

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. Потебні

**Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного
забезпечення**
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота
другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

на тему Дослідження впливу електричного стимулювання на біологічні
об'єкти та розробка приладу для зменшення різних видів болювого синдрому

Виконав: студент II курсу, групи 8.1532
спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна
техніка

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Мікроелектронні інформаційні
системи

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

Терещенко М.М
(ініціали та прізвище)

Керівник доц. каф. ЕІСПЗ, доцент, к.т.н.,
Небеснюк О.Ю.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент інженер ТОВ «НВП імпульс» Кузько А.О
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю. М. Потебні**

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 153 «Мікро- та наносистемна техніка»

(код і назва)

Освітня програма Мікроелектронні інформаційні системи

(код і назва)

Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Критська Т.В.

“ 30 ” листопада 2023 р

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)**

Терещенко Миколі Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Дослідження впливу електричного стимулювання на біологічні об'єкти та розробка приладу для зменшення різних видів больового синдрому

керівник роботи Небеснюк О.Ю., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від “ 01 ” травня 2023 року № 639-с

2 Строк подання студентом роботи 30.11.2023

3 Вихідні дані до роботи Параметри приладу: несуча частота – 5 кГц; частота несучої модуляції – 30, 50, 70, 100, 150 Гц; коефіцієнт модуляції – 0...100 %; формування пауз – 20...40 % від періоду.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз методів та апаратів для електротерапії. Дослідження та розробка апарата «Ампліпульс» для фізіотерапії. Техніко-економічне обґрунтування. Охорона праці та техногенна безпека

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Структурна схема; Схема генераторів G1, G2; Схема блоку комутації та

блоків A1-A3; Схема генератору G3 та блоку захисту; Схема зав'язків,

3D модель генераторів G1, G2; 3D модель блоку комутації та блоків A1-A3

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
I	Небеснюк О.Ю., доцент каф. ЕІСПЗ	01.11.22	28.04.23
II	Небеснюк О.Ю., доцент каф. ЕІСПЗ	01.05.23	15.10.23
III	Небеснюк О.Ю., доцент каф. ЕІСПЗ	20.10.23	30.10.23
IV	Небеснюк О.Ю., доцент каф. ЕІСПЗ	01.11.23	10.11.23

7 Дата видачі завдання 01.11.2022*КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН*

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз літератури за темою кваліфікаційної роботи	01.11.22-07.01.23	
2	Написання першого розділу	15.01.23-28.04.23	
3	Розробка структурної схеми та окремих блоків приладу	01.05.23-20.07.23	
4	Написання другого розділу	30.07.23-15.10.23	
5	Написання розділу техніко-економічного обґрунтування	20.10.23-30.10.23	
6	Написання розділу охорони праці техногенної безпеки	01.11.23-10.11.23	
7	Оформлення пояснювальної записки та виконання креслень	15.11.23-23.11.23	

Студент _____ М.М Терещенко _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) _____ Небеснюк О.Ю. _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Верьовкін Л.Л. _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить 84 сторінки, 34 рисунків, 18 таблиць, 20 джерел літератури.

Об'єкт дослідження – прилади для електролікування.

Мета роботи – розробка приладу для зменшення різних видів больового синдрому.

Задачі роботи – розробити схему електричну принципову, топологію друкованої плати та 3D модель приладу для зменшення больового синдрому.

Методика досліджень – розробка структурної та електричної схем приладу в програмному середовищі Splan, 3 D моделювання в Easy EDA.

Короткий виклад результатів досліджень – розроблено портативний та бюджетний апарат для проведення ампліпульс-терапії, що має малу вагу, не має програмованих елементів, всі елементи приладу легко можна замінити, у разі необхідності.

Прогнозні пропозиції – рекомендується для проведення ампліпульс-терапії в медичних установах, реабілітаційних центрах, шпиталях та санаторіях.

АМПЛІПУЛЬС, ФІЗІОТЕРАПІЯ, ЕЛЕКТРОТЕРАПІЯ, БОЛЬОВИЙ СИНДРОМ, ЕЛЕКТРОЛІКУВАННЯ, АПАРАТ «АМПЛІПУЛЬС», 3D МОДЕЛЬ

Кваліфікаційну роботу виконано на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення в період з 01.11.22 р. по 30.11.23 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА АПАРАТІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОТЕРАПІЇ	10
1 Фізіотерапія.....	10
1.1 Лікувальні методи, які гуртуються на використанні постійного струму і електричного поля.....	11
1.1.1 Гальванізація.....	11
1.1.2 Електрофорез	14
1.1.3 Франклінізація	15
1.2 Лікувальні методи, які гуртуються на використанні імпульсних струмів низької напруги і низької частоти.....	16
1.2.1 Електросон	16
1.2.2 Діадинамотерапія	19
1.2.3 Ампліпульстерапія	21
1.3 Змінний струм і поля високої, ультрависокої, надвисокої і вкрай високої частоти	23
1.3.1 Дарсонвалізація	23
1.3.2 УВЧ-терапія	25
1.3.3 Магнітотерапія.....	28
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА АПАРАТА «АМПЛІПУЛЬС» ДЛЯ ФІЗІОТЕРАПІЇ.....	31
2.1 Дослідження впливу електричного струму на органічні тканини.	31
2.2 Огляд приладів «Ампліпульс»	39
2.2.1 Ампліпульс-4	39
2.2.2 Ампліпульс-5	41
2.2.3 Ампліпульс-6	42
2.2.4 Ампліпульс-7	45
2.2.5 Ампліпульс-8	47
2.3 Розробка структурної схеми апарата «Ампліпульс»	49

2.3.1 Генератори несучої (G1) та модулюючої (G2) частоти і регулятор глибини модуляції (dB).....	52
2.3.2 Блок комутації (SWT)	54
2.3.3 Амплітудний модулятор (A1), та підсилювачі (A2,A3).....	56
2.3.4 Генератор імпульсів	57
2.3.5 Блок захисту.....	60
2.3.6 Налаштування	62
2.3.7 Розміщення елементів на друкованій платі	65
3 ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	71
3.1 Розрахунок вартості елементів схеми	71
3.2 Порівняння приладів за шкалою відносної важливості.....	72
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	78
4.1 Основні вимоги.....	78
4.2 Електробезпека	80
4.2.1 Характеристика виробничого приміщення.....	80
4.2.2 Забезпечення нормального повітряного середовища	81
4.3 Захист від шуму та вібрації	81
4.3.1 Захист від вібрації	81
4.3.2 Захист від шуму	82
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	84
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	85
Додаток А.....	87

ВСТУП

Військові дії на території України призвели до збільшення кількості людей, які потребують реабілітації після поранень та травм, зменшення післяопераційного больового синдрому.

Електротерапія - це немедикаментозний метод лікування, заснований на використанні електричного струму. Вона допомагає при хронічних больових синдромах, гострих болях, а також у випадках посттравматичної та післяопераційної реабілітації, профілактики широкого спектра захворювань опорно-рухового апарату. Механізм дії електротерапії полягає у виникненні фізіологічних реакцій місцевого, сегментарного та загального характеру. Переважним є знеболюючий ефект, який проявляється в результаті гальмування чутливості больових рецепторів. Лікувальні ефекти, при впливі електрики на організм людини, були помічені ще в древності [1]. Римський вчений Скрибоній Ларг (49 р. н. е.) впливав на тіла хворих електричною рибою – «торпедо» для лікування подагри та головної болі. А. Вольт створив перші хімічні джерела струму і поклав початок вивченню дії струму на живі організми. Перші практичні результати застосування електричного струму в медицині були отримані на початку ХХ ст. Проведені дослідження доводять [2], що такий вид терапії впливає на модуляцію больової домінанти в центральній нервовій системі (ЦНС), активацію опіїдних пептидів, зменшення периневрального набряку, призводить до нормалізації порушеної мікроциркуляції, стимуляції обмінних і біосинтетичних процесів в тканинах, відновлення нервової рецепції і поліпшення провідності. Тому актуальним є питання розробки електротерапевтичного приладу для зменшення різних видів больового синдрому.

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА АПАРАТІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОТЕРАПІЇ

1 Фізіотерапія

Під фізіотерапією розуміють застосування фізичних чинників з лікувальною і профілактичною метою.

Основу фізіотерапії складають природні чинники (сонце, клімат, мінеральні і прісні води, купання в ріках, морях, грязі, глина, нафталан, озокерит, пісок) і преформовані чинники (апарати, які генерують різноманітні види енергії). З урахуванням використання енергії методи фізіотерапії діляться на електролікування, світлолікування, теплолікування, механолікування (масаж), застосування ультразвуку і радіоактивного випромінювання.

При проведенні фізіолікування проявляються такі дії: знеболююча, протизапальна, десенсибілізуюча, поліпшується кровообіг, підвищується обмін речовин і тощо. Поряд з неспецифічними реакціями, кожний чинник має специфічну дію.

Специфічність впливу фізичних чинників на організм визначається видом фізичної енергії, локалізацією впливу, глибиною проникнення в тканини, місцем поглинання енергії, видом тканини (її біофізичною і біохімічною структурою, функціональною активністю).

Таким чином, загальною рисою дії фізичних чинників є широкий діапазон їхнього впливу, що забезпечує полісистемний характер реакцій організму. У дії лікувальних фізичних чинників винятково велика роль належить нервовій, нейрогуморальній і гормональній системам.

Місцеві, системні і загальні реакції властиві усім фізичним чинникам, а їхня вираженість залежить від потужності і зони впливу чинника.[3]

1.1 Лікувальні методи, які гуртуються на використанні постійного струму і електричного поля.

1.1.1 Гальванізація

Гальванізація - це метод, при якому з лікувальною метою використовується постійний (гальванічний) електричний струм низької напруги (30-80 В) і малої сили (до 50 мА).

Постійний струм підводиться до тіла пацієнта через контактні накладені електроди з вологими прокладками з тканини. Розрізняють поперечне і подовжнє розташування електродів. При поперечній методиці електроди розміщують паралельно, один проти одного, або по діагоналі так, щоб ділянка, яка підлягає впливу, знаходилася в міжелектродному просторі. При такому способі досягається більш глибокий вплив на тканини. При подовжньому розташуванні електроди розміщують в одній площині і вплив струмом буде більш поверхневим. Дозується гальванічний струм за показниками амперметра в міліамперах .

При гальванізації відбувається переміщення позитивно або негативно заряджених іонів, які містяться в складних розчинах тканин тіла людини, між електродами. Реакції в тканинах під катодом і анодом різні, що знаходить своє пояснення в іонній теорії збудження Лазарєва. Під негативним електродом (катодом) підвищується концентрація одновалентних іонів K^+ , Na^+ , збільшується проникність клітинних мембран і знижується активність

ферменту холінестерази, який руйнує медіатор ацетилхолін. У зв'язку з цим ацетилхолін накопичується і підвищується збуджуваність тканин, що проявляється більш вираженим відчуттям печії, гіперемією. Під позитивним електродом (анод) переважають менш рухливі іони Ca^{2+} , Mg^{2+} , які знижують проникність клітинних мембран і підвищують активність холінестерази. Це веде до зменшення ацетилхоліна в тканинах, зниження збуджуваності клітин, що сприяє зменшенню болю.

В даний час для гальванізації користуються постійним струмом, отриманим шляхом випрямлювання і вирівнювання змінного сіткового струму. Застосовуються апарати "Поток-1", "АГН-32", "АГН-33", чотирикамерні ванни типу "ГК2", "ЕЛФОР"(рис. 1.1), "Поток-01 М"(рис. 1.2).



Рисунок 1.1 - Загальний вигляд апарата для гальванізації "ЕЛФОР"



Рисунок 1.2 - Устрій для проведення гальванізації ПОТОК – 01М

Показання: Регуляція основних нервових процесів при неврозах, виразковій хворобі, бронхіальній астмі, вазомоторному риніті. Зменшення і ліквідація больового синдрому при невралгії, невриті, інших захворюваннях з больовим синдромом. Регуляція секреторних і моторних розладів у системі органів травлення: при гастритах, виразковій хворобі, колітах, дискінезіях жовчного міхура. Гальванізація має протизапальну дію, покращує трофіку при атрофії м'язів тощо.

Загальні протипоказання:

- злоякісні новоутворення;
- системні захворювання крові ;
- схильність до кровотеч будь-якого генезу;
- інфекційні захворювання;
- активний туберкульоз;
- фібрильна температура тіла;

- виражені порушення функції життєво важливих органів (Н ПБ-III ст., ДН III, ХНН II ст., печінкова недостатність, порушення ритму серця) ;
- гіпертонічна хвороба III ст.

Окремі протипоказання: ушкодження і гнійні захворювання шкіри, індивідуальна непереносимість гальванічного струму. [3]

1.1.2 Електрофорез

Електрофорез - метод, при якому дія на організм постійного (гальванічного) струму поєднується з дією лікарських речовин, які вводяться за допомогою цього струму.

Теоретичним підґрунтям електрофорезу з ліками є теорія електролітичної дисоціації. Іони ліків, що знаходяться в розчині, під впливом постійного струму починають рухатись спрямовано: негативні іони (аніони) - до анода, а позитивні (катіони) - до катода.

Апаратура, техніка і методика електрофорезу не відрізняються від таких при проведенні гальванізації. Між прокладкою і шкірою кладуть фільтрувальний папір або марлю, змочені розчином лікарської речовини. При проведенні порожнинних процедур електрод, який вводиться у порожнину, наприклад у ніс, обгортають прошарком вати, просоченої розчином лікарської речовини.

Для електрофорезу можуть використовуватися лікарські речовини, які при розчиненні дисоціюють на іони. Розчин ліків наносять на прокладку електрода, який має ту ж полярність, що і підлягаючий введенню іон: позитивно заряджені іони вводять з позитивного, негативно заряджені - з негативного полюсу. З позитивного полюсу вводять іони усіх металів і більшість алкалоїдів. Іон же кислих радикалів і металоїдів вводять з негативного полюсу.

Протипоказання: Аналогічні гальванізації, а також непереносимість лікарської речовини. [3]

1.1.3 Франклінізація

Франклінізація, або електростатичний душ - це лікувальний метод впливу на організм постійного електричного поля високої напруги (до 50 Кв) і малої сили струму (до 0,5 мА).

При використанні методу загальної франклінізації на організм пацієнта впливають:

1. постійним електричним полем високої напруги ;
2. негативними аероіонами;
3. хімічно активними речовинами, зокрема озоном.

Під впливом постійного електричного поля в тканинах відбувається переміщення іонів, додаткових молекул і їх орієнтація в певному напрямку. Під час процедури у головному електроді, сполученому з негативним полюсом, за рахунок "стікання" заряду виникає тихий електричний розряд, відбувається іонізація повітря, утворюється велика кількість негативних аероіонів і озону. Ці речовини подразнюють рецептори шкіри, слизових оболонок обличчя, бронхо-легеневого апарата і через ЦНС справляють складну нервово-рефлекторну дію.

Загальна франклінізація чинить седативну дію, знижує підвищений АТ, нормалізує сон, зменшує фізичну і розумову стомлюваність, підвищує працездатність. Франклінізація сприяє збільшенню поглинання кисню і виділення вуглекислоти, активізуються окислювально-відновлювальні процеси, імунітет, підвищується добова кількість сечі, знижується ШОЕ, зсідання крові тощо.

Місцева франклінізація зменшує гнійне виділення з ран і прискорює їхнє загоєння, знижує чутливість рецепторів, має беззаспокійливу і протисвербіжну дію.

Використовуються апарати АФ-2, АФ-3 для загального і місцевого впливу (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 - Апарат для франклінізації АФ-3

Показання: Функціональні захворювання ЦНС, гіпертонічна хвороба (I-II ст.), бронхіальна астма, шкірна сверблячка, трофічні виразки, інфіковані рани. [1]

1.2 Лікувальні методи, які гуртуються на використанні імпульсних струмів низької напруги і низької частоти

1.2.1 Електросон

Електросон - метод електролікування, що полягає у впливі на ЦНС постійним імпульсним струмом низької частоти (1 - 130 Гц), малої сили (до 10 мА), в результаті чого виникає стан, близький до фізіологічного сну.

Електросон проводиться імпульсними струмами різноманітних характеристик - прямокутними, синусоїдальними, із зсувом фаз на 90° , так званими круговими струмами. У дії струмів є деякі відмінності - глибина проникнення, розходження в подразнюючій дії на рецептори шкіри і збудливі структури головного мозку та ін. Загальною для них є виражена нейротропна дія.

Накладаються електроди з гідрофільними прокладками, змоченими водою або ізотонічним розчином хлориду натрію на закриті очі й ділянку соскоподібних відростків. Очні електроди сполучені з катодом, а розташовані на соскоподібних відростках - з анодом. Після цього хворого вкладають на кушетку в ізольованому помешканні. Частота імпульсів і сила струму підбирається індивідуально, щоб не викликати неприємних відчуттів. Тривалість процедури 30-60 хв. На курс лікування - до 20 процедур.

Імпульсний струм прямокутної форми в методиці електросону є ритмічним монотонним подразником, що викликає ефект охоронного гальмування в ЦНС.

Електросон має дві фази:

I фаза - гальмуюча. При цьому виникає дрімота, сонливість, сон, рідше дихання, ЧСС, знижується АТ.

II фаза - розгальмовування. Характеризується підвищенням працездатності, з'являється почуття легкості, знімається розумове і фізичне стомлення, поліпшується самопочуття і настрої хворого.

Під впливом електросону знижується АТ, нормалізується функціональний стан зсідальної й антизсідальної систем крові, нормалізуються показники основного обміну, відмічається тенденція до зниження рівня цукру крові, нормалізується шлункова секреція, знижується внутрішньоочний тиск. При електросоні спостерігається знеболюючий ефект, стабілізується нічний сон.

Апаратура: застосовуються апарати "Електросон - 4", "Електросон - 4Т", "Електросон - 3", "МІТ-ЕФ 2"(рис. 1.4).



Рисунок 1.4 - Апарат " МІТ-ЕФ 2 "

Показання: Функціональні порушення центральної нервової системи - неврози, реактивні й астенічні стани, порушення нічного сну, підвищена емоційна і судинна реактивність, гіпертонічна хвороба, усі форми ішемічної хвороби, у тому числі ранній пост-інфарктний період, захворювання, в основі яких лежать функціональні розлади ЦНС - бронхіальна астма, виразкова хвороба, нейродерміт. При захворюваннях, в основі яких лежать органічні, дегенеративні процеси в судинах і утвореннях головного мозку, ефект від електросону настає при застосуванні імпульсів частотою від 5 до 20 Гц. При захворюваннях, у генезі яких лежать функціональні порушення ЦНС (неврози, гіпертонічна хвороба), ефект спостерігається при використанні імпульсів із частотою 60 - 150 Гц.

Протипоказання: Загальні, а також відшарування сітківки, глаукома тяжкого ступеня, запальні захворювання очей і шкіри повік, індивідуальна непереносимість струму, мокнуча екзема обличчя, арахноїдит, недостатність кровообігу ІІБ-ІІІ ступеня, стенокардія ІV функціонального класу. [3]

1.2.2 Діадинамотерапія

Діадинамотерапія - метод електролікування імпульсами певної частоти, що ритмічно діють на організм.

Електроди мають такий же устрій, як і при гальванізації і складаються з металевої пластини і прокладки з тканини. Електроди фіксують на тілі бинтом або мішечками з піском. Можна використовувати роздвоєний електрод.

Силу струму збільшують доти, поки пацієнт замість почуття печії буде відчувати чітко виражену, але безболісну вібрацію. За один сеанс піддавати дії струму можна не більше, ніж три ділянки. Загальна тривалість процедури не повинна перевищувати 20 хв. Процедури проводяться щодня, а при вираженому больовому синдромі - двічі на день. Курс лікування - до 10 процедур. Повторний курс можна призначити через 2 тижні.

Діадинамічні струми мають виражену знеболюючу дію за типом периферичної нервової блокади. Це відбувається в результаті подразнення периферичних нервових закінчень, що приводить до парабіозу, зниження порога збуджуваності, а нова домінанта, що виникла в корі головного мозку, нівелює больову. Діадинамічні струми викликають гангліоблокуючу, спазмолітичну, судиннорозширювальну дії. Поліпшення крово- і лімфотоку посилює обмін, прискорює процеси регенерації і трофіки в тканинах.

Використовують вітчизняні апарати "СНИМ-1", "Тонус 1", "Модуль-717", імпорتنі "Біопульсатор", "Діадинамік", "ДДТ-50-8 Тонус — 1М"(рис.1.5).



Рисунок 1.5 - Апарат для лікування діадинамічними струмами " ДДТ-50-8 Тонус — 1М "

Апарати генерують такі різновиди струмів:

- однотактний безупинний або однофазний фіксований струм напівсинусоїдальний із частотою 50 Гц;
- двотактний безупинний або двофазний фіксований струм напівсинусоїдальний із частотою 100 Гц.

Показання: ДДС використовуються при лікуванні багатьох захворювань, що супроводжуються больовими синдромами, порушенням кровообігу і трофіки. Показані при захворюваннях периферичної нервової системи (неврити, радикуліти, плексити та ін.), суглобів і хребта (артрити, артрози, спондиліози, остеохондрози, п'ятова шпора та ін.), при захворюваннях шлунково-кишкового тракту (виразкова хвороба, гастрити, дискінезія, атонічні і спастичні коліти тощо.), при порушеннях периферичного кровообігу (облітеруючі захворювання судин, ангіоспазми, мігрень), для лікування рубців або м'язових контрактур, розсмоктування келоїдних рубців.

Протипоказання: Загальні, а також: індивідуальна непереносимість струму, наявність гнійної інфекції, тромбофлебіти, нирково- і жовчнокам'яна хвороба. [3]

1.2.3 Ампліпульстерапія

Ампліпульстерапія або лікування синусоїдальними модульованими струмами (СМС)- метод імпульсної електротерапії, який ґрунтується на застосуванні змінного синусоїдального струму частотою 5000 Гц, модульованого коливаннями низької частоти (10-150 Гц).

Хворого розміщують таким чином, щоб домогтися максимального розслаблення м'язів. Найкраще це досягається положенням хворого лежачи на кушетці з опущеним підголівником. Використовуються пластинчасті електроди з матеріалів, що мають гарну електропровідність. Під електроди поміщають змочені водою прокладки. Розміри і форму електродів вибирають з таким розрахунком, щоб вони по можливості відповідали осередку ураження. Розташування електродів може бути поперечним, подовжнім, поперечно-діагональним.

Вплив проводять одним або двома видами модуляцій. Інтенсивність впливу збільшують до появи у хворого добре вираженого відчуття вібрації. В міру зменшення відчуття струму під час процедури силу його потрібно збільшувати. Загальна тривалість впливу при одній локалізації може складати 6-12 хв, при трьох локалізаціях - до 30 хв. Після процедур необхідний 30-хвилинний відпочинок. Курс лікування - 5-10 процедур.

Змінний синусоїдальний струм із частотою 5000 Гц легко проходить у глибину тканин. Діапазон модуляцій 10- 150 Гц близький до частоти біострумів органів і тканин і тому відсутня подразнююча дія і неприємні відчуття під електродами.

СМС викликає виражений знеболюючий ефект, що тримається кілька годин. Поліпшується трофіка тканин. Спостерігається поліпшення крово- і лімфообігу, підвищуються функціональні можливості ЦНС, поліпшується кровопостачання мозку, нирок та інших органів. СМС має протизапальну дію, стимулює обмінні процеси, покращує проникність клітинних мембран, підвищує захисні властивості тканин.

Використовуються апарати "Ампліпульс-3", "Ампліпульс-3Т", "Ампліпульс-4", "Рефтон-01-фс"(рис.1.6).



Рисунок 1.6 - Апарат " Рефтон-01-фс "

В апаратах типу "Ампліпульс" передбачені 4 різновиди роботи:

I - струм ПМ ("постійна модуляція"), має частоту 5000 Гц, модульовану низькочастотними коливаннями 10-150 Гц. Чинить збуджувальну дію на нервово-м'язовий апарат.

II - струм ПП ("посилання-пауза") являє собою чергування посилок модульованого струму з частотою 10-150 Гц із паузами в межах 1-6 сек, має виражену збуджувальну дію і призначений для електростимуляції.

III - струм ПН ("посилання модульованих коливань і немодульованих"), являє собою вид струму, у якому чергується посилення модульованих коливань

у вигляді серії імпульсів частотою 10-150 Гц із немодульованим струмом частотою 5000 Гц. Цей вид струму чинить слабку подразнюючу, збуджувальну дію і застосовується для зняття больового синдрому.

IV - струм ПЧ ("проміжна частота"), при якому чергуються модуляції двох частот: фіксованої постійної частоти 150 Гц і серій модульованих коливань, частоту 26 яких можна змінити в межах 10-150 Гц. Цей струм має виражену знеболюючу дію і не викликає звикання.

Показання: СМС застосовують при больовому синдромі різноманітного походження (радикуліти, неврити, невралгії, хвороби суглобів), при захворюваннях органів 27 травлення (хронічний гастрит, виразкова хвороба, дискінезія кишечника, жовчного міхура), при захворюваннях органів дихання (хронічний бронхіт, бронхіальна астма та ін.), при гіпертонічній хворобі I-II стадії, при атеросклеротичній облітерації судин кінцівок, при хронічних запаленнях статевих органів у жінок, при простатиті, імпотенції, порушенні жирового обміну, при цукровому діабеті і тощо.

Протипоказання: Загальні, а також нефіксовані переломи кісток, свіжий гемартроз, нестабільна стенокардія. [3]

1.3 Змінний струм і поля високої, ультрависокої, надвисокої і вкрай високої частоти

1.3.1 Дарсонвалізація

Дарсонвалізація - лікувальний метод, діючим чинником якого є розряд імпульсного, різко згасаючого високочастотного змінного струму малої сили (0,015- 0,02мА) і високої напруги (до 25 кВ).

Дезінфікований скляний електрод вільно переміщується по оголеній поверхні тіла. При стабільній методиці - встановлюється нерухомо. Процедури дозують за значенням напруги. Напруга на виході електрода може бути слабкою, середньою, сильною і регулюється регулятором потужності. Якщо електрод відокремити від поверхні тіла, то інтенсивність розряду підвищується й іскріння під електродом більш помітне.

При місцевій дарсонвалізації відчувається легке подразнення шкіри і дуже незначне поверхнєве тепло. Тривалість процедури від 5 до 15 хв., в залежності від площі і місця впливу.

Дарсонвалізація має подразнюючу дію на рецептори шкіри і рефлекторним шляхом викликає відповідні реакції внутрішніх органів і систем. Поліпшується кровообіг: розширюються артеріоли і капіляри, підвищується тонус вен, посилюється циркуляція, як в артеріальному, так і венозному руслах. Це веде до стимуляції тканинного обміну і поліпшення трофіки тканин. Терапевтична дія дарсонвалізації: болезаспокійлива, протисвербіжна, вазомоторна, стимуляція загоєння ран (цьому сприяє також і озон, що утворюється при дарсонвалізації).

Промисловістю випускається апарат "Іскра". До нього додається 8 скляних вакуумних електродів, що називаються конденсаторними, тому що при накладанні електрода на ділянку тіла утворюється конденсатор, одною обкладкою якого є тіло пацієнта, іншою - провідна порожнина електрода, діелектриком - скло. Між електродом і ділянкою тіла відбувається іонізація повітря, що при збільшенні напруги приводить до утворення іскрового розряду. Його інтенсивність залежить від розміру напруги, тобто від ступеня іонізації повітря, а з іншого боку - від розміру повітряного зазору між елементами конденсаторної системи.



Рисунок 1.7 - Апарат для місцевої дарсонвалізації " Корона-С "

Показання: Дарсонвалізація призначається при ангіоспазмах, синдромі Рейно, варикозному розширенні вен, посттромбофлебітичному синдромі, відмороженні, при мігрені, випаданні волосся, екземі, псоріазі, вазомоторному риніті, парадонтозі, трофічних виразках, невриті слухового нерву, невралгіях, шкірній сверблячці, кардіалгіях, пов'язаних із функціональними захворюваннями нервової системи.

Протипоказання: Загальні, а також індивідуальна непереносимість струму, стан після інфаркту міокарда протягом 6 місяців. [3]

1.3.2 УВЧ-терапія

УВЧ-терапія - метод лікування змінним електричним полем ультрависокої частоти, що створюється за допомогою конденсаторних пластин, сполучених із генератором електромагнітних коливань УВЧ. Діапазон коливань УВЧ складає від 30 до 300 МГц, що відповідає довжині хвилі від 10 см до 1 м.

Процедура проводиться за допомогою двох конденсаторних пластин. Хворий приймає зручну позу. Процедура відпускається через одяг, гіпс або пов'язки. Видаляють металеві предмети.

Розрізняють поперечну і подовжню методику УВЧ-впливу. При поперечному розташуванні електродів поле УВЧ проникає через усі тканини, що знаходяться між 34 пластинами, при подовжньому розташуванні воно діє більш поверхнево. Між пластинами і тілом установлюють повітряний зазор. При поверхневих процедурах зазор дорівнює 0,5-1 см, при глибоких - 2-4 см.

Електричне поле ультрависокої частоти (ЕП УВЧ) при впливі на тканини має як теплову, так і осциляторну дію. У тканинах організму відбуваються фізико-хімічні процеси та інші зміни клітин і внутрішньо-молекулярних структур.

Під впливом поля УВЧ поліпшується кровообіг, розширюються капіляри, артеріоли, прискорюється кровоток, знижується АТ, нерідко виникає брадикардія, зрідка тахікардія. Електричне поле УВЧ є активним протизапальним чинником: посилюється місцевий крово- і лімфоток, підвищується фагоцитарна активність лейкоцитів та інші природні механізми захисту. Найкраще поле діє в ексудативній стадії запального процесу (ЕП УВЧ зменшує гідратацію, тобто ніби "підсушує"). УВЧ має бактеріостатичну дію на мікроорганізми, тому його можна призначати при гнійних процесах. УВЧ має гіпосенсибілізуючу дію, стимулює захисні імунобіологічні процеси. ЕП УВЧ має антиспастичну дію на гладку мускулатуру органів грудної і черевної порожнини, стимулює жовчовиділення, зменшує секрецію бронхіальних залоз. Під впливом ЕП УВЧ змінюються метаболічні процеси: посилюється вуглеводний, білковий обмін, збільшується споживання кисню, прискорюються окислювально-відновлювальні процеси в тканинах. УВЧ прискорює регенерацію нервових елементів при запально-дегенеративних і травматичних ушкодженнях.

Для лікування електричним полем УВЧ випускаються портативні апарати УВЧ-30, УВЧ-62, УВЧ-50, УВЧ-66, УВЧ-60 (рис.1.8), УВЧ-80, УВЧ-4,

"Ундатерм" а також стаціонарні апарати УВЧ-300, "Екран", "Импульс-3", УВЧ-80-4 "Ундатерм" (рис.1.9). У комплекті апаратів є кілька круглих конденсаторних пластин різноманітного діаметра.



Рисунок 1.8 - Апарат для УВЧ-терапії "УВЧ-60"



Рисунок 1.9 - Апарат для УВЧ-терапії УВЧ-80-4 "Ундатерм"

Показання: Гострі запальні захворювання, включаючи гнійні (гостра пневмонія, фурункульоз, гайморит, отит, гідраденіт, післяопераційні інфільтрати). Ураження периферичної нервової системи: радикуліти, неврити, невралгії, травми спинного мозку і периферичних нервів, хвороба Рейно, облітеруючий ендартеріт; захворювання кістково-суглобної системи: ревматоїдний артрит, деформуючий остеоартроз, травматичні ураження (забиття, розтягнення, переломи кісток). ЕП УВЧ застосовують для впливу на ділянку гіпофіза при нецукровому діабеті, адіпозогенітальному ожирінні, хореї у дітей.

Протипоказання: Загальні. Гіпотонія. Вагітність. ІХС з порушеннями ритму. Декомпенсований цукровий діабет. УВЧ не рекомендується особам, що працюють з УВЧ і НВЧ генераторами. [3]

1.3.3 Магнітотерапія

Магнітотерапія - метод, при якому на хворого впливають постійним або змінним низькочастотним магнітним полем.

Процедури проводять у зручному для хворого положенні. Металеві предмети слід видалити на відстань не менше 10 см від робочої поверхні індуктора. Лікування магнітним полем можна проводити не знімаючи одяг, гіпсову пов'язку, пов'язку з маззю та інші, через які воно безперешкодно проникає. Якщо використовується один індуктор, глибина проникнення магнітного поля - 3-4 см, при використанні двох індукторів - 7-8 см. Під час процедури пацієнт відчуває легке тепло або почуття "повзання мурашок". Тривалість впливу 15-30 хв. Процедури проводять щодня або через день. Курс лікування - 20-25 процедур.

Механізм фізіологічної і терапевтичної дії магнітного поля складний і дотепер остаточно не з'ясований. Під впливом магнітного поля відбувається

зміна об'ємного заряду біомембран клітин, що приводить до зміни проникності, прискорення електронних переходів, хімічних реакцій. Найбільш специфічним є результат взаємодії магнітного поля з током крові, що веде до помірних змін у системі 38 гемокоагуляції. Вважається, що механізм дії магнітного поля визначається квантово-біологічною дією. Магнітне поле, змінюючи макромолекули білку, веде до зміни властивостей клітини, активізується окислювання ліпідів, поліпшується проникність клітинних мембран, підвищується активність ферментів. Відзначено високу чутливість центральної нервової системи до дії магнітного поля. Проявляється сприятливий вплив змінного магнітного поля на мозковий кровообіг і перебіг відновлювальних процесів при початкових проявах церебро-васкулярної недостатності, при минутих порушеннях мозкового кровообігу і постінсультних станах ішемічної природи. Магнітне поле активує гіпоталамус, гіпофіз, а потім активізуються всі ендокринні органи, підвищується фагоцитарна активність лейкоцитів.

Застосовується апарат "Полюс-1", з допомогою якого можна впливати безупинним і переривчастим змінним магнітним полем при тривалості пауз по 2 сек. Для впливу змінним магнітним полем на кінцівки 37 випускається апарат "Полюс-101", що дозволяє діяти у безупинному й імпульсному режимах. Випускаються також апарати "Магнітер", "МАВР", "МАГ-30", "АМР-2", "ПОЛЮС - 4"(рис.1.10).



Рисунок 1.10 - Апарат для низькочастотної магнітотерапії "ПОЛЮС -

Показання: Гіпертонічна хвороба I, II стадії, ІХС, у тому числі постінфарктний кардіосклероз, стабільна стенокардія, початкові прояви цереброваскулярної недостатності, минутих порушень мозкового кровообігу, наслідки мозкового інсульту і черепно-мозкової травми, ендартеріт, атеросклероз судин кінцівок, хвороба Рейно, деформуючий остеоартроз, ревматоїдний артрит, переломи кісток, бронхіальна астма, виразкова хвороба, хронічний гепатит, панкреатит.

Протипоказання: Схильність до кровотеч, вагітність, гіпотонія. [3]

Аналіз різних методів фізіотерапії з використанням електричного струму та обладнання для їх проведення показав ефективність використання струму для зниження больового синдрому, було вирішено розробити мобільний, автономний та дешевий апарат для проведення ампліпульс-терапії.

Мета роботи – розробка приладу для зменшення різних видів больового синдрому.

Задачі роботи – розробити схему електричну принципову, топологію друкованої плати та 3D модель приладу для зменшення больового синдрому.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА АПАРАТА «АМПЛІПУЛЬС» ДЛЯ ФІЗІОТЕРАПІЇ

2.1 Дослідження впливу електричного струму на органічні тканини

Кров, цитоплазма та різні тканинні рідини – це розчини електролітів. Наприклад, у плазмі крові міститься 0,32% кухонної солі. Можна було б стверджувати, що такі системи містять багато вільних іонів і внаслідок цього мають велику питому електропровідність. Проте, проведені дослідження показали, що опір цитоплазми, живих клітин і деяких тканин великий. Це можна пояснити тим, що на електричні параметри клітин впливають властивості їх мембран (діелектрик), а властивості тканин зумовлені не лише властивостями електролітів, але й іншими речовинами, які входять до складу тканини: жирами, вуглеводами, іншими органічними речовинами з властивостями діелектриків та напівпровідників. З цієї причини електропровідність різних тканин суттєво відрізняється. Найкраще проводять струм спинномозкова рідина, кров, лімфа, дещо гірше – м'язи, печінка, серцевий м'яз, легенева тканина і найгірше жирова, кісткова тканини та шкіра.

Складними є електричні властивості клітин. Питомий опір цитоплазми лежить у межах від 0,1 до 300 Ом·м (для більшості клітин ссавців приблизно 1 – 3 Ом·м).

Клітинна мембрана – це діелектрик, питомий опір 1 см² якого для різних клітин знаходиться у межах від 10³ до 10⁴ Ом·м.

Якщо прикласти електроди до ділянки тіла, то струм проходить через шкіру, жирову, м'язову тканини, через кровоносні та лімфатичні судини, вибираючи ті ділянки, де менший опір (кровоносні і лімфатичні судини,

міжклітинна рідина, волокна нервових стовбурів та ін.). Тому на основі таких вимірювань важко говорити про опір однієї тканини. Поляризаційні явища також мають значний вплив на процес проходження струму через живі об'єкти.

Позитивно та негативно заряджені іони, рухаючись в електричному полі у протилежних напрямках, накопичуються біля клітинних мембран.

Клітинна мембрана має діелектричні властивості, тому така система протилежних за знаком зарядів, розділених діелектриком, нагадує своєрідний конденсатор.

Діелектричні властивості біологічних об'єктів визначаються структурними компонентами та явищами поляризації.

Якщо до живої тканини прикласти постійну різницю потенціалів, то виявляється, що сила струму змінюється в часі, при сталій напрузі.

Сила струму за певний час змінюється в сотні разів, а через деякий час встановлюється на сталому рівні. Це пов'язано з виникненням ЕРС поляризації під час проходження постійного струму через біологічну систему. Ця електрорушійна сила є функцією часу і зменшує прикладену напругу.

Біологічні тканини по різному проводять електричний струм. Основним механізмом, який характеризує протікання електричного струму в живих організмах, є електрична провідність, яка обумовлена іонною провідністю. Електропровідність окремих ділянок організму істотно залежить від опору шкіри і підшкірних шарів. Опір шкіри визначається фізіологічним станом, віком, товщиною, місцем вимірювання, температурою і вологістю шкіри. В організмі струм поширюється, в основному, кровоносними і лімфатичними судинами, м'язами і нервовими стовбурами.

Всі тканини, які містять воду, можуть бути поділені на три групи:

- рідкі тканини(кров, лімфа), які містять водну суспензію клітин і білкові молекули;
- м'язові тканини і тканини внутрішніх органів (серце, нирки, печінка і ін.), які містять велику кількість води;

- тканини з малим вмістом води (жир, кістки).

Електричні параметри біологічних тканин можна охарактеризувати діелектричною проникністю ϵ і питомою електричною провідністю g .

Органічні речовини (білки, жири, вуглеводи і ін.), з яких складаються живі тканини, в чистому і сухому вигляді є діелектриками. Значення ϵ для деяких діелектриків приведені на рисунку 2.1

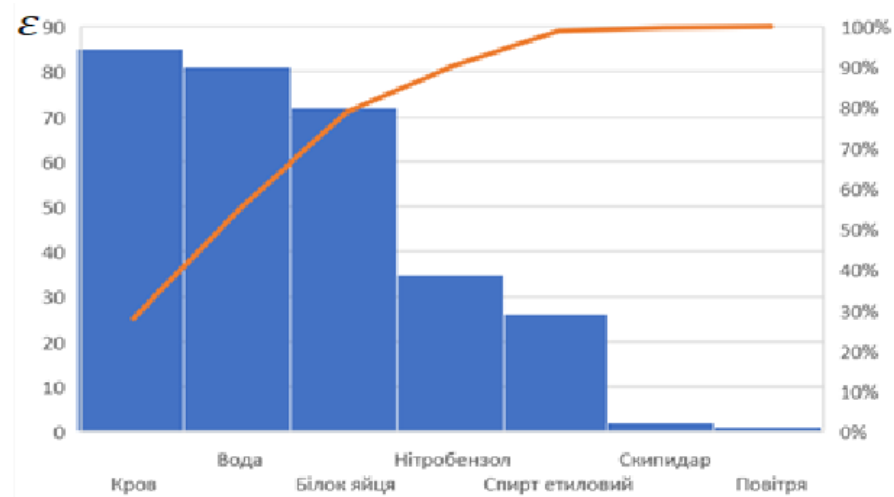


Рисунок 2.1 - Значення ϵ для деяких діелектриків

Всі тканини і клітини обмиваються рідинами (кров, лімфою), різними тканинними рідинами, в склад яких, крім органічних колоїдів входять розчини електrolітів, які є в відносно непоганими провідниками. Різні тканини в організмі мають неоднакову електропровідність (таблиця 2.1).

Визначення опору біологічних об'єктів на постійному струмі важко проводити через наявність поляризації. При протіканні постійного струму через живі клітини часто спостерігається дезінтеграція клітин при різкому пониженні їх електропровідності.

Таблиця 2.1 - Питомий опір деяких біологічних систем

№	Тканина	ρ , Ом·м
1	Спинномозкова рідина	$5,5 \cdot 10^{-1}$
2	Сироватка крові	$7,1 \cdot 10^{-1}$
3	М'язова тканина	2,0
4	Печінка	10
5	Нервової тканини	25
6	Жирової тканини	50
7	Сухої шкіри	10^2
8	Кістки без надкістя	10^6
9	Еритроцити	10^6

В роботі з живими тканинами при вимірюванні електропровідності з метою зменшення поляризаційних ефектів використовують компенсаційні схеми з спеціальними мостами на змінному струмі.

Кожній клітині, окрім омичного опору, властивий також ємнісний, зумовлений накопиченням іонів протилежного знаку біля клітинних мембран. Поляризаційна ємність сягає значення 10мкФ та більше на квадратний сантиметр поверхні мембрани. Наявність ЕРС поляризації та поляризаційної ємності ускладнює вимірювання електропровідності живих клітин при постійному струмові, а також цей струм, проходячи через цитоплазму, розкладає її. З цієї причини вимірювання електричних параметрів біологічних об'єктів зручніше проводити з використанням змінного струму.

У результаті досліджень встановлено:

1. Опір біологічного об'єкта при змінному струмі менший, ніж при постійному.

2. Опір (імпеданс) зменшується при збільшенні частоти змінного струму до деякого значення, після чого залишається практично сталим. Це

явище називається дисперсією електропровідності імпедансу. Дисперсія імпедансу зумовлена залежністю ємнісного опору від частоти, а також поляризаційними процесами, які в наслідок інерції іонів послаблюються при високих частотах. Для більшості тканин мінімальний опір буде при частоті змінного струму 10^6 Гц, а для нерву – при частоті 10^9 Гц.

3. За певної частоти біологічний опір об'єкта залишається сталим, якщо не змінюється його фізіологічний стан. Під час пошкодження тканини опір її зменшується до певного мінімального значення, яке досягається при її відмиранні. Дисперсія імпедансу спостерігається лише для живих тканин. Після відмирання тканини опір від частоти не залежить.

Частотні характеристики електричного опору для різних тканин подібні, але значення повного опору (імпедансу) для різних тканин різні. Наприклад, кісткова тканина містить у собі багато кристалів фосфату кальцію, тому має більший імпеданс, ніж м'які тканини.

Наявність ємнісних елементів в біологічних об'єктах підтверджується зсувом фаз між струмом і напругою. Вимірювання $\text{tg}\alpha$ для різних об'єктів показали що при частоті 1 кГц для нерва жаби зсув за фазою -- 64° , для м'яза кролика – 55° , для шкіри людини – 55° тощо.

За інших частот зсув буде іншим, хоча він і не дуже залежить від частоти. Але залежність зсуву за фазою від частоти струму характерна лише для живих клітин і тканин і зникає під час її відмирання.

Метод вимірювання імпедансу використовують у медичних дослідженнях, а саме під час вивчення процесів у живих клітинах і тканинах під впливом випромінювання, ультразвуку та інших фізичних факторів, а також у процесі зміни фізіологічного стану. Наприклад, виявлено, що при запальних процесах на перших стадіях хвороби спостерігається збільшення опору тканини. Це пояснюється тим, що під час запалення клітина набрякає, міжклітинні проміжки зменшуються і активний опір збільшується. На наступних стадіях запального процесу змінюються структурний та хімічний склади тканин, що веде до зменшення ємності та опору. Отже, вимірювання

електричних параметрів тканин може використовуватись як засіб для діагностики стадій запальних процесів.

Виявлено, що на різних стадіях утворення злоякісних пухлин ємнісний опір тканини змінюється, і цей показник можна використати для ранньої діагностики захворювання. Під час відмирання тканини, а також під дією пошкоджуючих факторів (радіація, ультразвук, температура) збільшується проникність мембран і, як наслідок, збільшуються іонні потоки – послаблюється ефект поляризації на межі їх розподілу. Це зумовлює зменшення опору та ємності об'єкта при низьких частотах, а при високих – поляризація на межі розподілу практично відсутня, тому височастотний опір майже не змінюється. Таким чином, під час дії пошкоджуючих факторів та під час відмирання тканин дисперсія її електричних параметрів зменшується, а для мертвої тканини взагалі відсутня. Для оцінки життєвості тканин вводять коефіцієнт поляризації (K).

Наприклад, для печінки ссавців $K=9-10$, а печінки жаби – 2-3. K залежить від інтенсивності обміну речовин у тканинах. Під час відмирання тканин коефіцієнт поляризації зменшується, а для мертвої – прямує до одиниці.

У клітинній практиці вимірювання імпедансу використовуються для дослідження кровонаповнення органів. Метод реєстрації зміни імпедансу органів під час їх кровонаповнення називають реографією. Використовуючи багатоканальні реографи, можна досліджувати перерозподіл крові між органами в нормі і патології.

Реоенцефалографія – метод дослідження мозкового кровообігу, який базується на реєстрації пульсових коливань імпедансу головного мозку під час проходження через нього струму високої частоти, але малого за силою та напругою. Цим методом визначають стан геодинаміки та пульсове кровонаповнення окремих ділянок головного мозку, стан стінок судин та венозний кровообіг.

У фізіотерапії використовують ультрависокочастотні електричні поля. Ці поля зумовлюють поляризаційні явища у тканинах, і, як наслідок, виникає тепловий ефект, який залежить від діелектричної проникності опору тканин, частотних характеристик поля. Максимальний нагрів тканин буде в зоні дисперсії електропровідності, тобто під час інтенсивної поляризації. Тому важливим напрямком у розвитку фізіотерапії є дослідження електричних властивостей тканин у діапазонах частот, що викликають лікувальний ефект при фізіопроцедурах.

Під час дії постійного струму на організм існує певне порогове значення сили струму, нижче від якого струм не викликає подразнення. Це порогове значення різне для різних організмів та залежить від їх фізіологічного стану.

Можна вважати, що для людини струм з густиною $1,0 - 1,5 \text{ А/м}^2$ не зумовлює подразнення. Подразнення стає відчутним при густині струму $2,0 - 3,0 \text{ А/м}^2$, а при густині струму більше від 5 А/м^2 спостерігається пошкодження тканин та органів, що може призвести до смерті внаслідок подразнення нервів та нервових центрів, які керують процесами дихання.

Ефект дії змінного струму на організм приведений в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Ефект дії змінного струму на організм

Сила струму при частоті 50 Гц	Ефект дії струму
0 – 0,5 мА	Відсутній
0,5 – 2 мА	Втрата чутливості
2 – 10 мА	Біль, м'язове скорочення
10 – 20 мА	Зростає дія на м'язи, деяке пошкодження. При 16 мА – людина не може звільнитись від електродів.
20 – 100 мА	Параліч дихання
100 мА – 3 А	Смертельна шлуночкова фібриляція, якщо дуже швидко не відбудеться реанімація
Більше від 3 А	Зупинка серця. Якщо шок був короткочасний, серце ще можна реанімувати.

Фібриляція може виникати також з інших причин. У цьому випадку використовують електричний струм певної сили та частоти для відновлення серцевої діяльності дефібриляція. Електричні дефібрилятори успішно використовують у клінічній практиці.

Дія імпульсного струму на організм визначається його частотою і формою.

При низьких частотах (<500 кГц) електричний струм викликає подразнювальну дію на біологічні тканини. Ця дія визначається законом Дюбуа-Реймона і Хорвега-Вейса-Ланіка.

1. Подразнювальна дія струму прямопропорційна швидкості зростання сили струму, тобто крутизні фронту імпульсу.

2. У певних межах подразнювальна дія пропорційна тривалості імпульсу.

3. Фізіологічна дія імпульсного струму залежить від його шпаруватості (коефіцієнта заповнення).

Специфічна фізіологічна дія імпульсного струму, або окремого імпульсу визначається його формою.

Імпульси прямокутної форми використовують для стимуляції центральної нервової системи (електросон, електронаркоз) і при кардіостимуляції.

При електрогімнастиці використовують імпульси трикутної та експоненційної форми.[11]

2.2 Огляд приладів «Ампліпульс»

2.2.1 Ампліпульс-4

Апарат низькочастотної терапії "АМПЛІПУЛЬС-4"(рис.2.2) призначений для лікувальної дії модульованими синусоїдальними струмами звукової частоти.



Рисунок 2.2 - АМПЛІПУЛЬС-4

Застосовується у фізіотерапевтичних кабінетах медичних закладів для лікування хворих із захворюваннями периферичної нервової системи, що супроводжуються болями, вегетативними чи руховими порушеннями; із порушенням периферичного кровообігу; при різних травматичних ушкодженнях м'язово-зв'язувального апарату тощо.

Функціонально апарат забезпечує чотири режими роботи:

- безперервні модульовані коливання з будь-якою із зазначених модуляцій;
- серії модульованих коливань з будь-якою із зазначених частот модуляції, що чергуються з паузою;

- серії модульованих коливань з будь-якою із зазначених частот модуляції, що чергуються із серіями немодульованих коливань (з частотою 5000 Гц);
- серії модульованих коливань з будь-якою із зазначених частот модуляції, що чергуються із серіями модульованих коливань із частотою модуляції 150 Гц.

Тривалість серій та пауз встановлюється у співвідношеннях 1:1.5; 2:3; 4:6. Усі 4 роду роботи забезпечуються у випрямленому режимі з позитивною чи негативною полярністю.

Конструктивно прилад виконаний настільним, переносним. На каркасі апарата передбачено ручку для перенесення апарату, яка може бути підставкою для зміни нахилу апарату щодо площини столу. Прилад покладено у футляр із позов. шкіри, з ременем. На одній зі стінок футляра виконана кишенька, в яку укладаються електроди та шнури, необхідні для роботи вдома.

Таблиця 2.3 – Характеристики апарату «Ампліпульс-4»

Параметр	Значення
Частота несучих коливань синусоїдальної форми, Гц	5000±100
Дискретні значення частоти модулюючої напруги, Гц	30,50,70; 80,100,150
Дискретні значення коефіцієнта модуляції, %	0; 50; 75; 100
Співвідношення тривалості серій та пауз, з	1:1,5; 2:3; 4:6
Час виходу режим, хв	не більше 5
Живлення від мережі змінного струму	220, 50 Гц
Потужність, В-А	не більше 40
Габаритні розміри, мм	389 x 173 x 393
Маса, кг	7,5

2.2.2 Ампліпульс-5

Апарат низькочастотної фізіотерапії "АМПЛІПУЛЬС-5"(рис.2.3) призначений для лікувального впливу на організм людини модульованими синусоїдальними струмами звукової частоти.



Рисунок 2.3 - АМПЛІПУЛЬС-5

Застосовується у фізіотерапевтичних кабінетах медичних закладів для лікування хворих із захворюваннями нервової системи, що супроводжуються болями, вегетативними або руховими порушеннями; з порушеннями периферичного кровообігу; при різних травматичних ушкодженнях м'язово-зв'язувального апарату; забитих місцях; при підгострих та хронічних гінекологічних захворюваннях; для стимуляції відходження каменів із сечоводу та ін.

Експлуатаційні можливості апарату Ампліпульс-5:

- П'ять видів лікувальних впливів у режимах змінного струму та випрямленого струму позитивної та негативної полярностей;
- Цифровий вимірювач струму пацієнта;
- Три діапазони плавного регулювання струму пацієнта;

- Блокування перемикання діапазонів струму пацієнтів при введеному регуляторі струму;
- Процедурний таймер;
- Автоматичне плавне вимкнення струму пацієнта після закінчення процедури.

Таблиця 2.4 – Характеристики апарату «Ампліпульс-5»

Параметр	Значення
Частота несучих коливань синусоїдальної форми, Гц	5000±100
Дискретні значення частоти модулюючої напруги, Гц	10, 20, 30, 50, 80, 100, 150
Дискретні значення коефіцієнта модуляції, %	0, 25, 50, 75, 100
Співвідношення тривалості серій та пауз, з	1:1,5; 2:3; 4:6
Час наростання та спаду струму в серіях, %	20
Живлення від мережі змінного струму	220, 50 Гц
Потужність, В-А	не більше 55
Габаритні розміри, мм	330x325x195
Маса, кг	8

2.2.3 Ампліпульс-6

Апарат "АМПЛІПУЛЬС-6" (рис.2.4) низькочастотної фізіотерапії для лікувального впливу синусоїдальними модульованими струмами низької частоти.



Рисунок 2.4 - АМПЛПУЛЬС-6

Призначення:

- Лікування больових синдромів медичним персоналом у домашніх умовах, масажних залах, поліклініках, в умовах спортивної медицини та косметології.
- Електростимуляція м'язового апарату.
- Розвантаження нервово-м'язового апарату та лікування травм у спортивній практиці.
- Знеболення при остеохондрозах усіх відділів хребта, захворюваннях опорно-рухового апарату, ураження внутрішніх органів.
- Лікування хворих із захворюваннями нервової системи, що супроводжуються болями, вегетативними або руховими порушеннями, з порушенням периферичного кровообігу, при підгострих та хронічних гінекологічних захворюваннях, для стимуляції відходження каменів із сечоводу, особливо після літотрипсії, в офтальмології, в педіатрії.

Таблиця 2.5 – Характеристики апарату «Ампліпульс-6»

Параметр	Значення
Частота несучих коливань синусоїдальної форми, Гц	5000±100
Дискретні значення частоти модулюючої напруги, Гц	10, 20, 30, 50, 80, 100, 150
Дискретні значення коефіцієнта модуляції, %	0, 25, 50, 75, 100
Співвідношення тривалості серій та пауз, з	1:1,5; 2:3; 4:6
Час наростання та спаду струму в серіях, %	20
Живлення від мережі змінного струму	220, 50 Гц
Потужність, В-А	не більше 30
Габаритні розміри, мм	356x86x318
Маса, кг	5

Експлуатаційні можливості:

- Носити апарат зручної конструкції (маса не більше 5 кг), що має також додатковий футляр у вигляді "кейса" для перенесення.
- П'ять видів лікувальних впливів у режимах змінного та випрямленого струмів, позитивної та негативної полярності.
- Повна інформативність про всі встановлені режими та параметри, у тому числі і реальний середньоквадратичний струм пацієнта.
- Індикатор реального середньоквадратичного струму пацієнта.
- Три діапазони плавного регулювання реального струму пацієнта.
- Блокування перемикачів діапазонів струму пацієнта при виведеному регуляторі струму, що виключає появу неприємних (больових) відчуттів та забезпечує електробезпеку пацієнта при перемикачній дії діапазонів струму

- Процедурний таймер із звуковою сигналізацією про завершення процедури.
- Автоматичне плавне вимкнення струму пацієнта після закінчення процедури.
- Можливість поставки з електродами як з багаторазовим застосуванням (круглі електроди з електротримачами, гнучкі, пластинчасті електроди, електрод-переривник, гідрофільні прокладки, еластичний бинт, з'єднувальні кабелі), так і з одноразовим застосуванням.
- Висока ремонтпридатність, що не вимагає організації спеціального ремонтного сервісу.

2.2.4 Ампліпульс-7

Апарат "АМПЛІПУЛЬС-7" (рис.2.5) універсальним багатофункціональним пристроєм для лікувального впливу синусоїдальними модульованими струмами в змінному та випрямленому (однополярному) режимі.



Рисунок 2.5 - АМПЛІПУЛЬС-7

В результаті застосування апарату "Ампліпульс-7" досягаються такі види ефектів: знеболюючий; протинабряковий; протизапальний; трофікостимулюючий; косметичний; стимуляція поперечнополосатої та гладкої мускулатури.

Таблиця 2.6 – Характеристики апарату «Ампліпульс-6»

Параметр	Значення
Частота несучих коливань синусоїдальної форми, Гц	5000±100
Дискретні значення частоти модулюючої напруги, Гц	10, 20, 30, 50, 80, 100, 150
Дискретні значення коефіцієнта модуляції, %	0, 25, 50, 75, 100
Співвідношення тривалості серій та пауз, з	1:1,5; 2:3; 4:6
Час наростання та спаду струму в серіях, %	20
Живлення від мережі змінного струму	220, 50 Гц
Потужність, В-А	не більше 20
Габаритні розміри, мм	395 x 367 x 75
Маса, кг	4

"Ампліпульс-7" має низку особливостей у порівнянні зі своїми аналогами:

- апарат забезпечує вплив на чотири процедурні поля;
- встановлення параметрів здійснюється за допомогою цифрової клавіатури;
- автоматичне регулювання робочих характеристик;
- цифрове табло на рідких кристалах;
- виконання у компактному корпусі-дипломаті;
- допускається живлення від автономного джерела.

2.2.5 Ампліпульс-8

Апарат "АМПЛІПУЛЬС-8" (рис.2.6) застосовується при лікуванні, реабілітації та профілактиці широкого спектру захворювань. Крім цього, з його допомогою можна проводити електростимуляцію нервово-м'язового апарату, безмедикаментозне знеболювання, безперервний, хвилеподібний масаж по всій довжині кінцівок, хребта. Може використовуватися медичним персоналом у фізіотерапевтичних кабінетах, масажних салонах, у косметології, а також у домашніх умовах.



Рисунок 2.6 - АМПЛІПУЛЬС-8

Особливості:

- Носити апарат зручної конструкції;
- кільцевий режим роботи з багатоканальним виходом;
- можливість роботи в кільцевому режимі з багатоканальним виходом у двох уривчастих пологах роботи з можливістю вибору коефіцієнта та частоти модуляції;

- можливість вибору кількості каналів у кільцевому режимі роботи від 2-х до 4-х;
- можливість роботи в одноканальному режимі з усіма параметрами "Ампліпульс-6";
- стрілочний вимірник струму пацієнта;
- вимірювання струму у будь-якому з каналів;
- можливість збільшення тривалості паузи в одноканальному режимі у переривчастих пологах роботи;
- п'ять видів лікувальних впливів у режимі змінного та випрямленого струму, позитивної та негативної полярності;
- три діапазони плавного регулювання струму пацієнта;
- таймер.

Таблиця 2.7 – Характеристики апарату «Ампліпульс-6»

Параметр	Значення
Частота несучих коливань синусоїдальної форми, Гц	5000±100
Дискретні значення частоти модулюючої напруги, Гц	10, 20, 30, 50, 80, 100, 150
Дискретні значення коефіцієнта модуляції, %	0, 25, 50, 75, 100
Співвідношення тривалості серій та пауз, з	1:1,5; 2:3; 4:6
Встановлюваний час процедури, хв	1-99
Живлення від мережі змінного струму	220, 50 Гц
Потужність, В-А	не більше 30
Діапазони плавного регулювання струму пацієнта в будь-якому з каналів, мА	0 – 10, 0 – 20, 0 – 100
Маса, кг	5

В результаті застосування апарата досягаються такі види ефектів: знеболюючий; протинабряковий; протизапальний; трофікостимулюючий; антистресовий; косметичний.

2.3 Розробка структурної схеми апарата «Ампліпульс»

Запропонована структурна схема (рис. 2.7) апарата «Ампліпульс» включає наступні блоки:

- генератор несучої частоти (G1);
- генератор модулюючої частоти (G2);
- регулятор глибини модуляції (dB);
- блок комутації (SWT);
- амплітудний модулятор (A1);
- попередній підсилювач (A2);
- підсилювач потужності (A3);
- генератор імпульсів (G3);
- блок захисту.

Вихідні параметри запропонованого апарату:

- Несуча частота, кГц – 5.
- Частота несучої модуляції, Гц – 30, 50, 70, 100, 150.
- Коефіцієнт модуляції, % – 0...100.
- Формування пауз, % від періоду –20...40.
- Вихідний струм, мкА:
- – при $R_H=250 \text{ Ом}$ – 0...80;
- – при $R_H=1 \text{ кОм}$ – 0...30.

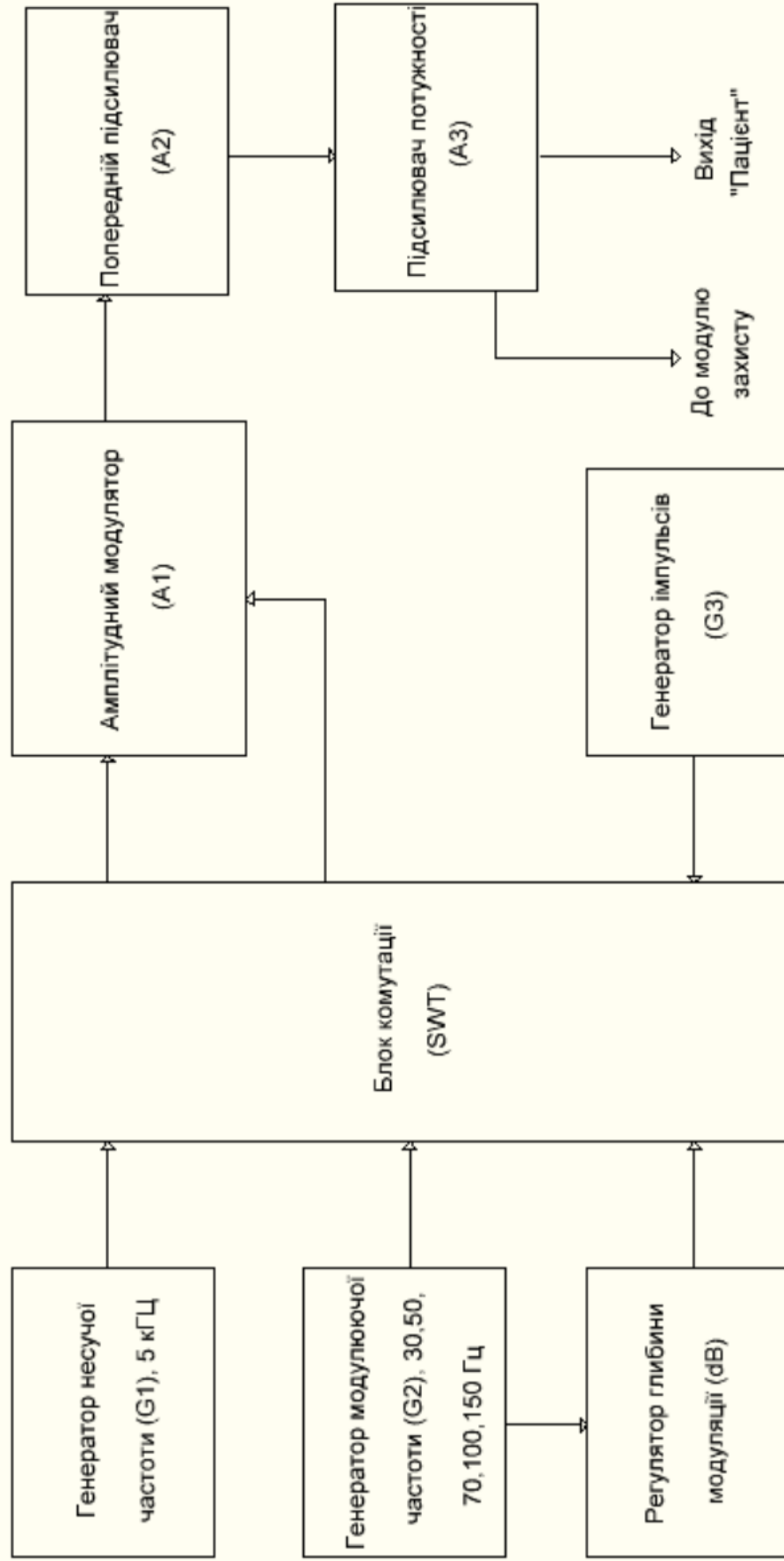


Рисунок 2.7 – Структурна схема апарата «Ампліпульс»

При розробці враховані наступні вимоги:

- первинна обмотка трансформатора живлення і кола мережевої напруги ізольовані від корпусу і вторинних кіл;
- вихід «Пацієнт» повністю ізольовано від зовнішніх кіл, джерела живлення і корпусу приладу;
- при несправності приладу, яка супроводжується підвищенням вихідного струму в колі «Пацієнт», спрацьовує блок захисту, відмикаючи це коло.

Блок комутації SWT здійснює комутацію частотозадаючих кіл генератора G2, вихідних сигналів генераторів G1, G2, а також вибір режимів роботи. Залежність форми вихідного сигналу від вибраного режиму показана на рисунку 2.8. З виходу блока комутації сигнали подаються на модулятор, потім на попередній та кінцевий підсилювачі.

У блоку підсилювача потужності є вихід для підключення модуля захисту. Генератор імпульсів G3 забезпечує комутацію ключів блока SWT.

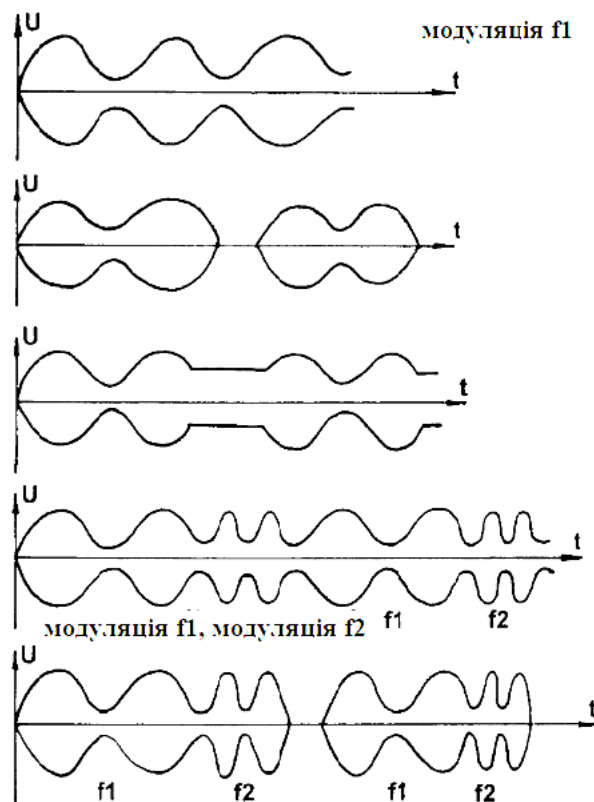


Рисунок 2.8 - Залежність форми вихідного сигналу від вибраного режиму роботи

2.3.1 Генератори несучої (G1) та модулюючої (G2) частоти і регулятор глибини модуляції (dB)

Схема генераторів G1, G2 і регулятора глибини модуляції (dB) представлена на рисунку 2.9. Генератори виконані по однотипній схемі, тому опишемо принцип роботи генератора G1. Генератор зібрано на операційних підсилювачах DA1, DA3, DA5. На DA1 зібрано каскад, що задає частоту, з мостом Вина, DA5 – буферний підсилювач, DA3 – стабілізатор амплітуди вихідного сигналу. Транзистор VT1 – регулюючий елемент. Напругу для керування транзистором виробляє інтегратор DA3. Його постійна часу визначається елементами R23, R28, C7, C8. Для підвищення стійкості регулятору використовується коло C8, R28. Резистор R19 і діоди VD1, VD2 створюють випрямляч напруги сигналу. При рівності середньо-випрямленого значення струму, що протікає крізь резистор R19, і струму через резистор R23 від джерела живлення, напруга інтегратора буде постійною. Якщо амплітуда вихідного сигналу непостійна, напруга на виході інтегратора буде змінюватися до тих пір, доки амплітуда вихідного сигналу каскаду, який задає частоту, не стане колишньою. Амплітуда вихідного сигналу каскаду, що задає частоту, залежить від зразкової напруги і відношення номіналів резисторів R23, R19. При указаних номіналах вона становить 2,2 В.

Генератор G2 відрізняється від G1 тільки тим, що елементи каскаду, що задає частоту, DA2 переключаються блоком комутації (SWT). Регулювання глибини модуляції здійснюється резистором R34.

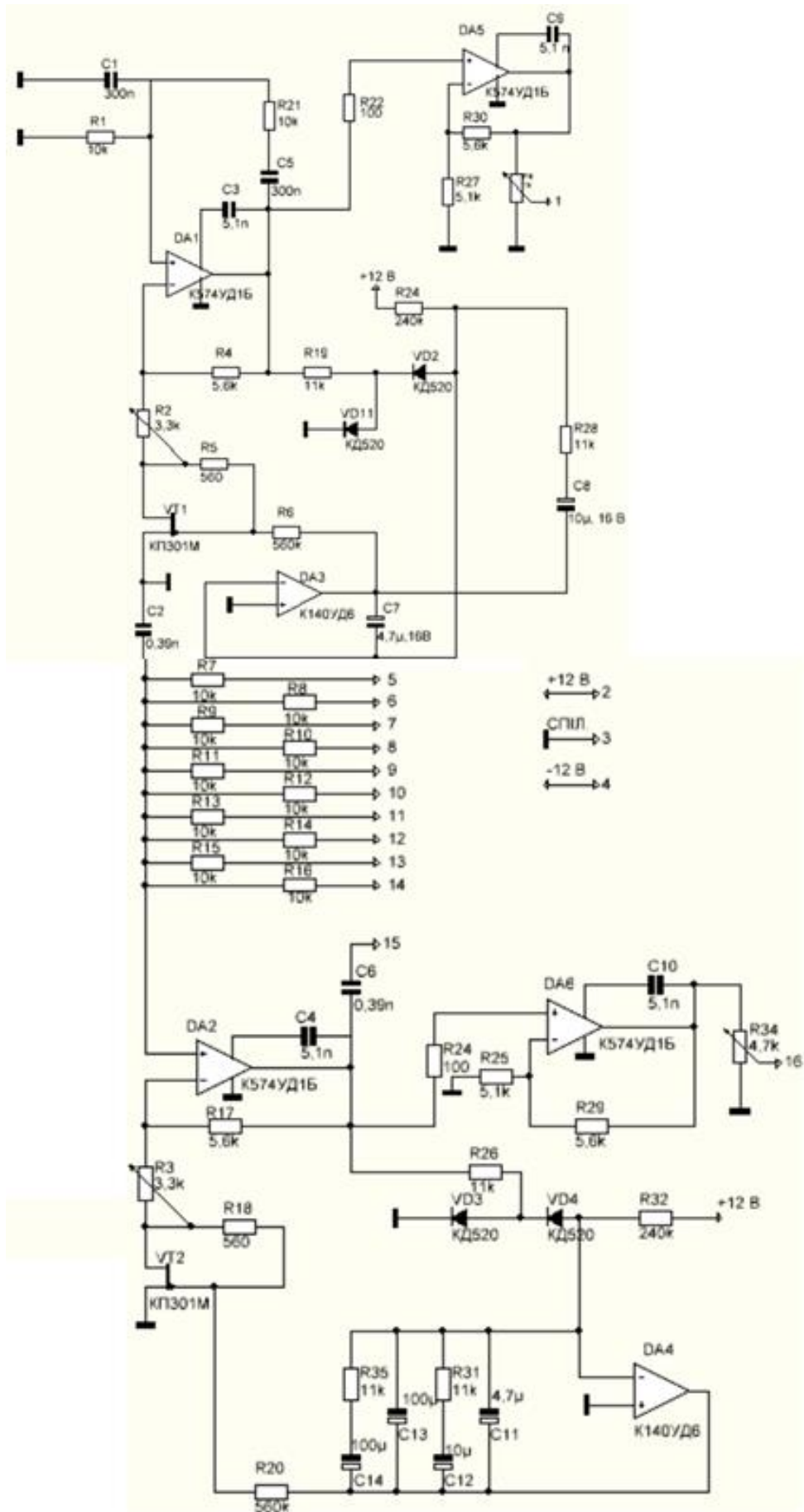


Рисунок 2.9 - Схема генераторів G1, G2 і регулятора глибини модуляції

2.3.2 Блок комутації (SWT)

Принципова схема блока комутації показана на рисунку 2.10. Вибір режиму роботи здійснюється тумблерами SA1...SA5. При включенні любого тумблера рівень логічної «1» проходячи через відповідні діоди поступає на виходи керування ключів DD3, адресні входи мультиплектору DD7 і на входи схеми «Монтажне І» VD20...VD23, R15, R16. Відповідний сигнал з виходів ключів DD3 подається на входи елементів DD4, включених по схемі двовходового мультиплектору. На вході даних DD4 подається сигнал з виходів лічильників DD2. В залежності від комбінації логічних рівнів на входах керування DD4, на її виходах присутні рівні з виходів DD2,1, або з виходів DD2,2. Логічні рівні на виходах DD4 визначають адресу і номер відкритого каналу мультиплекторів DD5, DD6, а відповідно і частоту вихідного сигналу генератора G2.

Мультиплектори DD5, DD6 комутують двополярні сигнали з максимальною амплітудою $\pm 7,5$ В. Амплітуда вхідного сигналу не повинна бути більше ніж напруга живлення мікросхем (+U або -U).

Мультиплексор DD7 формує керуючі сигнали для ключів DD8,3, DD8,4. В залежності від комбінації логічних рівнів на адресних входах, на виходах DD7 присутній рівень «1», або імпульс з виходу генератора G3.

Ключі DD8,1 та DD8,2, в залежності від режиму роботи, комутують на вході даних мультиплектору DD7 сигнали з виходів генератора G3. На діодах VD20...VD23 і резисторах R15, R16 зібрані схеми «Монтажне І». Вихідні сигнали схеми «Монтажне І» комутують ключі DD8,1, DD8,2.

На входи даних ключів DD8,3, DD8,4 поступають вихідні сигнали генераторів G1, G2. К виходам ключів підключаються входи модулятора.

Установка необхідних частот модуляції забезпечується лічильником DD2. Так як прилад має всього 5 режимів роботи, використовуються тільки 3 розряду лічильника. На елементах VD16...VD19, R13, R14 зібрані схеми «Монтажне І».

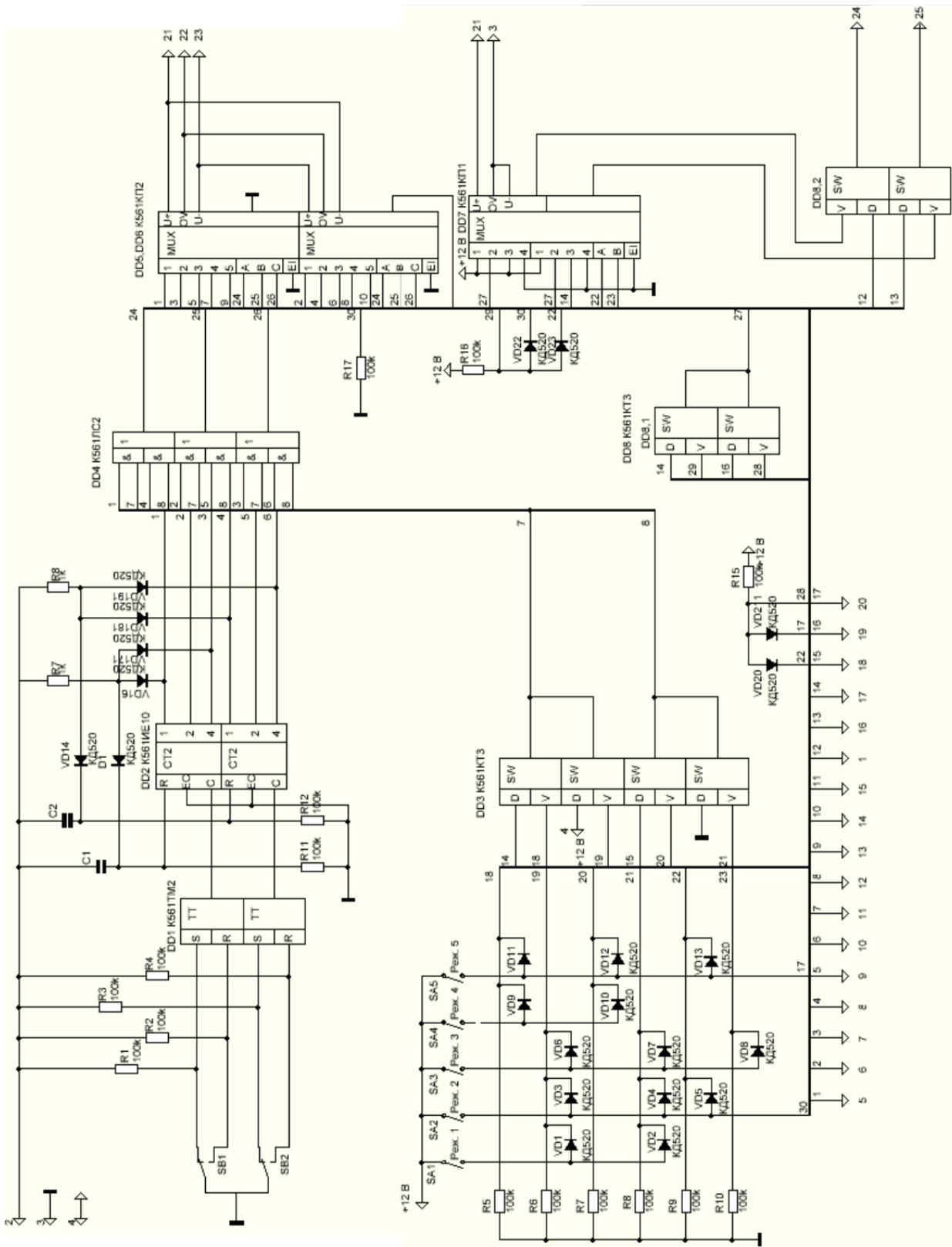


Рисунок 2.10 - Принципова схема блока комутації

Після підрахунку чотирьох імпульсів, при приході п'ятого, діоди запираються, і на вхід скидання відповідного лічильника йде скрізь діоди VD14 або VD15 рівень логічної «1», в результаті цього лічильник скидається. Кола C1, R11 та C2, R12 анулюють лічильник в момент включення живлення. Вибір частот модуляції визначається кодами на входах лічильника DD2. Зміна стану лічильника DD2 здійснюється кнопками SB1, SB2, підключеними через RS-тригери, які усувають брязкіт контактів кнопок.

2.3.3 Амплітудний модулятор (A1), та підсилювачі (A2,A3)

Принципова схема блоків A1...A3 представлена на рисунку 2.11.

Амплітудний модулятор зібрано на транзисторі VT1. Резистором R4,1 регулюється підсилення каскаду і вихідний струм приладу. Попередній підсилювач виконано на операційному підсилювачі DA1. Необхідний коефіцієнт підсилення встановлюється резисторами R10, R11. Кінцевий каскад виконаний по двотактовій трансформаторній схемі. На його вході включений каскад фазоінвертора на транзисторах VT2, VT3. В цій конструкції фазоінвертора обидва виходу мають однакову навантажувальну властивість і рівноцінні за вхідним опором, так як обидва транзистора включені за схемами емітерних повторювачів. Двотактовий трансформаторний каскад, обраний із цілю забезпечити безпеку пацієнта, оскільки вихід гальванічно розв'язаний від схеми та джерела живлення. Для зменшення нелінійних спотворень в схемі каскаду введенні резистори R17...R20. З їх допомогою на базах VT4, VT5 встановлюється напруга, приблизно рівно 0,3 В. Переваги даної схеми над типовою, наступні:

- менша трудоемність виготовлення;
- можливість регулювання напруги зміщення незалежно для кожного транзистора;

- вихід на схему захисту.

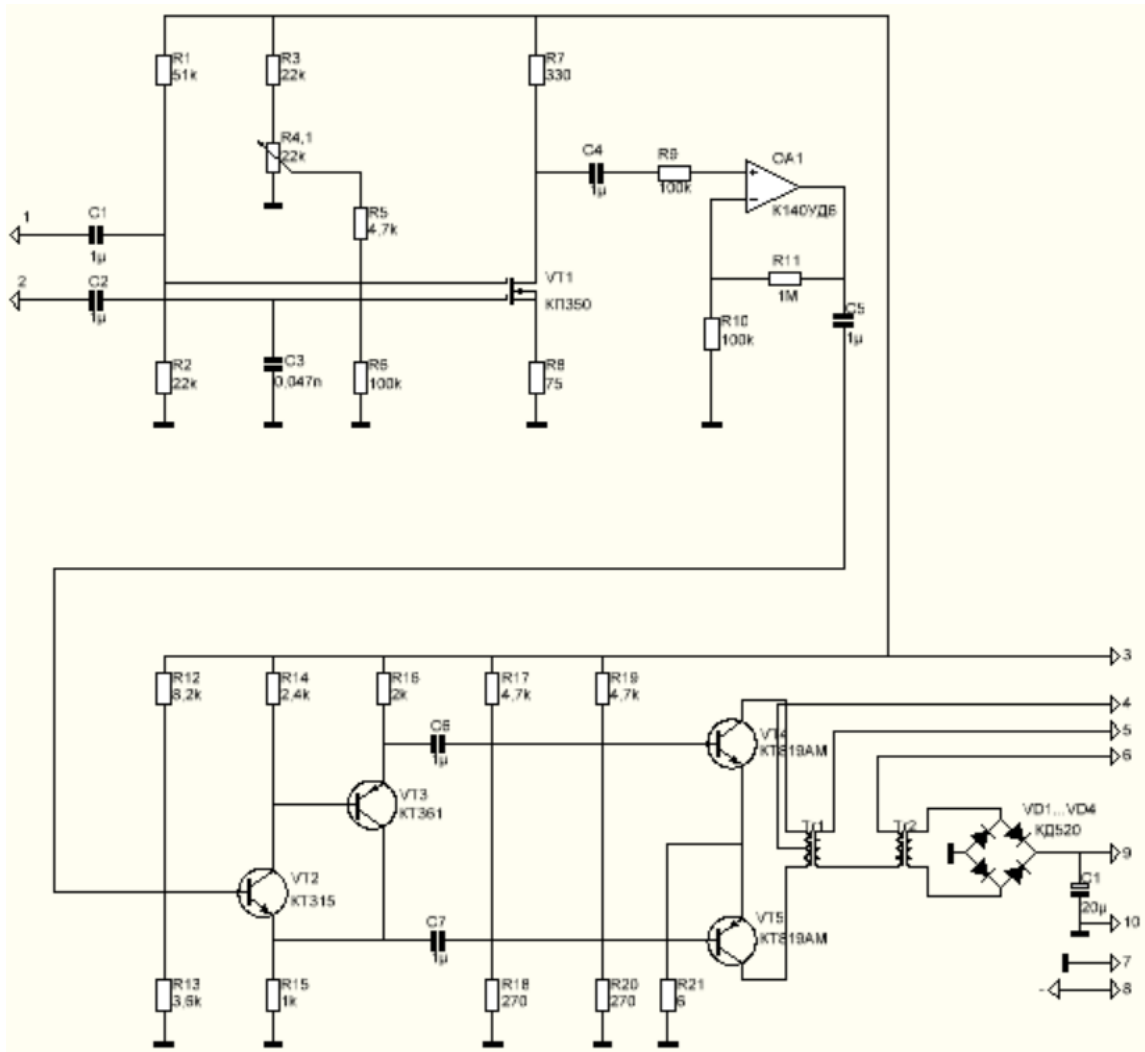


Рисунок 2.11 - Принципова схема блоків А1...А3

2.3.4 Генератор імпульсів

Принципова схема генератора імпульсів G3 приведена на рисунку 2,12.

На таймері DA1 зібраний генератор імпульсів, DA2 – перший одновібратор, DD2 – другий одновібратор, який запускається спадом позитивного імпульсу. Ключ DD1,1 забезпечує включення блокування

таймерів DA1, DA2; DD1,2 запускає одинвібратор DA2; DD1,3 формують протифазний (по відношенню до виходу DA1) сигнал; DD1,4 блокує генератор в режимі роботи «5».

В режимі 1 генератор не впливає на роботу приладу. В режимі 2 імпульси з виходу генератора DA1 (рис. 2,12) через відкритий ключ DD8,1 (рис.2.10) поступає на виходи 2 мультиплектору DD7 і комутує ключі DD8,3, DD8,4. В режимі 3 несуча частота проходить через ключ DD8,3, відкритий рівнем «1» через третій канал мультиплектору DD7, а частота модуляції комутується імпульсами з генератора G3. В режимі 4 парофазні імпульси з виходу генератора G3 через відкриті ключі DD3 (рис.2.10) подаються на адресні входи мультиплектору DD4. В режимі 5 парофазні імпульси з виходу з виходу генератора через відкриті ключі DD3 комутують мультиплектор DD4 блоку SWT по адресним входам. Імпульси з виходу одинвібратору DA2 (рис. 2.12), через відкритий другий канал мультиплектору DD7 (рис. 2.10) і відкритий ключ DD8,2 комутують ключі DD8,3, DD8,4 блоку SWT.

При роботі приладу в режимі 1...4 ключі DD1,4 (рис. 2,12) закритий. На вході керування ключом DD1,1 через резистор R4 подається рівень «0», ключ знаходиться в стані в закритому стані. На входах блокування таймерів DA1, DA2 присутній рівень «1», який дозволяє їх роботу. З виходу генератора DA1 імпульси подаються на вхід керування ключа DD1,2 і, через діод VD1, на вхід керування ключа DD1,3. При комутації ключа DD1,2 на лівій (за схемою) обкладці конденсатору C3 потенціал становиться рівним нулю, конденсатор заряджається. У цей момент на вході запуску одинвібратору DA2 з'являється короткий імпульс негативної полярності, який запускає одинвібратор. На виході ключа DD1,3 формуються імпульси, протифазні за напрямом по відношенню до виходу генератора DA1.

При включеному режимі 5 рівнем логічної «1» при включенні тумблера SA5 блока SWT (рис. 2.10) відкривається ключ DD1,4 (рис. 2.12). В роботу включається одинвібратор DA2, формуючий паузу в виховному сигналі генератору.

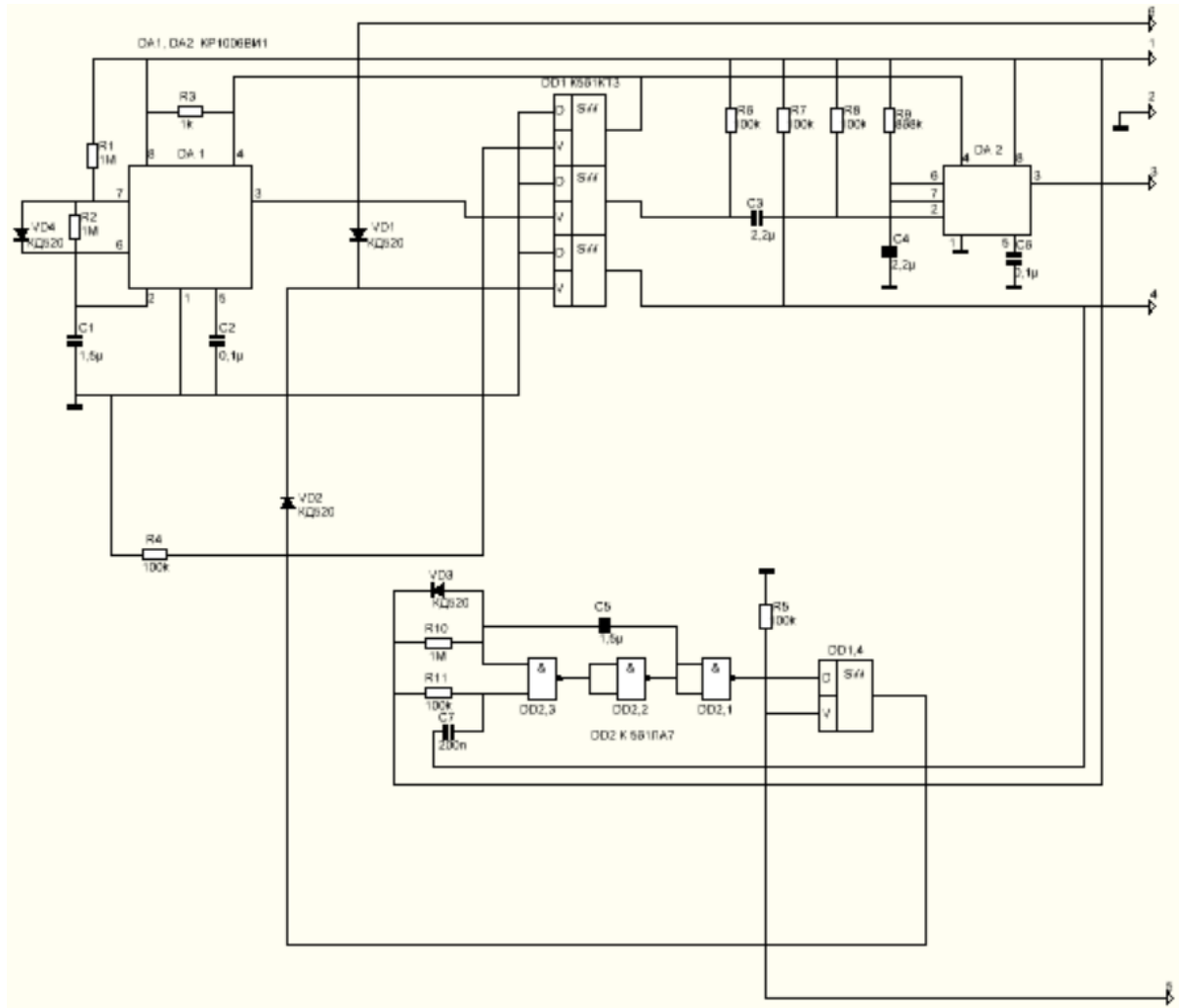


Рисунок 2.12 - Принципова схема генератора імпульсів G3

По спаду позитивного імпульсу з виходу ключа DD1,3, запускається одновібратор на елементах DD2,1... DD2,3. В первинному стані конденсатор C5 розряджений, на обох входах елемента DD2,3 і на виході DD2,2 – рівні «1». При поступленні з виходу диференціюючого кола короткого імпульсу негативної полярності, елемент DD2,3 виключається, DD2,2 включається, і на його виході з'являється рівень «0». Спад напруги з виходу елемента DD2,2 через конденсатор C5 передається на вхід DD2,3 і підтримує його в вимкнутому стані. Конденсатор починає заряджатися через резистор R10. Коли напруга на лівій (за схемою) обкладинці C5 досягає порогу, вмикається

елемент DD2,3. На виході елемента DD2,2 виникає фронт імпульсу, який через C5 передається на вхід DD2,3 і забезпечує перемикання обох елементів. Діод VD3 необхідний для швидкого встановлення початкового стану одновібратора. Ві не є необхідним, якщо використовується мікросхема з захисними діодами на вході.

2.3.5 Блок захисту

Схема блоку захисту приведена на рис. 2.13.

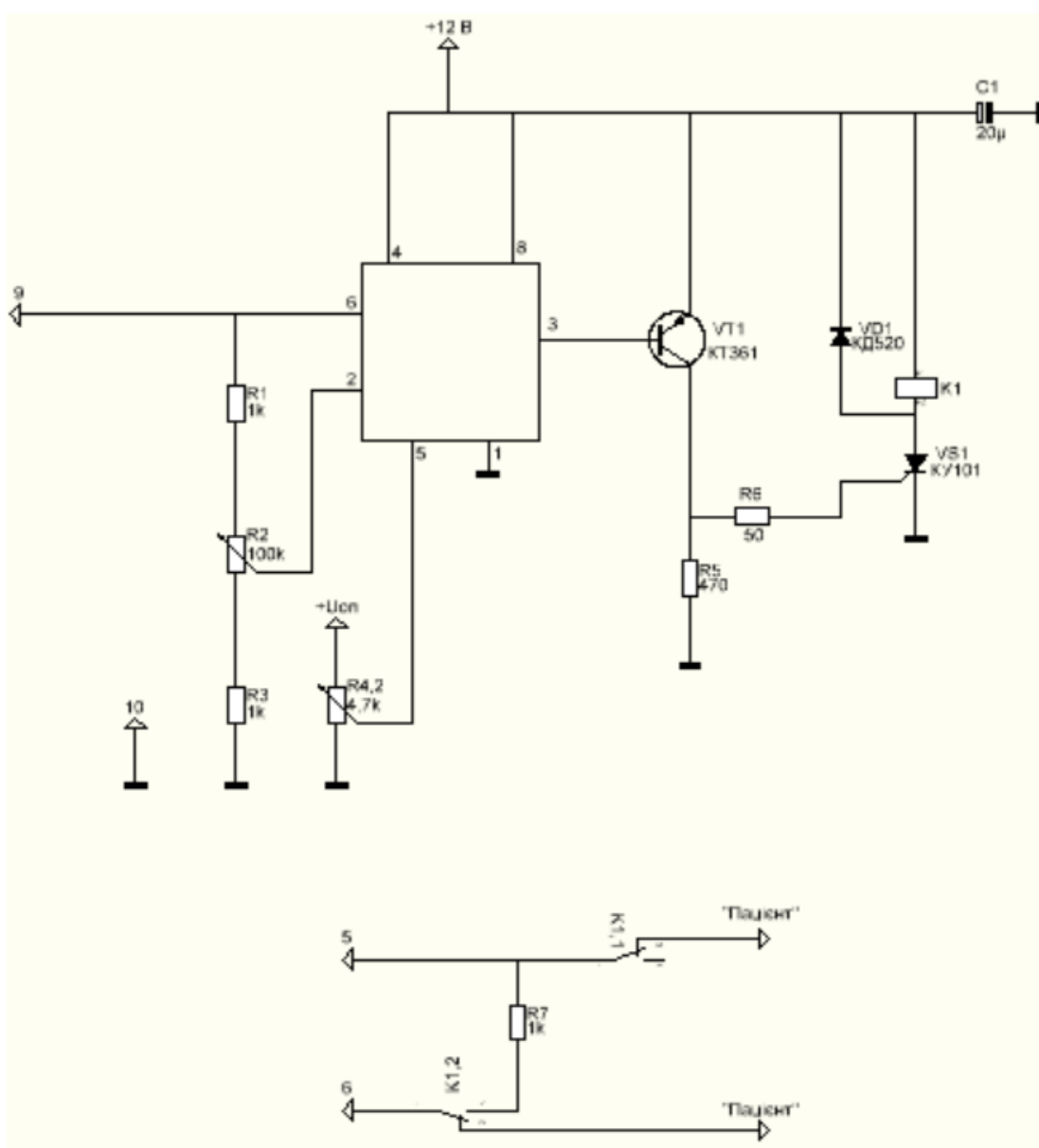


Рисунок 2.13 – Принципова схема блоку захисту

Компаратор з регулюючим гістерезисом передаточної характеристики побудовано на таймері DA1. Опорна напруга $U_{оп}$, яка подається на вихід 5, встановлює верхню межу спрацювання. Величина гістерезисна для цієї схеми визначається так:

$$U_{г} = U_{оп} \frac{1 - R_1'}{R_2'}$$

де R_1' - опір резистору

R_1 +верхня частина (до повзунка) R_2 .

R_2' - опір резистору

R_3 +нижня частина (від повзунка) R_2 .

Коли вхідний сигнал досягає порогу спрацювання компаратора, тобто $U_{оп}$ на виході таймера встановлюється напруга низького рівня. Якщо після цього вхідна напруга зменшується відносно $U_{оп}$ на величину $U_{г}$, на вигоді знову встановлюється високий рівень напруги.

Величину гістерезису, а відповідно, нижній поріг спрацювання компаратору можна регулювати резистором R_2 . Сигнал на виході компаратора керується транзистором VT1. При низькому рівні напруги на його виході, VT1 відкривається, відповідно відкривається тиристор VS1, спрацьовує реле K1 і своїми нормально замкнутими контактами K1,1 відмикає коло «Пацієнт». Одночасно контакти K1,2 включають навантаження R7. При цьому через навантаження R7 тече струм, а коло пацієнта відімкнена.

2.3.6 Налаштування

Схема з'єднання блоків «Ампліпульса» показана на рисунку 2.14.

Спочатку проводиться налаштування генераторів G1 і G2. Після перевірки правильності монтажу, повзунки резисторів R2, R3 (рис 2.8) встановлюються в верхнє (за схемою) положення. Після підключення живлення, за допомогою переміщення повзунків резисторів R2 і R3 на виходах операційного підсилювача DA3, DA4 встановлюють напругу у межах 1,5...2,2В. Потім слід впевнитися, що на виході DA4 при роботі на кожній із частот не стає негативною. Якщо напруга на виході ОП DA3 чи DA4 від'ємна, то опір частини резистору R2 чи R3 необхідно зменшити.

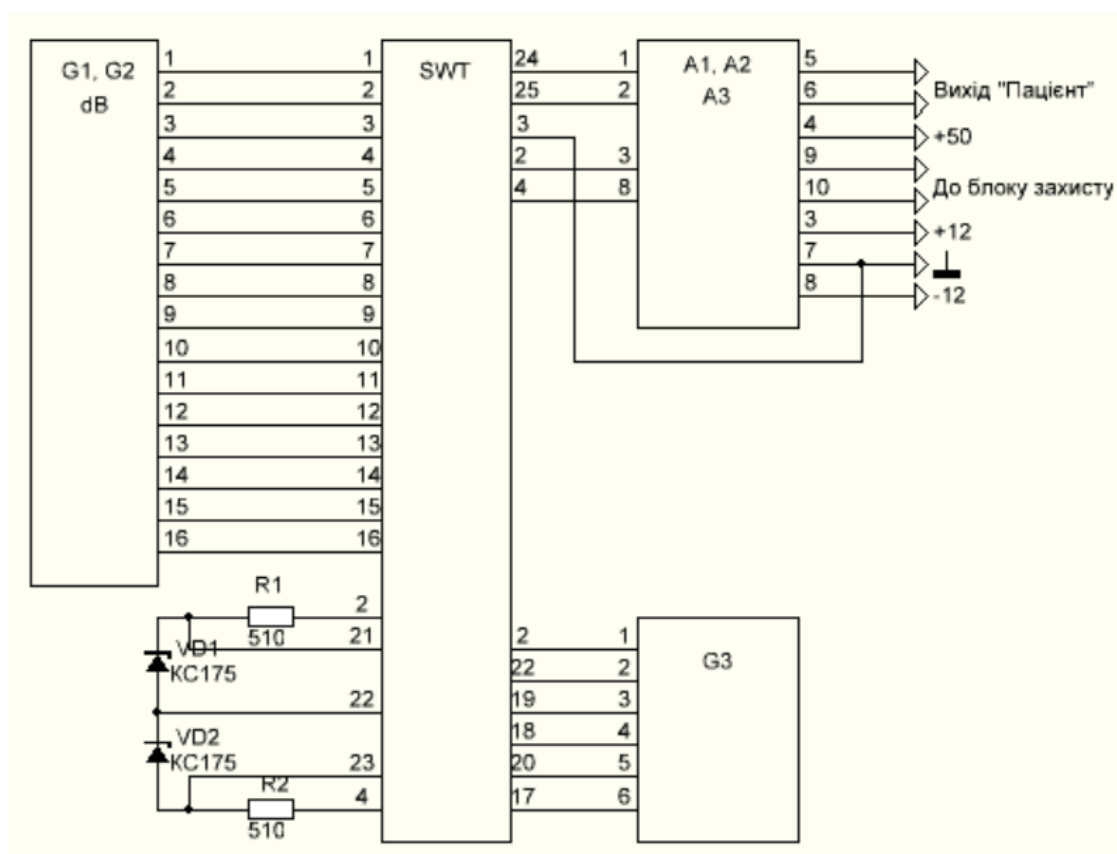


Рисунок 2.14 – Схема з'єднання блоків «Ампліпульса»

Установку частот здійснюють зміною номіналів резисторів R1, R21 і R7... R16 (попарно R7- R12, R8- R13 тощо) в межах 3,3...51 кОм.

Змінити амплітуду вихідного сигналу можна змінивши відношення номіналів резисторів R19, R23 і R26, R32.

Регулювання SWT (рис. 2.10) полягає в перевірці правильності монтажу і контролі проходження керуючих імпульсів і сигналів з виходів генераторів G1, G2.

Настройка блоків A1...A3 (рис. 2.11) полягає в установці напруги сигналу, необхідного для розкочки підсилювача потужності на транзисторах VT4, VT5 і отриманні на виході «Пацієнт» напруги 30 В при струмі 30 мА на навантаженні 1кОм. Вихідні параметри встановлюються регулюванням рівнів вихідного сигналу генераторів G1, G2 і регулюванням коефіцієнту підсилення каскаду на ОП DA1 за допомогою резисторів R10, R11. Нелінійна напруга зводиться до мінімуму установкою резисторами R17... R20 напруга зміщення на базах VT4, VT5 біля 0,3 В.

Тривалість імпульсів і пауз генератора імпульсів G3 на DA1 (рис. 1,12) може бути в межах 1...2 с. Тривалість імпульсів одновібратору DA2 повинна бути рівною періоду імпульсів генератора DA1. Тривалість імпульсів одновібратору на елементах DD2 повинна складати 20...40 % від періоду імпульсів генератору DA1.

Тривалість імпульсів генератору DA1 без діода VT4 можна розрахувати за формулами:

$$t_1 = 0,7(R1 + R2) \cdot C1,$$

$$t_0 = 0,7 \cdot R2 \cdot C1,$$

де t_1 – тривалість імпульсу високого рівня;

t_0 – тривалість імпульсу низького рівня.

Для отримання на виході сигналу типу «Меандр» в схемі використовується діод VD4. Номінали резисторів R1 і R2 цьому випадку повинні бути рівні.

Тривалість імпульсів одновібратору DA2 визначається за формулою:

$$t_i = 1,1 \cdot R9 \cdot C4.$$

Тривалість імпульсів одновібратору на елементах DD2:

$$t = 0,7 \cdot R10 \cdot C5.$$

Для налаштування блоку захисту (рис. 2.13) його вхід підключається до виходу трансформатору струму через двохнапівперіодний мостовий випрямляч (рис. 2.11).

Резистор R4,2 (рис. 2.13) потрібен для зміни порога спрацювання захисту і механічно зв'язаний з резистором R4,1(рис. 2.11) блоку модулятора.

Напруга $U_{оп}$ (рис. 2.13) обирається таким, щоб значення напруги на виході 5 DA1 при будь якому положенні повзунка R4 було декілька більше ніж напруга на виході 6 DA1. Нижній поріг спрацювання встановлюється резистором R2. Він повинен бути близьким до мінімальної напруги. Тоді повертання пристрою до робочого стану буде можливо тільки при відключенні живлення.

Перевірка працездатності блоку захисту може бути проведено збільшенням рівня вихідної напруги генератору G1 за допомогою резистору R33(рис. 2.10). При цьому блок захисту повинен спрацьовувати відключати коло «Пацієнт». Потім слід встановити попередній вихідного сигналу, вимкнути прилад від джерела живлення, і знов включити. Коло «Пацієнт» повинно замкнутися. Виміри проводяться на еквіваленті навантаження.

2.3.7 Розміщення елементів на друкованій платі

На основі побудованих схем, за допомогою програми EasyEDA було побудовано схему розміщення елементів на друкованій платі та 3D модель для наступних блоків: блок генераторів G1, G2 і регулятора глибини модуляції (рис.2.15, 2.16), блок комутації (рис. 2.17, 2.18), блок A1-A3 (рис.2.19, 2.20), генератор імпульсів G3 (рис.2.21, 2.22), блок захисту (рис.2.23, 2.24).

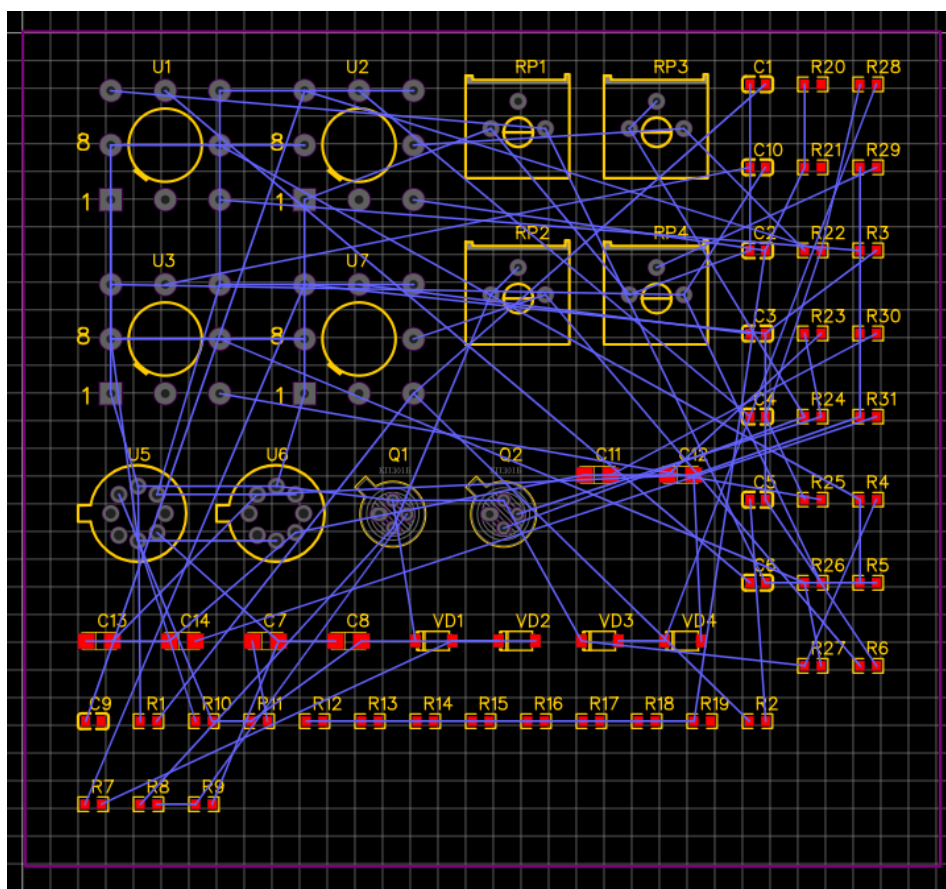


Рисунок 2.15 – Схема розміщення елементів блоку генераторів G1, G2 і регулятора глибини модуляції

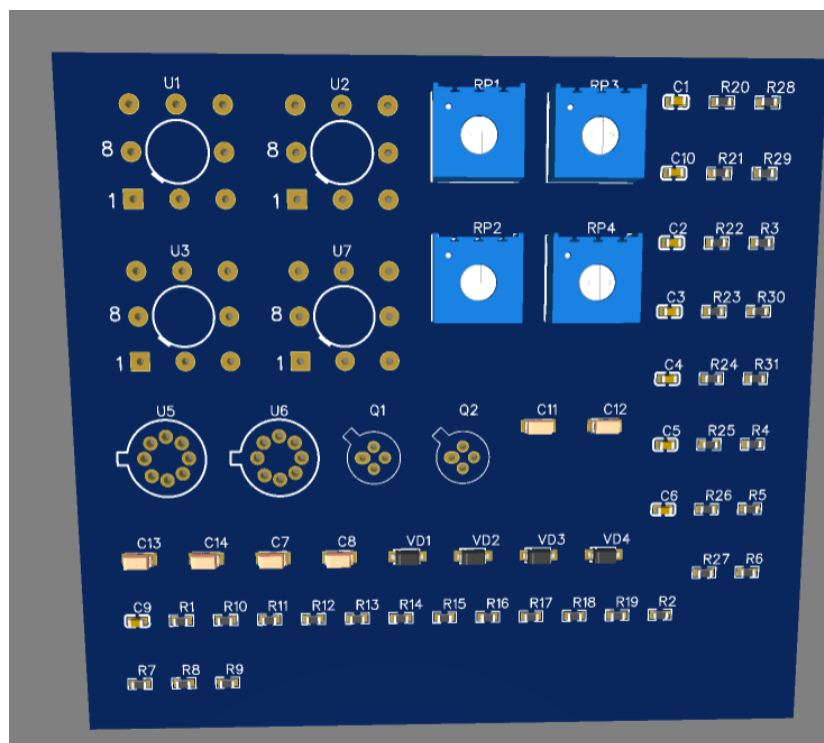


Рисунок 2.16 – Тривимірний модель плати блоку генераторів G1, G2 і регулятора глибини модуляції, розміри плати 84x76 см

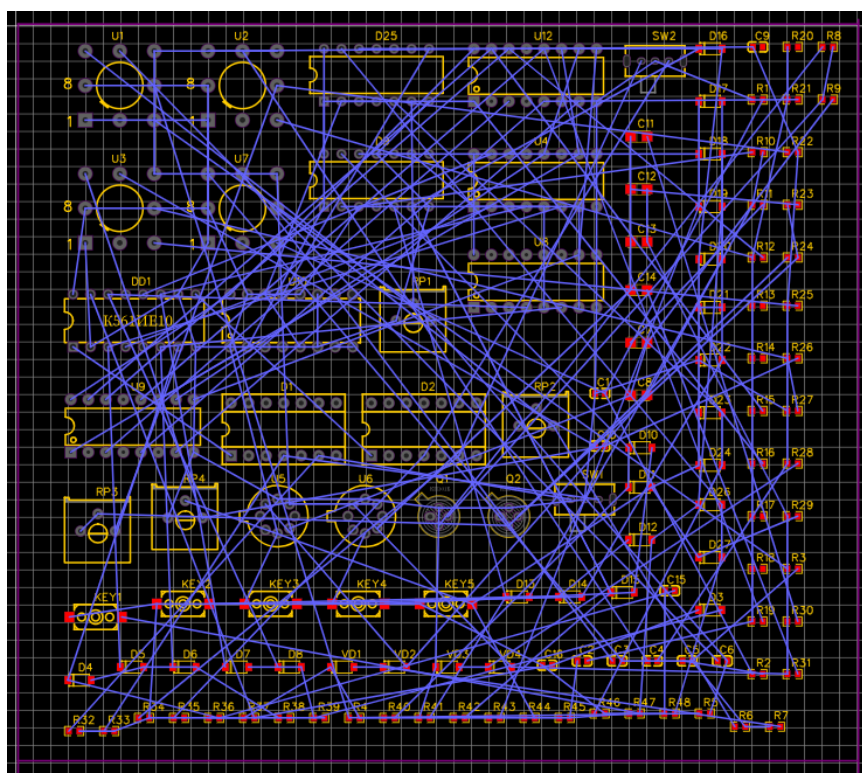


Рисунок 2.17 – Схема розміщення елементів блоку комутації

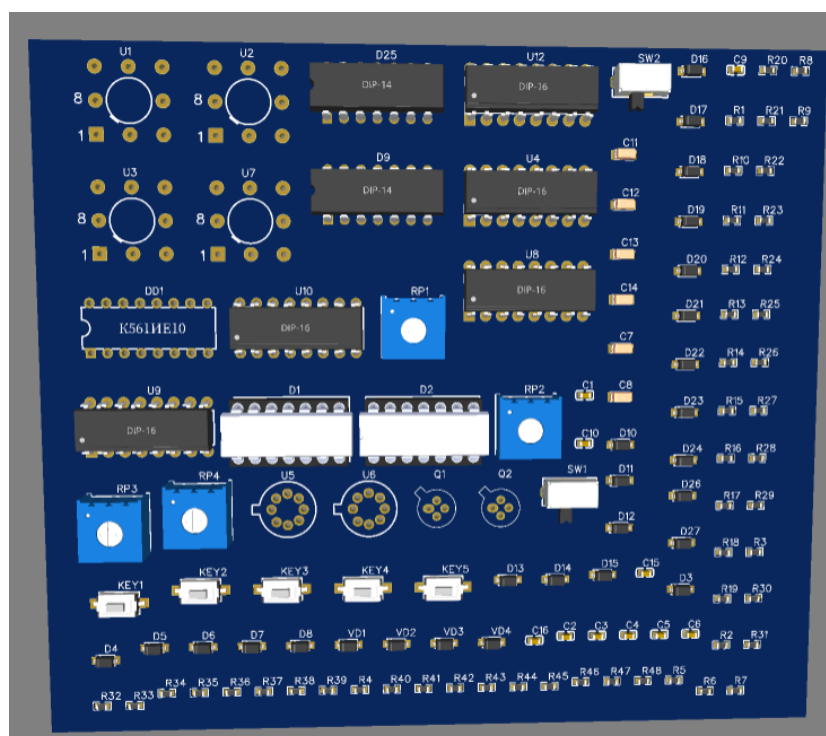


Рисунок 2.18 – Тривимірна модель плати блоку комутації, розміри плати 122x106 см

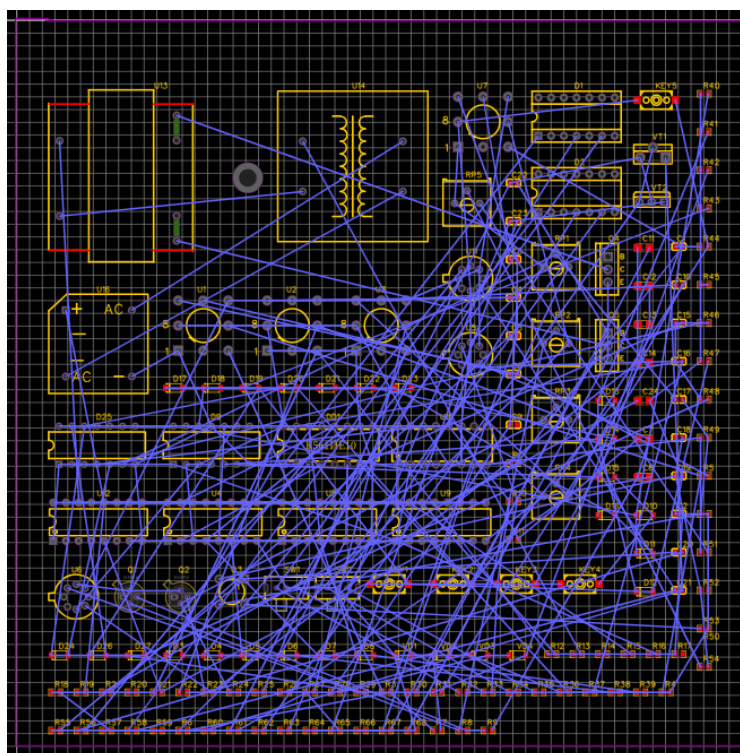


Рисунок 2.19 – Схема розміщення елементів блоку А1-А3

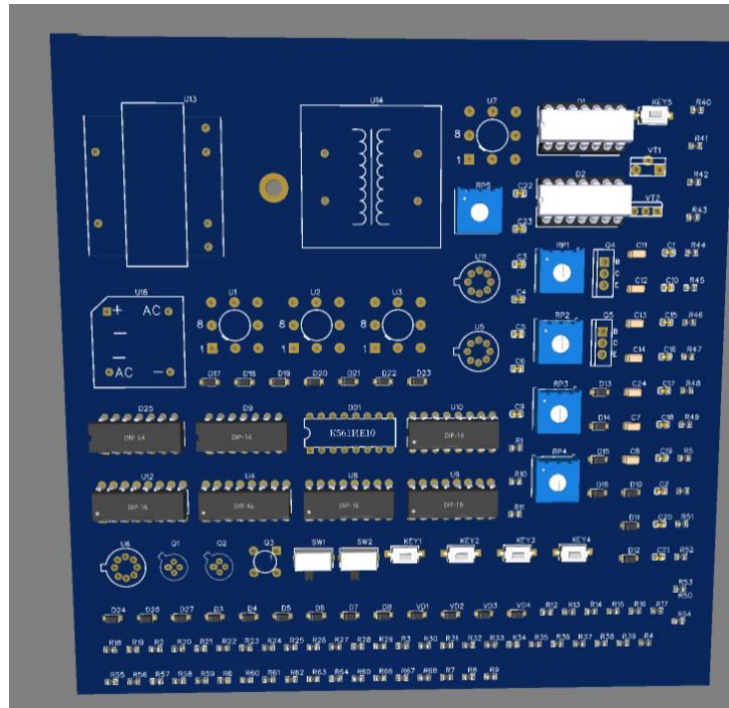


Рисунок 2.20 – Тривимірна модель плати блоку А1-А3, розміри плати 145x145 см

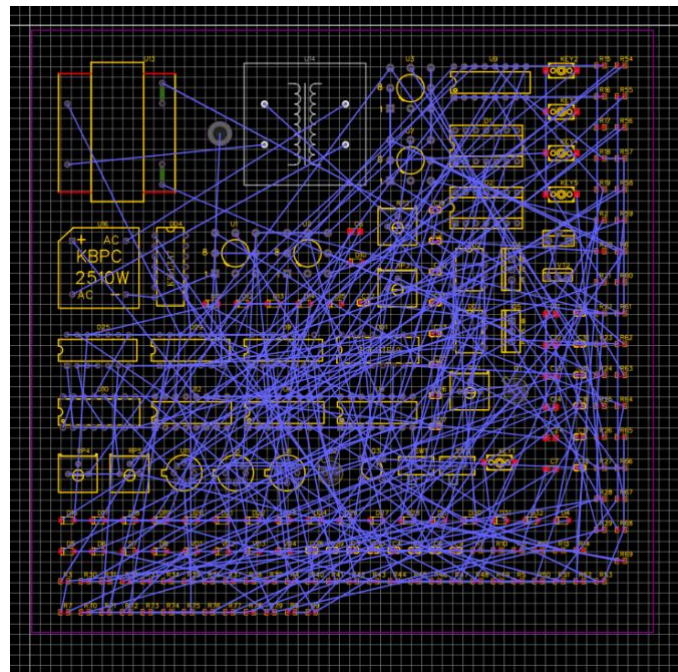


Рисунок 2.21 – Схема розміщення елементів генератора імпульсів G3

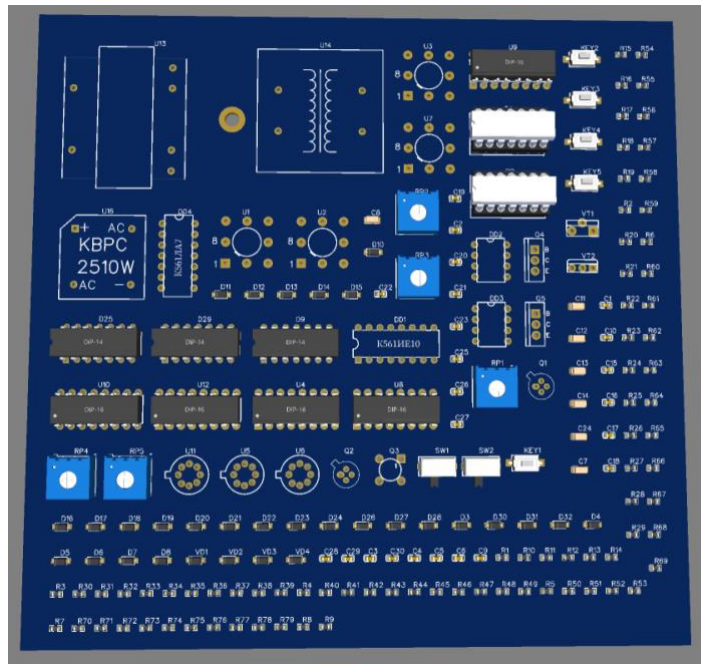


Рисунок 2.22 – Тривимірна модель плати генератора імпульсів G3, розміри плати 155x150 см

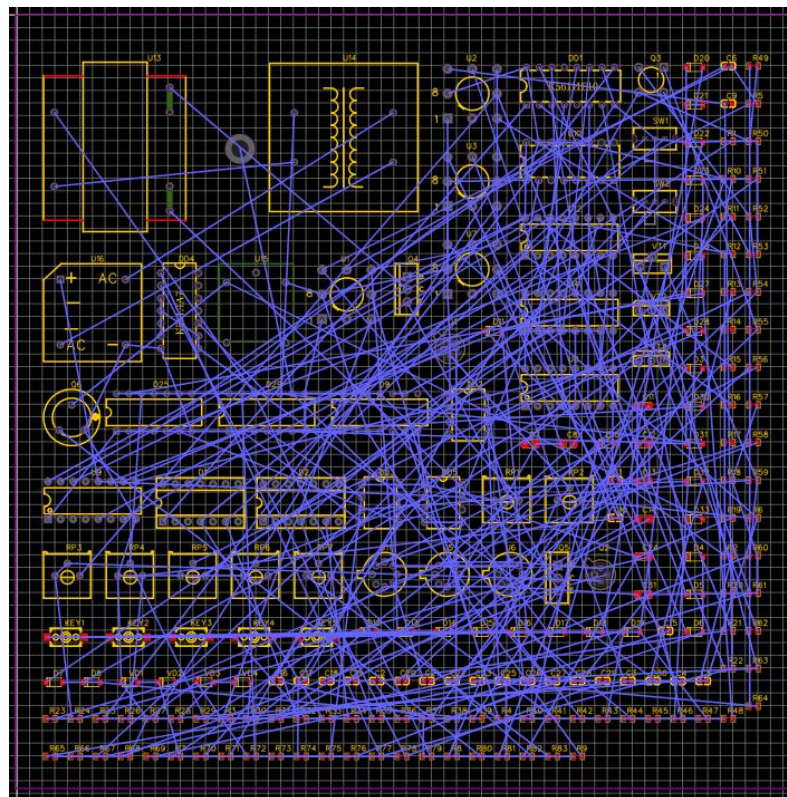


Рисунок 2.23 – Схема розміщення елементів блоку захисту

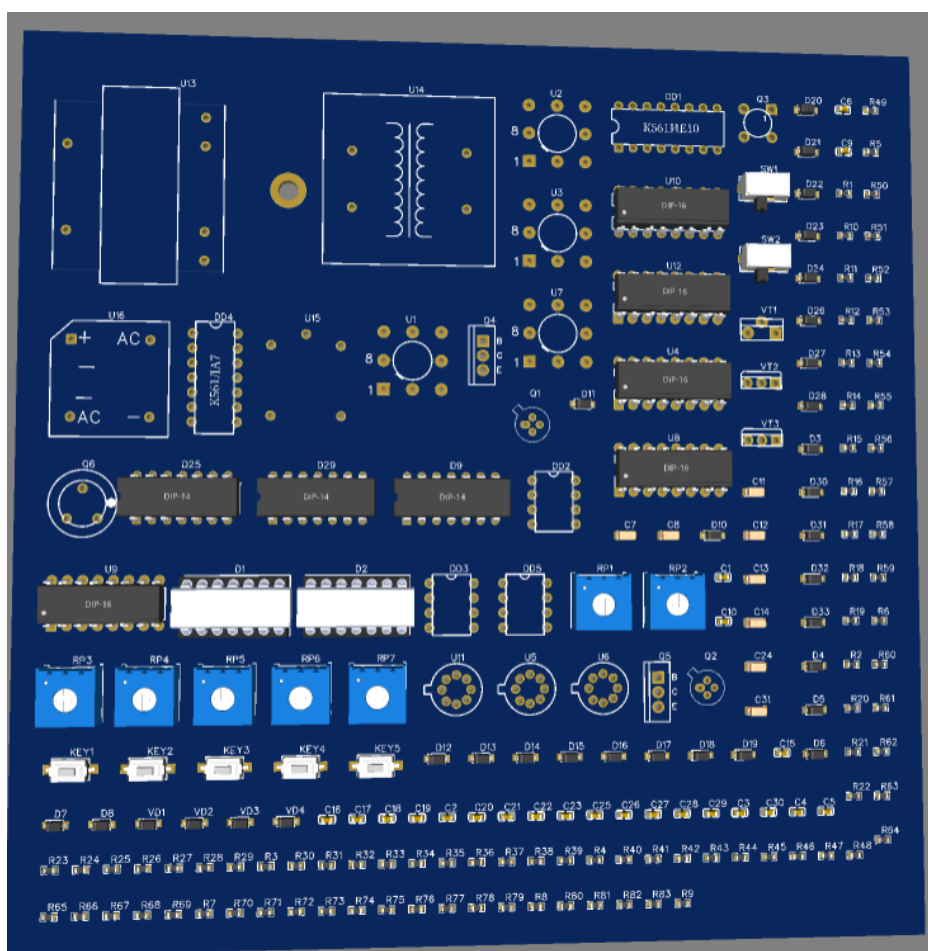


Рисунок 2.24 – Тривимірна модель плати блоку захисту, розміри плати 155x155 см

Таким чином, розроблено прилад для зменшення болювого синдрому, що має наступні переваги:

- проведення процесу ампліпульс терапії;
- автономність приладу;
- невеликі розміри та вага;
- відсутність програмованих елементів;
- відносна дешевизна схеми;
- простота заміни елементів.

3 ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

3.1 Розрахунок вартості елементів схеми

Перелік елементів запропонованого приладу, їх вартість наведенні в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Ціна елементів проектованого приладу

№	Елемент	Кількість	Ціна 1 елемента	Ціна всіх елементів
1	КТ361	2	2 грн	4 грн
2	КТ315	1	3 грн	3 грн
3	КТ819АМ	2	45 грн	225 грн
4	КП350	1	50 грн	50 грн
5	КП301М	2	45 грн	225 грн
6	КД520	36	0,5 грн	18 грн
7	КУ101	1	15 грн	15 грн
8	К140УД6	3	70 грн	210 грн
9	К574УД1Б	4	60 грн	240 грн
10	К561ТМ2	1	5 грн	5 грн
11	К561ИЕ10	1	22 грн	22 грн
12	К561ЛС2	1	10 грн	10 грн
13	К561КП2	1	10 грн	10 грн
14	К561КП1	1	12 грн	12 грн
15	К561КТ3	3	1,6 грн	4,8 грн
16	К561ЛА7	1	7,6 грн	7,6 грн
17	КР1006ВИ1	2	0,5 грн	1 грн
18	Конденсатор < 20 мкФ	13	8,6 грн	111,8 грн
19	Конденсатор > 20 мкФ	5	10 грн	50 грн
20	Конденсатор нФ	10	3,39 грн	33,9 грн
30	Резистор кОм	72	1 грн	72 грн
40	Резистор Ом	10	0,4 грн	4 грн

Таким чином загальна ціна всіх компонентів приладу становить приблизно 1334,1 грн.

За розміри приладу візьмемо розміри найбільшого з його модулів: 155x155 см.

3.2 Порівняння приладів за шкалою відносної важливості

Проаналізуємо ієрархію трьох видів апаратів «Ампліпульс» (табл. 3.2), враховуючи шкалу відносної важливості (табл. 3.3).

Таблиця 3.2 - Можливі варіанти видів іонізаторів

Види апаратів		Короткий опис
A	Спроектований апарат	Апарат який було спроектовано в цій роботі
B	Ампліпульс-4	Класичний апарат для проведення ампліпульс терапії
C	Ампліпульс-5	Класичний апарат для проведення ампліпульс терапії

Таблиця 3.3 - Шкала відносної важливості

Інтенсивність відносної важливості	Визначення
1	Рівна важливість
3	Помірна перевага
5	Сильна перевага
7	Значна перевага
9	Дуже сильна перевага
2,4,6,8	Проміжні судження

Вибір робили за критеріями, наведеними в таблиці 3.4.

Встановили відносну вагу кожного критерію на основі матриці попарних порівнянь для обраних критеріїв (таблиця 3.4).

У матриці прийняті наступні позначення:

i – номер критерію;

при порівнянні 6-ох критеріїв (табл. 3.4) $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$;

X_i - локальний пріоритет, тобто відносна вага i -го критерію в глобальному критерії:

Таблиця 3.4 – Взаємовідношення критеріїв

Критерій	1	2	3	4	5	6	$\sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 w_i}$	X_i
1.Ефективність	1	3	5	1	5	3	2,466	0,326
2.Споживання	1/3	1	5/3	1/3	5/3	1	0,818	0,108
3.Розміри	1/5	3/5	1	1/5	1	3/5	0,493	0,065
4.Вага	1	3	5	1	5	3	2,466	0,326
5.Портативність	1/5	3/5	1	1/5	1	3/5	0,493	0,108
6.Вартість	1/3	1	5/3	1/3	5/3	1	0,818	0,065
Σ							7,554	1

$$X_i = \frac{\sqrt[6]{\sum_{i=1}^6 w_i}}{\sum_{i=1}^6 \sqrt[6]{\sum_{i=1}^6 w_i}}, \Sigma - \text{сума по стовпці} \sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 w_i}$$

Порівняння проводили так: відносна вага кожного критерію самого до себе дорівнює 1. Почали з критерію «ефективність»: відносно критерію «розміри» він має сильну перевагу (за табл. 3.3 оцінка – 5), тоді в 1-й строчці, 3-му стовпчику ставимо 5, а в 3-й строчці, 1-му стовпчику ставимо 1/5;

відносно критерію «споживання» він має помірну перевагу (за табл. 3.3 оцінка – 3), тоді в 1-й строчці, 2-му стовпчику ставимо 3, а в 2-й строчці, 1-му стовпчику ставимо 1/3;

Так само порівнюючи кожний критерій з іншими, заповнили таблицю 3.4.

Далі в кожній строчці додавали усі 6 значень і брали з цього добутку корінь 6-го ступеню – так заповнили стовпчик $\sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 w_i}$; знаходили суму по цьому стовпчику Σ , знаходили $\chi_i = \frac{\sqrt[6]{\sum_{i=1}^6 w_i}}{\sum_{i=1}^6 \sqrt[6]{\sum_{i=1}^6 w_i}}$ для кожної строки і заповнювали стовпчик X_i .

Далі аналогічно складали 6 матриць попарних порівнянь альтернатив стосовно кожного критерію (таблиці 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9). Оскільки тепер порівнюються 3 апарата по одному критерію, то $i = 1, 2, 3$;

$$\chi_i = \frac{\sqrt[6]{\sum_{i=1}^6 w_i}}{\sum_{i=1}^6 \sqrt[6]{\sum_{i=1}^6 w_i}}, \Sigma - \text{сума по стовпці} \sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 w_i}$$

Таблиця 3.5 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «Ефективність»

Вид приладу	A	B	C	$\sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 w_i}$	X_i
A	1	5	3	1,570	0,494
B	1/5	1	3/5	0,702	0,220
C	1/3	5/3	1	0,905	0,284
Σ				3,177	1

Таблиця 3.6 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «Споживання»

Вид приладу	A	B	C	$\sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 w_i}$	X _i
A	1	2	3	1,348	0,438
B	1/2	1	2/3	0,833	0,271
C	1/3	3/2	1	0,891	0,29
Σ				3,072	1

Таблиця 3.7 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «Розміри»

Вид приладу	A	B	C	$\sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 w_i}$	X _i
A	1	3	2	1,348	0,438
B	1/3	1	3/2	0,891	0,29
C	1/2	2/3	1	0,833	0,271
Σ				3,072	1

Таблиця 3.8 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «Вага»

Вид приладу	A	B	C	$\sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 w_i}$	X _i
A	1	5	3	1,570	0,494
B	1/5	1	3/5	0,702	0,220
C	1/3	5/3	1	0,905	0,284
Σ				3,177	1

Таблиця 3.9 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «Портативність»

Вид приладу	A	B	C	$\sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 w_i}$	X_i
A	1	2	2	1,26	0,414
B	1/2	1	1	0,891	0,293
C	1/2	1	1	0,891	0,293
Σ				3,042	1

Таблиця 3.10 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «Вартість»

Вид приладу	A	B	C	$\sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 w_i}$	X_i
A	1	2	3	1,348	0,437
B	1/2	1	3/2	0,953	0,309
C	1/3	2/3	1	0,778	0,252
Σ				3,079	1

Глобальний пріоритет для кожної альтернативи обчислювали як сума добутків кожного локального пріоритету на його ваговий коефіцієнт. В таблиці 3.11 строка «вага» - це стовпчик X_i таблиці 3.4, строка «Спроекований апарат» - це значення X_i таблиць 3.5 – 3.10 для приладу А, строка «Ампліпульс-4» - для приладу В, строка «Ампліпульс-5» - для приладу С.

Глобальний пріоритет для кожного приладу розраховували так:

для приладу А: $0,326 \times 0,494 + 0,108 \times 0,438 + 0,065 \times 0,438 + 0,326 \times 0,494 + 0,108 \times 0,414 + 0,065 \times 0,437 = 0,471$

для приладу В: $0,326 \times 0,220 + 0,108 \times 0,271 + 0,065 \times 0,29 + 0,326 \times 0,220 + 0,108 \times 0,293 + 0,065 \times 0,309 = 0,243$

для приладу С: $0,326 \times 0,284 + 0,108 \times 0,29 + 0,065 \times 0,271 + 0,326 \times 0,284 + 0,108 \times 0,293 + 0,065 \times 0,252 = 0,282$

Таблиця 3.11 - Глобальний пріоритет для кожної альтернативи

Пріоритети	№1	№2	№3	№4	№5	№6	Глобальний
Вага	0,326	0,108	0,065	0,326	0,108	0,065	
А	0,494	0,438	0,438	0,494	0,414	0,437	0,471
В	0,220	0,271	0,29	0,220	0,293	0,309	0,243
С	0,284	0,29	0,271	0,284	0,293	0,252	0,282

З порівняння глобальних пріоритетів різних приладів (табл. 3.11) видно, що найбільшим є пріоритет у спроектованого приладу.

За допомогою методу аналізу проведене порівняння трьох типів апаратів «Ампліпульс» за наступними критеріями: 1) ефективність; 2) споживання; 3) габаритні розміри; 4) вага; 5) портативність; 6) вартість. Найбільші локальні пріоритети у критеріїв «ефективність» та «вага» (дивись табл. 3.4). За даними таблиці 3.10 локальний пріоритет за критерієм «Ефективність», «Розміри», «Вага», «Портативність», «Вартість» є найвищим для спроектованого апарату.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Так як запропонований прилад рекомендується використовувати в медичних закладах, необхідно розробити вимоги охорони праці та техніки безпеки в медичних установах.

4.1 Основні вимоги

1. Розробити плани надзвичайних ситуацій та процедури роботи. Розробити механізм раннього попередження, формувати плани надзвичайних ситуацій та робочих процедур, поєднуючи аспекти джерел інфекції, шляхів передачі та сприйнятливості населення.

2. Провести повне навчання персоналу з урахуванням їх посадових обов'язків та особливостей роботи в ризикових відділеннях, таких як клініки лихоманки, клініки внутрішніх хвороб, педіатричні клініки, відділення невідкладної допомоги, відділення інтенсивної терапії та відділення дихання. Перевіряти та контролювати знання, методи та навички, необхідні для раннього виявлення, звітності, ізоляції, діагностики, лікування та контролю.

3. Забезпечити високий рівень захисту медичного персоналу, стандартизувавши дезінфекцію, ізоляцію та надання кваліфікованих захисних матеріалів. Враховуючи стандартні профілактичні заходи, посилити контроль за контактною, краплинною та повітрянокапельною передачею інфекцій. Ретельно відбирати та коректно використовувати засоби індивідуального захисту, такі як маски та рукавички.

4. Звертати увагу на фізичний стан медичного персоналу, раціонально розподіляючи робочий час та забезпечуючи відповідне харчування для підтримки імунітету. Проводити активний моніторинг стану здоров'я, включаючи температурний режим та симптоми дихання, та вживати заходів щодо уникнення перевтоми персоналу.

5. Ввести ефективний моніторинг та управління інфекційними спалахами, реагуючи на попередження та рекомендації, здійснюючи швидке виявлення та вживаючи необхідних коригуючих заходів.

6. Забезпечити ефективне очищення та дезінфекцію діагностичного та лікувального середовища, використовуючи стандартні процедури та обладнання. Строго дотримуватись нормативів щодо дезінфекції повітря та поверхонь, а також обробляти відходи відповідно до встановлених стандартів.

7. Раціонально керувати відвідуваннями пацієнтів, мінімізуючи скупчення та дотримуючись відповідних правил ізоляції та контролю передачі інфекції. Здійснювати медичне спостереження та допомагати пацієнтам та їх супровідникам у дотриманні профілактичних заходів.

8. Проводити активне навчання пацієнтів та їх супровідників, роз'яснюючи важливість заходів захисту від коронавірусу та давати інструкції з миття рук, етикету при кашлі, медичному спостереженні та домашній ізоляції.

9. Посилювати моніторинг та управління інфекційними спалахами в медичних закладах, дотримуючись встановлених правил і процедур та співпрацюючи з органами здоров'я та розслідуваннями.

10. Ефективно керувати медичними відходами, включаючи їх обробку та утилізацію, дотримуючись встановлених норм та вимог до поводження з інфекційними медичними відходами.

4.2 Електробезпека

4.2.1 Характеристика виробничого приміщення

Електричні прилади та інші електроспоживачі є невід'ємною частиною обладнання у медичних лабораторіях. Неправильна експлуатація електроустановок може призводити до випадків ураження електричним струмом працівників.

Ці приміщення вважаються частково небезпечними у зв'язку з ризиком ураження електричним струмом, оскільки вони мають чотири характеристики, характерні для приміщень з підвищеною безпекою [12].

За рівнем безпеки ураження струмом усі виробничі приміщення поділяються на три категорії:

а) Особливо небезпечні характеризуються наявністю принаймні однієї з п'яти ознак:

1. наявність струмопровідних підлог;
2. наявність струмопровідного пилю;
3. вологі умови;
4. висока температура повітря (30 ° C);
5. можливість одночасного дотику до металевому корпусу електрообладнання та металоконструкцій, які з'єднані із землею.

б) З підвищеною безпекою, що мають дві або більше ознак підвищеної безпеки, або одна з ознак особливої безпеки:

1. наявність підвищеної вологості;
2. хімічно активне середовище.

в) Без підвищеної безпеки – приміщення, де відсутні ознаки підвищеної та особливої безпеки [1].

Заходи захисту від ураження електричним струмом розробляються з урахуванням значення струму, яке безпечне для людини в конкретний момент часу, а також шляхи, якими вона пролягає через її тіло.

4.2.2 Забезпечення нормального повітряного середовища

У медичних приміщеннях рекомендовано створювати комфортні умови праці, зокрема мікроклімату. Комфортні умови визначаються таким чином: для розумової або легкої м'язової роботи – температура 16–18 °С, для робіт з переважним використанням м'язів – температура 14–17 °С, відносна вологість 60–80% та швидкість руху повітря 0,3 м/с.

Температура, вологість і швидкість руху повітря повинні бути належним чином налаштовані в межах робочої зони, що охоплює простір до 2 метрів вище за рівень робочого майданчика, на якому працює робітник.

У приміщеннях, де необхідно створити зручні умови праці, можна використовувати природна, механічна чи комбінована система вентиляції в залежності від рівня забруднення атмосфери в робочих і допоміжних приміщеннях. Для механічної вентиляції рекомендується використовувати вентилятори з маслофільтрами. Крім того, рекомендується встановлювати кондиціонери для підігріву повітря взимку та його охолодження влітку.

4.3 Захист від шуму та вібрації

4.3.1 Захист від вібрації

Для боротьби з вібрацією пропонується впровадження наступних організаційних заходів: - виключення віброактивного обладнання з технологічного процесу; дистанційне керування віброактивним обладнанням з кабін та пультів; застосування засобів індивідуального захисту від вібрацій та проведення санітарно-профілактичних заходів для працівників, які мають контакт із віброінструментом чи обладнанням.

При розробці проектів приміщень з використанням електричних пристроїв рекомендується застосовувати основні технічні заходи, включаючи:

- правильне проектування міцних фундаментів для віброактивного обладнання з урахуванням динамічних навантажень; ізоляцію фундаментів під віброактивне обладнання від несучих конструкцій та інженерних комунікацій; активну та пасивну віброізоляцію обладнання та робочих місць; використання вібропоглинаючих гумових покриттів і мастик для облицювання поверхонь комунікацій, що піддаються вібрації.

4.3.2 Захист від шуму

Відповідно до ГОСТ 12.1.003–76, при розробці технологічних процесів, проектуванні, виготовленні та експлуатації машин, виробничих будівель та споруд, а також при організації робочого місця необхідно вживати всіх необхідних заходів для зменшення впливу шуму на людину на робочих місцях до значень, які не перевищують допустимі норми. Це може бути досягнуто за допомогою:

1. Технічні заходи щодо боротьби з шумом, такі як зменшення шуму в джерелі (наприклад, використання тихих машин) та використання технологічних процесів, що утримують рівні звукового тиску на робочих місцях у межах допустимих норм.

2. Будівельно-акустичні заходи, що передбачаються під час проектування підприємств, будівель та споруд з урахуванням нормативно-технічних документів.

3. Використання дистанційного керування для шумних машин.

4. Застосування засобів індивідуального захисту від шуму відповідно до ГОСТ 15762-70.

5. Організаційні заходи, такі як вибір раціонального режиму праці та відпочинку, скорочення часу перебування у галасливих умовах, застосування лікувально-профілактичних заходів та інші.

Для зменшення впливу шуму шляхом будівельно-акустичних заходів рекомендується вжити таких заходів: використання звукоізоляції для конструкцій, що захищають; щільне ущільнення периметра вікон, воріт та дверей; будову звукоізоляції місць перетину конструкцій, що захищають інженерними комунікаціями; встановлення звукоізоляційних кабін для спостереження та дистанційного керування; створення укриттів та кожухів; застосування звукопоглинаючих конструкцій та екранів; використання глушників для шуму, звукопоглинаючого покриття у газоповітряних трактах вентиляційних систем з механічним приводом та кондиціонером, а також газодинамічних установок.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Аналіз методів та приладів для електролікування показав доцільність використання електричного струму для зменшення больового синдрому, що особливо актуально під час лікування та реабілітації поранених в ході військових дій на території України.

За допомогою програмного забезпечення Splan розроблено структурну схему апарату для проведення ампліпульс-терапії та електричні принципові схеми основних блоків приладу. Схема розміщення елементів на друкованій платі та 3D модель блоків приладу реалізовано в програмному середовищі Easy EDA.

Запропонований прилад має наступні переваги:

- проведення процедури ампліпульс- терапії;
- автономність приладу;
- невеликі розміри та вага;
- відсутність програмованих елементів;
- відносна дешевизна схеми;
- простота заміни елементів;

Розроблений прилад рекомендується для проведення ампліпульс- терапії в медичних установах, реабілітаційних центрах, шпиталях та санаторіях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. U. Capitani. «Celso, Scribonio Largo, Plinio il Vecchio e il loro atteggiamento nei confronti della medicina popolare». in Maia. 1972.
2. Терещенко М.Ф. Біофізика: підручник / М.Ф. Терещенко, Г. С. Тимчик, І.О. Яковенко. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019. 444 с.
3. Сиволап В.Д. Фізіотерапія: підручник / В.Д. Сиволап, В.Х. Каленський.- Запоріжжя: ЗДМ , 2021. 196 с.
- 4.Апаратна фізіотерапія. URL: <https://is.gd/6P4x8O> (дата звернення 14.11.2023)
5. Самосюк І. З., Парамончик В. М., Губенко В. П. та ін. Фізіотерапевтичні та фізіопунктурні методи і їх практичне застосування. Київ, 2004. 174 с.
6. Андрійчук О. Я. Преформовані фізичні чинники у фізичній терапії та ерготерапії : навчально-методичний посібник / Ольга Ярославівна Андрійчук. Луцьк, 2022. 160 с.
7. Яковенко Н.П., Самойленко В.Б. Фізіотерапія: Підручник для мед. ВНЗ I—III р.а. — 2-ге вид., випр. Затверджено МОЗ . Київ, 2018. 256 с.
8. Біофізичні основи інструментальної фізіотерапії : навч. посіб. [для студентів, аспірантів і медико-техн. спеціалістів] / Є. В. Сторчун, Ю. М. Романишин, Л. П. Іванов ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львів. політехніка". Львів : Растр-7, 2014. 318 с.
9. Федорів Я. М., Регеда М. С., Гайдучок І. Г., Філіпюк А. Л., Грицко Р. Ю., Регеда М. М. Фізіотерапія. Львів: Магнолія, 2011. 558 с.
10. Євген Олексійович Воробйов, Ольга Володимирівна Новак. Підручник для студ. мед. фак. вищ.мед. навч. закладів III-IV рівнів акредитації - Полтава: Полтава, 2002. 247 с.
11. Вивчення дії постійного і змінного струму на біологічні об'єкти.

URL: <https://tinyurl.com/3msuretv> (дата звернення 14.11.2023)

12. Євграфова, Н., Величко, Н., Володченко, І. Ноксологія в хімічній освіті студентів медичних ВНЗ. Київ, 2021. 23–26 с.
13. Правила улаштування електроустановок: затв. Наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 20 червня 2014 р. №469. 793 с.
14. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Сторожук В. М., Туряб Л. В., Лико Х. І. Практикум із охорони праці: Навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 345 с.
15. Рябенський В.М. Жуйков В.Я. Ямненко Ю.С. Заграничний А.В. „Схемотехніка: Пристрої цифрової електроніки. Електронний підручник для вищих навчальних закладів - К. : “КПІ”, 2016. 399 с.
16. Зайцев С. Цифрові методи частотних вимірювань / Сергій Зайцев // Сучасна електроніка. - 2019. - №6. 20-23 с.
17. Методичні вказівки до опрацювання розділу “Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях” в дипломних проектах і роботах студентів спеціальностей, що пов’язані з функціональною електронікою, автоматизацією та управлінням / Уклад. О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2012. 64 с.
18. Рябенський В. М. Цифрова схемотехніка : навч. посібник / В. М. Рябенський, В. Я. Жуйков, В. Д. Гулий. – Львів : Новий Світ-2000, 2019. 736 с.
19. Схемотехніка електронних систем: У 3 кн. Кн. 2. Мікропроцесори та мікроконтролери: Підручник / В. І. Бойко, А. М. Гуржій, В.Я. Жуйков та ін. - К.: Вища шк., 2014. 423 с.
20. Терещенко М.М. Тези для доповіді наукової конференції «Геостратегічні трансформації та траєкторія національної безпеки в контексті відбудови і сталого розвитку України», Запоріжжя, 2023, 409-412 с.

Додаток А

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка				
	Цифрові мікросхеми						
	КУ101	1					
	К140УД6	3					
	К574УД1Б	4					
	КУ101	1					
	К561КТ3	3					
	Транзистори						
	КТ361	2					
	КТ315	1					
	КТ819АМ	2					
	КП350	1					
	КП301М	2					
	Діоди						
	КД520	36					
	Тиристори						
	КУ101	1					
	Конденсатори						
	Конденсатор < 20 мкФ	13					
	Конденсатор > 20 мкФ	5					
	Конденсатор нФ	10					
	Резистори						
	Резистор кОм	72					
	Резистор Ом	10					
Зм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата	ІННІ ЗНУ 153		
Розроб.	Терещенко М.М						
Перевір.	Небеснюк О.Ю.						
Реценз	Небеснюк О.Ю.						
Апарат «Ампліпульс»					Лім.	Лист	Листів
					ІННІ ЗНУ		