м дорівнює 1 В.

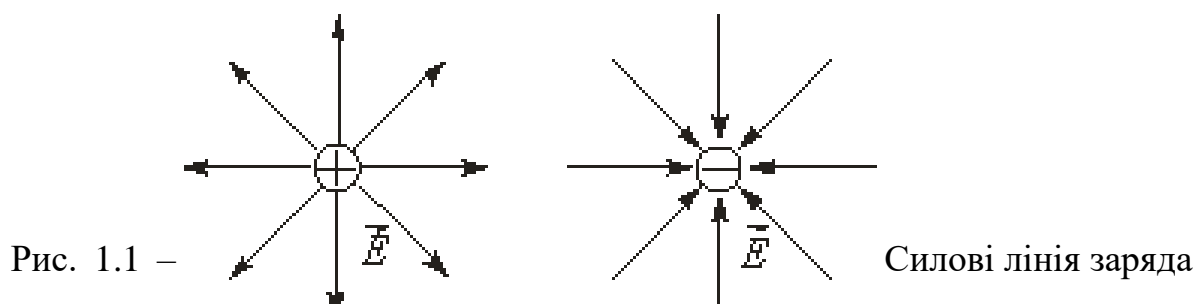
1.2. Електричне поле. Напруженість електричного поля. Принцип суперпозиції. Електричний диполь

Силовою характеристикою електричного поля є фізична величина, яка називається напруженістю. Поле, яке існує навколо електричних зарядів досліджують з допомогою пробного заряду. Під пробним зарядом розуміють малий додатній заряд, який своїм полем не може спотворювати досліджуване поле, отже це уявний заряд, власне електричне поле якого досить слабе порівняно з досліджуваним.

Напруженість електричного поля у будь-якій точці поля – це відношення сили, що діє на пробний заряд до величини цього заряду:
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}.$$
 Звідси слідує, що коли пробний заряд q_0 внести в електричне поле напруженістю \vec{E} , то на нього буде діяти сила, величиною $F = q_0 \cdot E$.

Остання формула справедлива для обрахування сили, що діє з боку поля на довільний електричний заряд. При цьому вектори \vec{E} та \vec{F} збігаються за напрямком, коли $q > 0$ та мають протилежні напрямки, якщо $q < 0$.

За одиницю напруженості в СІ взято напруженість у такій точці поля, де на пробний заряд величиною в 1 Кл діє сила в 1 Н, тобто $[E] = [1 \text{ Н/Кл}]$.



Враховуючи із закону Кулона, що:

$$\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{r},$$

напруженість електричного поля навколо точкового заряду q на довільній відстані r від нього можна розрахувати як:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = k \frac{q q_0}{\epsilon r^2 q_0} \cdot \frac{\vec{r}}{r} = k \frac{q}{\epsilon r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}.$$

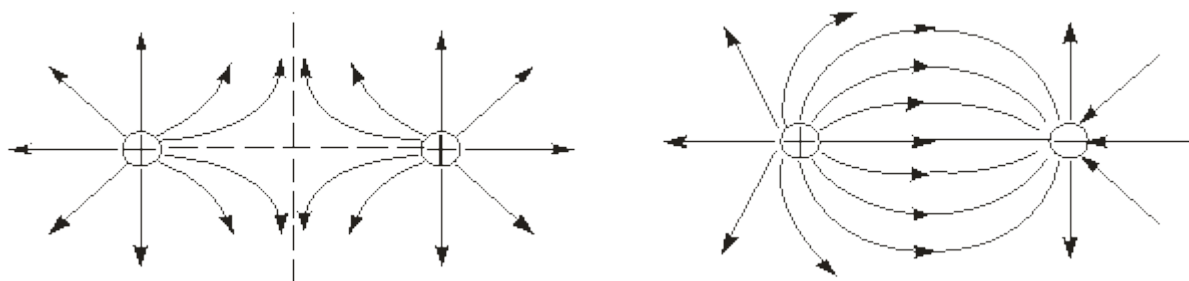


Рис. 1.2 – Напруженість електричного поля навколо точкового заряду

Для графічного зображення електричних полів користуються методом ліній напруженості – це криві, проведені в електричному полі, дотичні до яких в кожній точці збігаються з напрямком вектора напруженості. Лініям напруженості приписують напрямок, що збігається з напрямком вектора напруженості \vec{E} . Вважають, що лінії напруженості завжди починаються на поверхні позитивного заряду і закінчуються на поверхні негативного – вони є незамкнутими лініями. Якщо \vec{E} у всіх точках поля мають однакове значення і напрямком, при цьому лінії напруженості мають рівну густину та паралельні між собою, то поле називають *однорідним*. Прикладом такого поля може бути

електричне поле в зазорі між пластинами конденсатора, хоча вже на краях пластин це поле – неоднорідне (рис. 1.3). Прикладом неоднорідних полів є й поля навколо точкових зарядів.

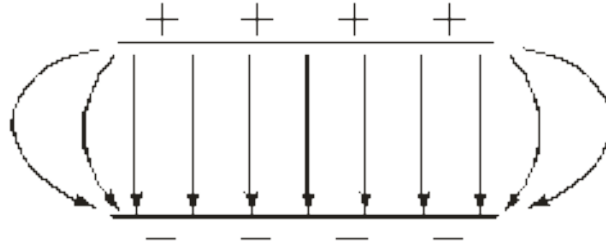


Рис.1.3 – Електричне поле в зазорі між пластинами конденсатора

Якщо існує сукупність нерухомих точкових зарядів q_1, q_2, \dots, q_n , то кожне з цих тіл, по-перше пов'язане із власним електричним полем незалежно від наявності інших тіл, по-друге – ці поля накладаються. Якщо в таке поле внести пробний заряд q_0 , то на нього діятиме деяка сумарна сила:

$$\sum_i \vec{F}_i = q_0 \cdot \sum_i \vec{E}_i,$$

де $\sum_i \vec{E}_i$ – напруженість результуючого електричного поля системи точкових зарядів, яка визначається як векторна сума напруженостей полів окремих заряджених тіл.

Отже, результуюче поле можна знайти простим накладанням (суперпозицією) електричних полів окремих зарядів. Цей висновок підтверджується експериментально і називається принципом незалежності дії електричних полів, або принципом суперпозиції.

Електричний диполь – це система із двох точкових тіл, заряди яких однакові за величиною, але протилежні за знаком: $+q$ та $-q$, розміщені на малій відстані l , порівняно з відстанями до точок поля, в яких визначається напруженість (рис. 1.4).

Місця розташування зарядів – це *полюси диполя*. Лінія, яка проходить через полюси, називається *віссю диполя*. Вектор l напрямлений вздовж осі диполя від негативно зарядженого до позитивного, чисельно дорівнює відстані між ними і називається *плечем диполя*. Добуток абсолютної величини заряду полюса на плече називається *моментом диполя* – p , отже:

$$\vec{p} = q \cdot \vec{l}.$$

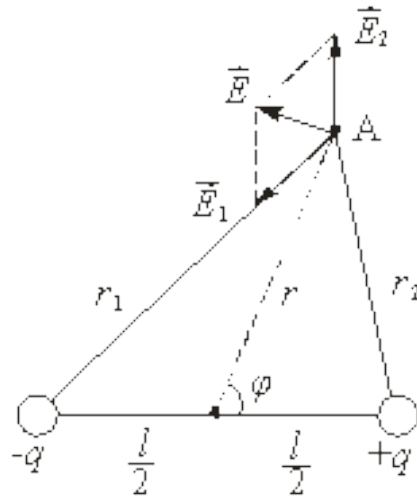


Рис. 1.4 – Напруженість електричного поля диполя

Напруженість електричного поля диполя у довільній точці А (рис. 1.4) визначають зазначеним принципом суперпозиції.

У загальному вигляді:

$$\vec{E} = \frac{\vec{p}}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^3} \sqrt{1 + \cos^2 \varphi}$$

Вдалині від диполя, тобто коли $r \gg l$ вираз спрощується і набуває вигляду:

$$\vec{E} = \frac{\vec{p}}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^3}$$

(оскільки $\varphi \rightarrow \frac{\pi}{2}$).

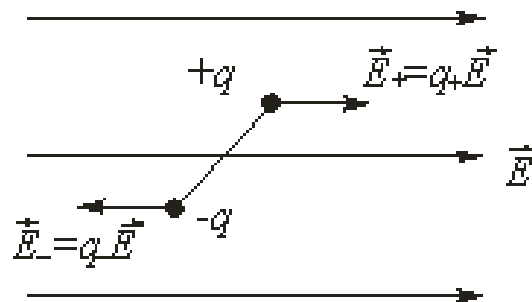


Рис. 1.5 – Диполь в однорідному електричному полі

Якщо диполь помістити в однорідне електричне поле (рис. 1.5), напруженості \vec{E} , то сили, які діють на нього спричиняють обертальний момент, величина якого відносно середини диполя:

$$M = qE \frac{l}{2} \sin \Theta + qE \frac{l}{2} \sin \Theta = pE \sin \Theta,$$

або $\vec{M} = [\vec{p}, \vec{E}]$, тобто в результаті диполь намагається розвернутись так, щоб $\vec{p} \parallel \vec{E}$.

1.3. Взаємодія зарядів. Закон Кулона

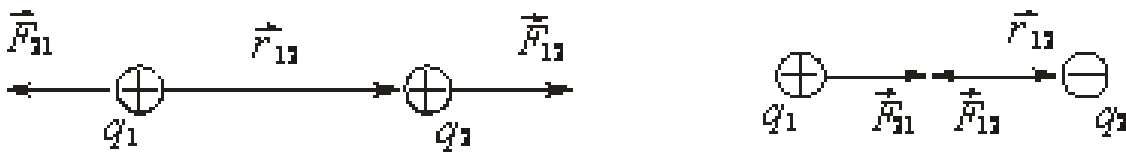


Рис. 1.6 – Взаємодія зарядів. Закон Кулона

Перший кількісний закон взаємодій між електрично-зарядженими тілами встановлено Шарлем Кулоном у 1780 році. Цей закон справедливий для точкових заряджених тіл. Кулон скористався крутильними терезами, спираючись при цьому на геніальну здогадку, що при контакті зарядженої кульки з незарядженою – заряд між ними розподілиться порівну. Таким чином Кулону вдалось легко поділити початковий заряд на нерухомій кульці в 2, 4, 8, 16 і т.д. разів.

Вимірюючи величину сили взаємодії між зарядами за кутом закручування пружної дротини, Ш. Кулон встановив кількісний закон: *сили взаємодії двох точкових заряджених тіл прямо пропорційні добутковій величині їх зарядів, обернено пропорційні квадратів відстані між зарядами, залежать від природи середовища та напрямлені вздовж лінії центрів тіл:*

$$\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{r},$$

де, k – коефіцієнт пропорційності, який залежить від вибору системи одиниць вимірювання та для системи СІ дорівнює:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{Н \cdot м^2}{Кл^2}$$

(де ϵ_0 – має зміст діелектричної проникності вакууму, має розмірність $[\epsilon_0] = [Кл^2 / (Н \cdot м^2)]$);

\vec{r}_{12}

\vec{r} – одиничний вектор, напрямлений вздовж вектору \vec{r}_{12} ;

ϵ – відносна діелектрична проникність середовища (це число, яке показує у скільки разів сила взаємодії двох точкових зарядів у даному середовищі менша, ніж у вакуумі).

Одиницею заряду в системі СІ є 1 Кл – це кількість електрики, що переноситься зарядженими частинками через переріз провідника за одну секунду при силі струму в 1 А, тобто $[1 Кл] = [1 А \cdot 1 с]$.

Найпростіші заряджені тіла: модель точкового та неперервно-розподіленого зарядів.

Точковий заряд – це ідеалізація, якщо дослівно – це точка, яка несе заряд. В теорії використовують електрики та магнетизму використовують поняття точкового зарядженого тіла. Під точковим зарядженим тілом розуміють тіла, розміри яких досить малі порівняно з відстанями між ними.

Зрозуміло, що величина точкового заряду завжди кратна елементарному заряду.

Реальні об'ємні тіла можуть мати:

- рівномірно розподілений заряд;
- нерівномірно розподілений заряд.

Найпростіші типи тіл з рівномірно-розподіленим зарядом, які розглядає електростатика – це прямолінійний провідник, в якого радіус значно менший його довжини, або взагалі це нескінченно довгий провідник. В цьому випадку його описують як тіло з рівномірно розподіленим лінійним зарядом. Якщо лінійна густина заряду дорівнює λ , то повний заряд такого тіла розраховують за формулою:

$$Q = \lambda \cdot l,$$

де l – довжина провідника.

Прикладом іншого відносно простого зарядженого тіла є рівномірно заряджена площина з поверхневою густиною σ . У цьому випадку, величина заряду площини розраховується:

$$Q = \sigma \cdot s,$$

де s – площа поверхні.

РОЗДІЛ 2. ЛІКУВАЛЬНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ

Електричне поле – матерія, за допомогою якої здійснюється силовий вплив на електричні заряди в цьому полі. Силовою характеристикою поля є напруга – відношення сили, що діє на точковий заряд, до цього заряду. Електричне поле виникає тільки за наявності електричного струму. В фізіотерапії використовується постійний струм напругою декілька десятків тисяч вольт и силою 1 мА від статичної машини з двома кондукторами з позитивним та негативним електрикою.

В даному випадку діючим фактором є постійне електричне поле. При зрівнянні потенціалів кондукторів з'являється тихий розряд – потік електричної енергії, який використовується при франклінізації. Змінний струм високої або ультрависокої напруги з періодичною зміною його напрямку впливає на організм пацієнта змінним електричним полем. Для його отримання використовується коливальний контур, у склад якого входить конденсатор та котушка індуктивності.

2.1. Франклінізація

Франклінізація – лікувальне застосування впливів постійним електричним полем високого напруження. У 1882 р. Дж. Вімшурст винайшов електростатичну машину і поклав початок лікувальному використанню електричного поля.

ФІЗИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА. При загальному впливі напруга постійного електричного поля досягає 60 кВ, при місцевому – 15...20 кВ. Ампераж не перевищує 1 мА. Внаслідок переміщення електричних зарядів відбувається утворення негативних аероіонів і хімічних речовин (озон, оксиди азоту та ін.). Потік іонів характеризується тихим розрядом, який відчувається пацієнтом у виді “електричного вітерця”.

АПАРАТИ. Здійснюють вплив за допомогою апаратів “АФ-3-1”, “ФА-5-3”. У зв'язку з високою напругою апарати встановлюють на відстані не менше за 1 м від стін. Електроди представлені: пасивним (ножним, сполученим з позитивною клемою апарата) і активним (у виді павука або голчатим, сполученим з негативною клемою), який розміщують над головою або ранною.

МЕХАНІЗМ ДІЇ ЧИННИКА. Фізико-хімічні ефекти. Між хворим і електродом (з голками або павукоподібним) створюється повітряний зазор у декілька сантиметрів. У цьому зазорі під впливом високої напруги відбувається іонізація повітря з утворенням аероіонів, оксидів азоту, озону, які вдихаються або діють на ранову поверхню. До поверхні тканин, розташованих проти голчатого електрода, відбувається переміщення іонів протилежного

знака, поляризуються молекули діелектриків, утворюються слабкі струми провідності в тканинах з високою електропровідністю.

Фізіологічні ефекти. Струми провідності знижують збудливість і провідність претермінальних ділянок вільних нервових закінчень шкіри і слизової оболонки. Зниження частоти аферентної імпульсації у фоновоактивних нервових волокнах соматосенсорної системи істотно обмежує потік нервових імпульсів у відділі центральної нервової системи і приводить до посилення гальмівних процесів у корі й підкоркових центрах. У результаті у хворого знижується артеріальний тиск, знижується частота дихання і збільшується його глибина, зменшується стомлення і підвищується працездатність, виникає почуття ейфорії.

Аероіони і струми провідності також активують тканинні обмінні процеси в ділянці голови, головного мозку, його оболонки, комірцевої зони, рефлекторної зони, в ділянці ранової або виразкової поверхні. Внаслідок цього відбувається ряд фізіологічних реакцій у відповідь: стимулювання процесів кровотворення і обміну речовин, підвищення дисперсності білків, посилення кровообігу головного мозку, зниження больового синдрому, поліпшення трофічної функції центральної і вегетативної нервової систем, підвищення працездатності. При місцевій франклінізації спостерігається розширення судин (після короткочасного спазму капілярів і артеріол протягом 1 хвилини) за рахунок аксон-рефлексу, поліпшення капілярного кровообігу, підвищення температури шкіри, зниження больової чутливості, прискорення розсмоктування набряку, епітелізації і загоєння післяопераційних ран. Франклінізація організму справляє ваготропну дію, а комірцевої зони підвищує збудливість симпатичного відділу вегетативної нервової системи. Лікувальні ефекти: седативний, анагетичний, вазоактивний, гіперпластичний, метаболічний.

ПОКАЗАННЯ. Франклінізація показана при таких основних синдромах: гіпоергічний запальний, дисалгічний зі зниженою і перевернутою чутливістю, невротичний на фоні депресії, імунопатії з імунодефіцитними станами, дисекреторний зі зниженою функцією, рановий. Захворювання: патологія центральної нервової системи, що супроводиться підвищеною дратівливістю і безсонням, перевтома, мігрень, гіпертонічна хвороба I-II стадії, бронхіальна астма, імпотенція, рановий процес і трофічні виразки, пролежні, облітеруючі захворювання артерій кінцівок, дерматози.

ПРОТИПОКАЗАННЯ. Нарівні з загальними, при гіперпластичному і гіпотензивному синдромах. Захворювання: атеросклероз судин головного мозку, активна фаза туберкульозу, підвищена чутливість до іонізованого повітря, органічні захворювання центральної нервової системи, порушення мозкового кровообігу (перші 3 місяці).

МЕТОДИКА І ТЕХНІКА ПРОВЕДЕННЯ ПРОЦЕДУРИ. Виокремлюють загальну і місцеву процедуру. У першому випадку хворий знімає взуття, в легкому одязі, без металевих предметів сідає на дерев'яний стілець, розміщуючи ноги на ножному електроді. Другий електрод розміщують над головою хворого на відстані 10...15 см від її поверхні (при загальній

франклінізації – електростатичний душ). У другому випадку (місцева франклінізація) один електрод вміщують на відстані 5...7 см від ранової поверхні на кронштейні, а пластинчатий електрод – під ногою. Після закінчення процедури іскророзрядником знімають з електродів напругу.

ДОЗУВАННЯ. Дозують напругою: при загальній франклінізації – 40...60 кВ, при місцевій – 10...20 кВ; відстанню між тілом і активним електродом: при загальній франклінізації – 10...15 см, при місцевій – 5...7 см. Тривалість процедур 10...15 хвилин. Курс лікування – 10-15 впливів, щодня або через день – при загальній або через 2...3 дні – при місцевій франклінізації.

ФІЗИОТЕРАПЕВТИЧНИЙ РЕЦЕПТ Діагноз: Нейроциркуляторна дистонія, гіпертонічна форма. Рр: Загальна франклінізація, напруга 30 кВ, електрод на відстані 15 см, 15 хвилин.

2.2. Інфітатерапія

Інфітатерапія – лікувальне застосування імпульсних низькочастотних електричних полів малої напруги.

ФІЗИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА. Для імпульсного впливу на випромінювач подають монополярні імпульси трикутної форми негативної полярності з напругою 13 ± 2 В, наступні дискретно з частотою 20...80 імп./с. Напруга імпульсного електричного поля в зоні впливу (на відстані 20...25 см від випромінювача) становить 0,1 В/м. Важливо відмітити, що хворий при даному методі зазнає впливу переважно електричного поля, оскільки величина індукції виникаючого магнітного поля не перевищує 4/109 Тл.

АПАРАТИ. Імпульсні електричні поля формують за допомогою апарата “ІНФІТА” (імпульсний низькочастотний фізіотерапевтичний апарат) з прямокутним металевим опромінювачем, виконаним у вигляді дзеркальної пластини конденсатора. В усіх використовуваних приладах активний електрод має негативний заряд 13 В. В останніх моделях передбачені виносні електроди для контактного впливу на шкірні покриви хворого, а також ректальний і вагінальний електроди.

МЕХАНІЗМ ДІЇ ЧИННИКА. Фізико-хімічні ефекти. Густина струмів провідності, індукованих такими полями в поверхневих тканинах організму, не перевищує 10^{-6} А/м². Струми такої густини не можуть істотно вплинути на функціональні властивості збудливих тканин організму. Виходячи з загальних закономірностей електромагнітобіології, на даний час складно пояснити механізм первинних фізико-хімічних ефектів, що виникають у біологічних тканинах, які зазнають впливу таких полів. Фізіологічні ефекти. Виявлена гальмівна дія імпульсного низькочастотного електричного поля на коркові процеси, що приводить до компенсаторного наростання активності гіпоталамо-гіпофізарної системи, а також активує центральні структури парасимпатичної нервової системи, розташовані в середньому і довгастому мозку. В результаті у хворих виникає брадикардія, знижується артеріальний

тиск і знижується частота дихання. Нарівні зі змінами функцій зовнішнього дихання, підвищується інтенсивність метаболічних процесів, киснева місткість крові і посилюється мозковий кровотік. Значну роль у реалізації вказаних ефектів відіграють, мабуть, психофізіологічні реакції відволікання хворих і сугестивний ефект. Лікувальні ефекти: стрес-лімітуючий, седативний, вазоактивний.

ПОКАЗАННЯ. Інфітатерапія показана при таких основних синдромах: гіперергічний запальний, дисалгічний з підвищеною, невротичний на фоні збудження, дисгормональний з переважанням стрес-індукуючих гормонів, імунопатії з алергічними станами. Захворювання. Вегето-судинні дисфункції з розладами сну, гіпертонічна хвороба I-II стадії з початковими виявами атеросклерозу, парестезії кінцівок, неврастенії, стресові психоемоційні реакції, перевтома.

ПРОТИПОКАЗАННЯ. Синдром інфекційний з піретичною реакцією, дисциркуляційний з повнокров'ям, дискінетичний і дистонічний за гіпотипом, органної недостатності в стадії декомпенсації. Захворювання. Стенокардія спокою, гостре порушення мозкового кровообігу, гострі запальні захворювання, бронхіальна астма.

МЕТОДИКА І ТЕХНІКА ПРОВЕДЕННЯ ПРОЦЕДУРИ. Процедури проводять хворому в положенні сидячи. Обличчя пацієнта знаходиться на відстані 20...25 см від випромінювача так, щоб він бачив відображення своїх очей на дзеркальній поверхні випромінювача. Руки пацієнта розташовують на столі перед апаратом.

ДОЗУВАННЯ. Для кожного хворого частоту проходження імпульсів підбирають емпірично. При гіпертонічній хворобі частотний діапазон імпульсного поля становить 30...60 імп/с, а при неврастенії 40-70 імп/с. Тривалість процедур, які проводяться щодня або через день, дискретна і становить 1...9 хвилин.

ФІЗИОТЕРАПЕВТИЧНИЙ РЕЦЕПТ

Діагноз: Гіпертонічна хвороба II стадії. Rр: Інфітатерапія, випромінювач на відстані 20-25 см від обличчя, з частотою 30-60 імп/с, 9 хвилин, щодня.

2.3 Ультрависокочастотна терапія

Ультрависокочастотна терапія (УВЧ-терапія) – застосування з лікувальною і профілактичною метою впливів на певні ділянки тіла безперервним або імпульсним електричним полем ультрависокої частоти (ЕП УВЧ), що виникає внаслідок перетворення енергії електромагнітних хвиль конденсаторними пластинами. При цьому магнітна складова істотно

зменшується. Імпульсне електричне поле УВЧ введене в лікувальну практику А. Н. Обросовим.

ФІЗИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА. Діючий чинник УВЧ-терапії – постійне або імпульсне електричне поле з частотою 40,68 або 27,12 МГц, високої напруги – понад 20 кВ. При імпульсному ЕП у переривистому режимі тривалість імпульсів становить 2 і 8 мкс, а частота – 500 і 125 Гц. АПАРАТИ. Апарати УВЧ бувають переносними і стаціонарними. Переносні: “УВЧ-62”, “УВЧ-30-2”, “УВЧ-4”, “УВЧ-50”, “УВЧ-66”, “Мінітерм” для лікування ЛОР, офтальмологічної і стоматологічної патології, універсальний апарат середньої потужності “УВЧ-80-3-Ундатерм”. Стаціонарні: “УВЧ-300”, “Екран-1”, “Екран-2”. Для лікування імпульсним електричним полем використовують апарати “Імпульс-2”, “Імпульс-3”, “Megatherm”, “Megapulse”, “Ultratherm”. Електроди представлені конденсаторними пластинами різної форми і величини (діаметр пластин 4,2...8...11,3 см). Апарати вимагають заземлення. Апарат “Мінітерм” має вихідну потужність у 5 Вт і спеціальний набір електродів для впливу на малі ділянки ураження.

МЕХАНІЗМ ДІЇ ЧИННИКА. Фізико-хімічні ефекти. В дії УВЧ виявляється тепловий і осциляторний компоненти, причому останній більше виражений, особливо при атермічному дозуванні. ЕП УВЧ спричиняє появу в тканинах струмів провідності й зміщення, викликає з такою ж частотою коливання іонів, обертання дипольних молекул, поляризацію діелектричних частинок і утворення струмів провідності значної густини не тільки в структурах з високою електропровідністю, але й напівпровідниковими і діелектричними властивостями.

Під впливом ЕП іони переміщуються в боки протилежно заряджених пластин, утворюючи струм провідності. Дипольні частинки змінюють своє положення, а діелектрики тимчасово поляризуються. Процеси поляризації, релаксаційні та іонні коливання супроводяться значним утворенням ендогенного тепла, причому його кількість зростає зі збільшенням частоти змінного поля. Оскільки діелектрики поглинають енергію більше, ніж провідники, цим обумовлена висока чутливість до ЕП УВЧ нервової, судинної і ретикулоендотеліальної систем. Поляризація тканин змінює фізико-хімічні властивості мембран, посилюються процеси вільноадикального і ферментативного окислення в клітинах, активується система повторних месенджерів, поступальні рухи іонів в інтерстиції і цитозолі приводять до зміни селективної іонної проникності плазмолемі. Ці процеси супроводяться утворенням внутрішньотканинного тепла.

При конденсаторній методиці виявляється наскрізний вплив на всі шари тканин. Однак максимум енергії поглинається в підшкірному жировому шарі, потім в кістках, зв'язках, фасціях, нервовій тканині.

Там само відбувається найбільше нагрівання тканин. Осциляторний ефект спостерігається за рахунок переорієнтації молекул, у зв'язку з цим відкриваються активні центри і посилюються біохімічні процеси (електрохімічний ефект). Змінюються кондуктивні властивості білків (конформаційним змінам схильні глобулярні водорозчинні білки, гліколіпіди,

глікопротеїди і фосфоліпіди), підвищується їх дисперсність, збільшується число альбумінів за рахунок глобулінів, відщепляються амінокислоти від великих білків зі зміною рН крові вбік окислення, що підвищує онкотичний тиск у крові, змінюються збудливість периферичних рецепторних закінчень, дифузійні й осмотичні процеси. За рахунок орієнтаційних зміщень біологічних молекул з індукованим і власним дипольним моментом у високочастотному електричному полі пригнічується утворення вільних радикалів, стабілізується фосфоліпідний цитоскелет еозинофілів і лейкоцитів, різко обмежується вихід із лізосом медіаторів запалення.

Фізіологічні ефекти. Зміни онкотичного тиску крові підвищує витікання рідини в кров з патологічного вогнища, що лежить в основі протинабряклої дії УВЧ. Електричне поле УВЧ сприяє обмеженню запального процесу за рахунок активації фагоцитів і фібробластів, посилюється колагеногенез, розростання з'єднувальної тканини (гіперпластичний ефект), активізуються процеси регенерації периферичних нервів, зростання грануляції; слаботеплові дози приводять до зменшення інфільтрації в рані, а теплові – до прискорення епітелізації. УВЧ має також детоксикаційну дію за рахунок бактеріостатичного впливу, активації фагоцитів і руйнування токсинів. Пригноблення вільнорадикальних процесів сприяє стабілізації мембран ендотелію судин, що зменшує ексудацію та еміграцію лейкоцитів. Ослабляючи формування антигенів і активацію В-лімфоцитів, ЕП УВЧ гальмує входження медіаторів запалення в патохімічну стадію алергічної реакції, стимулює гемопоез й імуногенез.

Такі зміни особливо виражені при впливі імпульсного поля УВЧ. При наростанні інтенсивності УВЧ-коливаль унаслідок зростання амплітуди орієнтаційних коливальних зміщень білкових молекул збільшується частотно-вібране поглинання ними електромагнітної енергії з подальшим її перетворенням у теплову.

При цьому питома потужність теплопродукції істотно перевищує метаболічну, й наявні механізми тепловіддачі її не компенсують. У результаті відбувається нагрівання тканин, що опромінюються в зоні впливу на 1°C (теплова дія УВЧ).

Максимальна кількість тепла утворюється в тканинах збіднених водою, тому висока чутливість до електричного поля УВЧ нервової, судинної і ретикулоендотеліальної систем. Тепло, що виділяється, викликає стійку, тривалу і глибоку гіперемію тканин. Посилення регіонарного кровотоку і лімфотоку, підвищення проникності тканинних бар'єрів, збільшення числа лейкоцитів і наростання їх фагоцитарної активності приводить до дегідратації і розсмоктування запальної ділянки та зменшення викликаних набряком больових відчуттів. Активація стромальних елементів і збільшення дисперсності білків плазми крові, локальний ацидоз, підвищення концентрації іонів кальцію і активація метаболізму в ділянці вогнища ураження стимулює проліферативно-регенеративні процеси в з'єднувальній тканині навколо запального вогнища і здійснює повторний антибактеріальний ефект. Це дає змогу використати УВЧ терапію на різних стадіях запального процесу.

ЕП УВЧ поліпшує кровопостачання кісток завдяки збільшенню судинної сітки, що приводить до активації проліферативних процесів надкiсници. За допомогою цього зрощення кісткових переломів на фоні УВЧ-терапії інтенсифікується, але переважання періостального репаративного остеогенезу над ендостальним свiдчить про його недосконалість. У зв'язку з чим перевагу при переломах треба віддавати магнітним полям. Активація нейрогуморальних процесів при трансцеребральному впливі УВЧ-поля стимулює центральні ланки нейроендокринної регуляції вісцеральних функцій, приводить до зменшення вмісту в крові ліпопротеїдів низької густини і тригліцеридів, наростання рівня ліпопротеїдів високої густини, що мають виражений антиатерогенний ефект.

Активуються процеси неспецифічної резистентності організму через високу чутливість до ЕП УВЧ нервово-судинної та ретикулоендотеліальної систем. Вплив ЕП УВЧ на ділянку головного мозку стимулює функцію гіпофізарнонадниркової системи і щитовидної залози (синтез глюкокортикоїдів підвищується, а катехоламінів – пригніблюється, що приводить до зниження активності ексудативного компонента запалення й імунологічної реактивності організму і диктує використання УВЧ у хворих на фоні підвищеної реактивності організму), регулює імунітет, впливає на процеси обміну і терморегуляцію, має тонізуючу дію на парасимпатичну нервову систему.

При бітемпоральному впливі ЕП УВЧ змінюється функціональний стан аденогіпофіза, що супроводиться підвищенням у плазмі крові рівнів пролактину і фолітропіну на фоні зниження концентрації соматотропного гормону і тиреоїдної активності.

Вказані зміни корегують з двократним зростанням вмісту циклічних нуклеотидів і простагландинів групи Е, що має анаболічний ефектом, підвищується в крові рівень Т-лімфоцитів, зменшується вміст С-реактивного білка, гексозу, ревматоїдного чинника (при суглобовому синдромі) імуноглобулінів, циркулюючих імунних комплексів і В-лімфоцитів. Імпульсне ЕП УВЧ зводить до мінімуму теплову дію і має седативний ефект при впливі на ЦНС, має виражену гальмівну дію на периферичний рецепторний апарат, центральну і вегетативну нервову системи, в зв'язку з чим обґрунтований вплив на сегментарно-рефлексогенні зони. Вплив на ділянку проекції симпатичних гангліїв виявляється поліпшенням регуляції судинного тону, нормалізацією регіонарної гемодинаміки, спазмолітичним ефектом. Лікувальні ефекти: стрес-лімітуючий, протизапальний, секреторний, протинабряклий, міорелаксуючий, імуносупресивний, метаболічний, седативний, тромболітичний, гіперпластичний.

ПОКАЗАННЯ. УВЧ-терапія призначається при таких основних синдромах: гіперергічний запальний, дисалгічний з підвищеною чутливістю, невротичний на фоні збудження, дисгормональний з переважанням стрес-індукуючих гормонів, імунопатії з алергічними станами, дискінетичний і дистонічний за гіпертипом, набряклий, диспластичний і дистрофічний за гіпотипом, рановий. Захворювання: гострі гнійні (карбункул, фурункул,

абсцеси, флегмони, панариції), гострі і підгострі запальні захворювання внутрішніх органів, опорнорухового апарату, вуха, горла і носа, периферичної нервової системи (бронхіт, пневмонія, гепатит, холецистит, виразкова хвороба, пієлонефрит, артрит, періартрит, неврит, енцефаліт), відмороження, судинні захворювання (хвороба Рейно, облітеруючий атеросклероз судин кінцівок), бронхіальна астма, гострі травми (розтягнення, розрив м'яза і сухожилля), неврози (безсоння, клімакс), гіпертонічна хвороба I-II стадії.

ПРОТИПОКАЗАННЯ. Синдроми: інфекційний з піретичною реакцією, гіпоергічний запальний, дисгормональний з переважанням стрес-лімітуючих гормонів, дискінетичний і дистонічний за гіпотипом, органної недостатності (серцевої, судинної, дихальної, ниркової, печінкової, шлунковокишкової та ендокринної дисфункції, енцефаломієлопатії, артропатії, дермопатії) в стадії декомпенсації. Захворювання: активний туберкульоз легенів, виражена гіпотензія, аневризма серця, стенокардія напруження III-IV ФК, інсульт, наявність кардіостимуляторів у ділянці впливу, осумковані гнійні процеси. УВЧ-терапія не проводиться на мокрі пов'язки, при рентгенологічному дослідженні в той самий день. Обмежене використання ЕП УВЧ у ліквідаторів аварії на ЧАЕС. УВЧ-терапію на ділянку майбутнього оперативного втручання рекомендується припинити за 2 дні до нього, щоб не сприяти посиленню кровоточивості тканин.

МЕТОДИКА І ТЕХНІКА ПРОВЕДЕННЯ ПРОЦЕДУРИ. Конденсаторні пластини розташовують поперечно, подовжньо і тангенціально. Під час проведення УВЧ-терапії за поперечною методикою повітряний зазор із тілом хворого в сумі з двох сторін становить 6 см. Для збереження постійності необхідного повітряного зазора електроди (понад повстяних або пінопластових кружків) фіксують пов'язками. При малому зазорі (0,5 см) велика частина енергії поглинається поверхневими тканинами, може статися опік шкіри. Відстань між пластинами при подовжньому розташуванні пластин становить не більше за їх діаметр і не менше від радіуса. При ЛОР-патології на очі використовують подовжню або тангенціальну методику. Діаметр конденсаторної пластини підбирають залежно від величини патологічного вогнища.

ДОЗУВАННЯ. Дозують потужністю. Розрізняють атермічне, оліготермічне і термічне дозування за тепловідчуттям хворого залежно від вихідної потужності апарата (потужність поділяють на три частини). Зокрема в апараті УВЧ-66 виокремлюють 20, 40, 70 Вт. Тривалість впливу 8-10 хвилин (дітям від 5 до 8 хвилин), щодня або через день. Курс 3...8, рідше більше 10 процедур. Фізіологічні реакції значною мірою пов'язані з інтенсивністю використовуюваного поля. Поле слабкої інтенсивності здійснює виражений протизапальний ефект, середньої – добре стимулює обмінні процеси, великої – сприяє посиленню запалення внаслідок розпаду великих білкових молекул з утворенням окремих амінокислот, що приводить до порушення вбік окислення і різкого підвищення тканинної проникності. Призначати електричне поле УВЧ необхідно диференційовано, враховуючи важкість і стадію патологічного процесу. Впливаючи на імпульси ЕП в переривистому режимі можна добитися

неоднакового розподілу потужності коливань, що поглинається. Через велику паузу (яка перевищує в 1000 разів тривалість імпульсу) і незначну середню потужність струму тепловий ефект практично відсутній, а виявляється в основному осциляторний. Із цим пов'язана більше виражена протизапальна та болезаспокійлива дія імпульсного ЕП.

ФІЗІОТЕРАПЕВТИЧНИЙ РЕЦЕПТ Діагноз: Гострий середній отит правого вуха. Rр: УВЧ-терапія від апарата УВЧ-66 на ділянку правого вуха за тангенціальною методикою, потужність 20 Вт, 7 хвилин, щодня № 5. Після засвоєння теоретичних питань вивчить граф логічної структури теми (додаток 3). Якщо Ви засвоїли зміст теми, закріпіть її рішенням задач. Потім правильність їхнього рішення перевірте за еталонами відповідей.

РОЗДІЛ 3. ПРИКЛАДНА ЧАСТИНА УВЧ ТЕРАПІЇ. ПРИЛАДИ

3.1. Біофізичні основи застосування високочастотних ЕМП в лікувальних цілях

Високочастотна терапія (ВЧ) – лікувальне застосування високочастотного змінного електромагнітного поля.

Найпоширеніший макроскопічний підхід до взаємодії електромагнітного поля з речовиною заснований на рівняннях Максвелла:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} E &= -dB/dt - \text{узагальнення закону електромагнітної індукції}; \\ \operatorname{div} D &= \rho - \text{узагальнення закону електростатичної індукції}; \\ \operatorname{rot} H &= j + dD/dt - \text{узагальнення закону повного струму}; \\ \operatorname{div} B &= 0 - \text{узагальнення закону неперервності магнітних силових ліній} \end{aligned}$$

В наведених рівняннях:

H – напруженість магнітного поля;

D – індукція електричного поля;

ρ – об'ємна густина заряду;

j – густина струму провідності.

Для вирішення практичних задач рівняння Максвелла необхідно доповнити матеріальними рівняннями з урахуванням електричних властивостей середовища взаємодії:

$$D = \varepsilon\varepsilon_0 E; \quad B = \mu\mu_0 H; \quad j = \sigma E,$$

де ε_0 – діелектрична постійна; ε – відносна діелектрична проникність середовища; μ_0 – магнітна постійна; μ – відносна магнітна проникність середовища; σ – питома провідність середовища.

На невеликих відстанях r від джерела електромагнітного випромінювання з довжиною хвилі λ і при виконанні умов $r < \lambda$ можна впливати на біооб'єкт переважно одною компонентною поля. Енергетичний вплив змінного електричного поля на певну кількість біосередовища з ізотропними діелектричними та струмопровідними властивостями визначається напругою $E = E_0 e^{j\omega t}$.

Струмопровідність, індукованих в навколишньому середовищі змінним електричним полем, визначається з системи рівнянь:

$$\begin{aligned} J &= j + \partial D/\partial t; \\ D &= \varepsilon\varepsilon_0 E; \quad j = \sigma E \end{aligned}$$

де перше рівняння характеризує повний струм в навколишньому середовищі (струми провідності і зміщення); другий і третій - дозволяють виражати струмопровідність через індукцію електричного поля.

Повний струм визначається з рівняння:

$$J = j + \partial D / \partial t = \sigma E + \epsilon \epsilon_0 \cdot \partial E / \partial t = \sigma E + \epsilon \epsilon_0 i \omega E = \epsilon \epsilon_0 \omega E \cdot (\sigma (\epsilon \epsilon_0 \omega) + i).$$

Так як тангенс діелектричних втрат в середовищі $\operatorname{tg} \delta = \sigma (\epsilon \epsilon_0 \omega)$, де δ – кут між векторами повного струму і струму зміщення то останнє рівняння можна виразити як:

$$J = \epsilon \epsilon_0 \omega E \cdot (\operatorname{tg} \delta + i). \quad (3.1)$$

Враховуючи, що активні втрати у речовині залежать від величини струму провідності $j = \epsilon \epsilon_0 \omega E \operatorname{tg} \delta$, а $\sigma = j/E$, для питомого енерговиділення можна записати:

$$q = j^2 / \sigma = j^2 E / j = \epsilon \epsilon_0 \omega E^2 \cdot \operatorname{tg} \delta.$$

Таким чином, ступінь нагрівання біотканин змінним електромагнітним полем залежить від співвідношення їх діелектричних, магнітних і струмопровідних властивостей, а також від частоти поля.

При високочастотному впливі основні ефекти викликані тепловою енергією, яка виділяється в піддятих випромінюванню біотканинах, а також в місцях контакту «електрод-тканини». При цьому для традиційних методів ВЧ терапії фізіологічні механізми тепловіддачі не компенсують тепловідведення організму, яка відбувається під впливом високочастотного електромагнітного поля.

Сукупність електромагнітних полів різних типів утворює спектр електромагнітного випромінювання. Згідно з Міжнародними правилами радіозв'язку (1976), воно ділиться довжиною хвилі і діапазоном частот на різні області. У ВЧ-терапії використовуються електромагнітні поля радіохвильового діапазону (табл. 3.1).

У діапазоні частот до 300 МГц тепловиділення в тканинах визначається як струмом провідності, так і струмом зміщення, при частоті близько 1 МГц, провідна роль належить струму провідності, а при частоті більше 20 МГц - струму зміщення (для м'язової тканини). Обидва ці типи струмів викликають нагрівання біотканин.

При частотах понад 100 кГц створені в біотканинах струми не здатні привести до формування потенціалу дії навіть у найбільш чутливих нервово-м'язових волокнах.

Таблиця 3.1 – Спектр електромагнітного випромінювання діапазону радіохвильового діапазону, що використовуються в ВЧ- терапії

Вид випромінювання	Діапазон хвиль, м	Полоса частот, Гц
Високочастотне	$10^2 - 10$	$3(10^6 - 10^7)$
Дуже високочастотне	$10^1 - 1$	$3(10^7 - 10^8)$
Ультрависокочастотне	10^{-1}	$3(10^8 - 10^9)$
Понадвисокочастотне	$10^{-1} - 10^{-2}$	$3(10^9 - 10^{10})$
Надвисокочастотне	$10^{-2} - 10^{-3}$	$3(10^{10} - 10^{11})$

*у ВЧ-терапії до НВЧ-коливань традиційно відносять коливання в частотному діапазоні 300 МГц – 3 ГГц (область дециметрових и сантиметрових хвиль).

Це пов'язано з тим, що іонні канали біологічних мембран не мають часу відкриватися за такий короткий час. Довжина хвилі на частотах до 300 МГц перевищує розміри тіла а, отже, такі поля можуть мати, як *локальний*, так і *загальний* вплив на системи організму. На більш високих частотах довжина хвилі співставлена з розмірами тіла або меншого такого, і такі поля використовуються в основному для локальних впливів. Крім того, в міру збільшення частоти зменшується характерна глибина проникнення електромагнітної хвилі в біосередовище.

На частотах до 300 МГц впливу на пацієнта є одним зі складових ЕМП, який визначається обраним типом випромінювача. Для впливу на електричний компонент використовується ємнісний випромінювач, який становить дві пластини, між якими розміщується об'єкт. Якщо використовувати індуктивний випромінювач, який є соленоїдом, то вплив буде здійснено магнітним компонентом поля. У цій інструкції будуть розглянуті питання лікувального застосування ВЧ електричних кіл.

Розрізняють особливості використання ВЧ електричного поля на електролітах і діелектриках. Нагрів електролітів обумовлений іонною провідністю, при цьому енергія електричного струму переходить у внутрішню теплову енергію. Кількість випромінюваного тепла:

$$q_1 = \sigma E^2, \quad (3.2)$$

де σ – питома провідність електроліта; E – ефективне значення напруженості електричного поля.

У діелектрику під впливом ВЧ електричного поля відбувається безперервна переорієнтація дипольних молекул з виділенням кількості тепла:

$$q_2 = \omega E^2 \xi \xi_0 \operatorname{tg} \delta, \quad (3.3)$$

де ξ – відносна діелектрична проникність діелектрика; ω – кругова частота коливань; δ – кут діелектричних втрат.

Організм містить тканини, які мають властивості як електролітів, так і діелектриків. Тому під впливом ВЧ електричного поля в тканинах виділяється кількість тепла:

$$q = q_1 + q_2 = E^2 (\omega \xi \xi_0 \operatorname{tg} \delta + \sigma). \quad (3.4)$$

Основи метода УВЧ терапії

Найпоширенішим методом високочастотної терапії є терапія на частотах від 30 до 300 МГц, що відповідає довжині хвиль від 10 до 1 м (дуже високочастотне випромінювання - згідно таблиці 1.1, але в медичній практиці традиційно називається УВЧ терапія).

УВЧ-терапія – це вплив на організм пацієнта з лікувально-профілактичними та реабілітаційними цілями безперервного або імпульсного електромагнітного поля надвисокої частоти (ВЧХ). Як лікувальний фактор надвисокочастотне електричне поле почало використовуватися в 1926 – 1930 роках в Німеччині, а потім і в СРСР. Для УВЧ в основному використовуються електричні поля 27,12 МГц (11,05 м) і 40,68 МГц (7,37 м).

У НВЧ-терапії електромагнітне поле УВЧ вноситься в тканини пацієнта за допомогою конденсаторних електродів або індукторів, відповідно, підключених до генератора коливання УВЧ. Поглинання енергії електромагнітного поля УВЧ біологічними тканинами є відносно низьким, так що воно має виражену проникаючу здатність і проникає через область тіла, розташовану між електродом. Розподіл електромагнітного поля в міжелектродному просторі залежить від форми, розміру і розташування електродів (конденсаторних пластин або індукторів), а також біофізичних властивостей тканин людини.

При частотах, що використовуються для терапії УВЧ, поряд з втратами в тканинах організму через іонопровідності для ємнісних електродів починають впливати діелектричні втрати через орієнтаційні коливання молекул дипольного білка. Зміни клітинних і молекулярних структур тканин під впливом електричного поля УВЧ визначають, крім теплової, «специфічну» дію поля. У зв'язку з цим УВЧ-терапія проводиться не тільки в тепловій (тобто з вираженим відчуттям тепла), але і низькотеплової і навіть нетеплового дозування.

Через меншу сумарну масу іонів в порівнянні з білковими молекулами при орієнтаційному коливанні останнє поглинання електромагнітної енергії на порядок вище, ніж при лінійному русі іонів. Завдяки різному засвоєнню енергії УВЧ-поля утворюється максимальна кількість тепла в тканинах з вираженими діелектричними властивостями бідними водою (нервова, кісткова і сполучна тканини, підшкірна жирова клітчатка, сухожилля і св'язки). Навпроти, в тканинах і середовищах зі значною електропровідністю і багатими водою (кров, лімфа, м'язова тканина) тепло утворюється на порядок менше (рис. 3.1).

На рис. 1.2 приведена еквівалентна електрична схема ланцюга ємнісних електродів і площа тіла пацієнта. У діапазоні УВЧ повний опір організму пацієнта (опір R і ємність C) співмірний з ємнісним опором ділянки ланцюга між електродами і поверхнею тіла пацієнта (конденсатором C_0), значення якого визначається повітряними зазорами між ними.

Наявність зазорів дозволяє значно зменшити небажане нагрівання поверхневих тканин, так як ділянка біля електродів, яка має найвищу концентрацію силових ліній поля, розташовується за межами організму пацієнта. Наявність цих зазорів також значно спрощує процедуру терапії УВЧ, так як немає необхідності забезпечувати контакт між електродом і тілом.

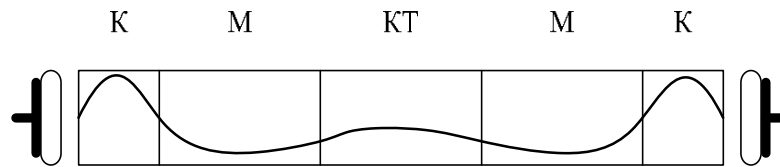


Рис. 3.1 – Розподілення поглинання електромагнітної енергії в тканинах організму при УВЧ-терапії:

К – шкіра, М – м'язова тканина, КТ – кісткова тканина

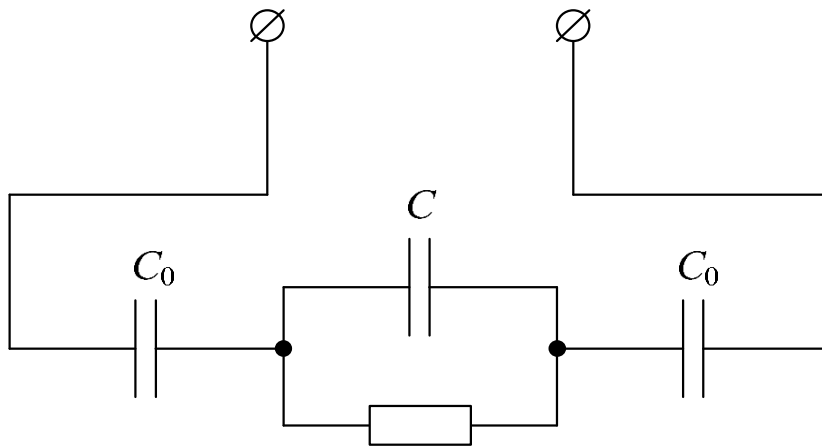


Рис. 3.2 – Еквівалентна електрична схема кола із ємнісних електродів та участка кола пацієнта при УВЧ терапії

Нагрів тканин тіла в електричному полі УВЧ пропорційний квадрату напруженості поля E^2 . У неоднорідному полі, яке проходить в реальних умовах, напруга різна і характеризується концентрацією силових ліній поля.

При відсутності тіла пацієнта поле між електродами найбільш рівномірно знаходиться в центрі, до периферії ліній електропередач за рахунок крайового ефекта викривляються (рис. 3.3). Площа рівномірного поля більше, чим менше відстань між електродами до їх діаметра. Коли пацієнт знаходиться між електродами польової лінії за рахунок неєгомогенної структури не йдуть рівномірно, вони вигнуті в середній зоні так, що найбільшій напруженості поля знаходиться під електродами.



Рис. 3.3 – Силкові лінії електричного поля, утвореного двома пластинами: *а* – при відстані між пластинами меншого їх діаметра; *б* – при відстані між пластинами більшого їх діаметра

У зв'язку з цим при відсутності або невеликих повітряних зазорів на поверхню тіла відбувається найбільш вивільнення тепла і різко падає з глибиною (рисунок 3.4 а). Щоб забезпечити більш рівномірний розподіл тепла між поверхнею і глибоко розташованими тканинами збільшують розмір зазорів до декількох сантиметрів. При цьому, як вже було зазначено, найбільш неоднорідна частина поля біля електродів знаходиться за межами тіла і значно поліпшує однорідність удару в глибину (рис. 3.4 б, в). З метою забезпечення достатнього ефективного нагріву тканин при значних зазорах прилад для УВЧ терапії повинен забезпечити можливість збільшення напруги на електродах, так як при збільшенні зазорів збільшується частка напруги на них.

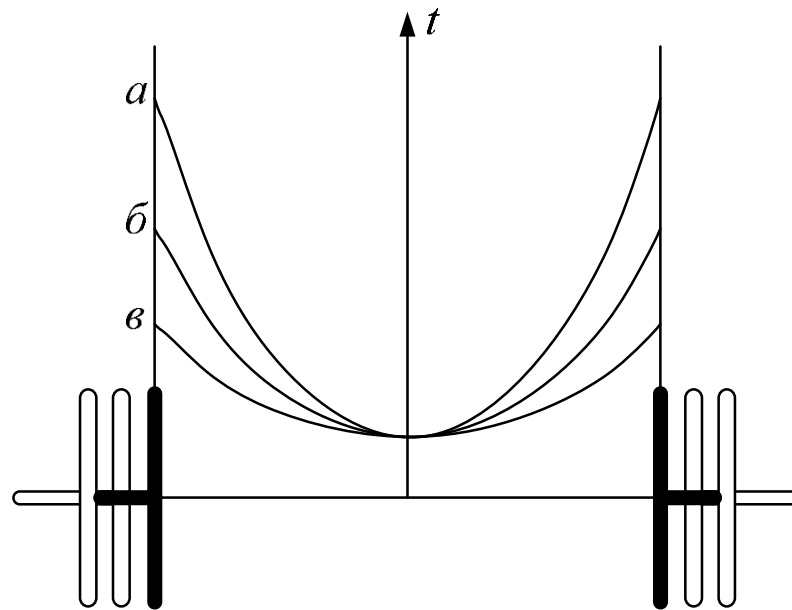


Рис. 3.4 – Графік розподілу температури в однорідному діелектрику (мязова тканина) при впливі електричного поля УВЧ: *а* – без зазора, *б* – з зазором по 1 см, *в* – з зазором по 2 см

Тип НВЧ терапії – це метод впливу біооб’єкти УВЧ електричним полем в імпульсному режимі, званий імпульсною терапією УВЧ. При імпульсивній терапії УВЧ електричне поле має імпульсивний характер. Генерація високочастотних коливань відбувається в межах декількох мікросекунд з подальшою паузою, в тисячу разів більшою тривалістю самого імпульсу.

Напряга поля між електродами становить кілька тисяч вольт на метр, що в 6...7 разів більше, ніж в безперервному режимі. Оскільки потужність коливань пропорційна квадрату напруженості поля, прилади для імпульсної УВЧ терапії мають потужність 4...18 кВт, що в 40 разів більше потужності, яку можуть створювати апарати для безперервної терапії УВЧ. Середня потужність імпульсних коливань в тисячу разів менше потужності в пульсі і знаходиться в межах 4...8 Вт.

В даний час УВЧ терапія використовує ЕМП, модульований з більш низькою частотою сигналу, що має додатковий терапевтичний ефект.

Подальший розвиток також отримує використання нетеплових за інтенсивністю полів ВЧ, і особливо полів КВЧ, які можуть вибірково впливати на елементи імунної системи організму. Фізичні механізми цих ефектів інтенсивно вивчаються, але вже зрозуміло, що важливим аспектом цих ефектів є зміни гідрофобних взаємодій молекул білка, що виникають при дії полів ВЧ і КВЧ.

Фізіологічне і лікувальна дія УВЧ терапії

В основі будь-яких механізмів терапевтичної дії надвисоких частотних коливань становить первинний вплив їх на електрично заряджені частинки

(електрони, іонізовані атоми і молекули) речовин, що складають тканини організму.

Електричне поле УВЧ взаємодіє з тканинами по всьому міжелектродного простору і викликає коливальні і обертальні зміщення біомолекули і утворення струмів значної провідності щільності. У лікувальній практиці УВЧ терапії використовують обидві групи раніше розглянутих ефектів: «специфічний» ефект (різні внутрішньомолекулярні фізико-хімічні процеси, структурні коригування, які можуть змінювати функціональний стан клітин тканин) і тепловий ефект (нагрівання тканин струмами і полів високої частоти за рахунок прямого виділення тепла в тканинах і органах, розташованих всередині організму).

Перший з них обумовлений винахідним поглинання електричної енергії глобулярним водорозчинними білками, гліколіпідами, глікопротеїдами і фосфоліпідами. Наступні за цим конформаційні зміни молекулярних комплексів призводять до підвищення ступеня дипресивності білків і фосфоліпідів, підвищення проникності плазмоліми клітин тканин інтерполяральної зони.

Крім релаксаційних коливань субклітинних структур (зміщення струму), в полі УВЧ існують прогресивні рухи іонів в інтерстаційному і цитозолі, що також призводить до зміни селективної іонної проникності плазмоліми.

Що виникають внаслідок орієнтаційних зрушень біологічних молекул з індукованим і власним дипольним моментом в високочастотному електричному полі, поляризація тканин змінює їх фізико-хімічні властивості - активізує процеси вільного радикального і ферментативного окислення в клітинах, пов'язаних з фосфорилуванням білків, системою вторинних посередників

Виходячи з цього, послідовно розгортаються метаболічні реакції клітин, стимулюється гемопоез і імуногенез, збільшується фагоцитатична активність лейкоцитів. Такі зміни особливо яскраво виражені при впливі імпульсного поля УВЧ.

При збільшенні інтенсивності електричного поля проявляється УВЧ разом з «специфічною» тепловою складовою їх дії. За рахунок збільшення амплітуди орієнтаційних коливальних зрушень білкових молекул збільшується поляризація тканин міжелектродного простору і частотно-вибіркове поглинання ними електромагнітної енергії, а потім її перетворення в теплову. Питома потужність теплових продуктів при таких процедурах значно перевищує метаболічні, а існуючі механізми тепловіддачі не компенсують його. В результаті виникає нагрівання опромінюваних тканин в зоні впливу. Тепло також утворюється механічним рухом іонів у в'язкому середовищі, що утворюють струмопровідність.

Нагрівання органів і тканин викликає стійку, тривалу і глибоку гіперемію тканин в області впливу. Особливо міцні капіляри, діаметр яких збільшується в 3...10 разів.

Підвищена регіонарна кровотока і лімфооток в уражених тканинах, зміни проникності мікроциркуляторного русла, гемотоемцифолічного та інші тканинні бар'єри, збільшення кількості лейкоцитів і збільшення їх фагоцитарної активності призводять до дегідратації і розсасування запального центру, а також зниження визваних нбрюком больових відчуттів.

Активація стромальних елементів сполучної тканини і клітин системи мононуклеарних фагоцитів (гістиоцитів і макрофагів), підвищення дисперсії білків плазми крові, підвищення концентрації Ca^{2+} іонів і активізації обміну речовин в області ураження стимулюють проліферативні і регенеративні процеси в сполучній тканині навколо запального вогнища і мають антибактеріальну дію. Це дозволяє проводити УВЧ терапію на різних стадіях запального процесу.

Активація нейрогуморальних процесів при трансцеребральному впливі стимулює центральні ланки нейроендокринної регуляції вісцеральних функцій і призводить до зниження крові ліпопротеїнів низької щільності і тригліцеридів, підвищення рівня ліпопротеїнів високої щільності.

В результаті активізуються процеси неспецифічного опору організму.

Високочастотне електричне поле стимулює активність парасимпатичної нервової системи і знижує симпатиконічний вплив на внутрішні органи, нормалізує артеріальний тиск, рухові і секреторичні функції шлунка і дванадцятипалої кишки, засвоєння поживних речовин в тонкій кишці. Підвищений синтез глюкокортикоїдів призводить до зниження ексудативного компонента запалення і імунологічної реактивності організму.

Крім того, УВЧ поле знижує збудливість нервових провідників соматосенсорної системи, усуває спазм гладких м'язів кровоносних судин, що призводить до зниження артеріального тиску.

Бажання посилити специфічний ефект електричного поля терапії УВЧ призвело до впровадження імпульсної УВЧ терапії на практиці (рис. 3.5).

У імпульсному режимі теплові ефекти, викликані середньою силою, невеликі. При цьому значні обсяги напруги поля в імпульсі підсилюють специфічний ефект поля УВЧ: зміни структури молекул білка, концентрації іонів в клітинних мембранах, гідратація іонів і молекул і т.д..

Всі ці нетеплові ефекти змінюють діяльність клітин і при впливі на формування центральної або вегетативної нервової системи можуть викликати значні зрушення в функціональному стані організму.

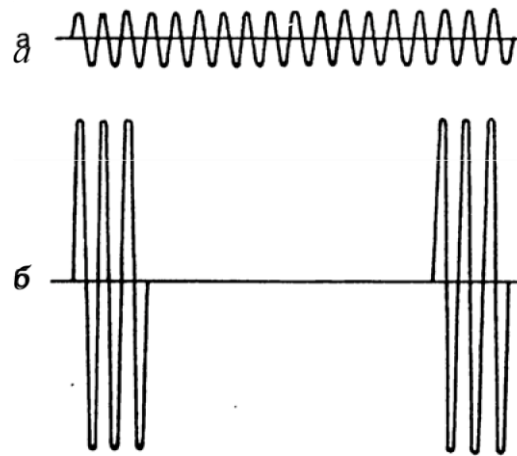


Рис. 3.5 – Графічне зображення коливань неперервного (а) та імпульсного (б) електричного поля УВЧ

Таким чином, імпульсна УВЧ терапія дає можливість проводити інтенсивний специфічний ефект електричного поля УВЧ без помітного теплового ефекту. Конструкція електродів і умови проведення процедур імпульсної УВЧ терапії не відрізняються від тих, що використовуються в традиційній УВЧ терапії.

Застосування УВЧ терапії дозволяє отримати такі лікувальні ефекти: протизапальний, секреторійний, судорозширюючий, міорелаксуючий, імуносупресивний, трофічний.

УВЧ-терапія застосовується в наступних клінічних випадках: гостро запальній шкірі і підшкірна клітковина в стадії інфільтрації (фурункул, панарій та ін.); гострі і підгострі запальні захворювання різних внутрішніх органів (легенів, шлунка, печінки, мочеполових органів); травми і захворювання кісткової і м'язової системи і периферичної нервової системи; обмороження, фантомні болі; каузалгія; захворювання периферичних судин кінцівок; захворювання, що виникають при вираженому алергічному компоненті (бронхіальна астма, хронічний обструктивний бронхіт, ревматоїдний артрит); вегетативнососудиста дисфункція; гіпертонічна хвороба I-II стадії; клімактеричний і постклімактеричний синдроми.

Існує ряд протипоказань для УВЧ терапії, при яких її застосування не підходить через можливі ускладнення.

До протипоказань можна віднести: наявність злоякісних новоутворень, аневризму аортики, гіпотензії, ішемічної хвороби серця, напруги стенокардії ШФС, наявності штучного кардіостимулятора в області опромінення, наявності формалізованого гонікулярного розсадника запалення, виразкового синуситу, судинних уражень головного мозку на ранній фазі, вагітності з 3-го місяця і деяких інших.

Осоливості використання і дозування процедур УВЧ терапії

У процедурах УВЧ терапія використовує поздовжні і перехресне розташування двох електродів. У разі ємнісних електродів напруга і поглинена енергія електричного поля УВЧ, що генерується в області терапевтичного впливу, змінюється і залежить від відстані між тканинами і електродом і їх просторового розташування (рис. 3.6).

Вибираючи розмір електрода, розмір зазору, і нахил електрода по відношенню до поверхні тіла, можна забезпечити попередній ефект на певну ділянку тіла.

Якщо електроди однакові, то вплив більш інтенсивний з боку електрода, розташованого з меншим зазором (малюнок 3.6, а). Те ж саме вірно при використанні одного меншого розміру електрода (рис. 3.6, б).

Коли електрод встановлений, прокладаний до поверхні тіла, поле концентрується біля краю електрода ближче до тіла, в результаті чого утворюється селективне нагрівання (рис. 3.6, в). Такий спосіб застосовується, коли тіло складається, наприклад, між щогою і носом.

При впливі нерівних поверхонь тіла на його виступаючих частинах спостерігається концентрація поля і перегрів. У цьому випадку або збільшують зазор (рис. 3.6, г) або використовують гнучкі електроди.

Металеві предмети в електричному полі УВЧ не нагріваються, але біля них, особливо при наявності гострих країв і виступів, спостерігається концентрація силових ліній поля (рисунок 3.6, д), і, як наслідок, може статися локальний перегрів і опіки. З цієї причини сидіння або ліжка для пацієнта під час процедур терапії УВЧ не повинні мати металевих деталей, а кільця, шпильки, голки та інші металеві предмети, розташовані у пацієнта, слід видаляти, якщо вони розташовані недалеко від зони впливу.

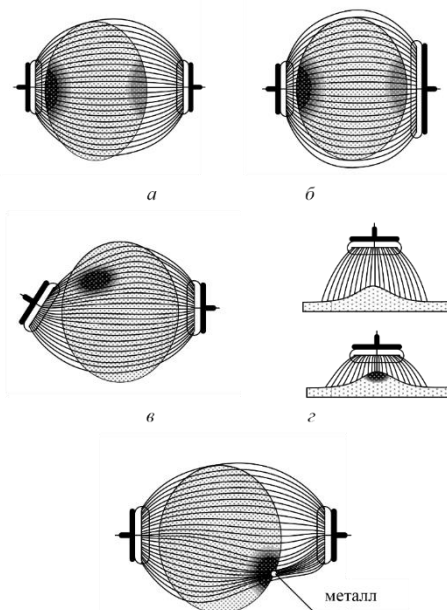


Рис. 3.6 – Розподіл ліній електропередач електричного поля під час УВЧ-терапії: ступінь затемнення об'єкта характеризує інтенсивність нагрівання

Під час процедури пацієнт повинен бути в спокійному положенні, сидіти або лежати на дерев'яній кушетці (без металевих деталей), не читати, не розмовляти, не напружуватися; він повинен повідомити свою медсестру про дискомфорт. Під час процедури частина тіла пацієнта, де лікування строго фіксується (рис. 3.7, і, б). Для процедури вибирайте електроди відповідного розміру, прикріплюйте їх в тримачі і задавайте в призначене для обробки положення.

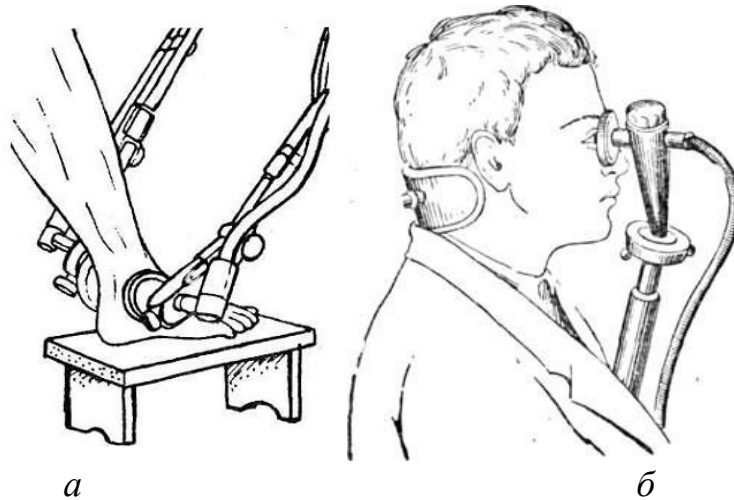


Рис. 3.7 – УВЧ терапія а – щиколотки суглоба; б – очне яблуко

Процедури УВЧ терапії можуть проводитися через сухий одяг пацієнта, через мазі і сухі гіпсові пов'язки. Процедури не можна проводити через мокрий одяг, вологі пов'язки (особливо просочені гіпертонікою, соленом і т.д.). Процедури також не проводяться через вологі водопровідні прокладки, які служать для створення зазору, а також наявності в області електродів металевих предметів більше 2×2 см, особливо розташованих поблизу великих кровоносних судин і нервових утворень.

Поле низької інтенсивності УВЧ використовується в основному в гострій (альтернативно-ексудативній) фазі запалення, а високоідентитульна – в стадію розширення (проліферативній) запального процесу або після злидренування гнійного місця запалення.

Дозування лікувальних процедур проводиться на вихідній потужності приладу. У УВЧ терапії застосовували нетеплові, низькотеплові та теплові дози. Для отримання нетеплового ефекту щільність потоку енергії не повинна перевищувати $0,1 \text{ Вт} \cdot \text{м}^2$, що досягається на виході апаратів УВЧ терапії не більше 30 Вт.

Тривалість щоденних процедур становить від 10 до 15 хвилин, при впливі тепла двічі на день (вранці і ввечері); 8...12 процедур. При необхідності другий курс терапії УВЧ призначають через 2...3 місяці.

Апаратне забезпечення УВЧ терапії

Для проведення УВЧ терапії використовуються невеликої, середньої та високої потужності пристрої.

Першу групу складають апарати з потужністю до 40 Вт: УВЧ-5-2 «Минитерм» (вихідна потужність 5 Вт), УВЧ-20 «Микрон» і УВЧ-30-2 (потужність 5, 10, 20 і 30 Вт).

Середню визхідну потужність (в межах 40 – 100 Вт) мають апарати УВЧ-50-01 «Устье» (50 Вт) і УВЧ-80-3 «Ундатерм» з 7-ми ступенями регулювання потужності від 10 до 80 Вт і автоматичне налаштування в резонанс анодного (генераторного) терапевтичного контура (вмикаючого випромінювач, конденсаторні пластини і тканини пацієнта).

До апаратів великої потужності (в межах 100 – 500 Вт) можна віднести апарат «Экран-2» (до 350 Вт).

Крім того, на сьогоднішній день в медичних установах використовуються портативні пристрої УФ-30 з двома етапами вихідної потужності (15 і 30 Вт), УВК-66 (з трьома етапами 20, 40 і 70 Вт). Вплив УВЧ поля в імпульсному режимі здійснюється за допомогою машини «Импульс-3».





За допомогою апаратів «Минитерм», «Ундатерм», «Мегатерм», «Мегапульт», «Ультратерм» та ін. формують імпульсні режими впливу ЕМП с частотою 27,12 МГц.

В даний час розробляються і пропонуються до використання терапевтичні НВЧ – апарати наступного покоління, які використовують нову елементну базу, мікропроцесорні системи управління і нові види модуляції УВЧ – ЕМП. Вони значно перевершують своїх попередників за ефективністю, захистом від перешкод, масогабаритним і ергономічним характеристиках.

В табл. 3.2 приведені особливості деяких апаратів для УВЧ терапії.

Таблиця 3.2 – Функціональні можливості апаратів для УВЧ терапії

Тип	Зовнішній вид	Функціональні можливості
1	2	3
УВЧ 30М		Апарат має таймер встановлення часу процедури, ручне підналаштування частоти. Кількість регулювання потужності для опромінення пацієнта полями УВЧ рівно 3

УВЧ 50-02		<p>Відмінними рисами приладу є твердотільна елементна база, автоматичне налаштування терапевтичного контуру типу відстеження, квазісенсорне керування функціями пристрою і цифрового таймера і світлодіодна індикація встановлених значень вихідної потужності</p>
УВЧ 70-01Р		<p>Наявність імпульсного режиму роботи, щоб коливальна дія УВЧ проявлялася в значному зниженні ендогенного теплоутворення, що дозволяє використовувати атермальні дозування при лікуванні захворювань в гострий період</p>
УВЧ 70-01А		<p>Пристрій має автоматичну частоту регулювання. Кількість кроків регулювання потужності для опромінення пацієнта полями УВЧ становить 7</p>
УВЧ 80-04		<p>Прилад призначений для локальних терапевтичних ефектів електричного або магнітного поля УВЧ в режимі безперервної генерації. Пристрій має автоматичну частотне підлаштування</p>

<p>УВЧ-80-04 (2-режимний)</p>		<p>Особливістю приладу є наявність імпульсивного режиму роботи, завдяки чому коливальній дії УВЧ проявляється значне зниження ендогенного теплотворення, що дозволяє використовувати атермічні дозування при лікуванні захворювань в гострий період</p>
<p>УВЧ-80-3 «Ундатерм»</p>		<p>Прилад призначений для лікувальних ефектів електричного і магнітного поля УВЧ в режимі безперервної генерації</p>

Для впливу електричного компонента УВЧ – ЕМП використовуються *емнісні електроди*, які являють собою металеві круглі пластини, циліндри або півкулі, ізольованими з усіх боків для захисту від опіків, які можуть виникнути при їх доторканні. Електроди зазвичай мають жорстку конструкцію і зміцнюються на кінцях електропримачами пристрою.

Також використовуються жорсткі конденсатори спеціального призначення – вагінальний, у вигляді металевого стрижня, поміщені всередину пластикового або скляного циліндричного корпусу; підмишковий, що має ізолююче тіло у вигляді трикутної призми; з інкубаційною сферичною поверхнею для впливу на фурункули і т.д.

Крім жорстких використовуються гнучкі електроди, виготовлені з запресованої металеві фольги або сітки.

Для збільшення зазору між корпусом і гнучким електродом під нього наносять одну або кілька подушечок перфорованого фетру.

Гнучкий електрод і накладки або фіксуються вагою тіла пацієнта, або закріплюються на тілі еластичною гумовою пов'язкою.

Індуктори, які є салінідами різних форм, використовуються для впливу на магнітну складову ЕМП УВЧ.

3.2. Ультрависокочастотний апарат УВЧ-30

Ультрависокочастотна терапія – метод електролікування, при якому на організм людини впливають електричним полем високої (27,12 МГц) і ультразвукової частоти (40,68 МГц), підведеним до тканини за допомогою конденсаторних пластин.

Для проведення УВЧ терапії застосовують апарати УВЧ. Залежно від цільового призначення застосовуються апарати з різною величиною вихідної потужності.

Портативні апарати мають невеликі габаритні розміри і вагу для перенесення однією людиною. Вихідна потужність портативних апаратів невелика – 30...40 Вт, з їх допомогою здійснюється вплив тільки на невеликі ділянки тіла.

Переносні апарати, розраховані на перенесення двома особами, мають потужність 70...80 Вт і забезпечують проведення більшості місцевих процедур. Портативні і переносні апарати є настільними конструкціями.

Пересувні апарати виконані у вигляді тумб з можливістю переміщення по підлозі за допомогою коліс і ручок. Вихідна потужність пересувних апаратів складає 300...400 Вт, котрої достатньо для проведення більшості видів лікувальних дій.

Основними елементами апарату для УВЧ-терапії є генератор УВЧ коливань, контур пацієнта і блок живлення. У пересувних апаратах самостійний блок є блок автоматичного налаштування контуру пацієнта з частотою генератора.

Будова апарату для ультрависокочастотної терапії УВЧ-30. Призначення апарату

Апарат призначений для місцевої лікувальної дії електричним або магнітним УВЧ полем.

Дія УВЧ електричного поля має болезаспокійливі, протизапальні і десенсибілізуючі властивості, стимулює захисні реакції імунітету, покращує трофіку тканин та їх регенерацію. Апарат «УВЧ-30» використовуються в лікувально-профілактичних установах терапевтичного, неврологічного, хірургічного, психіатричного, акушерсько-гінекологічного профілю, а також в педіатрії.

Апарати застосовуються при гострих запальних процесах в шкірі і підшкірній клітковині, особливо гнійних запальних і травматичних захворюваннях суглобів, м'язів, кісток, остеомієліті, кератиті, блефариті, гаймориті, пародонтозі, загостренні хронічного тонзиліту, поліомієліті, бронхіальній астмі, бронхоектатичних захворюваннях, абсцесі легенів, хронічній пневмонії і її загострення, гострій ангіні, сину ситах, андекситах та ін., а також для лікування наслідків захворювань і травм опорно-рухового апарату, ран, нервової системи, захворювань периферичних судин, судинних захворюваннях кінцівок, трофічних виразок.

Технічні характеристики апарату
Технічні характеристики апарату «УВЧ-30» наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики апарату «УВЧ-30»

Частота високочастотних коливань, МГц	40,68±2%
Вихідна потужність регулюється 2 ступенями, Вт	15±4,5; 30±9
Частота мережі зміни струму, Гц	50±0,5
Напруга мережі, В	220+(5-10)%
Споживана потужність від мережі, ВА	160
Час встановлення робочого режиму з моменту включення апарату в мережу, хв	Не перевищує 3
Класу захисту від враження електричним струмом	I клас, типу В
Середнє напрацювання на відому електронного блоку при середній інтенсивності експлуатації не більше 3ч в добу, год	2000
Середній термін служби апарату, років	5
Маса апарату в повному комплекті постачання, кг	не більше 12,5
Габаритні розміри електронного блоку, мм	425x275x215

Схема електрична структурна

На рис. 3.8. представлена схема електрична структурна апарату «УВЧ-30»

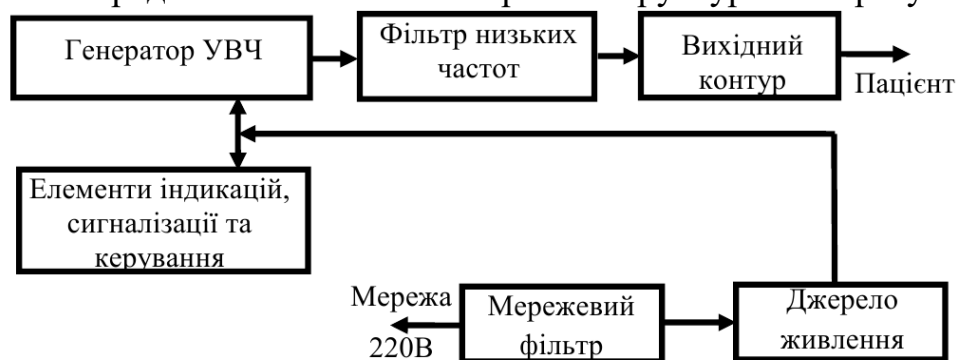


Рис. 3.8 – Схема електрична структурна апарату «УВЧ-30»

Апарат містить генератор ультразвукової частоти, фільтр пониження перешкод, вихідний контур, елементи індикації, сигналізації та керування, джерело живлення.

Зовнішній вигляд апарату

Апарат змонтовано на шасі, яке встановлено в металевий корпус (рис. 3.9). Він складається з електронного блоку I, тримачів електродів 3, електродів 10 та індуктора. Конструкція шарнірів забезпечує надійну автоматичну фіксацію тримачів у всіх можливих положеннях.

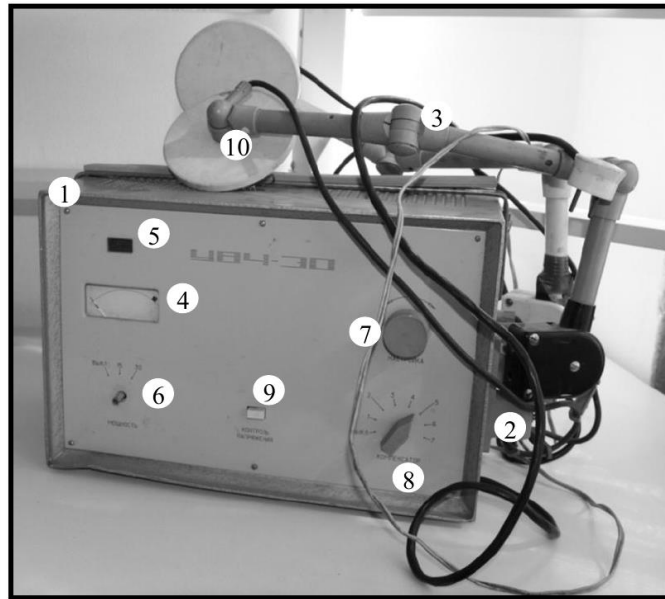


Рис. 3.9 – Зовнішній вигляд апарату УЗТ-30: 1 – електроний блок; 2 – кронштейн; 3 – тримач електроду; 4 – вимірювальний пристрій; 5 – вікно сигнальної лампи; 6 – перемикач потужності; 7 – ручка налаштування; 8 – ручка компенсатора; 9 – кнопка контролю напруги; 10 – електрод.

На передній панелі розміщені: вимірювальний прилад міліамперметр 4, над ним вікно сигнальної лампи 5, перемикач потужності «Потужність» 6, ручка налаштування 7 «НАСТРОЙКА», ручка компенсатора 8 «Компенсатор» та кнопка контролю напруги 9 «Контроль напруги».

З правої сторони до бокової стінки корпусу кріпляться тримачі електродів 3. Там же розміщені вихідні гнізда для під'єднання до апарату дротів електродів 10.

Тримачі електродів 3 мають шарнірні з'єднання, які дозволяють встановити електроди 10 в будь-якому положенні. На задній стінці апарату виведено мережевий фільтр та запобіжник.

Для проведення процедури за допомогою апарату необхідно підключити електроді оди та індуктор у відповідні гнізда. Далі встановити ручку перемикача 8 в положення 1 та вибрати необхідну напругу перемикачем 6.

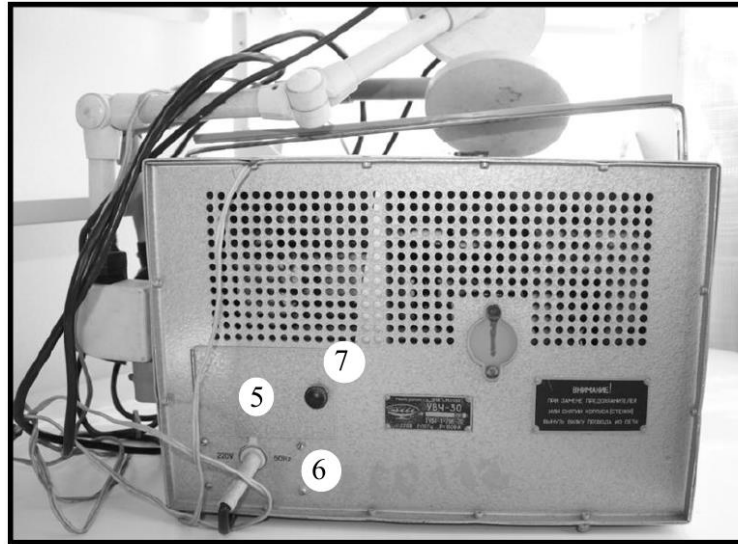


Рис. 3.10 – Зовнішній вигляд апарату УЗТ-30: 5 – мережеві запобіжники; 6 – мережа; 7 – ручка налаштування

За допомогою ручки налаштування 7 добитися максимального відхилення стрілки приладу 4. Електроди та/чи індуктор прикласти до тіла пацієнта та проводити процедуру до завершення вибраного часу.

Опис елементів та вузлів електричного блоку апарату

Деталі і елементи електричної схеми блоку змонтовані на подвійному шасі, яке також є частиною каркаса (рис. 3.11). Шасі кріпиться до основи чотирма гвинтами. Схема розташування елементів електронного блоку наведена на рис. 3.12 та 3.13

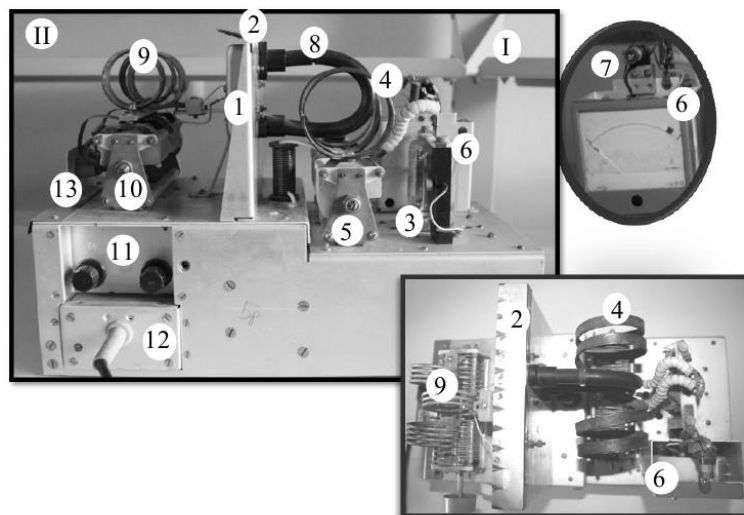


Рис. 3.11 –Вигляд шасі зверху: I – генераторна частина; II – вихідний контур; 1 – планка; 2 – пружний контакт; 3 – генераторна лампа; 4 – котушка; 5 – конденсатор; 6 – вимірювальний прилад; 7 – сигнальна лампа; 8 – виток зв'язку; 9 – котушка; 10 – конденсатор; 11 – мережеві запобіжники; 12 – мережа; 13 – гніздо виходів

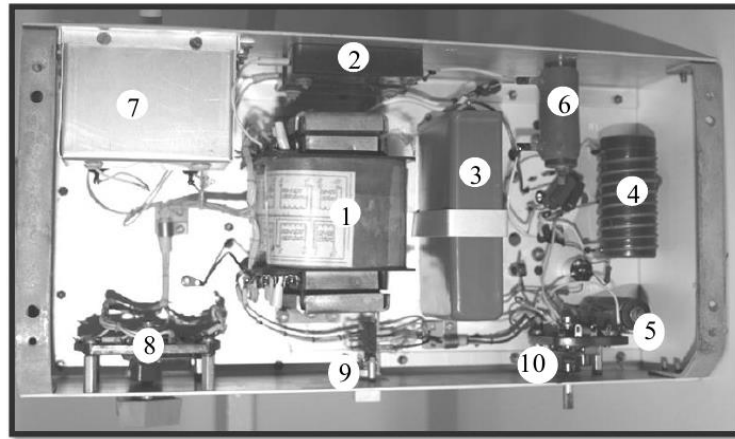


Рис. 3.12 – Вигляд шасі знизу: 1 - силовий трансформатор; 2 – випрямний стовп; 3 – фільтрові конденсатори; 4 – котушка мережевого контуру; 5 – резистор; 7 – екран мережевого фільтру; 8 – перемикач напруги; 9 – кнопка; 10 – перемикач потужності

Генератор частина I відокремлена від вихідного контуру II вертикальної перегородкою 1, вертикальної перегородкою I, що має у верхній частині пружинні контакти 2 для забезпечення електричного з'єднання з кришкою корпусу.

Генераторна лампа 3 кріпиться за допомогою накидного кільця і з'єднується з анодним контуром (котушка 4, конденсатор 5) гнучкими дробами) у фарфорових ізоляторах.

Розташованих у цьому ж відділі вимірювальних приладів 6 відокремлених екраном. Над приладом кріпиться сигнальна лампа 7.

Виток зв'язку 8 виконаний з гнучкого коаксіального кабелю, екран якого для забезпечення магнітного зв'язку з анодним контуром має розрив.

Вихідний контур, що складається з котушки індуктивності 9 і змінного конденсатора 10, виконаний одним блоком.

На задню стінку шасі виведені: тримачі запобіжників 11, колодка перемикання напруги мережі живлення 12, вилка приладу 13 для підключення мережевого шнура, що безпосередньо входить в екран мережевого фільтру, і затискач захисного заземлення 14.

Вигляд шасі знизу показаний на рис. 3.12. У центрі розміщений силовий трансформатор 1, поряд з ним випрямлений стовп 2 і ввімкнені паралельно фільтрові конденсатори 3.

Під панеллю генераторної лампи розташована котушка мережевого контуру 4, резистор 5 регулювання вихідної потужності, понижуючий резистор 6 в ланцюзі живлення екрануючої сітки.

На задній стінці шасі закріплено екран 7 мережевого фільтру, на передній – перемикач 8 напруги, що попадається в схему апарата, кнопка 9 і перемикач потужності 10.

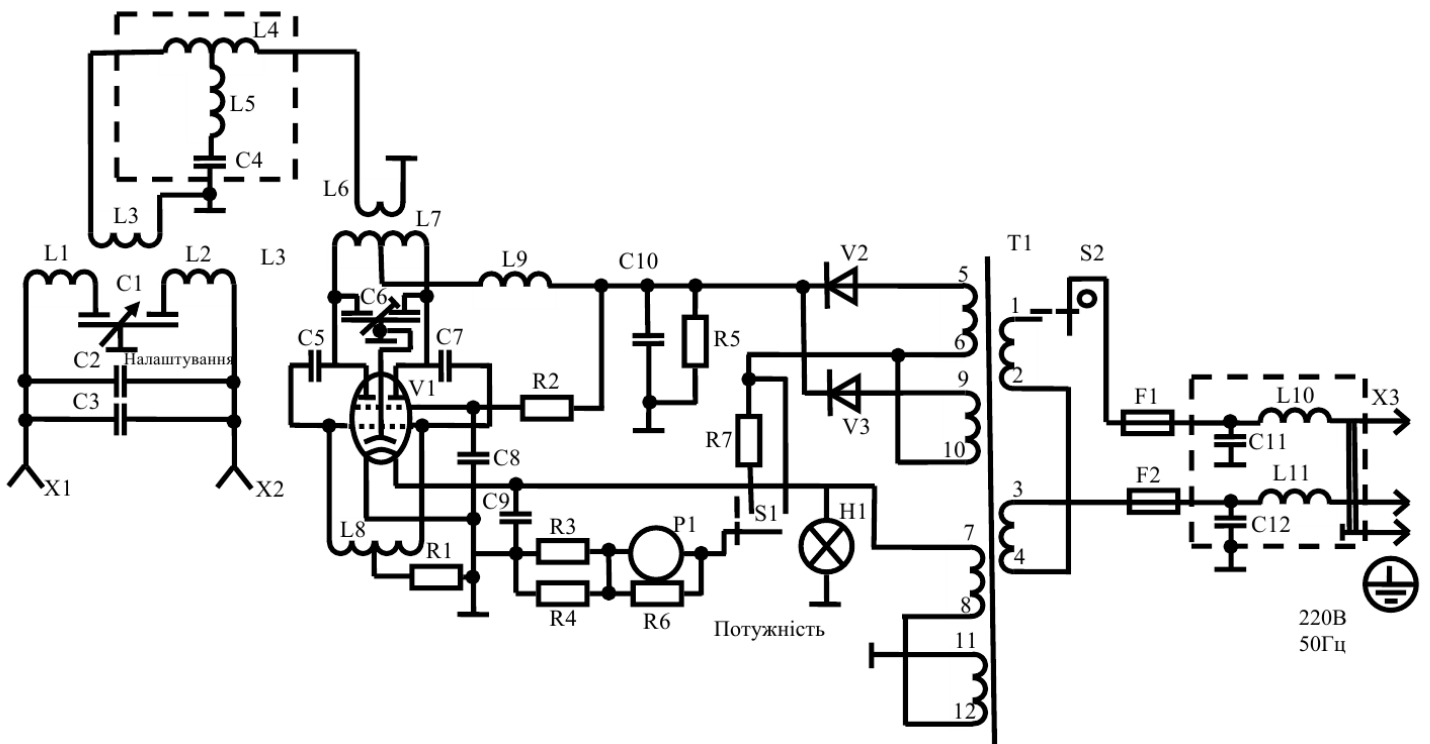


Рис. 3.13 – Схема електрична принципова УВЧ-30

Опис електричної схеми

Генератор з самозбудженням по двох контактній схемі на лампі V1. Контур генератора складається з котушки L7 та змінного конденсатора C6, за допомогою якого здійснюється налаштування генератора на задану частоту.

Мережевий контур утворений контуром L8 та вихідними ємностями лампи V1. Зворотній зв'язок в генераторі здійснюється через прохідні ємності лампи та конденсатори C5, C7. Опір автоматичного зміщення R1 ввімкнено в точці нульового потенціалу контуру L8.

Зв'язок анодного контуру з вихідним контуром здійснюється за допомогою котушки зв'язку L3 та витка індуктивності L6. Котушкою L3 регулюється вихідна потужність за рахунок зміни зовнішнього зв'язку. Для фільтрації вищих гармонік слугує фільтр низьких частот, який складається з котушок L4, L5 та конденсатора C4.

Вихідний контур складається з котушки індуктивності L1, L2 та змінного конденсатора C1. Налаштування вихідного контуру в резонатор здійснюється вручну за допомогою конденсатора C1. Його вісь виведена на лицьову панель та пов'язана з ручкою «НАСТРОЙКА».

Випрямляч, зібраний по двохнапівперіодній схемі на випрямляючих стовпах V2, V3, забезпечує живлення вхідного та мережевого ланцюга генератора.

Конденсатор C10 виконує роль фільтра.

За допомогою перемикача S1 змінюється вхідна напруга і, завдяки цьому, вихідна потужність апарату.

Живлення лампи V1 здійснюється від вторинної обмотки трансформатора T1. Міліамперметр P1 підключений паралельно резистору R6.

Показання приладу прямо пропорційні сумі анодного струму та струму екранної мережі лампи V1. За максимальним відхиленням стрілки приладу контролюється налаштування вихідного контуру в резонанс.

До елементів індикації, сигналізації та керування відносяться: перемикач S1, який вмикає вихідну напругу лампи V1; перемикач S2 – вмикає та вимикає напругу мережі; сигнальна лампа H1; міліамперметр P1.

Напруга від мережі поступає на трансформатор T1 через мережевий провід з завадоподавляючим фільтром, який складається з високочастотних дроселів L10, L11 та конденсаторів C11 та C12.

Вставки плавкі F1, F2 необхідні для захисту апарату від перевантажень струму.

Опис вузлів та елементів електричної схеми

Радіолампа електривакуумна тетрод ГУ-19 (рис. 3.14)

Подвійний генератор тетрод призначений для генерування коливань, посилення потужності, множення частота і модуляції коливань в радіотехнічних пристроях. Катод – оксидний непрямого напруження.

Виконання – скляне цокольне.

Конденсатори КВИ.ОЖО.460.129ТУ – керамічні високовольтні неізольовані постійний ємності конденсатори. Призначені для роботи в якості вбудованих елементів внутрішнього монтажу апаратури в імпульсних режимах.

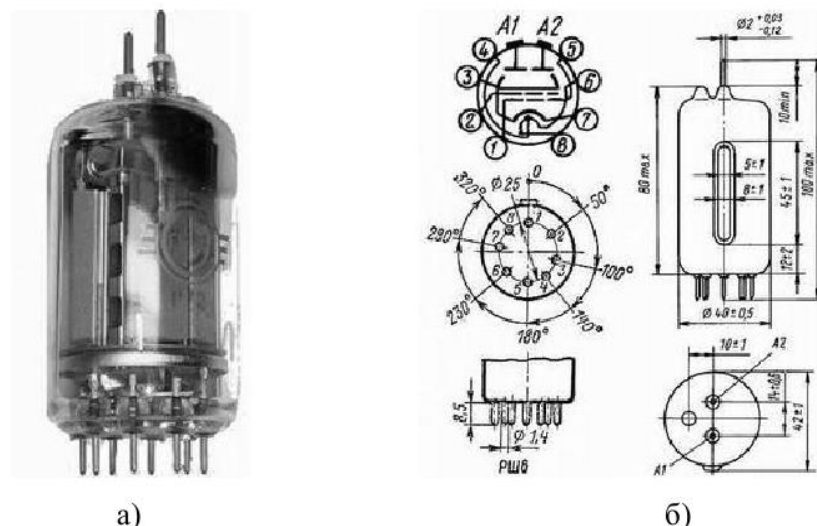


Рис. 3.14 – Лампа ГУ-19: а) загальний вигляд; б) габаритне креслення.

1 – сітка першого тетрода; 2 – сітка другого; 3 – катод та променеутворюючі пластини; 4 – підігрівач; 5 – сітка першого другого тетрода; 6 – підігрівач; 7 – катод; 8 – підігрівач; A1 – анод першого тетрода- верхній вивід; A2 – анод другого тетрода – верхній вивід

Керамічні високовольтні конденсатори КУ15У.ОЖО.460.201.ТУ (К15У-1, К15У-2, К15У-3) застосовуються в потужній радіоапаратурі у

безперервному високочастотному режимі і в ланцюгах постійного струму (ємнісний зв'язок, фіксоване налаштування потужних високочастотних контурів, імпульсні пристрої).

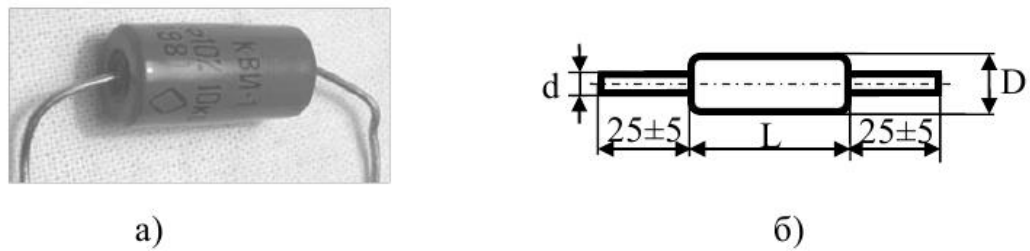


Рис. 3.15 – Конденсатор КВИ-1-10: а) загальний вигляд; б) габаритні креслення (L , d , D – від номінальної ємності)

Керамічні високовольтні конденсатори К15У-1, К15У-2, К15У-3 призначені для роботи в ланцюгах змінного струму високої частоти напругою до 25 кВ, в ланцюгах постійного струму з напругою до 30кВ і в імпульсних режимах – 60...155 С. Використовуються для захисту від підвищення напруги для приладу.

Конденсатор МБГП.ОЖО.462.144.ТУ – працює в ланцюгах постійного і пульсуючого струмів. Виконані конструктивно у сталевих прямокутних корпусах, герметизованих пайкою, з пелюстковими виводами.

Конденсатори КД-2.ОЖО.460.205.ТУ – керамічні дискові.

Застосування в ланцюгах постійного, пульсуючого, змінного струмів в імпульсних режимах. Дискові компенсатори мають керамічний діелектрик, що забезпечує стійку лінійку залежності ємності від температури і використовуються для налаштування контурів та ін.

Вставка плавка – частина запобіжника. Якщо механізм запобіжника спрацював, то вставка згорає і її необхідно замінити.



Рис. 3.16 – Конденсатор К15У

Міліамперметр М42300 0-5/50mA стрілочний застосовується для вимірювання струму в електричних ланцюгах постійного струму. Вимірювальний механізм міліамперметра – магнітоелектрична система з рухливою частиною на кернах або розтяжках.

Міліамперметр М42300 0-5/50 мА має квадратну лицьову панель, розташування вимірювального механізму – симетричне.



Рис. 3.17 – Вставка плавка

Резистори дротяні ПЭВ ОЖО.467.576 ТУ (дротяний емальований вологостійкий) призначені для роботи в ланцюгах постійного чи змінного струму.



Рис. 3.18 – Міліамперметр М42300 0-5/50 мА

Дротяні резистори використовуються в ланцюгах постійного і змінного струму звукової частини в якості гасильних дільників напруги і навантажень резисторів, а також для встановлення високої стабільності параметрів електричного ланцюга і великої потужності розсіювання.

Дротяні постійні резистори конструктивно мають основу з кераміки або пластмаси, на яку намотуються струмопровідний елемент з високоомних сплавів константану, манганіну або ніхрому. До кінців обмотки приєднуються виводи з багатодротяної м'якої міді або латунних пластинок. Для ізоляції і захисту витків від вологи, забруднень і механічних ушкоджень обмотку покривають теплостійкою неорганічною склокерамікою.

Резистори МЛТ ОЖО.467.180 ТУ – метало-плівкові, лаковані, теплостійкі резистори. Конструктивно мають вигляд циліндричного або прямокутного стержня з ізоляційного матеріалу, на зовнішню поверхню якого нанесений тонкий струмопровідний шар. Для отримання необхідного опору підбирається

певна товщина шару вуглецю або металу і прорізається спіральна канавка для збільшення омичного опору резистора. Чим менше товщина шару і більше витків в його спіралі, тим більше номінальний опір резистора.

Струмopровідний шар сполучений з виводами за допомогою ковпачків, насаджених на обидва кінця стержня. Для захисту від вологи і механічних дій струмопровідний шар і контактні ковпачки покривають вологостійкістю емаллю.

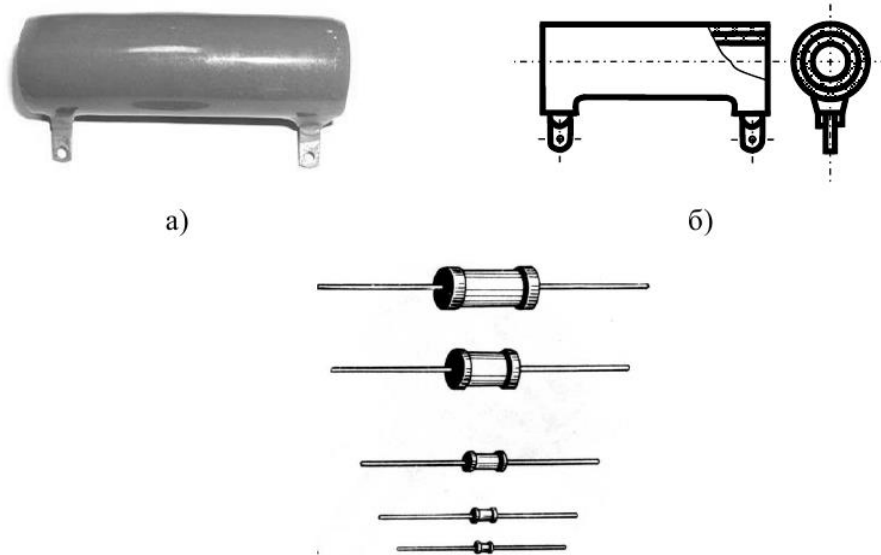


Рис. 3.19 – Резистор ПЭВ ОЖО.467.576 ТУ: а) загальний вигляд; б) схематичне зображення та Схематичне зображення резисторів МЛТ ОЖО.467.180 ТУ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Теоретичні основи електротехніки. Електромагнітне поле: підручник / Ю. О. Карпов, Ю. Г. Ведміцький, В. В. Кухарчук; ВНТУ; МОН України. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 407 с.
2. Теоретичні основи електротехніки: Магнітне та електромагнітне поле: Навчальний посібник / Ю. О. Карпов, Ю. Г. Ведміцький, В. В. Кухарчук; МОН України. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 167 с.
3. Теоретичні основи електротехніки: електромагнітне поле: підручник / Ю. О. Карпов, Ю. Г. Ведміцький, В. В. Кухарчук; МОН України, ВНТУ; за ред. Ю. О. Карпова. – Херсон: Олді-плюс, 2014. – 338 с.
4. Аппарат для УВЧ-терапии переносной УВЧ-80-3 «Ундатерм». Паспорт ТА2.014.00 ПС.
5. О возможности диагностики заболеваний у животных путем измерения собственного электромагнитного излучения тканей (радиотермометрия) / Косулина Н. Г., Чакина Н. А. // Проблемы біоніки. – Збірник наукових праць. Випуск 51. – Харків: ХДТУР. –1999. – С. 80 – 83.
6. Радиотермометрия в діагностиці стану сільськогосподарських тварин / Черенков А. Д., Балан Г. П., Косуліна Н. Г. // Питання електрифікації сільського господарства. Збірник наукових праць. – Харків: ХДТУСГ. – 1999. – С. 80 – 82.
7. Аналіз методів дослідження взаємодії електромагнітного поля (ЕМП) з біологічними об'єктами / Косуліна Н. Г // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. “Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України”. – Харків: ХДТУСГ, 2003. – Вип. 19, Т. 1. – С. 202 – 212.
8. Використання мікрохвильових технологій у сільському господарстві / Косуліна Н. Г // Праці. Таврійська державна агротехнічна академія. – Мелітополь: ТДАТА, 2003. – Вип. 15. – С. 141 – 148.
9. Применение информационных электромагнитных полей в технологических процессах сельского хозяйства / Черенков А. Д., Косулина Н. Г. // Світлотехніка та електроенергетика. Міжнародний науково-технічний журнал. Харківська національна академія міського господарства. – 2005. – №5. – С. 77 – 80.
10. Низкоэнергетические электромагнитные технологии в растениеводстве / Косуліна Н. Г., Черенков А. Д. // Світлотехніка та електроенергетика. Міжнародний науково-технічний журнал. Харківська національна академія міського господарства. – 2008. – № 4(16). – С. 80 –85.
11. Биофизический анализ воздействия информационного электромагнитного поля на биологические объекты / Косуліна Н. Г // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – 2013. – Вип. 141. – С. 86 – 87.

12. Analysis of processes of image formation of bio-objects based on gas discharge visualization. Natalia Kosulina, Maksym Sorokin, Yuri Handola, Stanislav Kosulin, Kostiantyn Korshunov, Mariia Chorna, Vitaly Sukhin / SSRG-International Journal of Electrical and Electronics Engineering (SSRG)-IJEEE", Volume 11 Issue 4, 2024 by SSRG - IJEEE Journal, Year of Publication: 2024. <https://www.internationaljournalsssrg.org/IJEEE/paper-details?Id=687>.

DOI: [10.14445/23488379/IJEEE-V11I4P112](https://doi.org/10.14445/23488379/IJEEE-V11I4P112)

13. Analysis of characteristics of semi-disc leucosapphire resonator with electronic frequency tuning / *Аналіз характеристик напівдискового лейкосапфірового резонатора з електронним регулюванням частоти.* Kosulina, N.G., Chorna, M.O., Boroday, I.I., ..Avrunin, O.G., Semenets, V.V. *Telecommunications and Radio Engineering (English translation of Elektrosvyaz and Radiotekhnika)*, 2022, 81(6), pp. 1–14. *Volume 81, Issue 6, 2022, pp. 1-14*

DOI:10.1615/TelecomRadEng.2022037910

14. Kosulina, N., Sorokin, M., Handola, Y., Kosulin, S., & Korshunov, K. (2023). Forming an elliptical directional diagram of the sectoral horn antenna for flow irradiation of sugar beet seeds by electromagnetic field / *Формування еліптичної діаграми спрямованості секторіальної рупорної антени для потокового опромінення електромагнітним полем насіння цукрового буряка.* *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(5) (121), 26–37. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.273972>

15. Natalia Kosulina, Stanislav Kosulin, Kostiantyn Korshunov, Mykola Lysychenko, Maksym Sorokin, Yuri Handola, Huzenko Vitalii. Substantiation of Requirements to the Gas Discharge Visualization-Based Technical System for Studying Bio-objects / *Обоснование требований к технической системе для исследования биообъектов на основе газоразрядной визуализации*, «SSRG International Journal of Electrical and Electronics Engineering», vol. 10, no. 2, pp. 132-142, 2023. Crossref, <https://doi.org/10.14445/23488379/IJEEE-V10I2P113>

16. Cell conductivity as a probability process of membrane electroporation. Проводимость клетки как вероятностный процесс электропорации мембраны / Shigimaga V. A., Kosulina N. G., Chorna M. A., Borodai I. I. *International periodic scientific journal MODERN SCIENTIFIC RESEARCHES*. No 16 (1). – P.71 – 84. DOI: 10.30889/2523-4692.2021-16-01-022. <https://www.modscires.pro/index.php/msr/issue/archive>

17. Automatic control and correction systems rations for animal feeding. The scientific heritage. (Budapest, Hungary) / Shigimaga V., Faizullin R., Kosulina N., Sukhin V., Korshunov K. The journal is registered and published in Hungary. VOL 1, No 78 (78) (2021). – P. 45 – 51. DOI: 10.24412/9215-0365-2021-78-1-45-50

18. Prospective aspects in the robotization development of animal husbandry processes / V. A. Shigimaga, N. G. Kosulina, M. O. Chorna, I. I. Borodaj // *Engineering of nature management*. – 2021. – N4(22). – p. 77 – 81. DOI: 10.37700/enm.2021.4(22).77

19. Расчет специализированной антенны для проведения биологических исследований / Н. Г. Косуліна, К. С. Коршунов // *Інженерія*

природокористування, 2021, №4(22). – С. 99 – 103
DOI:0.37700/enm.2021.4(22).99

20. Аналіз електродинамічної моделі біологічно активної точки шкіряного покриву тварин / В. В. Гузенко, В. В. Семенець, Т. В. Носова, М. Л. Лисиченко, Н. Г. Косуліна / Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн.зб. 2020. Вип. 201. С. 215 – 219.

21. Моделювання електронних імпульсних рефлектометрів на основі характеристик нелінійних функціоналів / В. В. Семенець, О. Г. Аврунін, О. Д. Черенков, Н. Г. Косуліна / Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн.зб. 2020. Вип. 201. С. 179 – 185.

22. Open system for measuring the chemiluminescence of crop seeds
[Aleksandr D. Cherenkov](#), [Natalia G. Kosulina](#), [Yaroslav I. Yaroslavskyy](#), [Nataliia V. Titova](#), [Zbigniew Omiotek](#), [Gauhar Borankulova](#), [Aigul Tungatarova](#). [Author Affiliations +Proceedings Volume 11581, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2020; 115810A \(2020\) <https://doi.org/10.1117/12.2580182>](#)
Event: Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2020, 2020, Wilga, Poland.
<https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/11581/115810A/Open-system-for-measuring-the-chemiluminescence-of-crop-seeds/10.1117/12.2580182.short> (СКОПУС)

23. Analysis of the influence of the internal noise of the frequency conversion system on the accuracy of measuring the dielectric permittivity of plant gas exchange / Kosulina N., Pirotti Y., Cherenkov A., Chorna M., Korshunov K. The scientific heritage (Budapest, Hungary), №51. – Vol 1. – 2020. – P. 58 – 63. венгрия

24. Justification of the parameters of the dielcometric system of plant gas exchange control. Kosulina N., Pirotti Y., Cherenkov A., Chorna M., Sapryka A. Osterreichisches Multiscience journal (Innsbruck, Austria). Vol 1, No 32(2020) – P. 61 – 66. Австрия

25. Kryvonosov V., Buhlal N., Boryakin A., Shaiko-Shaikovsky O., Kryvonosov V., Kosulin N. / Information system of non-invasional control and diagnosis of bone fracture in ankle osteosynthesis, №27 2021, International independent scientific journal VOL. 34

26. Cell Conductivity in Pulsed Electric Field as a Probabilistic Process of Membrane Electroporation / V. A. Shigimaga N. G. Kosulina M. A. Chorna S. V. Kosulin / New Frontiers in Physical Science Research Vol. 1, 1 September 2022, Page 72 – 91. <https://doi.org/10.9734/bpi/nfpsr/v1/3616A>, Published: 2022-09-01
<https://stm.bookpi.org/NFPSR-V1/article/view/8122>

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

1. Ознайомитися з явищем впливу електричного поля на біологічний об'єкт. Франклінізація. Інфітатерапія.
2. Ознайомитися з зовнішнім виглядом апаратів франклінізації та аероіонотерапії
3. УВЧ терапія
4. Принцип дії УВЧ-30. Технічна характеристика. Структурна схема.
5. Принципова електрична схема та конструкція апарату.
6. Сучасні апарати УВЧ.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке УВЧ-терапія та де вона застосовується?
2. Назвати види апаратів для УВЧ-терапії.
3. Які основні блоки апарату «УВЧ» та їх призначення?
4. Розкажіть процедуру проведення УВЧ терапії.
5. Опишіть структурну електричну схему.
6. Принцип роботи електричної принципової схеми.
7. Призначення елементів електричної принципової схеми.
8. Покажіть елементи електричної принципової схеми апарату «УВЧ-30».

СИСТЕМИ БІОМЕДИЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ БІООБ'ЄКТІВ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ
ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ № 5 на тему:

«ВИКОРИСТАННЯ АПАРАТІВ ДЛЯ ФРАНКЛІНІЗАЦІЇ, УВЧ ТА АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ»

для студентів першого рівня вищої освіти «бакалавр»
спеціальності 163 «Біомедична інженерія»
освітньо-професійної програми «Біомедична інженерія» денної або заочної
форми навчання

Укладачі Косуліна Н. Г., Чорна М. О., Шигимага В. О., Сухін В. В., Ляшекно
Г. А., Коршунов К. С.

План 2024 р.

Підп. до друку 02.11.2024 р. Формат 60×84^{1/16}. Папір офсет.

Друк. цифровий. Гарнітура Bookman Old Style. Ум. друк. лист. 2,2.

Наклад 50 прим. Зам. № 11/02/2024.