

Лабораторна робота №3 «Робота з фізіотерапевтичною апаратурою»

Мета: Вивчити основи взаємодії ЕМП з БТ і набути навички роботи на деяких фізіотерапевтичних апаратах.

Обладнання: апарат УВЧ-66, апарат УТП-1, вимірювач потужності ІМУ-3, Прилад “Іскра - 1”

Хід роботи

1. Робота з УВЧ-апаратом.

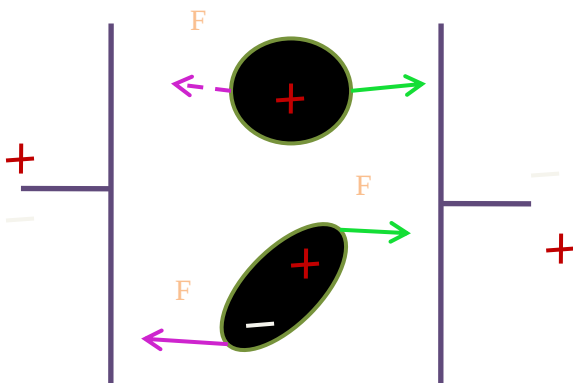
УВЧ-терапія – лікувальний метод, котрий використовує вплив електричного поля ультрависокої частоти (від 30 до 300 МГц) на тканини організму.

Лікувальний фактор. Біологічні тканини знаходяться в електричному полі конденсатора, обкладинки якого – ізольовані пластини електродів. На ці пластини подається високочастотна (40.68 МГц) напруга амплітудою декілька сотень вольт. Для уникнення електричного контакту пацієнта з електродами (і, як наслідок, виникнення УВЧ-струму провідності) електроди вкриті ізолюючим шаром діелектрика. Основним діючим фактором при цьому є струми зміщення, що виникають у біологічних тканинах під впливом електричного поля змінної напруженості E :

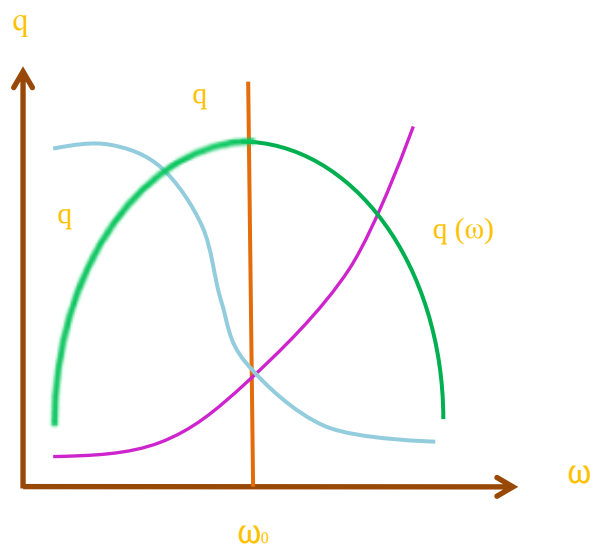
$$j_{зм} = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot \frac{dE}{dt}$$

Механізм прогріву тканин. Струм зміщення існує, якщо напруженість електричного поля змінюється з часом. При збільшенні частоти (а, отже і швидкості зміни E) струм зростає. Величина струму зміщення суттєво залежить від типів зарядів, які знаходяться в електричному полі (іонів, диполів, мультиполів тощо), і особливостей їх поведінки у змінному електричному полі.

Прогрів електроліту. У змінному електричному полі напруженості E іони електролітів зміщуються у напрямку дії кулонівської сили $F=q \cdot E$. Якщо вважати, що сила, так само як і напруженість, змінюється за гармонічним законом, то можна припустити, що іон здійснює коливально-поступальний рух відносно положення рівноваги (див. малюнок 1).



a)



Мал. 1

б)

Кінетична енергія коливальної системи W_k (іон + гідратна оболонка) залежить від частоти й амплітуди коливань ($W_k \sim \omega^2 A^2$), величина амплітуди коливання A залежить від E , ω , маси системи та в'язкості середовища. Врахувавши, що кінетична енергія одиниці об'єму рідини дорівнює сумі енергій усіх частинок об'єму, можна показати, що кількість теплоти, яка була виділена в одиниці об'єму за одиницю часу, визначається за формулою:

$$q \approx n \cdot A^2(\omega) \cdot \omega^2 = k(\omega) \cdot \omega^2 \cdot n \cdot E^2$$

де n – концентрація іонів, $k(\omega)$ – коефіцієнт пропорційності. Із цієї формули видно, що результуючий ефект нагрівання залежить від частоти складним чином – при збільшенні ω , з одного боку, збільшується q пропорційно квадрату частоти ω^2 ; з другого боку, із збільшенням частоти зменшується амплітуда коливань і, як наслідок, зменшується кінетична енергія. Якісний аналіз показує, що W_k набуває максимальне значення (мал. 1 б) у деякому інтервалі частот $[\omega_0 \pm \Delta\omega]$.

Прогрів діелектрика (вважаємо, що молекули діелектрика мають власний дипольний момент $P=q \cdot r$. Полярні молекули (молекули води, білків, ліпідів тощо) у змінному електричному полі під впливом моменту сил $M \sim PE$ здійснюють коливально-обертальний рух відносно осі, яка проходить через центр маси молекули (див. мал. 1 а).

Кінетична енергія системи у цьому випадку може бути оцінена за частотою обертання і моментом інерції молекули (точний розрахунок досить складний, тому що необхідно враховувати міжмолекулярні сили взаємодії). Приблизну величину для даного випадку можна оцінювати за струмами зміщення, які виникають у діелектрику за рахунок орієнтаційних (коливально-обертальних) рухів диполя:

$$q = E \cdot j_{zm} = k(\omega) \cdot \omega \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot E^2$$

де k – коефіцієнт пропорційності, тобто для діелектрика, який знаходиться в однорідному полі конденсатора, величина q визначається за формулою.

Теплота в УВЧ

Прогрівання діелектрика буде залежати від амплітуди напруженості, діелектричних властивостей середовища та частоти. Кількісно залежність прогріву діелектрика від частоти описує крива, яка подібна до наведеної на мал. 1 б, але максимум зміщений в бік більш високих частот.

Кількість виділеної теплоти в окремих структурах, ділянках тканини буде залежати від співвідношення об'ємів, які займають електроліти або дипольні діелектрики.

Окрім теплового впливу на тканини, електричне УВЧ-поле чинить високоефективну специфічну дію на зміни певних біохімічних процесів у клітині за рахунок коливальної і коливально-обертальної дії на молекулярні структури, що в кінцевому результаті призводить до змін швидкості метаболічних реакцій і функцій клітинних структур і органів у цілому.

Апарат для УВЧ-терапії

Спрощена схема приладу зображена на мал. 2. Основні частини приладу: ламповий генератор з контуром L_k, C_k , що налагоджений на частоту $\nu=40.68$ МГц, контур зворотного зв'язку L_{oz} для керування роботою ламп.

Потужність електричних коливань регулюється напругою на аноді ламп (перемикач П – "потужність" у блоці живлення (БЖ) змінює напругу на виході блоку живлення). При збільшенні анодної напруги змінюється амплітуда коливань у контурі генератора.

Завдяки індуктивному зв'язку електромагнітні коливання через проміжний контур ПК передаються у контур пацієнта (L, C, C_e). Такий зв'язок забезпечує безпеку пацієнта по відношенню до низькочастотної напруги у колах генератора УВЧ.

Контур пацієнта складається з котушки індуктивності L і змінної ємності C (перемикач – "налаштування"). В ємність контуру пацієнта входить також і міжелектродна ємність C_e . Зняття максимальної потужності з контуру генератора досягається при виконанні умов резонансу, тобто при

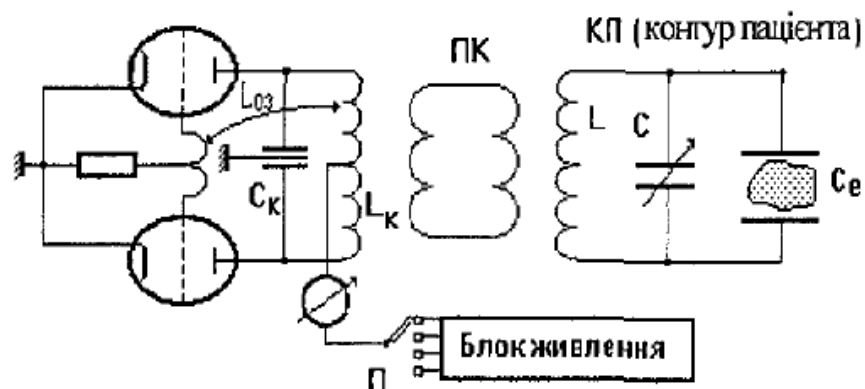
$$L_k \cdot C_k = L \cdot (C + C_e)$$

Ємність терапевтичного контуру або контуру пацієнта (КП) змінюється при кожній процедурі (у поле конденсатора вводяться різні частини тіла пацієнта). Змінюючи величину C , можна постійно підтримувати резонанс, при якому відбувається максимальна передача електромагнітної енергії контуру тканинам пацієнта.

Ступінь налагодження терапевтичного контуру у резонанс з коливальним контуром генератора визначається за яскравістю лампочки або за відхиленням стрілки індикатора на панелі приладу.

Перемикачі керування потужністю (П – "потужність"), налаштування (C – "налаштування"), а також компенсатора падіння напруги кола живлення приладу ("мережа"), винесені на передню панель приладу. Зміна положення перемикача компенсатора змінює кількість витків у силовому трансформаторі і, відповідно, напругу на виході блоку живлення.

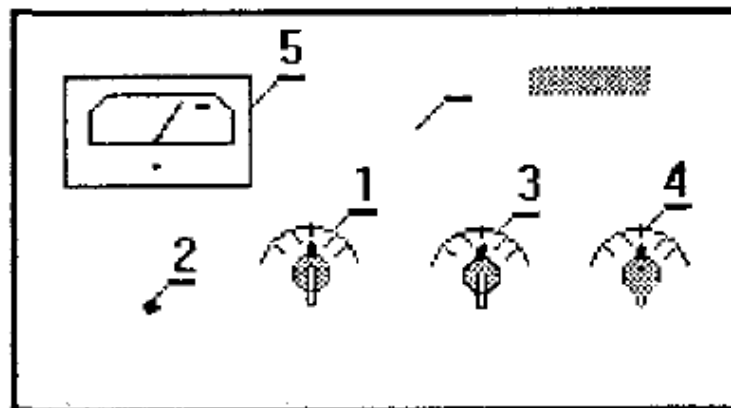
Схема і вигляд УВЧ апарата



Мал. 2



Панель приладу УВЧ-66



Мал. 3

- 1) Напруга;
- 2) Потужність;
- 3) Налаштування.

Завдання 1. Вивчити будову апарата УВЧ-66.

Зовнішній вигляд передньої панелі апарата приведено на мал. 3:

- 1) вмикач електричного кола і регулятор вхідної напруги;
- 2) кнопка індикації величини вхідної напруги;
- 3) регулятор потужності УВЧ-випромінювання;
- 4) регулятор налагодження кола пацієнта;
- 5) індикатор налагодження з червоним сектором для регулювання вхідної напруги.

Завдання 2. Дослідження зміни температури прогрівання дистильованої води і розчину електроліту в УВЧ-полі.

Учитель розташовує між електродами апарата склянки з дистильованою водою і розчином кам'яної солі, налагоджує апарат за максимальним відхиленням стрілки. Через кожні п'ять хвилин вимірюйте температуру води і розчину. Дані занесіть до таблиці.

Час, хв	0	5	10	15	20	25	30
Т°С дистиль. води							
Т°С розч. NaCl							

2. Ультразвуковий терапевтичний апарат

Механічні коливання з частотою, більшою 20кГц, що розповсюджуються в пружних середовищах, називають ультразвуком (УЗ). УЗ хвиля являє собою процес розповсюдження коливань тиску або густини пружного середовища в часі і просторі. Гармонічну УЗ хвилю можна описати таким рівнянням:

$$A(x, t) = A_m \cdot \sin \left[\omega \left(t - \frac{x}{v} \right) \right]$$

де $A(x, t)$ – миттєве значення змінної величини (тиску або густини середовища) у деякій точці простору, A_m – її амплітудне значення, x – координата точки, v – швидкість поширення УЗ-хвилі.

Біологічна і механічна дія ультразвуку

Біологічна дія ультразвуку обумовлена комплексною дією механічних, теплових та фізико-хімічних факторів і залежить від інтенсивності і частоти УЗ-випромінювання.

Механічна дія ультразвуку обумовлена деформаціями мікроструктур тканин при періодичних стисках і розтягах, що виникають при проходженні ультразвукової хвилі. Збільшення потужності ультразвуку призводить до деструкції (руйнування) тканин, виникнення значного перепаду тиску в мікрооб'ємі тканини може стати причиною виникнення мікропорожнин, розривів. Це явище відоме під назвою "кавітація". Кавітація супроводжується тепловим ефектом, дисоціацією макромолекул, активацією специфічних хімічних реакцій.

Тепловий ефект ультразвуку

Тепловий ефект ультразвуку обумовлений тим, що у біологічних тканинах відбувається процес поглинання акустичної енергії ультразвукової хвилі і перетворення її у теплову. Для зменшення теплового ефекту використовують імпульсне УЗ-випромінювання.

Кількість теплоти, яка виділяється в одиниці об'єму тканини, дорівнює:

$$q \approx \rho \cdot \omega^2 \cdot A_m^2$$

де ρ – густина середовища, ω – частота, A_m – амплітуда.

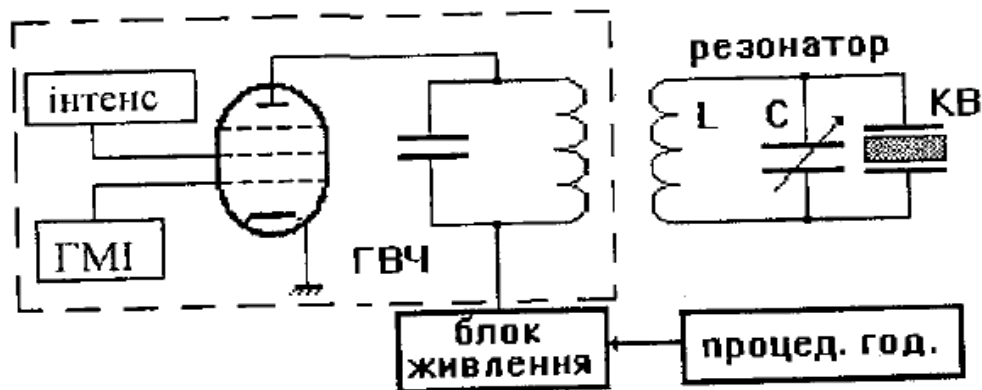
Фізико-хімічна дія ультразвуку обумовлена активізацією деяких хімічних і біохімічних реакцій. Так, наприклад, дія ультразвуку прискорює реакції окислення і полімеризації. Ультразвук незначної потужності призводить до збільшення проникності клітинних мембран, активізує процеси обміну.

Використання ультразвуку

Ультразвук частотою 800кГц низької інтенсивності використовується у фізіотерапії. В хірургії сфокусоване від декількох джерел УЗ-випромінювання високої інтенсивності використовується для дроблення каменів у сечовому міхурі, руйнування злоякісних пухлин, розпилення і "зварювання" кісток. З діагностичною метою використовують УЗ-просвічування і УЗ-локацію. Ці методи базуються на відмінностях у ступені поглинання і відбивання ультразвукової хвилі тканинами з різними акустичними властивостями (густиною, пружністю).

Апарат УТП-1

Апарат УТП-1 складається з генератора високої частоти (ГВЧ), який живить п'єзoeлектричний перетворювач (кристал кварцу – КВ, що знаходиться між пластинами конденсатора). Перетворювач КВ перетворює високочастотні електричні коливання в ультразвукові. При збігові частоти ГВЧ і власної частоти коливань кварцу в резонаторі досягається найбільша інтенсивність ультразвукового випромінювання.



Модулятор

Модулятор (ГМІ – генератор модульованих імпульсів) формує з напруги мережі імпульси негативної полярності, котрі закривають лампу генератора на деякий час, відповідно до положень покажчика "режим роботи" (безперервно, імпульсно – 10мс, 4мс).

Регулятор потужності змінює напругу на екрануючій сітці лампи і, як наслідок, амплітуду коливань в анодному контурі, а значить, і інтенсивність випромінювання УЗ. Процедурний годинник (ПГ) задає час роботи генератора, роз'єднуючи через певний час блок живлення (БЖ) і генератор. Величина УЗ тиску оцінюється за формулою:

$$P = \sqrt{2\rho v \cdot I}$$

де ρv – акустичний опір (ρ – густина, v — швидкість поширення звуку в середовищі); I – інтенсивність звуку.

Завдання 1. Підготовка апарату до роботи.

Виконує учитель:

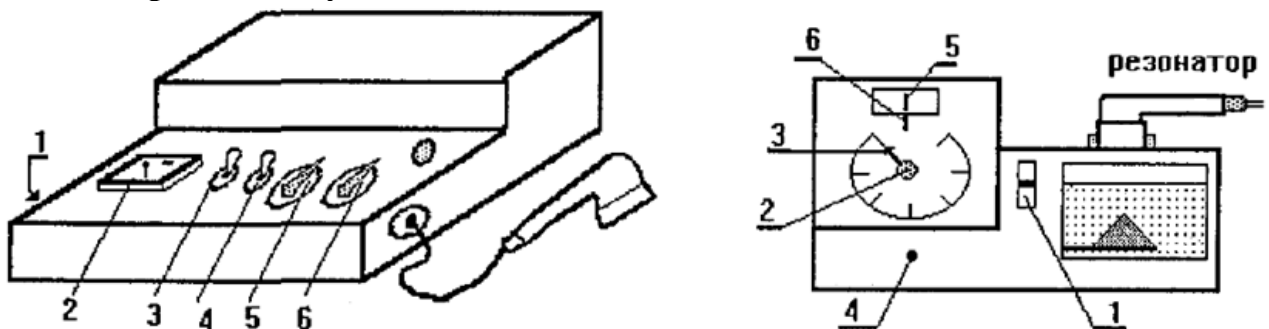
1. Перевірити заземлення апарата.
2. Встановити ручки управління апаратом у такі положення:
 - "компенсатор мережі" – Вимк.,
 - "інтенсивність" – 0,
 - "процедурний годинник" – 0,

- "площа випромінювання" – 4см^2 ,
 - "режим роботи" – безперервно.
3. Переконайтесь (не виймаючи випромінювач з горловини вимірювача), що під поверхнею кристалу відсутні повітряні бульбашки.
 4. Ручкою "компенсатор мережі" увімкнути прилад в мережу і встановити стрілку в червоний сектор. Дати можливість прогрітись приладу 5 – 10 хв.

Завдання 2. Виміряти потужність ультразвукового випромінювання апарата УТП-1 за допомогою вимірювача потужності ІМУ-3.

Вимірювач потужності ІМУ-3 (мал. 4) використовується для УЗ-випромінювання певної потужності. Чутливий елемент випромінювача (поплавок пружинних терезів) відхиляється під дією тиску, створеного ультразвуковими механічними коливаннями кварцового резонатора.

Вимірювач потужності ІМУ-3



Мал. 4

Послідовність вимірювання потужності:

Виконує вчитель

1. Перевірити рівень води за відповідною міткою.
2. Розаретувати прилад (ручку 1 перевести вгору).
3. Встановити ручкою 2 стрілку 3 на нуль шкали.
4. Якщо необхідно, ручкою 4 наблизити стрілку 5 до позначки 6 (регулятор 4 – багатообертовий). Прилад підготовлений для вимірювання потужності.
5. Перевірте відповідність показників положень ручки "інтенсивність" реальній потужності. Для цього скористайтесь значеннями, наведеними в таблиці, і виконайте дії у такій послідовності:
 - увімкніть процедурний годинник (20-25 хв), повинна загорітись сигнальна лампочка, яка свідчить про роботу генератора;
 - встановіть "інтенсивність" у необхідне положення, стрілка індикатора 5 повинна відхилитись вправо;
 - обертанням ручки 2 наблизьте стрілку 5 до позначки 6, показчик 3 буде показувати величину розвинутої потужності;
 - дані занесіть у таблицю.

Аналогічна процедура виконується для інших положень ручки "інтенсивність" та режимів випромінювання.

3. Апарат для дарсонвалізації "Іскра-1"

Дарсонвалізація – лікувальний метод, який використовує імпульсні електромагнітні коливання високої частоти, а також низькочастотні електричні розряди, котрі супроводжують ці коливання.

Частота електромагнітних коливань при дарсонвалізації – 100 або 440кГц.

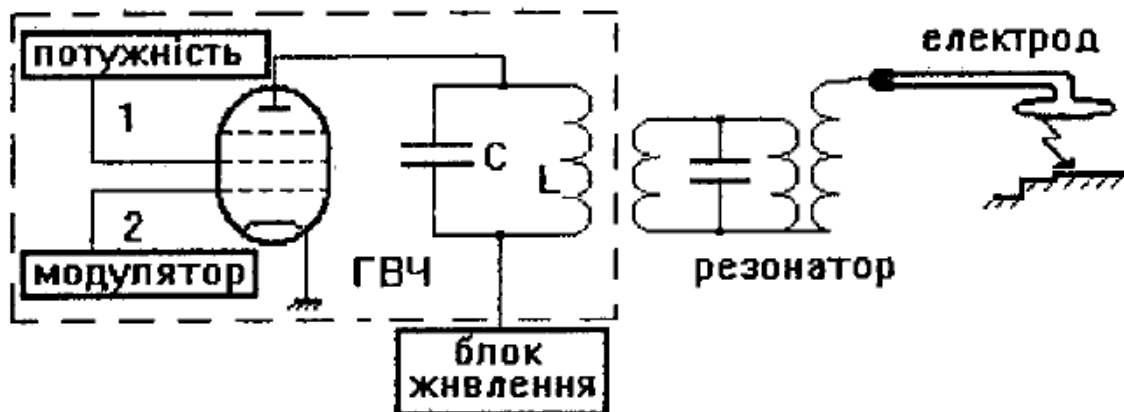
Розрізняють два види дарсонвалізації: загальну та локальну (місцеву). При загальній дарсонвалізації ЕМП діє на увесь організм пацієнта. Пацієнт знаходиться всередині соленоїда, який створює імпульсне високочастотне (100 або 440 кГц) магнітне поле. Частота проходження імпульсів – приблизно 50 Гц. Отже, лікувальним (або фізичним) фактором при загальній дарсонвалізації є імпульсний високочастотний індукційний струм.

Місцева дія дарсонвала

При локальній (місцевій) дарсонвалізації дії піддається тільки певна ділянка тканини. У цьому випадку діючими факторами є:

- а) напруженість високочастотного електричного поля. Між електродами (або електродом і пацієнтом) утворюється високочастотне амплітудно-модульоване електромагнітне поле. Форма модуляції "дзвоноподібна". Високочастотні коливання (мал. 5) виникають на короткий проміжок часу ($t = 0.5\text{мс}$). Період їх повторень – 20мс (частота 50Гц);
- б) іскровий розряд (ІР). З наростанням амплітуди напруженості ВЧ-коливань у резонаторі зростає напруженість електричного поля між електродом та пацієнтом, внаслідок чого виникає іонізований пробій у повітрі (іскровий розряд). ІР є основним фактором, завдяки якому здійснюється місцеве припікання шкіри чи слизових оболонок, а також електростимуляція рецепторів, які знаходяться у полі дії іскри;
- в) легкі аероіони, котрі утворюються у результаті іскрового розряду (озон, окиси азоту тощо).

Прилад "Іскра - 1"



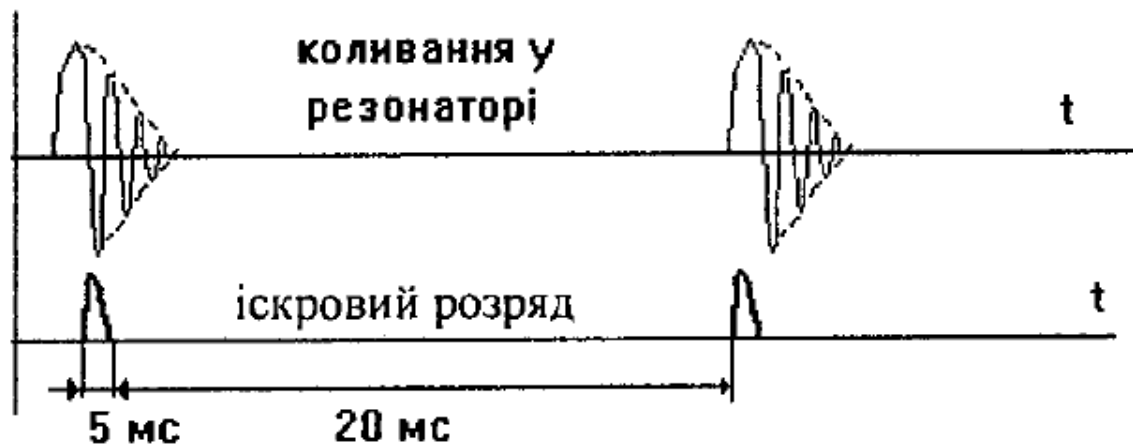
Мал. 5

Тут ГВЧ – генератор високої частоти, LC – контур генератора ($\nu = 110\text{кГц}$).

Регулятор потужності (1) змінює напругу на екранній сітці лампи і, відповідно, струм через лампу, що призводить до зміни напруги у контурі (резонаторі). Саме це у кінцевому результаті і визначає потужність іскрового розряду.

Модулятор (2) виробляє низькочастотні імпульси (частота 50Гц), які відкривають лампу на короткий час (частки мілісекунди), внаслідок чого у контурі виникають модульовані високочастотні згасаючі коливання.

Резонатор складається з контуру і високовольтної котушки індуктивності, яка з'єднана з електродом. Напруга у контурі – 1800В, на котушці індуктивності – декілька десятків кВ (напруга такого порядку необхідна для виникнення іскри). Форма напруги у резонаторі наведена на мал. 6.



Мал. 6

Робота апарата

Робота апарата: модулятор (2) на короткий час ($t = 0,1\text{мс}$) відкриває лампу, і в контурі генератора виникає серія згасаючих коливань тривалістю 0,5мс. Завдяки індуктивному зв'язку коливання передаються в резонатор, де на високовольтній обмотці виникає напруга, достатня для виникнення іскри (мал. 6).

Завдання 1. Вивчіть будову приладу.

Виконує вчитель

1. Підключити резонатор до вхідної клеми на панелі приладу.
2. Регулятор потужності перевести у положення 0.
3. Увімкнути прилад у мережу і встановити необхідну напругу регулятором напруги мережі.
4. Збільшуючи потужність іскрового розряду, отримайте газовий розряд у скляному електроді.
5. Подійте слабким іскровим розрядом на шкіру руки.

Контрольні запитання до теми: “Робота з УВЧ апаратом”

1. Вкажіть діапазон зміни частот ЕМП для УВЧ-, НВЧ- і КВЧ-терапій. Чому дорівнює частота електромагнітних коливань, які генеруються УВЧ-апаратом?
2. Що таке струм зміщення? Який механізм прогріву струмами зміщення діелектриків і електролітів? Які з цих речовин прогріваються більш ефективно?
3. Чому ефективність прогріву речовини залежить від частоти?
4. Чому дія ультрависокочастотного поля не викликає ефекту подразнення, який притаманний НЧ-полю?
5. З яких основних блоків складається УВЧ-апарат?

6. Яким чином змінюється потужність генератора УВЧ-коливань?
7. Що значить "налаштувати" УВЧ-апарат? Чому в момент налаштування яскравість неонові лампочки або відхилення стрілки максимальні?

Контрольні запитання до теми: “Ультразвуковий терапевтичний апарат”

1. Яка природа лікувального фактора при УЗ-терапії?
2. Які джерела УЗ-хвиль ви знаєте, у чому полягає принцип їх роботи?
3. Чому дорівнює довжина ультразвукової хвилі у воді, якщо $v = 1,4 \text{ км/с}$, а частота 880 кГц ?
4. Чому дорівнює УЗ-тиск при $I = 10 \text{ Вт/м}^2$?
5. Оцініть величину градієнта тиску, що утворюється УЗ-хвилею, яка має вказану вище інтенсивність та частоту.
6. Чому ефективність УЗ-терапевтичної процедури значно знижується, якщо між об'єктом та випромінювачем знаходяться повітряні бульбашки?
7. Поясніть принцип дії резонатора.

Контрольні завдання та запитання до теми: “Дарсонвалізація. Апарат “Іскра-1”

1. Назвіть основні фізичні фактори, які впливають на біологічні тканини при: а) місцевій дарсонвалізації, б) загальній дарсонвалізації.
2. Назвіть основні блоки апарата для місцевої дарсонвалізації і поясніть принципи їх роботи.
3. Яким чином можна збільшити потужність іскрового розряду?
4. Що таке аероіони і яким чином вони утворюються під час сеансів місцевої дарсонвалізації?