

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

Терапевтичні особливості впливу ультразвуку на організм людини та апарат для ультразвукової терапії

Мета: Ознайомитися з видами апаратів УЗТ, будовою та принципом дії апарату «ЛОР-3» та навчитись читати його електричну схему.

Обладнання: апарат для ультрависокочастотної терапії «ЛОР-3».

6.1 Теоретичні основи

6.1.1 Властивості ультразвукових хвиль, їх вплив на біологічні об'єкти

Ультразвук (УЗ) - це механічні коливання з частотою більше 20кГц. У медицині для терапевтичних цілей використовують УЗ частотою 0,88 - 3 МГц. УЗ поширюється у середовищі зі швидкістю звуку: у повітрі - 333 м/с, у м'язовій тканині - 1500 м/с.

При поширенні УЗ хвилі спостерігається перенос енергії. Кількість енергії, перенесеної в одиницю часу через одиницю площини, називається інтенсивністю (I). У медицині використовується УЗ інтенсивністю до 3 Вт/см², а в біологічних дослідженнях – до 1000 Вт/см².

Колівання частинок середовища, які виникають під впливом УЗ хвиль є періодичними і характеризуються дуже малою амплітудою та дуже великим прискоренням. Так, на частоті 0,88 МГц та інтенсивності 2 Вт/см² амплітуда дорівнює $3,5 \cdot 10^{-6}$ см, а максимальне прискорення – $9 \cdot 10^7$ см/с². У цьому випадку виникає тиск (акустичний тиск), який пов'язаний зі стисненням та розрідженням середовища.

Акустичний тиск може в декілька разів перевищувати атмосферний. Такі великі прискорення та великий тиск зумовлюють в значній мірі лікувальну дію УЗ на тканини організму. При взаємодії УЗ хвилі з речовиною спостерігається відбиття, поглинання, а в рідинах – кавітація. Розглянемо ці явища.

Відбиття УЗ на границі розподілу двох середовищ залежить від співвідношення їх хвильових опорів. Хвильовий опір дорівнює $\rho \cdot c$, де ρ – густина середовища, а c – швидкість УЗ хвилі в даному середовищі. Хвильовий тиск біологічних середовищ у 3000 разів більше хвильового тиску повітря. Тому на границі повітря-тканина УЗ практично повністю відбивається. Це створює певні труднощі для УЗТ. Щоб зневілювати шар повітря між випромінювачем та об'єктом, на поверхню тіла наносять шар спеціальної речовини – вазелінового масла, глицерину, ланоліну тощо. А при деяких терапевтичних процедурах використовують воду.

При поширенні УЗ спостерігаються втрати механічної енергії, що спонукає до нагрівання середовища. Поглинання енергії підпорядковується експоненціальному закону. Для характеристики цього процесу використовують поняття «**глибини проникнення**» – відстані до поверхні, на якій інтенсивність УЗ хвилі зменшується в « e » разів. Поглинання енергії збільшується з частотою, відповідно зменшується глибина проникнення. Так, на частоті 0,88 МГц глибина проникнення УЗ у м'язову тканину складає 5 см, у жирову – біля 10 см, а в кісткову – близько 0,3 см. Малі втрати у жировому прошарку і, відповідно, його незначний нагрів при глибокому проникненні у м'язи забезпечує належні умови для терапевтичного використання УЗ. Але для ультразвуку також характерне інтенсивне прогрівання кісткових тканин, що відрізняє дію УЗ від дії електромагнітних хвиль і враховується при проведенні сеансів УЗТ.

У рідині при поширенні УЗ хвилі в місцях розрідження виникають порожнини, які наповнені паром цієї рідини. Це явище називають **кавітацією**. Кавітаційні пухирці існують дуже короткий час. Закриття пухирців здійснюється з великою силою і супроводжується нагріванням. Молекули рідини можуть збуджуватися та іонізуватися. У результаті цього, будь-яка структура, яка знаходиться в кавітаційній порожнині, може руйнуватися, а утворені різні іони та радикали вступають у взаємодію з молекулами речовини (наприклад з білками та нуклеїновими кислотами).

Дія УЗ на тканини організму має складний механізм і включає три основні складові: механічну, теплову, хімічну.

УЗ, який використовується для терапії та діагностики, не викликає кавітації у тканинах. Це обумовлено використанням імпульсів або низької інтенсивності, або великої інтенсивності та короткої тривалості. При інтенсивностях УЗ менше $0,3 \text{ Вт/см}^2$ кавітація у тканинах не відбувається, але спостерігається рух частинок. Якщо частинки заряджені та мають різні маси, то виникає різниця потенціалів, яка в тканинах досягає сотень мілівольт. Це в свою чергу змінює проникність мембран клітин для іонів, які беруть участь у клітинному метаболізмі, що поліпшує обмін речовин. Проникність клітинних мембран під дією УЗ збільшується і для лікарських речовин. Ця методика введення лікарських препаратів називається **фонофорезом**.

6.1.2 Методика впливу УЗ хвилі на тканини

Для отримання УЗ використовуються пристрої – випромінювачі, які працюють на явищі зворотного п'єзоефекту, в основі якого лежить механічна деформація тіл під дією високочастотного електричного поля. Основною складовою такого випромінювача є пластина з речовини з добре вираженими п'єзоелектричними властивостями (кварц, сегнетова сіль – керамічний матеріал на основі титанату барію та ін.), на поверхні якої нанесені електроди. До електродів прикладається змінна електрична напруга від генератора, у результаті чого пластина починає вібрувати, випромінюючи механічні коливання УЗ частоти.

Вплив УЗ на тканини організму забезпечується шляхом прикладання торцевої поверхні випромінювача до необхідної ділянки. У деяких випадках вплив УЗ здійснюється через воду – у ванні, або за допомогою наповнених водою тубусів. Режим дії УЗ терапії може бути безперервним або імпульсним. Дозиметрія полягає у підтримці заданої величини інтенсивності УЗ та тривалості дії.

6.2 Будова апарату для ультразвукової терапії

6.2.1 Призначення апарату

Апарат «ЛОР-3» призначений для лікування ультразвуковим випромінюванням хронічного компенсованого та субкомпенсованого тонзиліту; при декомпресованій формі тонзиліту, коли оперативне лікування протипоказано; при вазомоторному риніті нейро-вегетативної та алергічної форм, а також при наявності значних викривлень носової перегородки; при гіперпластичних формах хронічного гаймориту.

6.2.2 Технічні характеристики апарату

Технічні характеристики апарату «ЛОР-3» наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 Технічні характеристики апарату «ЛОР-3»

Інтенсивність випромінювання УЗ-коливань, Вт/см ²	0.2, 0.4, 0.6, 0.8
Робоча частота, кГц	880±8.8
Площа випромінюючої поверхні, см ² - випромінювачі ХТ, Г - випромінювачі Р	2 0.4
Режим роботи апарату	повторювально-короткочасний, імпульсний
Експозиція, хв	6±1
Пауза, с	не менше 30
Частота імпульсів, Гц	50
Тривалість імпульсів, мс	10
Напруга мережі, В	220±22
Габаритні розміри, мм	320x208x104
Вага, кг	не більше 5

6.2.3 Схема електрична структурна

Схема електрична структурна представлена на рис.6.1. Вона складається з десяти вузлів: мережевого фільтру, який забезпечує згладження вхідної напруги,

блоку живлення, модулятора, генератора, на виході якого можна отримати імпульсний (реле часу) та постійний (стабілізатор) сигнал, трьох випромінювачів, які визначають тип впливу, та тримача.

Робота апарату базується на перетворенні енергії постійного струму у ВЧ-електромагнітні коливання, які в свою чергу перетворюються в ультразвукові коливання за допомогою п'єзоелементу, розміщеного у випромінювачі.

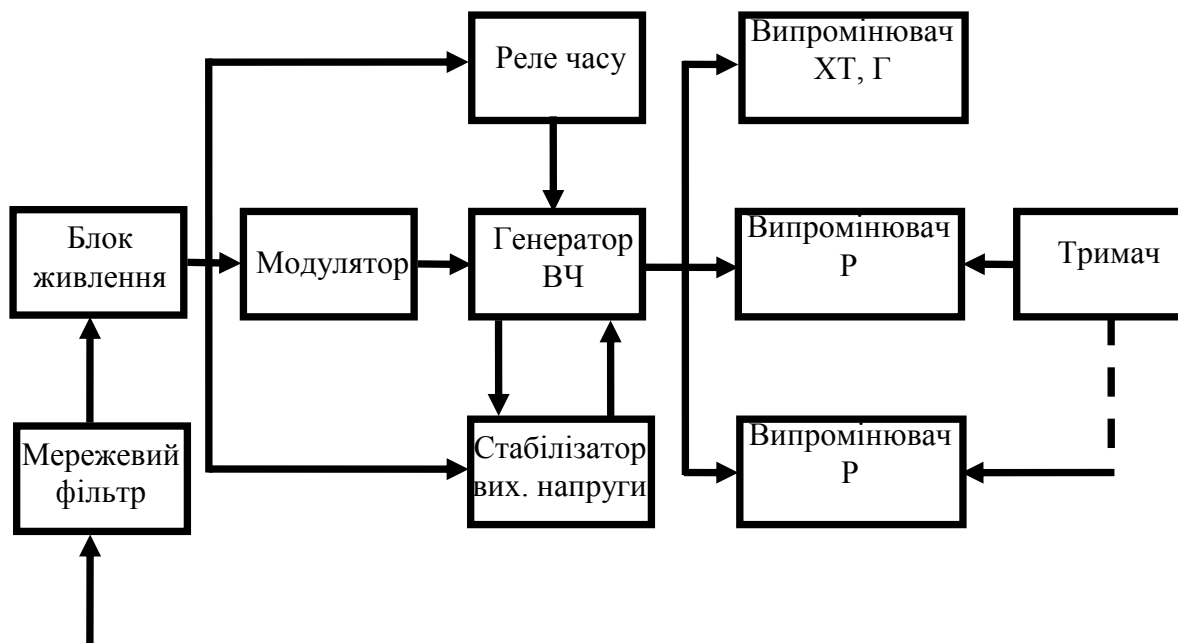


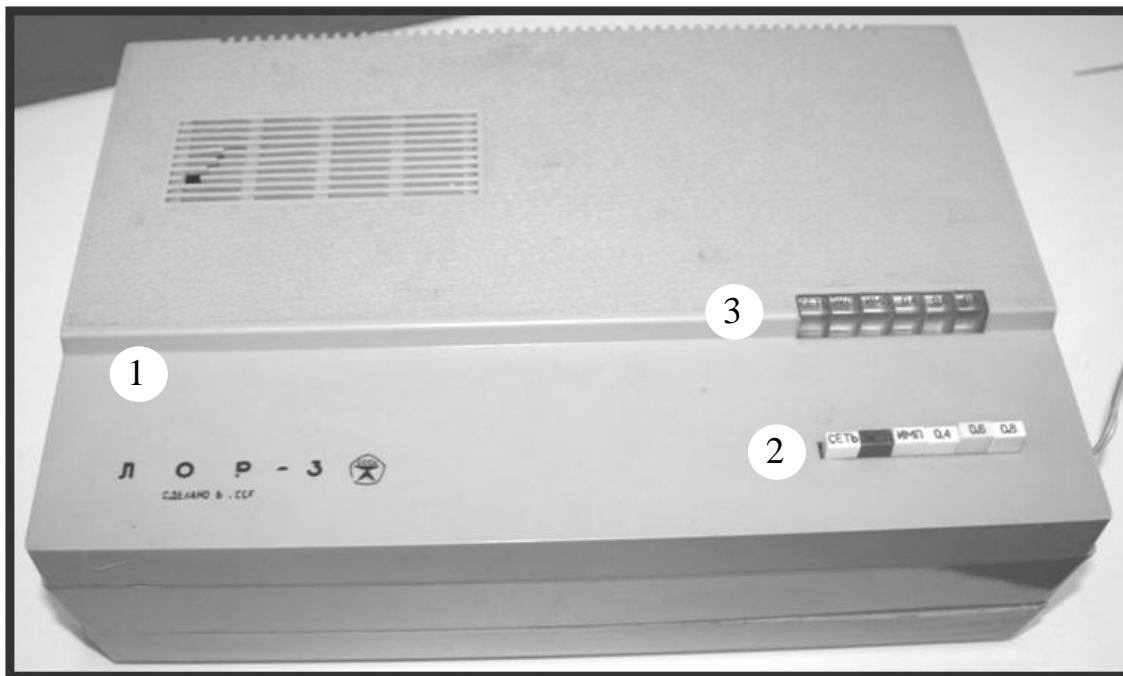
Рисунок 6.1 Схема електрична структурна апарату «ЛОР-3»

6.2.4 Зовнішній вигляд апарату та принцип його роботи

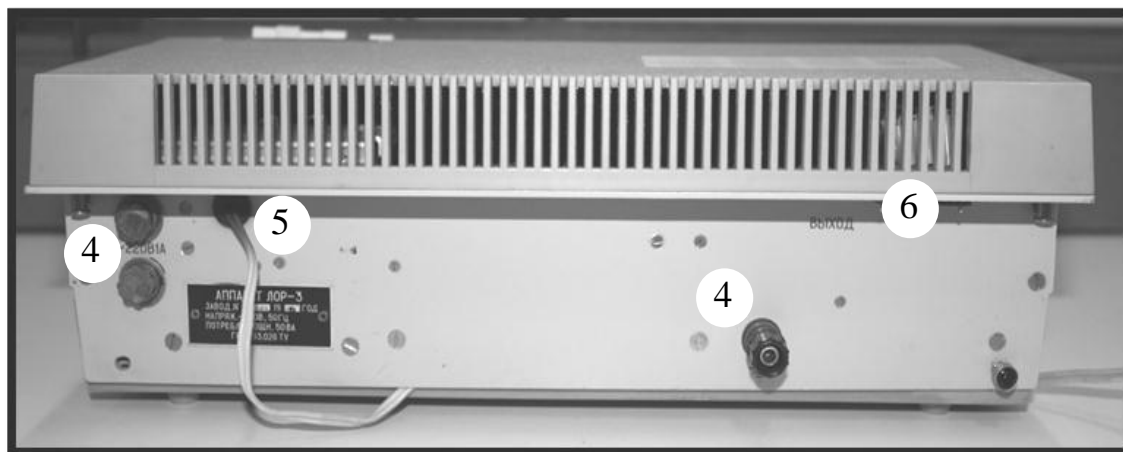
Зовнішній вигляд апарату «ЛОР-3» представлений на рис.6.2. Корпус 1 апарату виконаний з ударного поліестеру. Внутрішня поверхня металізована з метою створення електростатичного екрану. Зправа на верхній кришці (рис.6.2,а) розміщено шість кнопок 2 (мережа, кнопки перемикання режимів інтенсивностей 0.4, 0.6, 0.8, ввімкнення імпульсного режиму «ИМП» та кнопка ввімкнення експозиції «ЭКСП»), а також шість індикаторів 3, які відповідають вищевказаним кнопкам.

На задній панелі розміщені два запобіжники 4, клема 5, кабель живлення з вилкою 6 та роз'єм для під'єднання випромінювачів 7.

При проведенні процедури апарат потрібно заземлити за допомогою клеми 5. Після заземлення ввімкнути апарат в мережу та натиснути кнопку мережа 2. Генератор прогрівається 2-3 хв, далі необхідно натиснути кнопку «ЭКСП». Інтенсивність у даному випадку відповідає значенню 0.2; для вибору іншої інтенсивності чи імпульсного режиму, необхідно вибрати потрібну кнопку 2.



а)



б)

Рисунок 6.2 Зовнішній вигляд апарату «ЛОП-3»:

а) вигляд спереду; б) вигляд ззаду; 1 – корпус; 2 – кнопки; 3 – індикатор;
4 – запобіжник; 5 – мережевий шнур; 6 – роз'єм для під'єднання випромінювачів

6.2.5 Опис елементів та вузлів електричного блоку апарату

Генератор в розібраному виді представлений на рис.6.3.

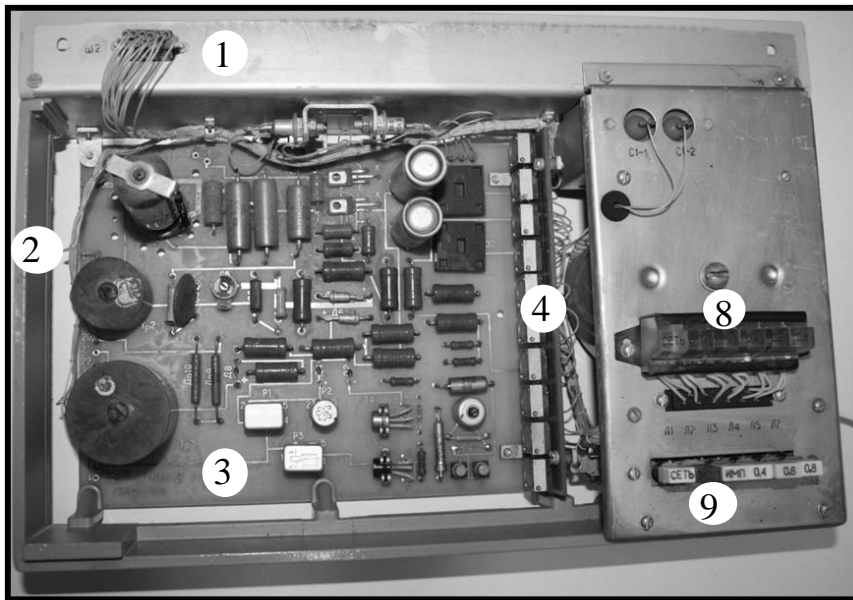
Конструктивно генератор виконаний у вигляді окремого конструктивного приладу, який складається з П-подібної литої алюмінієвої рами 1, з тильної сторони якої кріпиться спеціальний кутник 2, а на рамі знизу – друкована плата П1 3 з нависними та установочними елементами, транзисторами та електронною лампою.

На платі П1 3 з правого боку вертикально кріпиться плата П2 4, на якій змонтовані резистори плавного регулювання вихідної напруги. Зверху з правого боку встановлено шасі 5, на якому розміщені трансформатор 6, фільтри мережі 7, індикаторні лампи 8 та кнопковий перемикач 9.

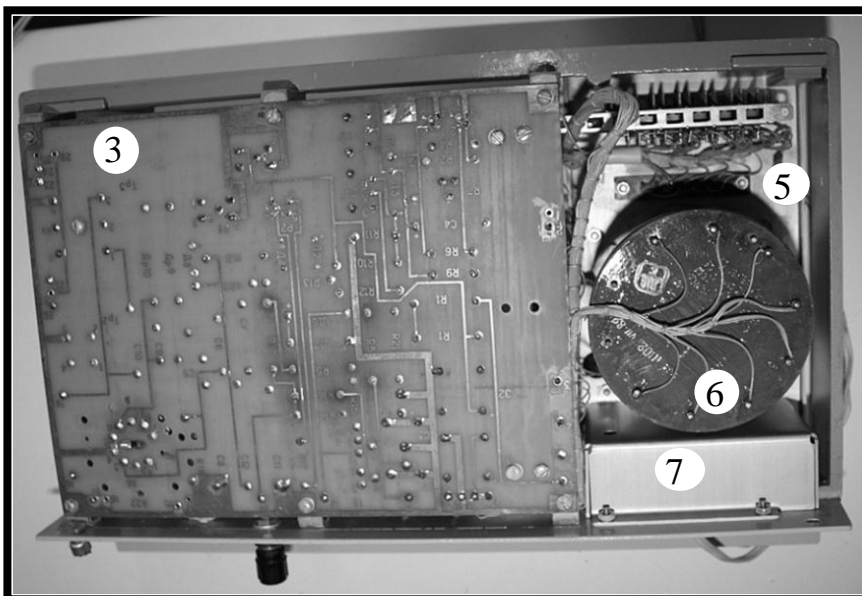
6.2.6 Опис електричної схеми апарату

Електрична схема апарату представлена на рис.6.4.

Генератор ВЧ-коливань зібраний на двохконтурній схемі з електронним зв'язком на променевому тетроді типу ГУ17 (схема Шембеля). Елементами зовнішнього контуру є конденсатор С10, трансформатор Тр3 та п'єзокерамічний випромінювач, а елементи внутрішнього контуру – конденсатори С5, С7 та трансформатор Тр2. Регулювання частоти генератора в необхідних межах здійснюється зміною ємності конденсатора С5 та індуктивності трансформатора Тр2. Генератор працює в одному з режимів: безперервному або імпульсному. Режим змінюється за допомогою натиску кнопки «ИМП». Імпульсний режим забезпечується схемою анодно-імпульсної модуляції. При цьому на анод лампи Л6 подається імпульсна напруга, з частотою слідування імпульсів 50 Гц.



а)



б)

Рисунок 6.3 Вигляд шасі: а) зверху; б) знизу;
 1 – рама; 2 – кутник; 3 – плата П1; 4 – плата П2; 5 – шасі;
 6 – трансформатор; 7 – фільтр мережі; 8 – індикаторні лампи;
 9 – кнопковий перемикач

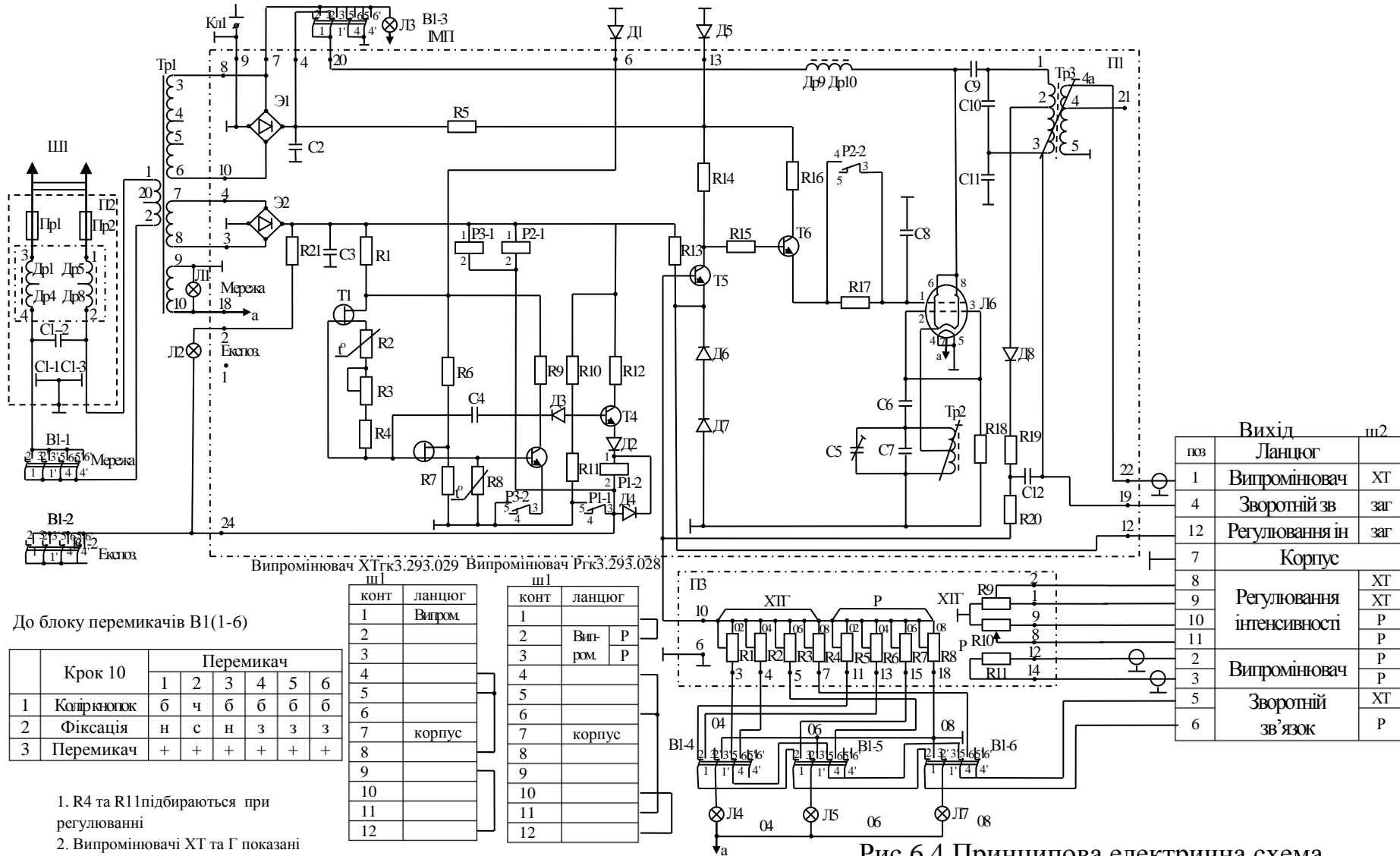
Для забезпечення стабілізації вихідної напруги, яка залежить від зміни напруги мережі, температури та інших факторів, вихід генератора та ланцюг екранної сітки лампи Л6 охоплені від'ємним зворотнім зв'язком.

При цьому відхилення напруги на зовнішньому контурі в ту чи іншу сторону від заданого рівня призводить до протилежної зміни напруги на екранній сітці лампи Л6,

а тому й до зміни напруги на зовнішньому контурі до заданого рівня. Регулюється потужність на виході стрибкоподібно за допомогою кнопок 0.4, 0.6, 0.8. Регулюється вихідна потужність при налаштуванні в кожному з піддіапазонів плавно за допомогою резисторів R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, які розміщені на платі ПЗ, для випромінювачів ХТ, Г та Р відповідно.

Реле часу зібрано на транзисторах Т1, Т2, Т3, Т4. На польовому транзисторі Т1 зібраний стабілізатор мікроструму. Застосування його (Т1) замість резистора дозволяє зменшити ємність конденсатора С4, підвищити стабільність роботи реле часу. Спочатку емітер Т3 відключений від джерела живлення і транзистор Т3 закритий.

Конденсатор С4 через резистори R9, R8 заряджений до напруги, яка близька до напруги стабілізованого джерела живлення (через транзистор Т1 протікає дуже малий струм і на R8 мале падіння напруги). Натиском кнопки «ЕКСП», запускається реле часу. При цьому спрацьовують: реле Р1, яке блокує кнопку «ЕКСП», і подає живлення на електричну лампу Л2, реле Р2, яке закорочує R17 та подає живлення на екранну сітку Л6, запускає ВЧ-генератор та реле Р2, яке замикає емітер Т3 на корпус. У результаті Т3 привідкриється і конденсатор С4 починає розряджатися через R9, Т1, R2, R3, R4. Коли напруга на затворі транзистора Т2 стане дорівнювати напрузі відсічки, то Т2 відкриється, що призведе до відкриття Т3. Емітер та колектор Т3 через контакти реле Р1 та діод ДЗ підключені паралельно до R11 дільника R10, R11.



6.2.7 Опис елементів електричної схеми

Стабілітрони призначені для стабілізації номінальної напруги. Стабілітрони Д815Е та КС680А показані на рис.6.5. Вони виконані із кремнію, дифузно-сплавкі. Д815Е середньої та великої потужності, стабілізують номінальну напругу 5–100В в діапазоні струму стабілізації 5мА–1,4А. КС680А середньої потужності стабілізують номінальну напругу 120–180В у діапазоні струму стабілізації 2,5–42мА. Виготовляються у металево-скляному корпусі з жорсткими виводами. Тип стабілітрону наведений на корпусі. Корпус стабілітрону в робочому режимі служить від’ємним електродом (катодом).

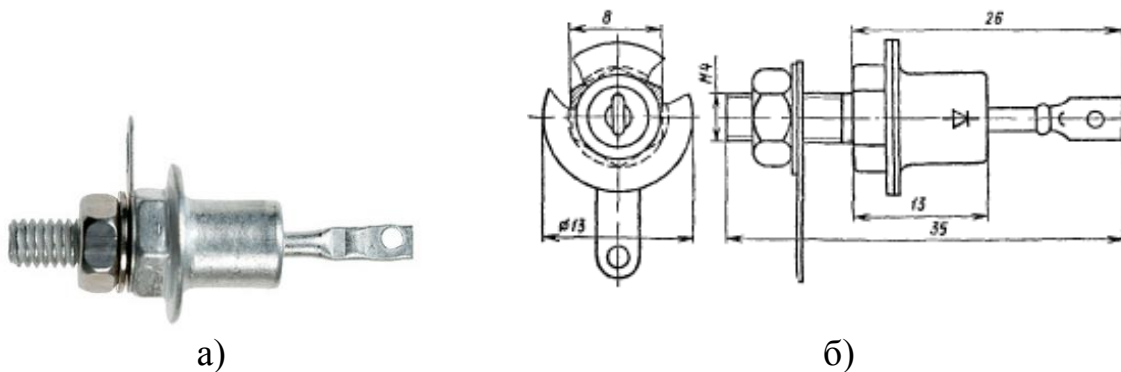
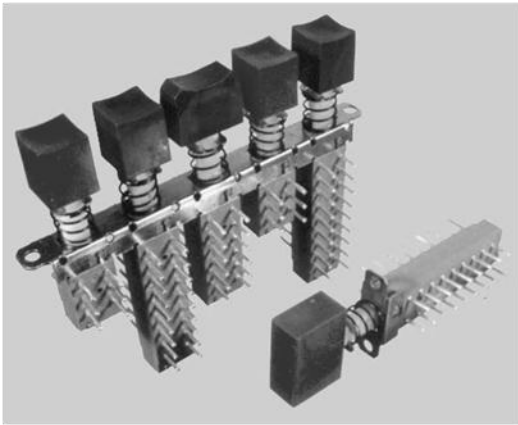
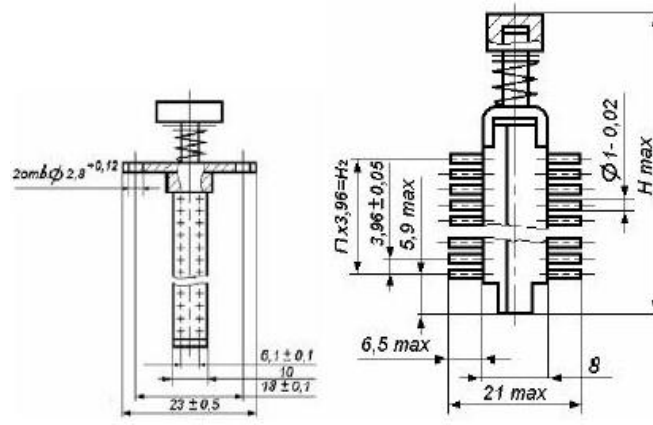


Рисунок 6.5 Стабілітрон: а) загальний вигляд; б) складальне креслення

Блок перемикачів П2К (рис.6.6) побудований на базі уніфікованих модулів на 2, 4, 6 і 8 груп комутації та без комутації. Може збиратися у блоки різної модифікації за бажанням замовника та мати кнопки 3-х кольорів (білий, чорний, червоний), прямокутної або круглої форми. Призначений для комутації ланцюгів постійного і змінного струму частотою до 20 МГц.



а)



б)

Рисунок 6.6 Блок перемикачів: а) загальний вигляд; б) складальне креслення кнопки

Клема призначена для роботи в ланцюгах постійного і змінного струму з напругою до 250В при струмі до 6,0А.

6.3 Порядок виконання роботи

- 6.3.1. Ознайомитися з властивостями ультразвуку та особливостями його впливу на тканини.
- 6.3.2. Ознайомитися з зовнішнім виглядом апарату та принципом його роботи.
- 6.3.3. Розібрати апарат для ультразвукової терапії та ознайомитись з його будовою та особливостями роботи електричної схеми.
- 6.3.4. Позначити елементи електричної схеми на електричному блоці .
- 6.3.5. Зробити порівняльну характеристику даного апарату для ультразвукової терапії та сучасного апарату для УЗТ.
- 6.3.6. Зробити висновок по роботі.

Контрольні запитання

1. Що таке ультразвукова терапія?
2. Назвіть властивості ультразвукових хвиль,
3. Опишіть взаємодію ультразвуку з речовиною та вплив на біологічні об'єкти.
4. Розкажіть методику проведення УЗ-терапії.
5. Які основні блоки апарату для УЗТ «ЛОР-3» та їх призначення?
6. Розповісти процедуру проведення ультразвукової терапії на прикладі апарату «ЛОР-3».
7. Принцип роботи електричної принципової схеми.
8. Призначення елементів електричної принципової схеми.
1. Покажіть елементи електричної принципової схеми на апараті для УЗТ.