

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра мікроелектронних та електронних інформаційних систем

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

на тему: Дослідження та розробка електричного аналізатора
для зорового аналізатора

Виконав: студент II курсу, групи 8.1539

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)

Сучетін О. А.

(ініціали та прізвище)

Керівник професор, к.т.н. Ніломба В. А.

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

Рецензент заст. директора колегії радіоелектроніки

Національного університету «Запорізька політехніка»

Величко І. В.

Запоріжжя

2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра мікроелектронних та електронних інформаційних систем
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.

“07” чудня т.р. 2020 року

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

Суетіно Олександра Сергійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) „Вивчення та розробка електричної моделі для зорового аналізатора”

керівник роботи Кожубов З.А. к.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від “25” 05 2020 року № 600-С

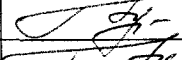
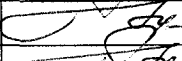
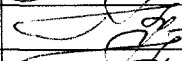
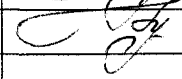
2 Строк подання студентом роботи 08.12.20

3 Вихідні дані до роботи блок живлення +9В; генератор синусоїдальних коливань $f = 5\text{кГц}$; перетворювальний генератор $f = 5\text{-}100\text{Гц}$; базові мікросхеми; підсилювач

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1-Аналіз ефективності використання електричної моделі для зорового аналізатора; 2- Розробка функціонального модуля для зорового аналізатора; 3-ІЕО; 4-вибрані типи та технологія безпеки;

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1- офіційна таблиця умов для електричної моделі очей; 2- схема частоти схеми електричної моделі очей; 3- схема генератора синусоїдальних коливань; 4- схема перетворювального генератора; 5- схема електричної принципової підсилювача; 6- схема формування „імпульси-наздо”; 7- схема вихідного підсилювача; 8- схема електричної принципової електричної моделі очей; 9- схема електричної принципової програмно-керованої електричної моделі очей.


6 Консультанти розділів роботи

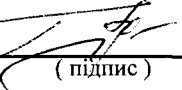
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
I	проф. Ніконова З.А.		11.02.2020
II	проф. Ніконова З.А.		16.03.2020
III	проф. Ніконова З.А.		25.05.2020
IV	проф. Ніконова З.А.		19.10.2020

7 Дата видачі завдання 11 лютого 2020р.

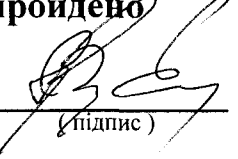
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	11.02.20 - 15.03.20	
2	Аналіз ефективності використання електроенергії для зорового аналізу даних	16.03.20 - 25.05.20	
3	Розробка блок-схеми та електричної принципи схеми електрообладнання	26.05.20 - 18.10.20	
4	Возробка з ітс 4 розділу	19.10.20 - 30.11.20	
5	Функціонування ланцюгів передавання	01.12.20 - 17.12.20	
6	Захист дипломної роботи	18.12.20	

Студент  Сусійін О.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проект)  Ніконова З.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  Верлюбкін А.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

кафедра мікро – та наноелектронної техніки

Кваліфікаційна робота

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему дослідження та розробка електростимулятора для зорового аналізатора

Виконав: студент 2 курсу, групи _____
спеціальності

8.1539 «Мікро – та наноелектронна техніка»

Суетіна О.А.

(ініціали та прізвище)

Керівник _____

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

Рецензент _____

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

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра мікро – та наноелектронної техніки
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 8.1539 «Мікро – та наносистемна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« ____ » _____ 2020 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Суєтіна Олександра Андрійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) дослідження та розробка електростимулятора для зорового аналізатора

керівник роботи (проекту) _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « ____ » _____ 2020 року № ____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Срок виконання етапів проекту (роботи)	Примітка

Студент

(підпис)

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)

(підпис)

(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

(підпис)

(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 89 сторінок, 41 рисунок, 14 таблиць, 1 додаток, 20 джерел.

Об'єктом дослідження є зорова система людини.

Предмет дослідження – електростимулятор для зорового аналізатора.

Мета роботи — розробка функціонального модуля для зорового аналізатора.

Задачі роботи: 1) дослідити електростимулятори; 2) розробити схему принципову електростимулятора; 3) перевірити роботу здатність електростимулятора для зорового аналізатора; 4) дослідження параметрів та характеристик електростимулятора.

Короткий зміст – проведено аналіз електростимулятора для зорового аналізатора та розроблено функціональний модуль для зорового аналізатора.

Впровадження: запровадити використання електростимулятора для покращення роботи зорового нерву пацієнтів.

Прогнозні пропозиції – рекомендується для використання в медичних закладах для лікування або профілактики зору.

ЕЛЕКТРОСТИМУЛЯЦІЯ ОЧЕЙ, ОФТАЛЬМОЛОГІЧНИЙ ПРИЛАД,
ДІАГНОСТИКИ, МІКРОСХЕМА, ГЕНЕРАТОР, ПІДСИЛЮВАЧ,
МІКРОКОНТРОЛЕР

Дипломна робота була виконана на ТОВ «Інфоком» та ІННІ ЗНУ на кафедрі мікроелектронних та електронних інформаційних систем з 25.05.2020 по 08.12.2020

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОСТИМУЛЯТОРА ДЛЯ ЗОРОВОГО АНАЛІЗАТОРА	8
1.1 Офтальмологічні прилади для електростимуляції очей.....	8
1.2 Види приладів для електростимуляції очей.....	10
1.3 Ефективність використання приладів для електростимуляції очей	20
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ЗОРОВОГО АНАЛІЗАТОРА.....	22
2.1 Розробка схеми електричної принципової.....	22
2.1.1 Генератор синусоїдальних коливань.....	24
2.1.2 Перестроюваний генератор	25
2.1.3 Змішувач	27
2.1.4 Пристрій для формування «імпульс-пауза»	29
2.1.5 Вихідний підсилювач.....	31
2.1.6 Базові мікросхеми електростимулятора.....	34
2.2 Аналіз функціонування розробленого електростимулятора	37
2.3 Розробка структурної схеми сполучення електростимулятора з ПК	40
2.3.1 Розробка електричної-принципової схеми програмно-керованого електростимулятора	40
2.3.2 Послідовний інтерфейс	42
2.3.3 Мікроконтролер.....	44
2.3.4 Генератор з числовим програмним управлінням	45
2.3.5 Мікросхема для перетворення рівнів напруги.....	49
2.4 Розробка програмного забезпечення для електростимулятора	51
2.4.1 Розробка програмного забезпечення.....	51
2.4.2 Опис роботи програми	52
РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	58
3.1 Розрахунок виробництва електростимуляторів.....	58
3.2 Розрахунок показників надійності	63

3.3 Розрахунок витрат на елементи інтегральної мікросхеми	65
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	66
4.1 Вимоги до ізоляції побутових і промислових приладів.....	66
4.2 Ізоляційний захист електрообладнання	66
4.3 Робоча (основна) ізоляція	67
4.4 Електроізоляція	71
4.5 Приклад розрахунку електроізоляції	72
ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	76
ДОДАТКИ	78

ВСТУП

Електростимуляція очей - фізіотерапевтична процедура, яка проводиться з метою лікування і профілактики різних патологій зорової системи. Вплив імпульсним електричним струмом здійснюється на окорухові м'язи або сенсорний апарат (сітківку, зоровий нерв), в залежності від індивідуальних особливостей пацієнта.

Електростимуляція очей може проводитися з метою активізації нервових клітин в потиличній частині кори головного мозку, де знаходиться зоровий аналізатор. При цьому вплив струмом здійснюється на сенсорний апарат: сітківку або зоровий нерв. Науково доведено, що така маніпуляція пробуджує нейрони, які перебувають в стані сну (парабіозу), за рахунок чого вони створюють сильніший зворотний зв'язок. Крім того, вплив слабого електричного струму запускає відновлювальні процеси в клітинах тканин органів зору за рахунок стимуляції комплексу енергетичних і біохімічних процесів.

Електростимуляція відома давно, але за весь цей час застосування в офтальмології не втратила своєї актуальності. Головне завдання електростимуляції - відновлення правильного сприйняття нервових імпульсів в системі зору, зняття затискачів та блоків. Простіше кажучи, це лікування струмом, який в даному випадку - друг та лікар. Електростимуляція проходить безболісно, не дивлячись на страшне слово «струм».

Однак сучасні електростимулятори не повністю забезпечують зорові потреби пацієнтів, мають високу ціну та виготовлені на зарубіжній матеріальній базі.

Актуальним постає питання розробки електростимулятора на вітчизняній матеріальній базі, яка була б значно ефективнішою та простою в експлуатації.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОСТИМУЛЯТОРА ДЛЯ ЗОРОВОГО АНАЛІЗАТОРА

1.1 Офтальмологічні прилади для електростимуляції очей

Електростимуляція очей – це процедура, що значно покращує функції клітинних мембран завдяки збільшенню синтезу колагену і білка. Вона сприяє підвищенню їх транспортної функції і поліпшення «живлення» клітин. Одночасно з цим активізується місцевий і регіональний кровотік, що додатково прискорює метаболізм [1].

Одними із відомих приладів, які використовуються у офтальмології, є електростимулятор офтальмологічний "ФОСФЕН", спеціальний комплекс Амбліокор - 01-3, розроблений Компанією НВЦ «Ин Витро», офтальмоскоп Mini- 3000 Heine, офтальмоскоп К-180 Heine, офтальмоскоп ОР-3Б-03,05,06,07,08, офтальмоскоп Professional Keeler и др. [2].

Вплив на окопорові м'язи і м'язи повік, покращує процес нервово м'язової передачі, що в свою чергу призводить до нормалізації тону м'язів. Вплив на сенсорний апарат (сітківка, зоровий нерв), зменшує кількість "сплячих" нейронів. Нервові клітини активуються, збільшуючи кількість зв'язків між клітинами, таким чином виникає більш якісний зворотній зв'язок. При цьому стимулюється метаболізм клітин, в результаті чого активуються відновні процеси в клітинах тканин ока. Одночасно відбувається активізація кровотоку ока, що, в свою чергу, призводить до поліпшення живлення ока. Зміна активності нейронів зорової системи, поліпшення енергетичного обміну на рівні зорового нерва – сприяє поліпшенню провідності зорових волокон, впливу на підкіркові центри і зорову кору[3].

За допомогою спеціального офтальмологічного приладу для електростимуляції очей проводяться операції впливу слабким імпульсним струмом:

- на м'язи і окоруховий апарат;
- на сітчасту оболонку;
- на зоровий нерв.

Стимуляція струмом на рівні сітківки необхідна з метою активації її функціонально пригноблених елементів (колб і паличок) і поліпшення енергетичного обміну. У свою чергу, вплив на рівні зорового нерва покращує провідність нервових волокон за рахунок зміни активності нейронів задньої кори головного мозку. Електростимуляція циліарного м'яза підвищує точність фокусування зображення на сітківку. Крім того, процедура сприяє позитивному впливу на таламічні і гіпоталамічні структури головного мозку (підкіркові центри).

Для електростимуляції використовується 2 датчики. Один датчик електростимулятора фіксується на руці пацієнта, а другий одягається на палець і прикладається до століття закритого ока на 10-15 хвилин. Після цього необхідно провести прикладання маніпулятора до другого ока і повторити процедуру. Як правило, для лікування і профілактики зорових патологій потрібно проведення курсу фізіотерапії. Маніпуляції проводяться щодня протягом 7-10 днів.

Для максимальної ефективності цикли лікування слід повторювати 3-4 рази протягом року.

Проведення процедури сприяє:

- 1) Поліпшенню гостроти зору, в тому числі периферичного;
- 2) Поліпшенню тону м'язів окорухових м'язів;
- 3) Розширенню резерву акомодативної;
- 4) Поліпшенню провідності нервових волокон в зоровому аналізаторі;
- 5) Поліпшенню кровотоку і стимуляції метаболізму клітинних мембран;
- 6) Зменшенню втоми очей;
- 7) Нормалізації циркуляції рідини в очному яблуці і внутрішньоочного тиску.

Електростимуляція очних м'язів також може проводитися для профілактики зниження гостроти зору при систематичних навантаженнях на зоровий апарат, адже це може привести до:

- атрофії зорового нерва,
- високого ступеню міопії (короткозорості),
- астенопії (зоровому дискомфорту і швидкої стомлюваності очей),
- спазму акомодативної (помилкової короткозорості, пов'язаної з порушенням роботи циліарного м'яза),
- амбліопії і косоокості (переважно в дитячому віці),
- пресбіопії (вікової далекозорості, що виникає у людей після 40 років),
- сухих форм дистрофічного ураження сітчастої оболонки,
- птозу (опущенню віки),
- вроджених патологій органів зору,
- катаракти,
- сухого кератиту, викликаного систематичними зоровими навантаженнями.

Особливо ця процедура актуальна для людей, робота яких пов'язана з тривалим перебуванням за комп'ютером [4].

1.2 Види приладів для електростимуляції очей

Перший приклад аналога приладу для електростимуляції очей є комплекс для відновлення гостроти зору «Амбіокор-01» та «Амбіокор-03»



Рисунок 1.1 – Комплекс «Амбіокор-01»



Рисунок 1.2 - Комплекс «Амбіокор-03»

Принцип дії цих комплексів полягає в тому що пацієнту потрібно сісти перед екраном спеціального монітора і переглянути рекомендуємий фільм. У процесі перегляду реєструється електроенцефалограма над проекцією зорової кори мозку.

Екран монітора працює не завжди: під час підвищення якості зору він включається, при зниженні гостроти зору - гасне. Очевидно, що людина хоче переглянути фільм без пропусків, і в зв'язку з цим він на підсвідомому рівні змінює роботу зорового аналізатора. До відновлення зору таким способом потрібно підходити з систематичним підходом, тому процедура повинна повторюватися практично щодня протягом усього курсу лікування.



Рисунок 1.3 – Приклад дії комплексів «Амбіокор-01» та комплекс «Амбіокор-03»

Спеціальне офтальмологічне обладнання допомагає мозку пацієнта сформувати нові рефлекторні зв'язки, що забезпечують більш високий рівень зорових функцій. Процедура не має жодних протипоказань і не представляє небезпеки для здоров'я людини.

Перевагою цих двох комплексів є лікування важкої форми аметропії в дитячому віці. Процедуру відновлення зору можна проводити неодноразово, враховуючи вікові погіршення зорових функцій.

З Амбліокором можна використовувати і ряд інших технологій лікування зору, наприклад, магнітну, електроakupунктурну або світлову стимуляцію. Таким чином, зір додатково поліпшується на 20-25%.

Дані апаратні комплекси актуальні при будь-якому стабільному зниженні гостроти зору [5].

Другий аналог це електростимулятор офтальмологічний "ФОСФЕН".

Він призначений для проведення курсів лікувальних електростимуляції в умовах офтальмологічних відділень, спеціалізованих офтальмологічних лікарень і поліклінік, кафедр захворювання очей медичних університетів, клінічних науково-дослідних інститутів, а також в умовах кабінетів охорони зору, медсанчастинах і медичних кабінетах підприємств та установ з великими зоровими навантаженнями, шкіл слабозорих і сліпих дітей.



Рисунок 1.4 - Електростимулятор офтальмологічний "ФОСФЕН"

Електростимуляція входить в структуру лікування патології очей і передбачає вплив слабкими імпульсами електричного струму певної структури і послідовності на сенсорний і нервово-м'язовий апарати очей. Необхідність відновлення рефлекторної взаємозв'язку зорового аналізатора з елементами центральної регуляції передбачає використання ефектів електростимуляції

насамперед, при захворюваннях, обумовлених, або які супроводжуються ушкодженнями нейрорецепції і рефлекторної дуги.

До таких процесів відносяться всі форми нейрогенних кератитів з втратою чутливості рогової оболонки, абіотрофічні процеси в сітківці, а також захворювання провідної системи (зорових нервів), нервово-м'язового апарату очей і поразки центрального відділу зорового аналізатора різного генезу.

Основним елементом механізму лікувальної дії електростимуляції є функціональна індукція надлишкового анаболізму, яка проявляється в активації репаративних процесів внутрішньоклітинної і тканинної регенерації. Одночасно відбувається активізація регіонального та місцевого кровотоку.

Процедура стимуляції триває, в середньому, 5 хвилин і проводиться щодня протягом 10 днів. Кожне око окремо.

Прилад виробляє збудження зорової системи струмами, відповідними електричної активності нейронів зорового аналізатора і призначений для діагностики, стимуляції і лікування зорового нерва, сітківки, катаракти, глаукоми та інших захворювань офтальмологічного і психоневрологічного характеру за допомогою електричного струму.

До основних технічних характеристик електростимулятора офтальмологічного "ФОСФЕН" відносяться:

Живлення від мережі змінного струму напругою, - В 220;

Амплітуда імпульсів струму, мкА - 0-1000;

Частота проходження імпульсів, Гц - 1-60;

Форма імпульсів - частотно-модульований пачка;

Управління приладом – мікропроцесорний;

Тривалість сеансу стимуляції, хв 1-15;

Габаритні розміри, мм - 200 × 150 × 70;

Маса, кг не більше – 1;

Прилад дозволяє проводити як діагностичні, так і лікувальні маніпуляції [6].

Відомий також аналог - це офтальмоскоп ручний універсальний з волоконним світловодом ОР-3Б.



Рисунок 1.5 – Офтальмоскоп ручний універсальний зі світловодом та освітленим блоком

Офтальмоскоп ОР-3Б призначений для офтальмоскопічних досліджень дна ока, дослідження переднього відділу ока, діафаноскопічного дослідження очного яблука.

Прилад необхідний в очних і оптометричних кабінетах клінік і поліклінік, а також дозволяє проводити дослідження на дому біля ліжка хворого. Прилади можуть застосовуватися і в інших областях медицини (терапія, неврологія) для постановки диференційованих діагнозів [7].



Рисунок 1.6 - Офтальмоскоп ручний універсальний з мережевим або акумуляторним джерелом живлення

Таблиця 1.1 – Основні технічні дані та характеристики офтальмоскопа

<p>Діаметр зони освітлення насадки для прямої офтальмоскопії на очному дні еметропічеським , мм</p>	<p>2</p>
<p>Кутове поле освітлювального каналу насадки для прямої офтальмоскопії, град</p>	<p>7</p>

<p>Рефракції лінз насадки для прямої офтальмоскопії, дптр</p>	<p>1; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 15 мінус: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 15; 20; 25; 35</p>
<p>Діаметр зони освітлення насадки для зворотного офтальмоскопії на очному дні (в зіниці) при роботі з офтальмоскопичною лінзою 20 дптр, встановленої на відстані 350 мм від насадки, мм</p>	<p>2,8 (1,6); 8,5 (4); 17 (8)</p>
<p>Джерело світла (для ОР-3Б-03/05)</p>	<p>МНГ 3,5-2,5</p>

Наведена таблиця технічних даних та характеристик офтальмоскопа

Відомий для використання прямих офтальмоскоп Professional, який розроблено на зарубіжній елементарній базі.



Рисунок 1.7 - Офтальмоскоп Professional KEELER

Прямий офтальмоскоп Professional від всесвітньо відомого англійського виробника KEELER зі асферичною оптикою призначений для дослідження очного дна і раннього виявлення патології сітківки та зорового нерва.

Велика кількість діоптрій і апертур дозволяє виконувати точні дослідження і забезпечує комфорт у використанні. Легке управління лінзами, координатної сіткою і фільтрами дозволить не відводити прилад від пацієнта [8].

Особливості офтальмоскопу Professional:

- яскраве біле освітлення;
- діапазон дптр від -30 дптр до +29 дптр, крок 1 дптр;
- змінний фільтр використовується в поєднанні з апертурами;
- плавно регульований диск вибору апертур;
- потужність 3.6V;
- м'який упор для брови підходить для роботи в окулярах.

Головною метою всіх цих приладів є відновлення та покращення зору за допомогою електростимуляції м'язів ока [9].

1.3 Ефективність використання приладів для електростимуляції очей

Відомо, що ефективність використання приладів для стимуляції очей за допомогою електричного імпульсу безпосередньо залежить від багатьох факторів, в тому числі, від віку пацієнта і особливостей протікання захворювання. За статистичними даними, позитивний результат спостерігається в 60-81% випадках (в залежності від ступеня ураження зорової функції) і зберігається від 6 місяців до 2-х років.

При частковій атрофії зорового нерва після перенесеної черепно-мозкової травми або глаукоматозної етіології позитивний ефект спостерігається в 75% випадків. При лікуванні амбліопії і косоокості в дитячому віці - в 60-81% випадках, а вроджена часткова атрофія зорового нерва піддається лікуванню за допомогою фізіотерапії у 79% пацієнтів [10].

Що стосується збільшення гостроти зору після процедури, все залежить від вихідних показників. Якщо початкова гострота становила соті частки, то приріст пильності очей після першої терапії також складе соті частки (0,01-0,02). У свою чергу, якщо початковий показник варіюється в межах від 0,1 і вище, то приріст після електростимуляції складе вже десяті частки (0,1-0,3).

За статистикою, при низькій гостроті зору перший курс лікування дає позитивний результат в 28,4% випадках, другий - в 34,7%, третій - в 40,2%, четвертий - в 41,9%, а п'ятий - в 72, 2%.

Таким чином, для отримання максимального ефекту слід проводити не менше 5 процедур. Перед кожним наступним курсом лікування спостерігається деяке зниження досягнутого ефекту. Критерієм припинення курсу служить відсутність коливань гостроти зору до і після стимуляції [11].

Також ефективність лікування в офтальмології залежить від параметрів та характеристик самих приладів електростимуляції очей, а саме освітлення, діапазон діоптрій, вибір апертур, потужності.

Максимальний ефект при лікуванні зорових захворювань можна забезпечити за допомогою електростимулятора зорового аналізатора [12].

Отже, метою роботи є розробка функціонального модуля для зорового аналізатора.

Для цього необхідно було вирішити задачі:

- 1) Провести аналіз ефективності використання електростимуляторів для лікування патології очей у пацієнтів;
- 2) Розробити модель електростимулятора для зорового аналізатора;
- 3) Провести дослідження характеристик електростимулятора;
- 4) Провести техніко – економічне обґрунтування обраного приладу;
- 5) Розробити заходи з ТБ.

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ЗОРОВОГО АНАЛІЗАТОРА

2.1 Розробка схеми електричної принципової

Розроблено електростимулятор, який складається з наступних основних блоків:

- блок живлення +9 В;
- генератор синусоїдальних коливань 5 кГц;
- перестроюваний генератор від 5 до 100 Гц;
- змішувач;
- ключ;
- формувач «імпульс-пауза»;
- підсилювач.

Взаємодія складових частин електростимулятора показано на структурній схемі (рис. 2.1).

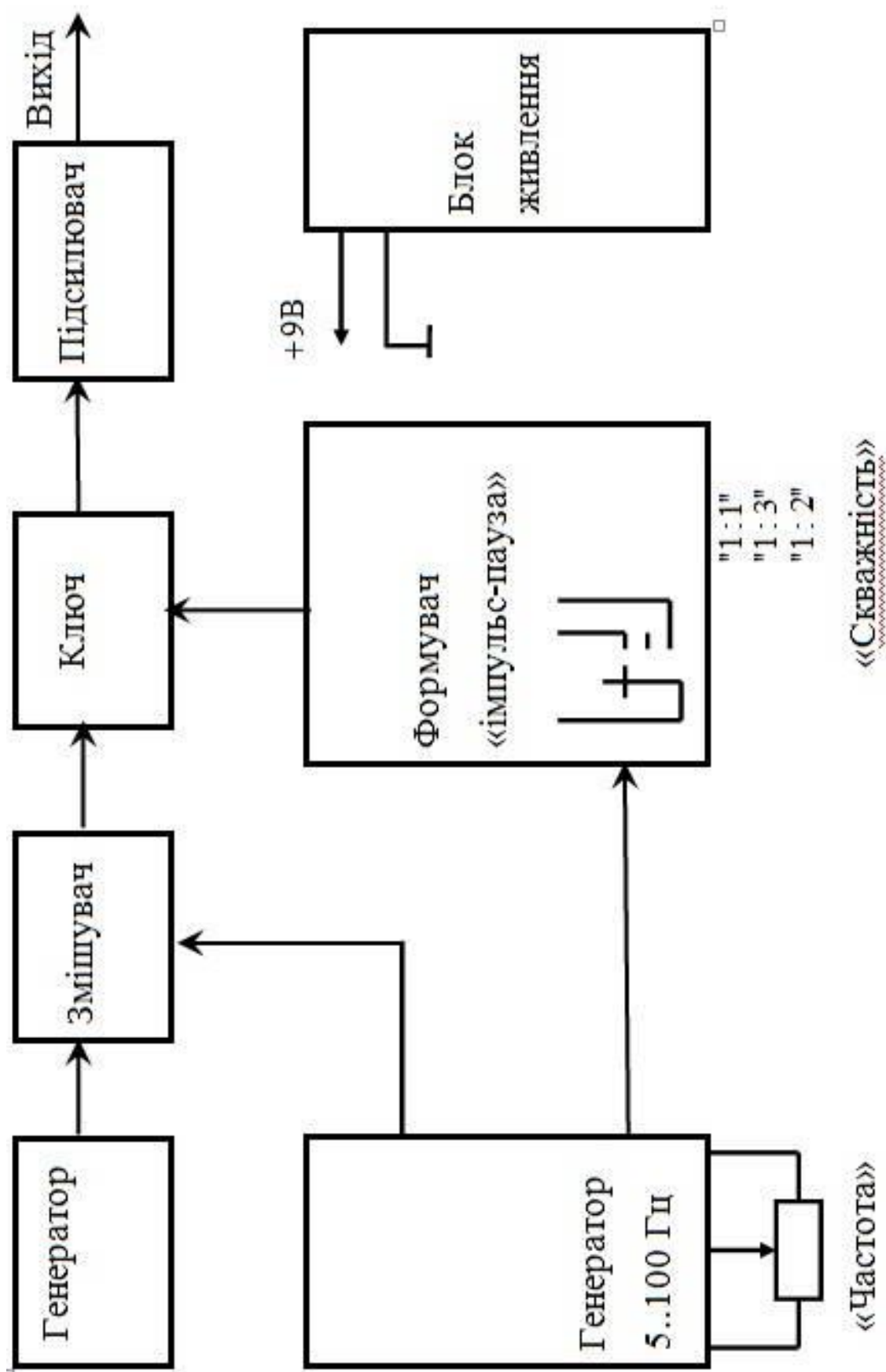


Рисунок 2.1 - Структурна схема електростимулятора

Генератор 5 кГц виробляє синусоїдальну напругу стабільної амплітуди, яка надходить на один з входів змішувача. На другий вхід змішувача подається напруга експоненційної форми з генератора, частота якого змінюється в межах від 5 до 100 Гц. На виході змішувача формується високочастотний сигнал 5 кГц з низькочастотної обвідної, яка повторює експонентну форму генератора 5 ... 100 Гц. Сформований сигнал надходить на ключ. На керуючий вхід ключа підключено формувач скважності «імпульс-пауза». На виході ключа формуються пакети імпульсів з шпаруватістю «1: 1», «1: 2», «1: 3», які надходять на вихід підсилювача і посилюються до необхідного рівня.

2.1.1 Генератор синусоїдальних коливань

Генератор побудований за схемою моста Віна (рис. 2.2).

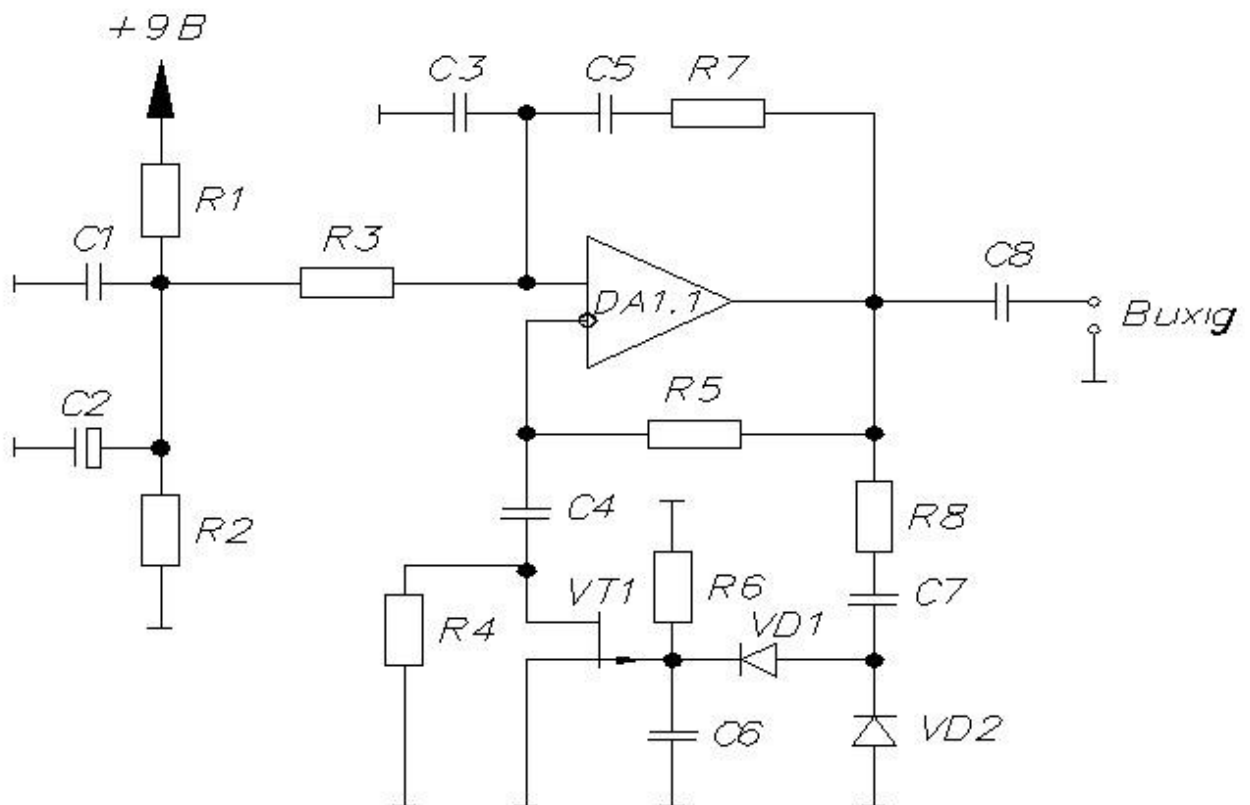


Рисунок 2.2 - Схема синусоїдального генератора

Елементи R7, C5 утворюють послідовний коливальний контур, а елементи R3, C3 - паралельний коливальний контур, що є необхідною умовою для роботи генератора зібраного за схемою з мостом Віна.

Ланцюг негативного зворотного зв'язку складається з елементів R5, R8, C7, VD1, VD2, R6, C6, VT1, R4, C4.

Через детектор, зібраний на VD1, VD2 випрямлений сигнал подається на затвор транзистора VT1, який в свою чергу змінює опір витік-стік, забезпечуючи необхідне посилення мікросхеми DA 1.1 і підтримуючи тим самим постійну амплітуду на виході генератора.

У зв'язку зі складністю підключення до мікросхеми двополярного джерела живлення схема живиться від однополярного джерела живлення із загальною землею. Для цього на прямий вхід подається половина напруги живлення, що створюється штучною середньою точкою, яку утворюють елементи R1, R2. Ця штучна точка зашунтувати по змінному струмі двома конденсаторами великої і малої місткості.

2.1.2 Перестроюваний генератор

Генератор зібраний на базі операційного підсилювача (рис. 2.3) елементами DA 1.2, DA 1.3. Елемент DA 1.2 являє собою операційний підсилювач з позитивним і негативним зворотним зв'язком. Напруга заряду на конденсаторі C3 має експоненційну форму. Напруга необхідної форми надходить далі на вхід буферного каскаду зібраного на елементі DA 1.3 зі стовідсотковою зворотним зв'язком.

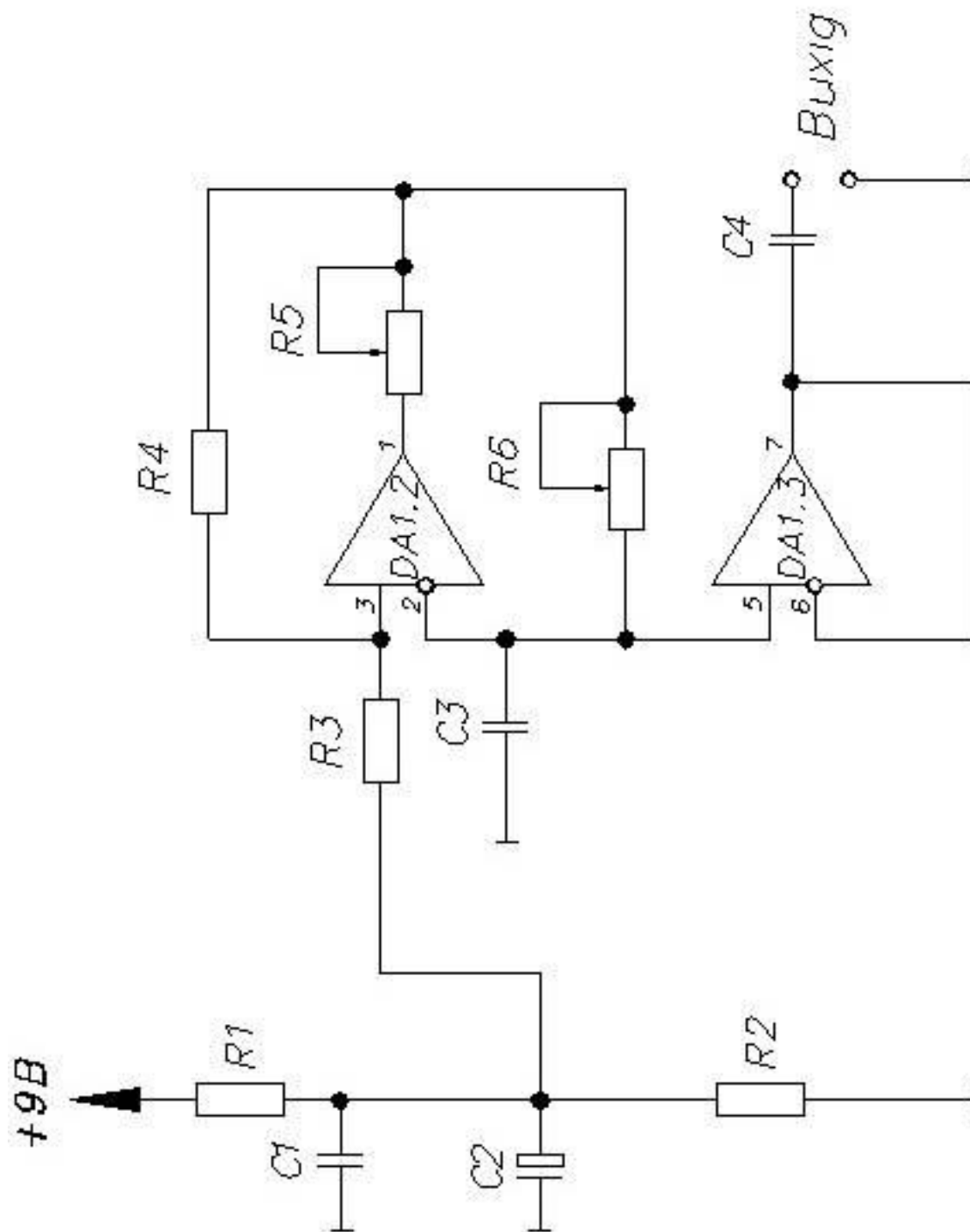


Рисунок 2.3 - Схема перестроюваного генератора

Цей буфер необхідний для зменшення впливу наступних елементів схеми на форму напруги заряду-розряду конденсатора СЗ.

2.1.3 Змішувач

На транзисторі VT 1 зібрано змішувач двох аналогових сигналів (рис. 2.4). На вхід 1 подається сигнал з частотою 5 кГц від генератора зібраного на елементі DA 1.1 синусоїдальної форми, а на вхід 2 приходить експонентний сигнал з частотою від 5 до 100 Гц, зібраного на елементах DA 1.2, DA1.3.

На вході змішувача формується високочастотний сигнал з низькочастотною обвідною, яка підпорядковується експоненціальному закону.

Так як транзистор VT 1 має дуже великий вхідний опір, то його вхід, тобто затвор, шунтується за допомогою резистора R3 на землю.

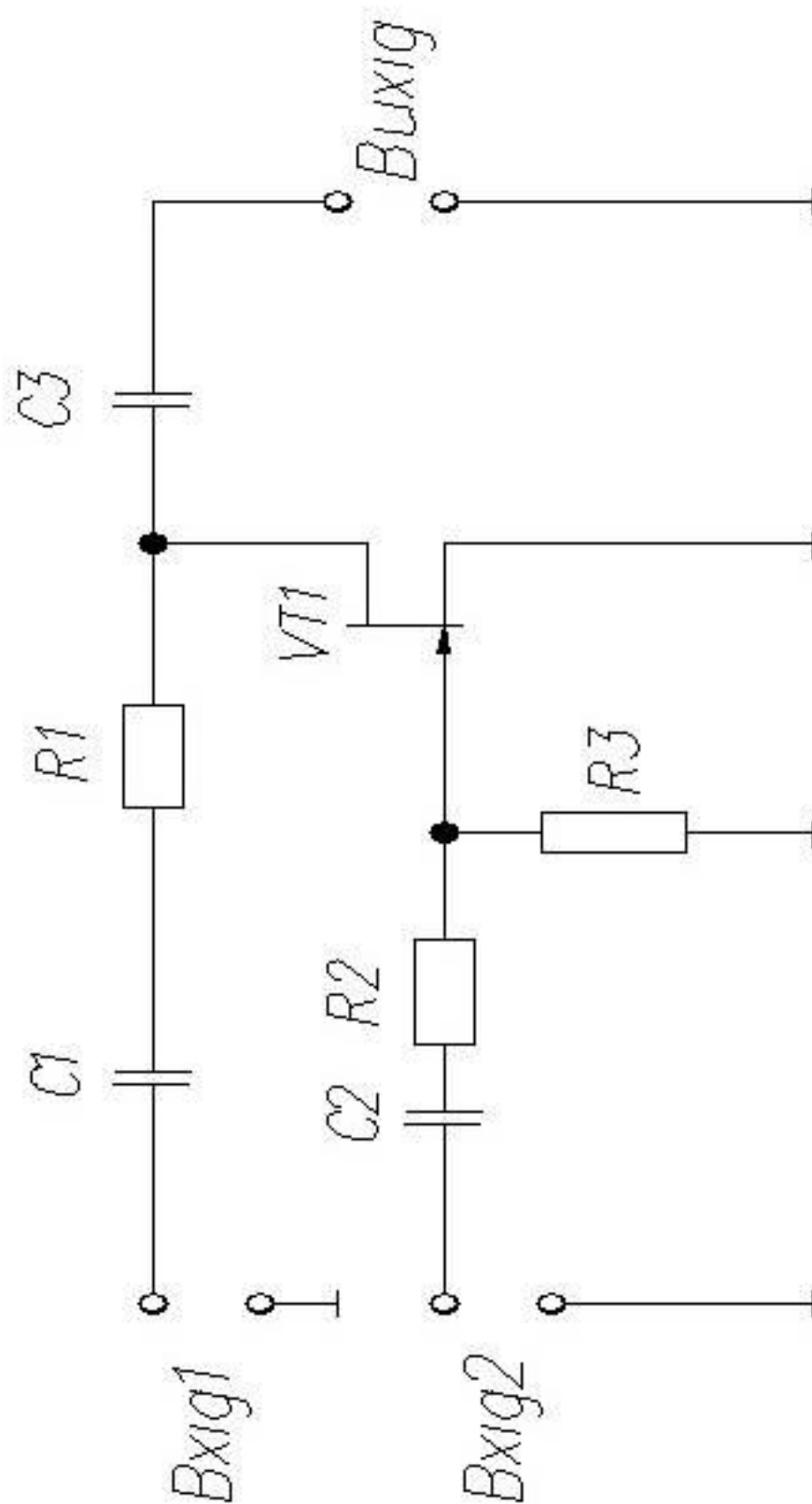


Рисунок 2.4- Схема електрична принципова змішувача

2.1.4 Пристрій для формування «імпульс-пауза»

Схема електрична принципова показана на рисунку 2.5.

Пристрій для формування «імпульс-пауза» складається з наступних вузлів:

- генератора з періодом коливань одна секунда, зібраного на елементах DD1.1, DD1.2, R1, C1. Елемент DD1.3 служить буфером для вищеприписаного генератора, покращуючи тим самим його крутизну фронтів і спадів імпульсів, що забезпечує більш чітку роботу наступного за ним лічильника DD2. Генератор зібраний на мікросхемі 561 ЛА 7, яка включає в себе чотири елементи 2І-НІ;

- лічильника DD3 зібраного на мікросхемі 561 ІЕ 8 і представляє собою лічильник імпульсів на вході «С», до якого приходять вхідні рахункові імпульси з частотою проходження 1 Гц. На виходах мікросхеми від 0 до 9 по черзі з'являється в такт рахунку логічна одиниця. Залежно від положення перемикача SA1 на вхід мікросхеми «Reset» подається сигнал скидання, завдяки чому лічильник обнуляється і повертається в початковий стан.

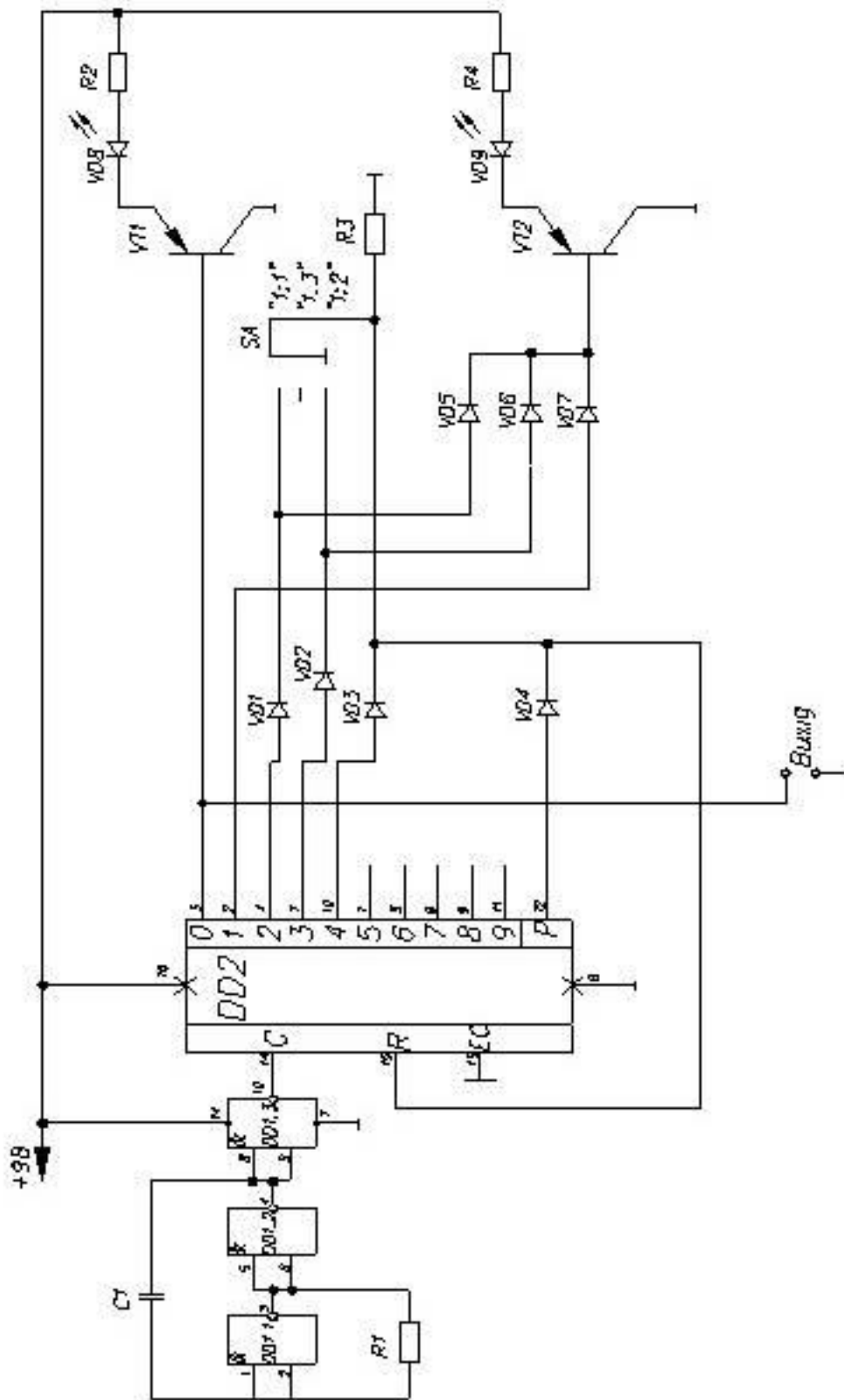


Рисунок 2.5- Схема формувача «імпульс-пауза»

Транзистори VT1, VT2 керують свіченням світлодіодів VD8, VD9 і служать для обмеження струму на рівні 20 мА, що проходить через світловипромінюючі діоди і відкриті транзистори VT1, VT2.

2.1.5 Вихідний підсилювач

Схема електрична принципова вихідного підсилювача показана на рисунку 2.6. Підсилювач зібраний на елементі DA1.4 за традиційною схемою з негативним зворотним зв'язком. У ланцюзі негативного зворотного зв'язку включений змінний резистор R5 для установки необхідного рівня вихідної напруги.

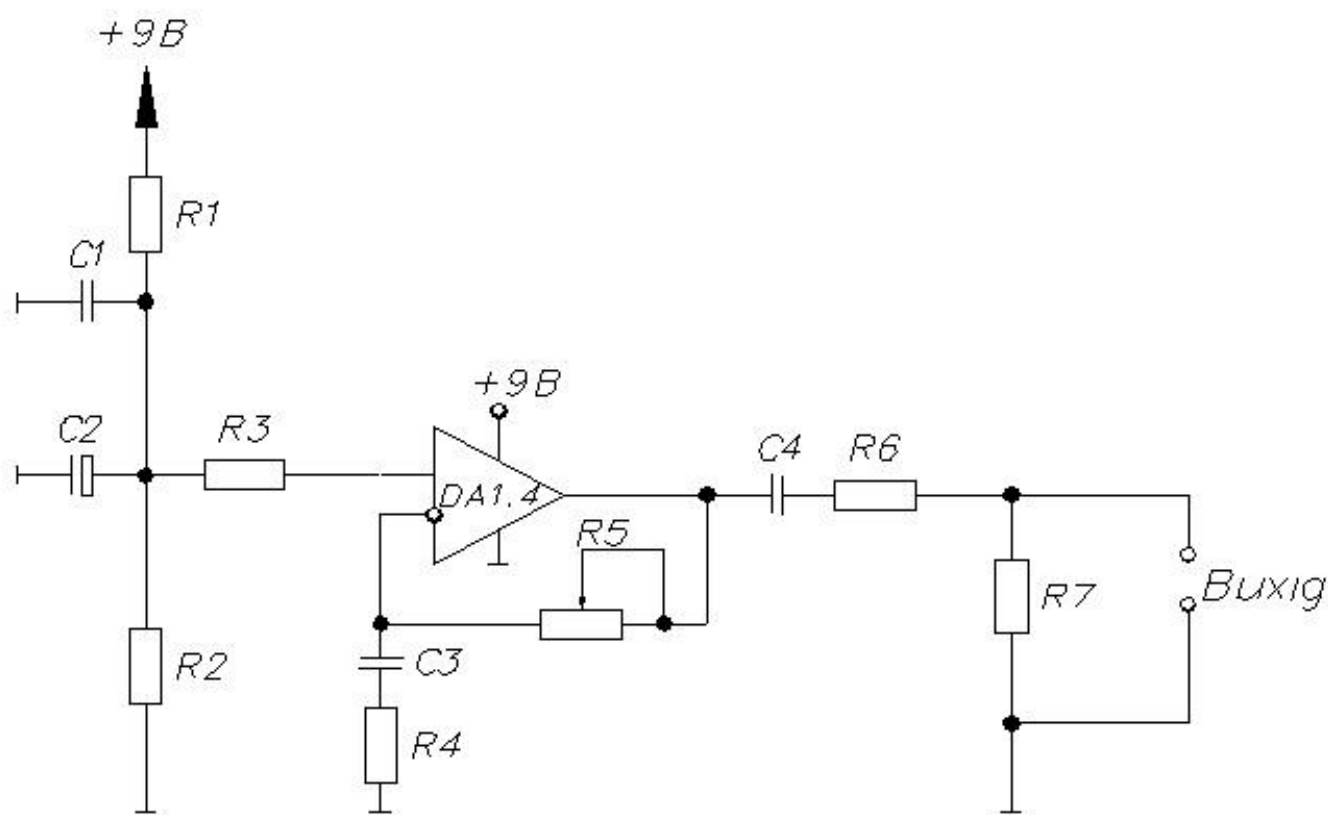


Рисунок 2.6 - Схема вихідного підсилювача

Резистор R3 обраний таким чином, щоб забезпечити зміщення на прямому вході підсилювача і не допустити шунтування сигналу через конденсатори C1, C2.

Схема електрична принципова розроблена на підставі вище описаних блоків і приведена на рисунку 2.7.

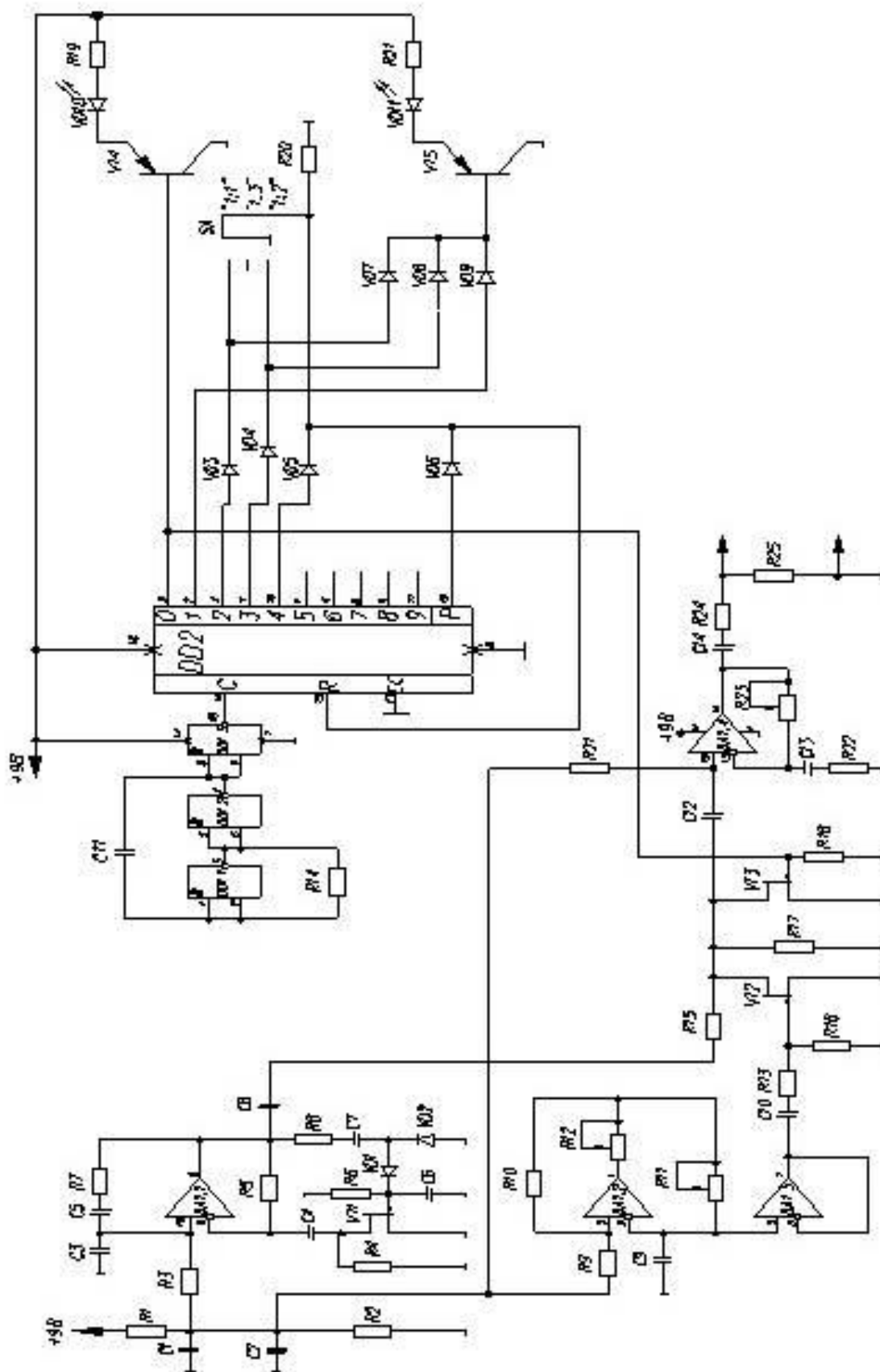


Рисунок 2.7- Схема електрична принципова електростимулятора

2.1.6 Базові мікросхеми електростимулятора

Розроблений генератор експоненційних імпульсів зібраний на базі наступних мікросхем: К1401УД1, К561ЛА7, К561ІЕ8.

Чотирьохканальна інтегральна мікросхема К1401УД1 містить четвірку операційних підсилювачів, що працюють від загальних шин живлення при напрузі від 4 до 15 В. Схема розміщення четвірки операційних підсилювачів в корпусі приведена на рисунку 2.8.

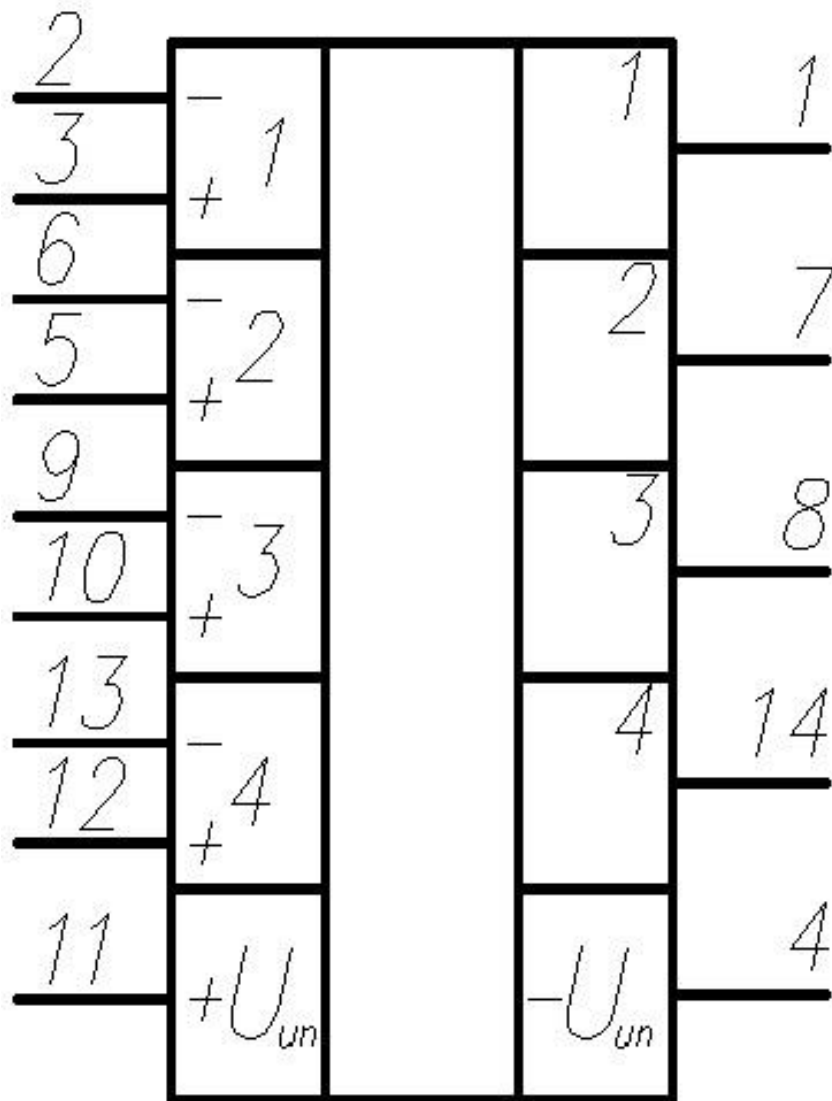


Рисунок 2.8 - Операційний підсилювач К1401УД1

Кожен операційний підсилювач має $K_u = 2 * 10^3$, смугу пропускання до 2,5 МГц при струмі споживання 8,5 мА. Максимально допустима потужність розсіювання корпусом інтегральної схеми не більше 400 мВт. Максимальний вихідний струм кожного підсилювача залежить від схеми підключення навантаження. При включенні навантаження між виходом і позитивним джерелом напруги живлення $I_{вих.мах}$ не повинен перевищувати 1 мА, а при підключенні R_n до негативного джерела $I_{вих.мах}$ 10 мА. При роботі операційного підсилювача від джерела напруги живлення +5 В коефіцієнт посилення $K_u = 700$, а $U_{вих.мах} = 2,8$ В.

Мікросхеми К561ЛА7, К561ІЕ8 відносяться до безкорпусних мікросхем на КМОП-структурах. К561ЛА7 являє собою чотири логічних елемента 2І-НІ, а мікросхема К561ІЕ8 - десятковий лічильник з дешифратором (рис. 2.9) [9].

Мікросхеми цих серій мають на частоті 1 МГц динамічну потужність споживання 20 мВт на логічний елемент, а їх статична потужність споживання вимірюється одиницями мікроват, що в загальному-то, задовольняє головній вимозі, яка повинна виконуватися при проектуванні електростимулятора очних м'язів - мінімум споживаної енергії.

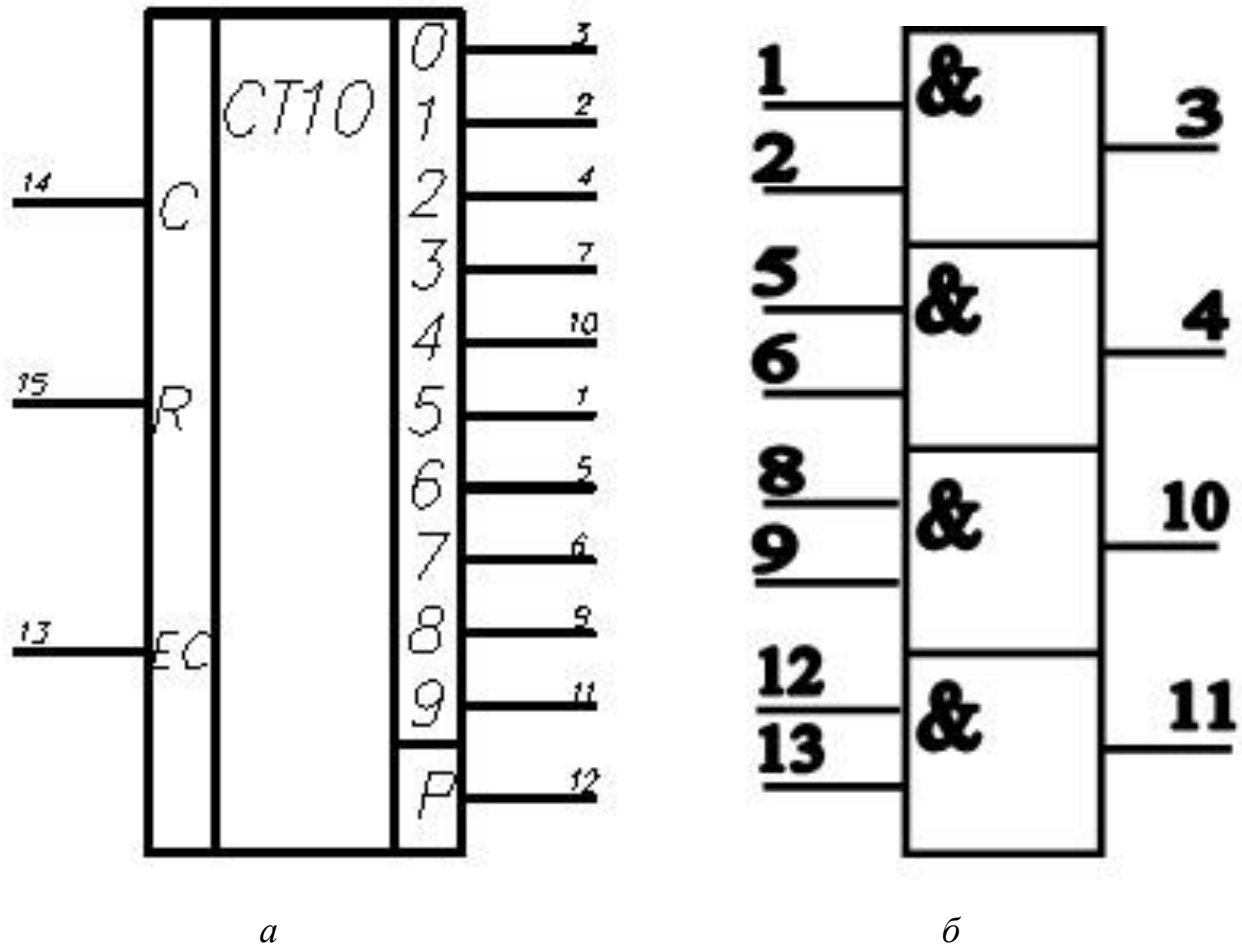


Рисунок 2.9 - Цифрові мікросхеми K561LA7 (а) і K561IE8 (б)

Цифрові інтегральні мікросхеми K561LA7 і K561IE8 відносяться до нового сімейства швидкодіючих КМОП-схем і відрізняється від своїх попередників збільшеними швидкодією і здатністю навантаження. Поліпшення характеристик досягається за рахунок більш щільної топології структури затвора і більш тонкого шару оксиду в області затвора.

Ця технологія забезпечує малу споживану потужність і високу перешкодозахищеність, а також широкий діапазон температур в поєднанні з високою швидкодією і здатністю навантаження.

2.2 Аналіз функціонування розробленого електростимулятора

Аналіз функціонування схеми електричної принципової проводився з використанням програми схемотехнічного моделювання Electronics Workbench.

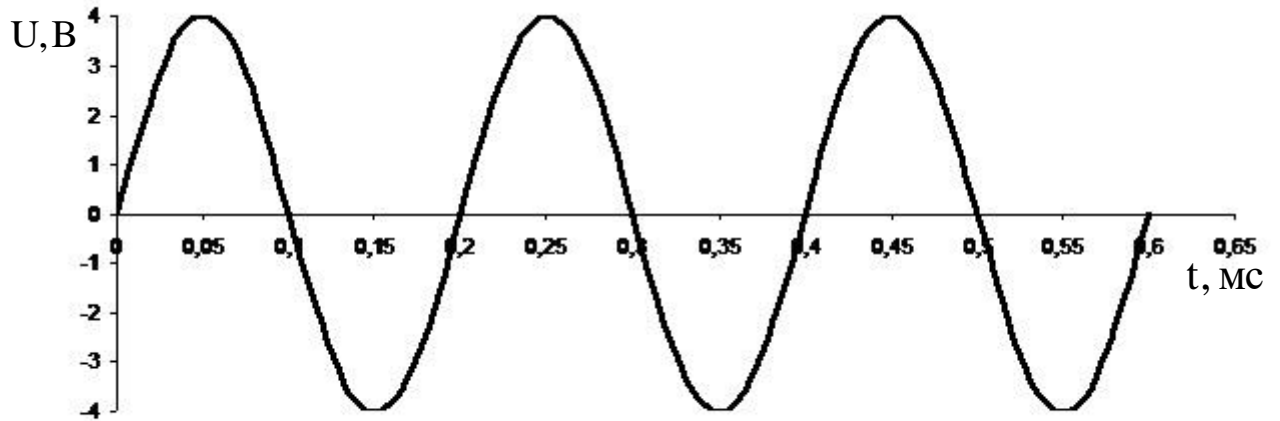


Рисунок 2.10 - Вихідний сигнал з генератора синусоїдальної напруги

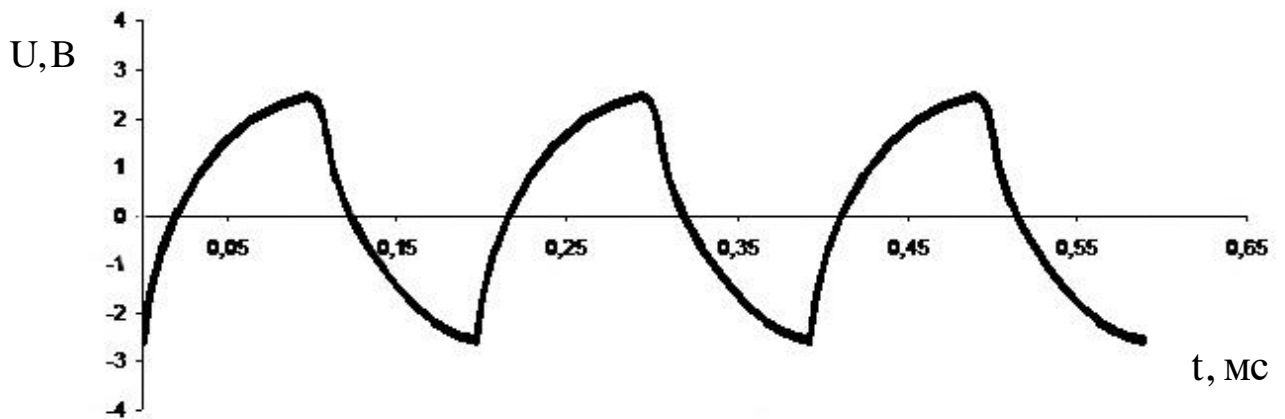
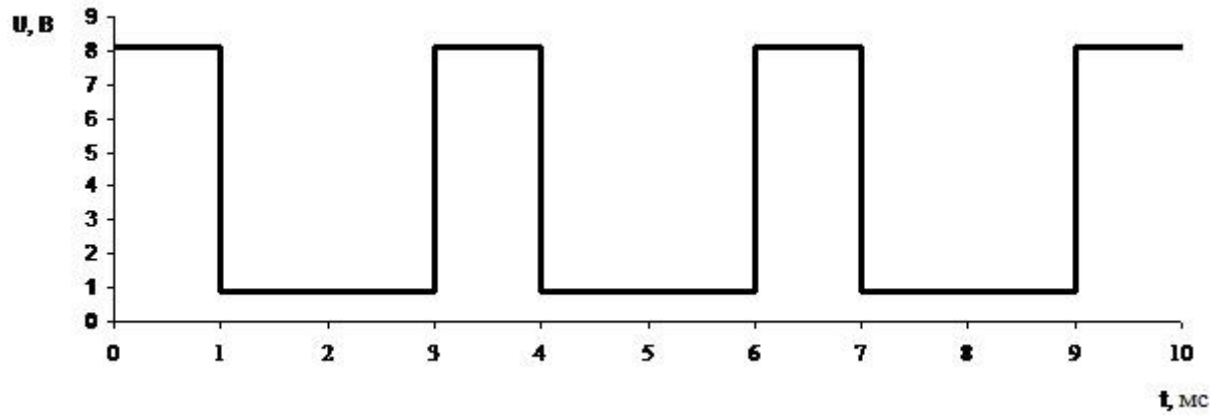
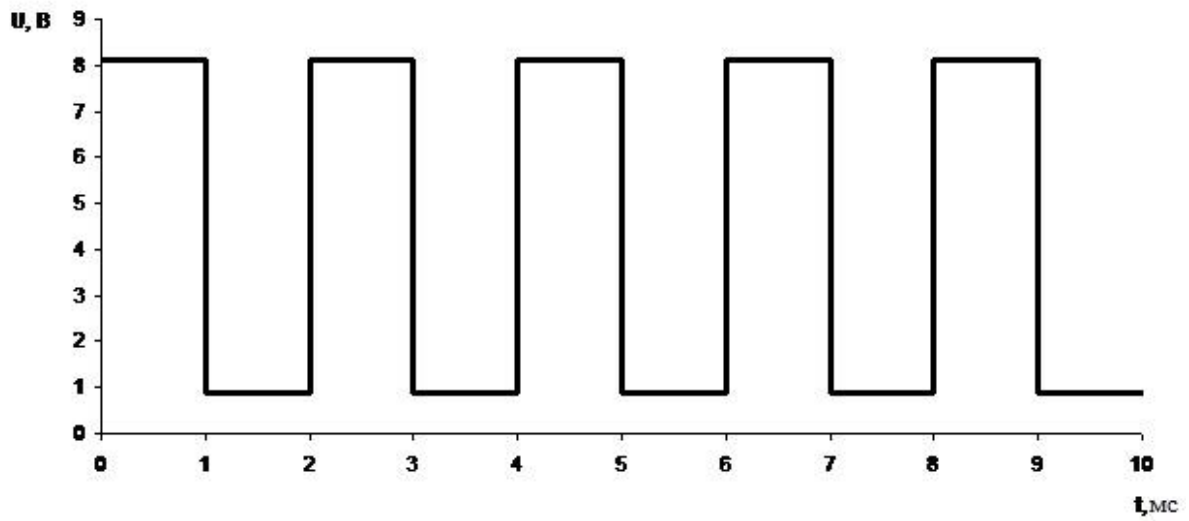


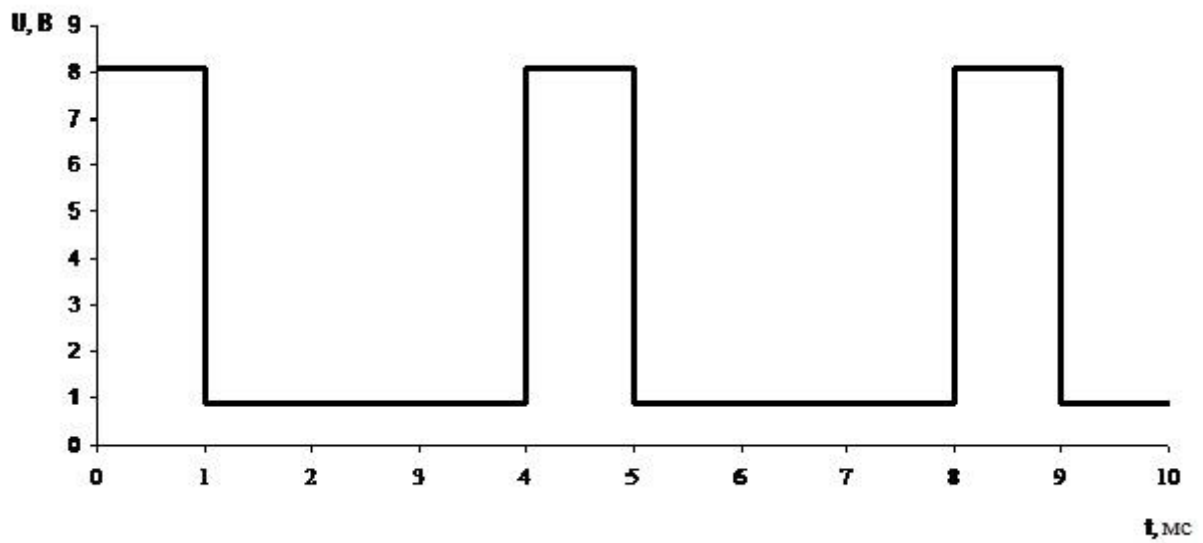
Рисунок 2.11 - Вихідна напруга з перестроюваного генератора імпульсів



a)



б)



в)

Рисунок 2.12 - Вихідна напруга з формувача «імпульс-пауза»

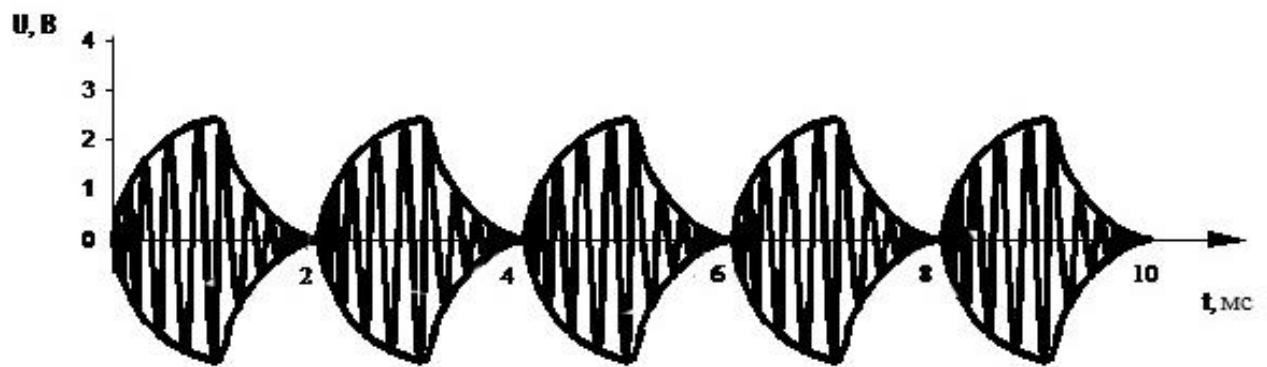
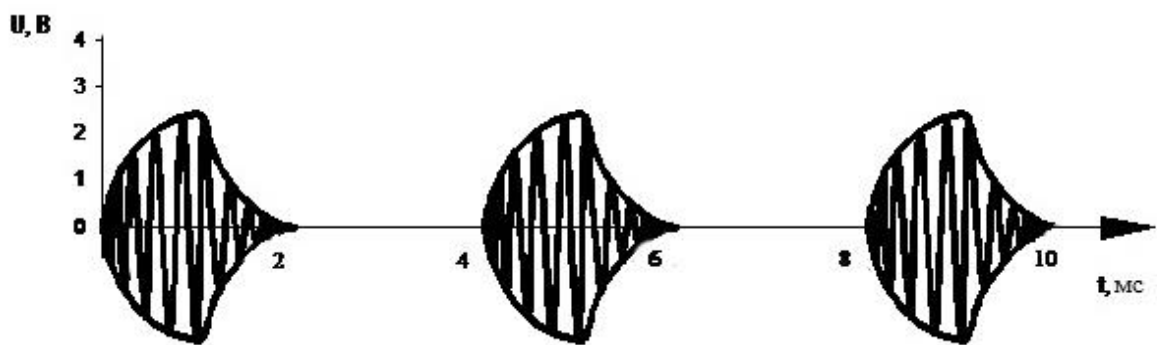
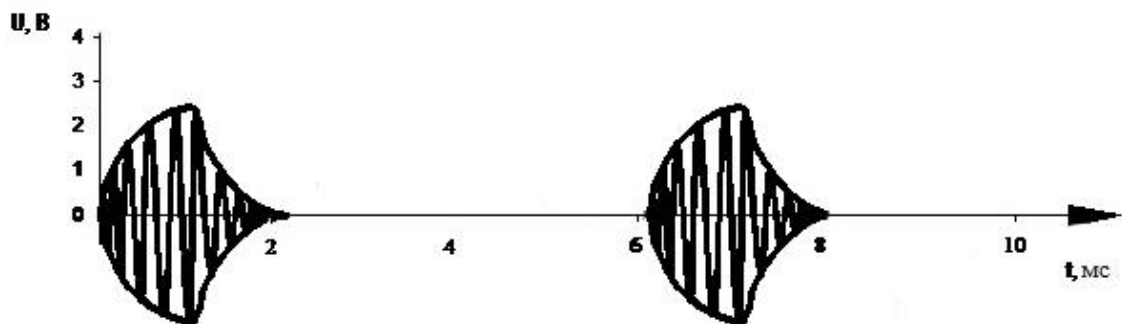


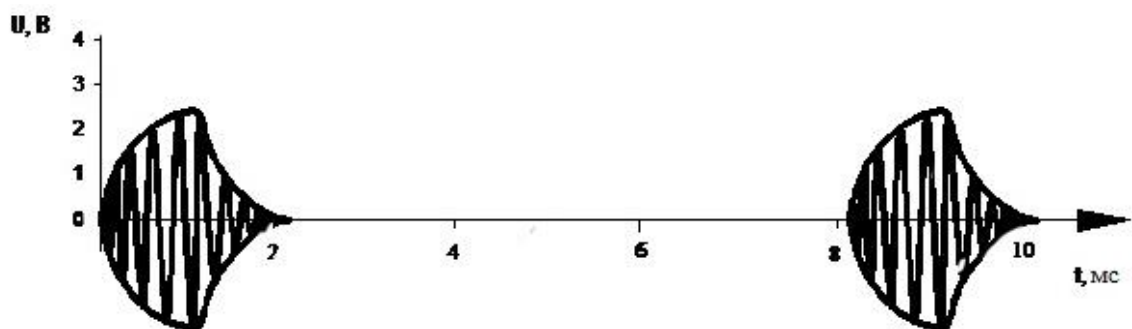
Рисунок 2.13 - Вихідна напруга зі змішувача



а)



б)



в)

Рисунок 2.14-Вихідна напруги з електростимулятора

На рисунках 2.10 - 2.14 наведені відповідно епюри напружень.

2.3 Розробка структурної схеми сполучення електростимулятора з ПК

2.3.1 Розробка електричної-принципової схеми програмно-керованого електростимулятора

Для того щоб управляти електростимулятором з персонального комп'ютера необхідно під'єднати до СОМ-порту мікросхему перетворення рівнів напруги, потім до цієї мікросхеми мікроконтролер, а потім можна підключати електростимулятор. Для цього застосовано мікросхему HSP45102 (Harris Semiconductor, RS284-977) - це генератор з числовим програмним управлінням. Він послідовно видає 12-розрядний двійковий код, який представляє собою значення синусоїдальної функції за один період.

Частоту сигналу задано в межах від 1 - 150 Гц, т. К. Це найбільш оптимальна межа частот для електростимуляції. Схема електрична-принципова програмно керованого електростимулятора представлена на рисунку 2.15.

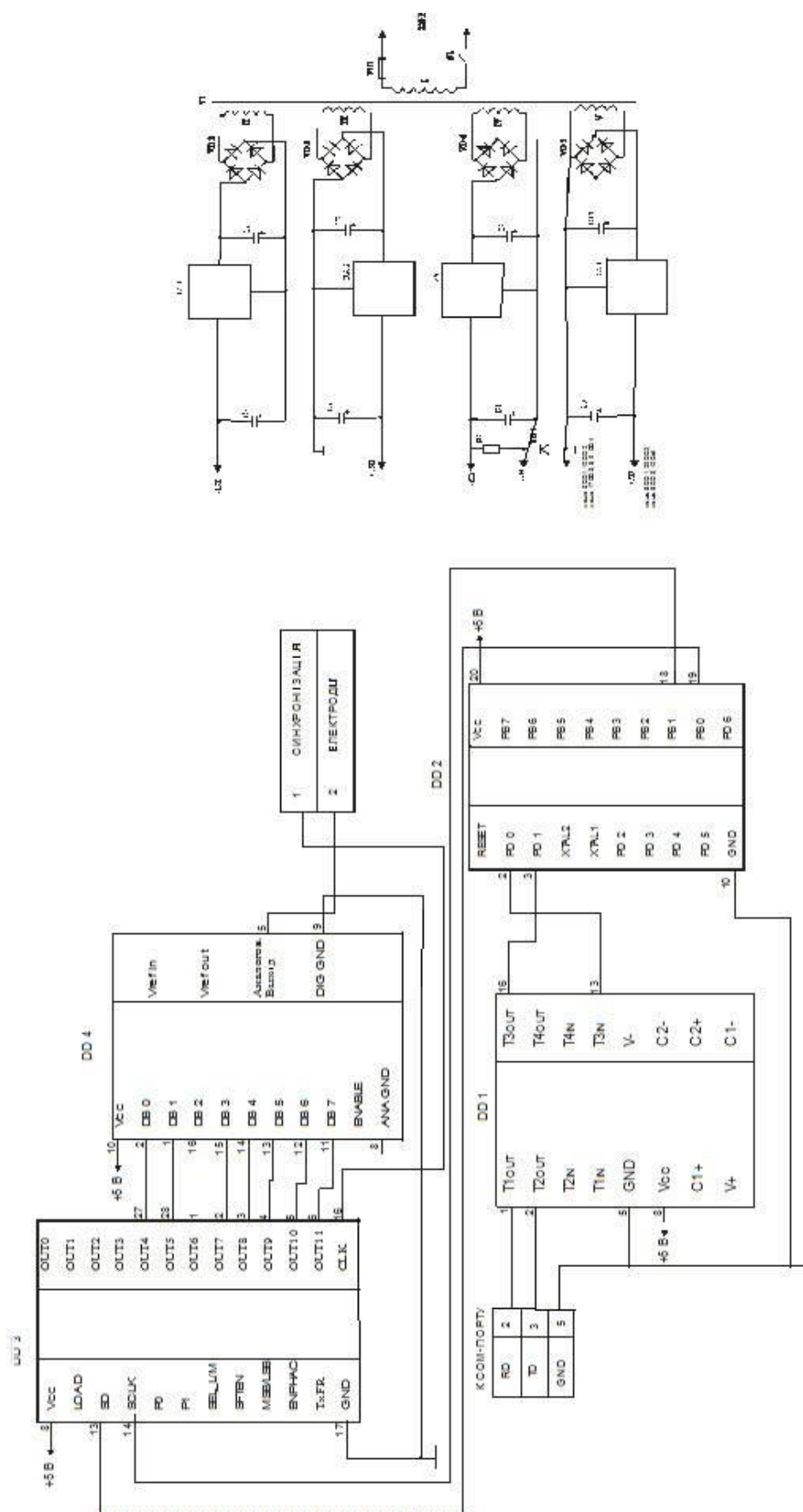


Рисунок 2.15 - Схема електрична принципова програмно-керованого електростимулятора

Спочатку з'єднано виводи COM-порту TD і RD (3 і 2 відповідно) з мікросхемою MAX234 (для перетворення рівнів напруг виводи T1OUT і T1IN, (1 і 4 відповідно). Далі виводи мікросхеми MAX234 T4OUT і T4IN (15 і 14 відповідно) з'єднано з виводами мікроконтролера AT90S2313 PD0 і PD1 (2 і 3 відповідно).

Тепер можна приєднувати мікросхему HSP45102. Для цього виводи PB0 і PB1 мікроконтролера AT90S2313 (12 і 13 відповідно) з'єднуємо з виводами SD і SCLK (13 і 14 відповідно). Детальніше розглянемо опис існуючих мікросхем. Для перетворення 12 біт даних в аналоговий сигнал необхідно використовувати ЦАП. Вісім старших розрядів вихідної шини даної мікросхеми (виходи OUT 4 - OUT 11) підключені до восьмирозрядних ЦАП ZN428E. Решта чотири виходи не використовуються.

2.3.2 Послідовний інтерфейс

Послідовний інтерфейс RS232 - це промисловий стандарт для послідовної двобічної асинхронної передачі даних. Він використовується в комп'ютерах при приєднанні принтерів, модемів, миші і т.ін. Максимальна відстань, що дозволяє забезпечити зв'язок, дорівнює 20 м. Стандартний послідовний порт має 9-контактний роз'єм (блокова частина 9-контактного штирьового роз'єму, вигляд зі сторони задньої стінки комп'ютера), рисунок 2.16.

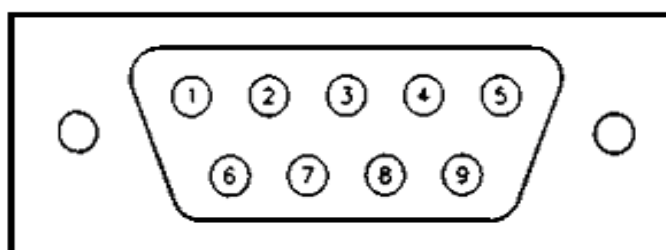


Рисунок 2.16 – Стандартний послідовний порт

ТАБЛИЦЯ 2.1 - Призначення сигналів послідовного інтерфейсу

9 контактів	Найменування	Направлення (відносно ПК)	Опис
3	TD	Вихід	Передає дані
2	RD	Вхід	Приймає дані
7	RTS	Вихід	Запрос на передачу
8	CTS	Вхід	Очищено для передачі
6	DSR	Вхід	Готовність зовнішнього пристрою
5	GND	Вихід	Сигнал заземлення
1	DCD	Вхід	Визначення інформаційного сигналу
4	DTR	Вихід	Комп'ютер до обміну даними готовий
9	RI	Вхід	Індикатор звонка

Послідовний порт призначений для організації зв'язку по послідовному каналу між мікро - контролером і периферійними пристроями або іншими мікропроцесорами.

2.3.3 Мікроконтролер

AVR-мікроконтролери фірми Атмел - це 8-розрядні мікроконтролери для вбудованих додатків. Вони привертають увагу розробників найкращим співвідношенням показників швидкодія / енергоспоживання, зручними режимами програмування, доступністю програмно-апаратних засобів підтримки і широкою номенклатурою випущених кристалів.

Мікроконтролер AT90S2313 - економічний 8 бітовий КМОП мікроконтролер, Виконуючи по одній команді за період тактової частоти, AT90S2313 має продуктивність, що дозволяє розробникам створювати системи оптимальні за швидкістю і споживаної потужності, полегшує сполучення персонального комп'ютера, через СОМ-порт, з периферійними пристроями

Відмінні риси мікроконтролера AT90S2313:

- AVR - висока продуктивність і низьке енергоспоживання;
- 118 потужних інструкцій - більшість з них виконуються за один такт;
- 2 Кбайт Flash- пам'яті з підтримкою внутрішньосистемного програмування;
- ресурс: 100 000 циклів запис / стирання;
- Робочі регістри загального призначення 32 x 8;
- 15 програмованих ліній I / O;
- Харчування VCC: від 2.7 В до 6.0 В;
- Повністю статичний режим роботи:
від 0 до 10 МГц, при живленні від 4.0 В до 6.0 В;
від 0 до 4 МГц, при живленні від 2.7 В до 6.0 В;
- зовнішні і внутрішні джерела переривання;
- програмований стежить таймер з вбудованим тактовим генератором;
- вбудований аналоговий компаратор;
- економічні режими очікування і зниженого енергоспоживання;
- програмована блокування для безпеки програмного забезпечення;

- 20 висновків;

Розташування виводів показано на рисунку 2.17.

PDIP/SOIC

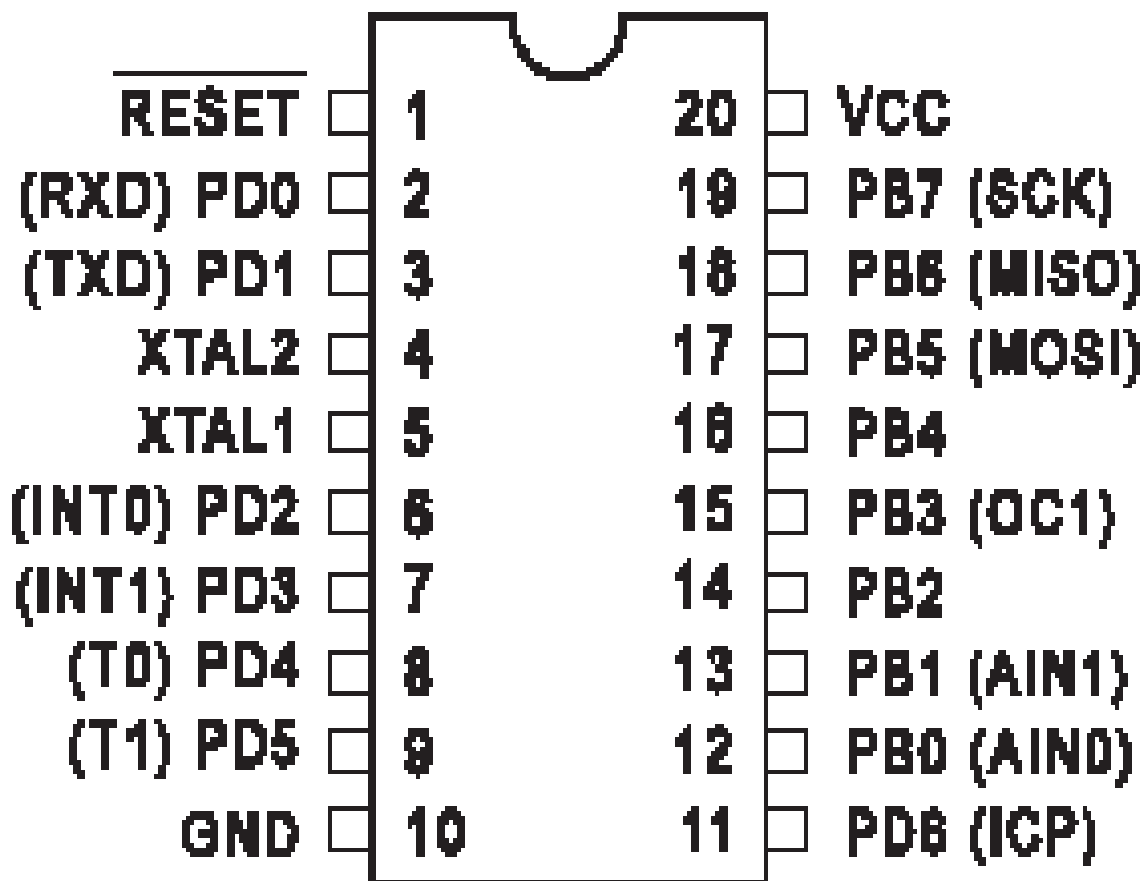


Рисунок 2.17 - Розташування виводів мікроконтролера AT90S2313

2.3.4 Генератор з числовим програмним управлінням

Мікросхема HSP45102 (Harris Semiconductor, RS284-977) - це генератор з числовим програмним управлінням, який послідовно видає 12-розрядний двійковий код, який представляє собою значення синусоїдальної функції за один період. Частота і фаза коливання задаються програмно. Частота сигналу визначається одним з двох попередньо встановлених 32-розрядних слів, які

об'єднані в один 64-розрядний регістр. Слово, яке вказує вихідну частоту, вибирається за допомогою входу управління SEL_L / M. Фаза сигналу залежить від стану входів PB і P1, які встановлюють початковий зсув фази 0 , 90 , 180 і 270

Призначення виводів і внутрішня блок-схема наведені на рис. 2.18. Входи Vcc (контакти 8 і 22) і GND (контакти 7,15 і 21) з'єднані з позитивним і нульовим проводами джерела живлення. Напруга живлення +5 В. Струм в активному режимі дорівнює 99 мА, а в режимі очікування - 500 мкА. CLK (контакт 16) - це вхід тактового сигналу. Максимальна тактова частота 33 МГц.

SCLK (контакт 14), SD (контакт 13), MSB / tSB (контакт Н) і SFTEN (контакт 10) - входи секції управління частотою. SCLK і SD - тактовий вхід і вхід послідовних даних. Дані на вході SD зсуваються у внутрішні регістри мікросхеми по позитивному фронту імпульсів SCLK. SFTEN - це вхід дозволу зсуву. Для вирішення зсуву даних на нього необхідно подати низький рівень. Якщо MSB / LSB - 1, то перший зрушується біт інтерпретується як старший, якщо 0 - як молодший. Значення генеруємої частоти гармонійного коливання можна обчислити за формулою:

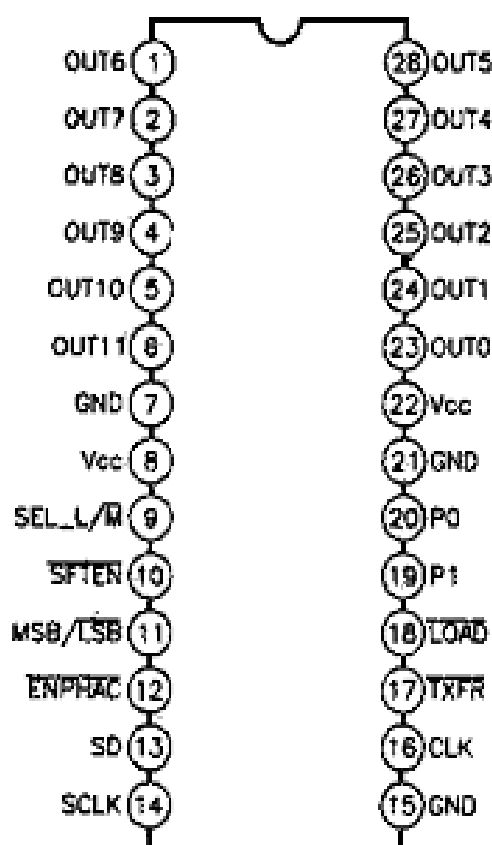
$$\text{Вихідна частота (Гц)} = N * F_{\text{clk}} / 232,$$

де N - число, записане в вибране слово установки частоти;

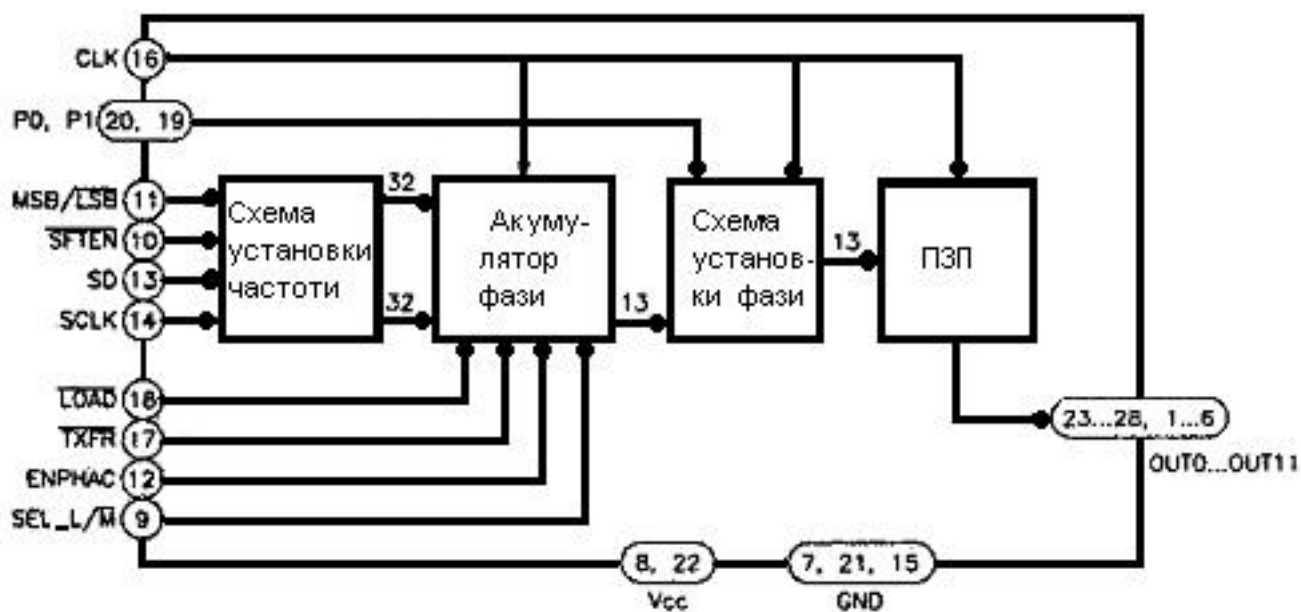
Fclk - частота тактового сигналу.

LOAD (контакт 18), TXFR (контакт 17), ENPHAS (контакт 12) і SEL_L / M (контакт 9) - це керуючі входи акумулятора фази. ENPHAS відкриває акумулятор фази, SEL_L / M встановлює слово вибору частоти. Якщо на нього подано сигнал високого рівня, то вказуються молодші 32 розряду 64-розрядного регістра частоти, а якщо низького - старші.

Якщо на вході TXFR низький рівень, то слово вибору частоти, певне значенням SEL_L / M, передається з регістра частоти у вхідний регістр акумулятора фази. Входи PB (контакт 20) і P1 (контакт 19) - це входи установки фази, за допомогою яких можна задати зсув фази 0 , 90 , 180 і 270 . Мікросхема має 12-розрядну вихідну шину даних (контакти 1-6, 23-28).



а)



б)

Рисунок 2.18 - Призначення виводів – а) і внутрішня блок-схема генератора HSP45102 – б)

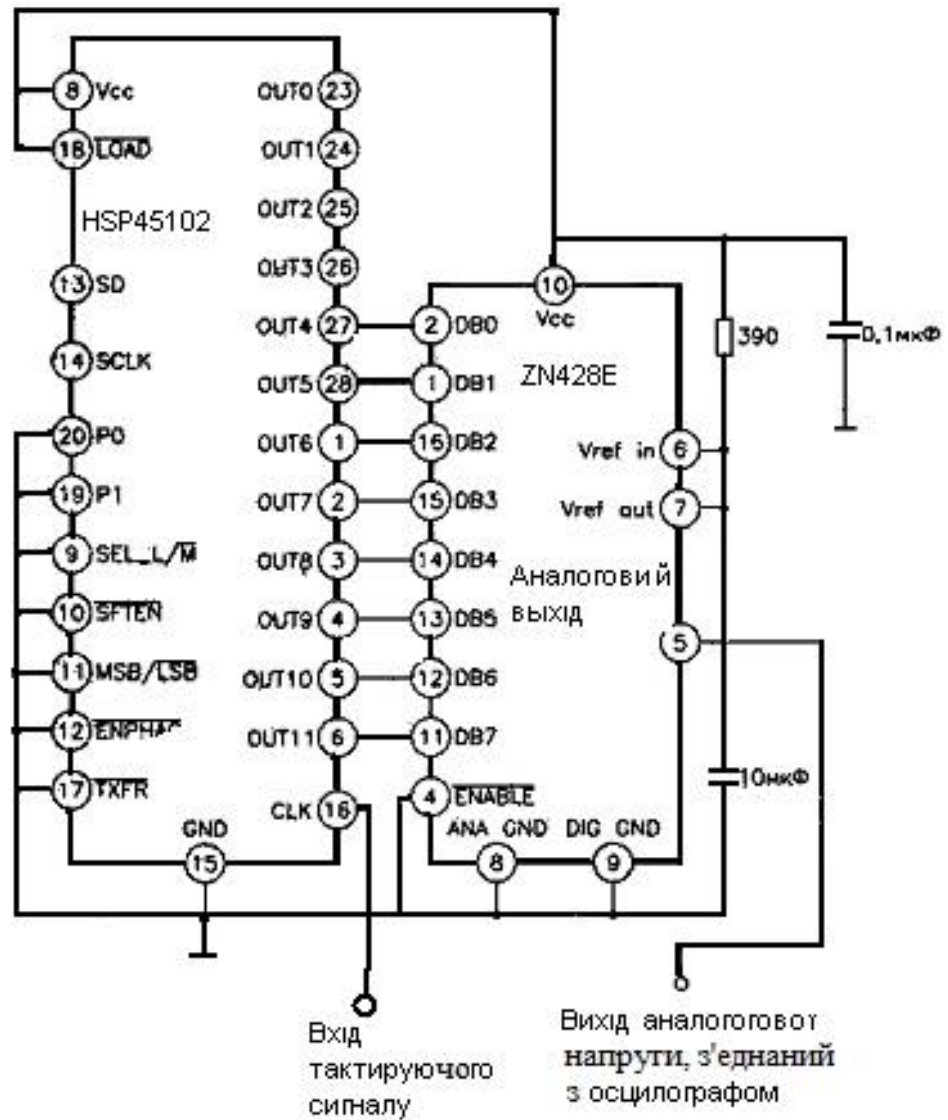
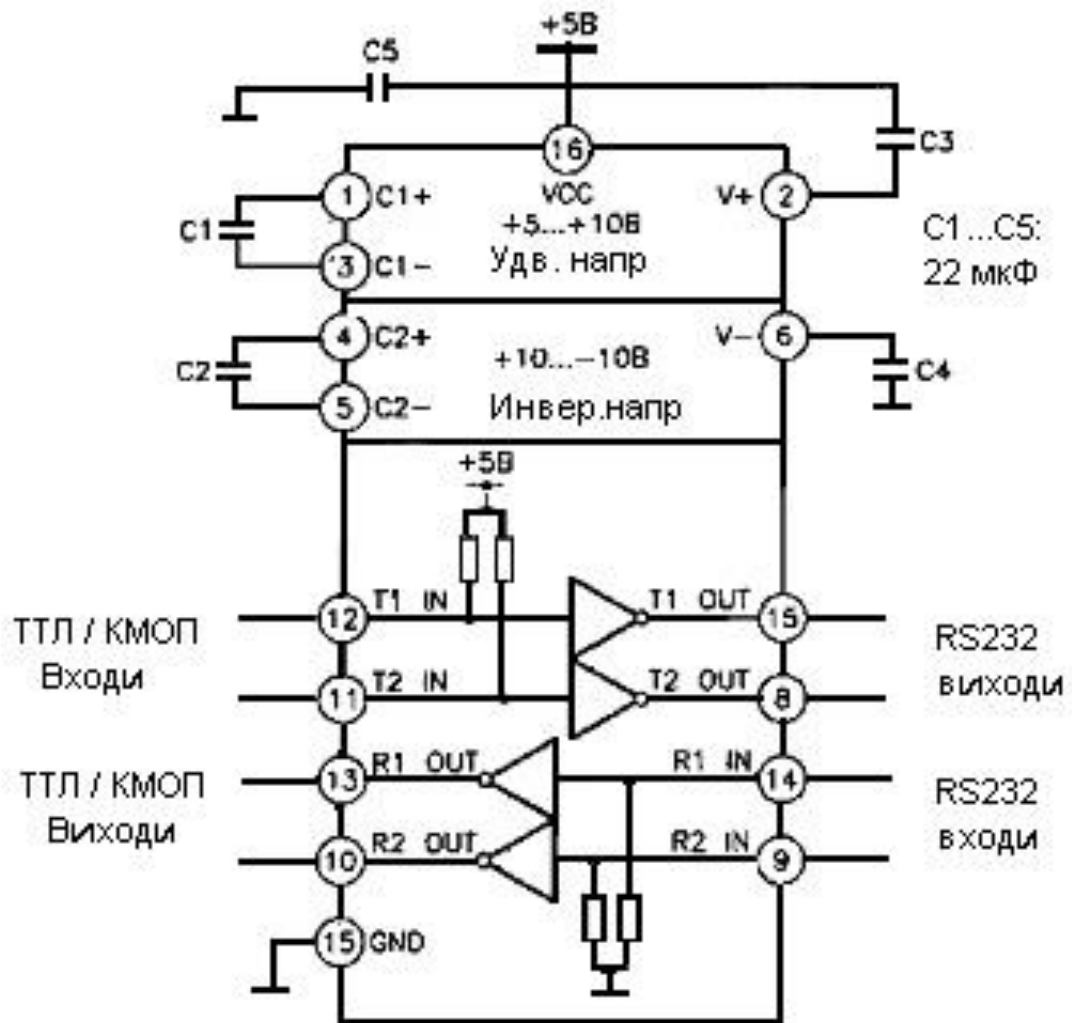


Рисунок 2.19 - Схема з'єднання мікросхеми HSP45102 з восьмирозрядним ЦАП ZN428E

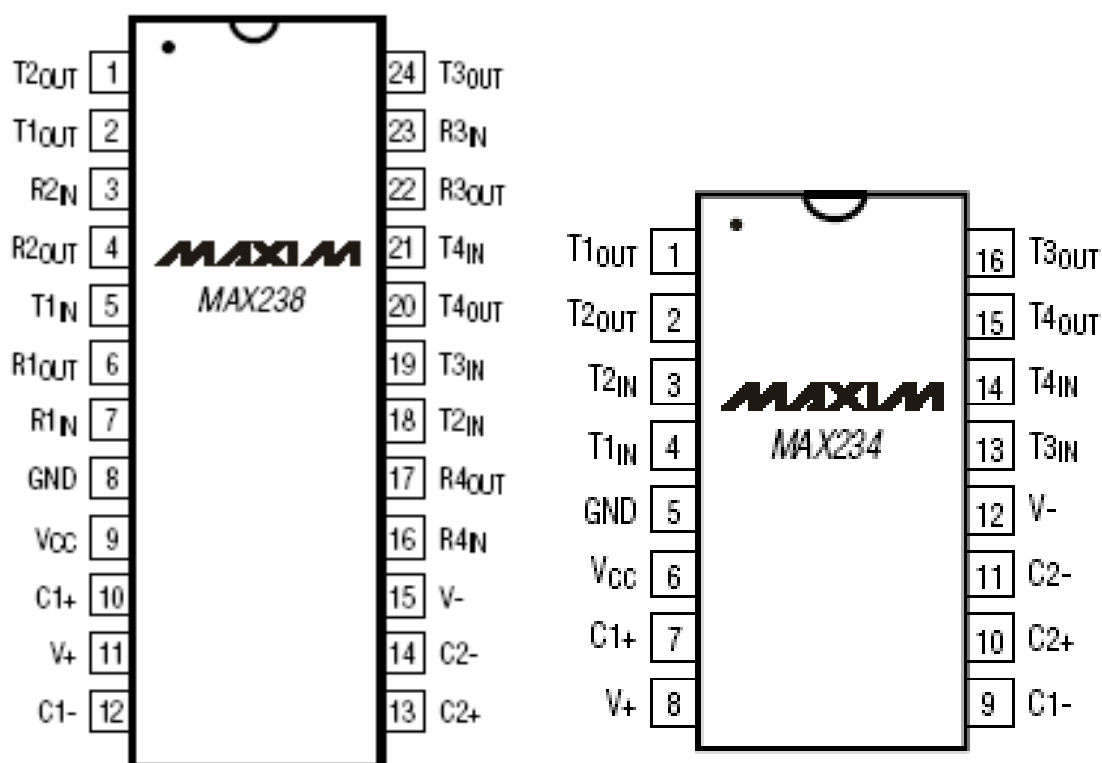
Значення даних знаходяться в діапазоні 000h-FFFh, нульовий рівень гармонійного коливання відповідає коду 800h. Для перетворення 12 біт даних в аналоговий сигнал необхідно використовувати ЦАП. Вісім старших розрядів вихідна шини даних мікросхеми (виходи OUT 4 - OUT 11)(рисунок 2.19) підключені до восьмирозрядних ЦАП ZN428E. Решта чотири виходи не використовуються. Керуючі входи з'єднані або з «землею», або з проводом +5 В. Вихідний сигнал ЦАП (гармонійне коливання) можна спостерігати на екрані осцилографа [10].

2.3.5 Мікросхема для перетворення рівнів напруги

Досить широко застосовуються для перетворення рівнів напруги інтегральні схеми перетворювачів ТТЛ / RS232 MAX234 і MAX238 (рис. 2.20). Для роботи обох мікросхем необхідне джерело живлення +5 В.



а)



б)

Рисунок 2.20 - Внутрішня блок-схема MAX234 - (а) і розташування виводів MAX234 і MAX238 - (б)

Мікросхема MAX234 має вбудовані перетворювачі напруги, два перетворювача RS232 / TTL і два перетворювача TTL / RS232. Перетворювач TTL / RS232 перетворює напругу живлення +5 В в напруги +10 і -10 В. Слід пам'ятати, що не можна підключати виводи V + і V- до потенціалу, меншого 3 В по абсолютній величині (мінімальний рівень для RS232). Коли на виходах V + і V-, струм дорівнює 20 мА, а напруга становить близько +7 і -7 В, виходи перетворювачів витримують напругу до 25 В. Максимальна швидкість передачі даних 120 Кб / с. Струм споживання мікросхеми MAX234 в режимі холостого ходу 4 мА.

Характеристики MAX238 аналогічні MAX234, але вона має чотири перетворювача RS232 / TTL і TTL / RS232.

2.4 Розробка програмного забезпечення для електростимулятора

2.4.1 Розробка програмного забезпечення

Для розробки програми була використана система програмування Delphi 7, так як в середовищі розробки в якості мови програмування використовується Object Pascal. В основі ідеології Delphi лежить технологія проектування і методологія об'єктно-орієнтованого подієвого програмування.

Програма Delphi являє собою набір програмних одиниць - модулів. Один з модулів - головний, містить інструкції, з яких починається виконання програми. Головний модуль програми повністю формується Delphi. Крім головного модуля кожна програма включає в себе модулі форми, які містять опис стартової форми додатка і підтримують її роботу процедур.

При розробці програмного забезпечення, що дозволяє управляти частотою генератора синусоїдальних коливань підключеного до персонального комп'ютера через СОМ-порт, а також програми, можливо зберігати в базі даних інформацію про пацієнтів, таку як прізвище ім'я по батькові, кількість сеансів, призначених для кожного пацієнта, тривалість одного сеансу, кількість пройдених сеансів, дата проведення останнього сеансу. Також було створено, крім головного модуля, чотири модулі форми(рисунок 2.21):

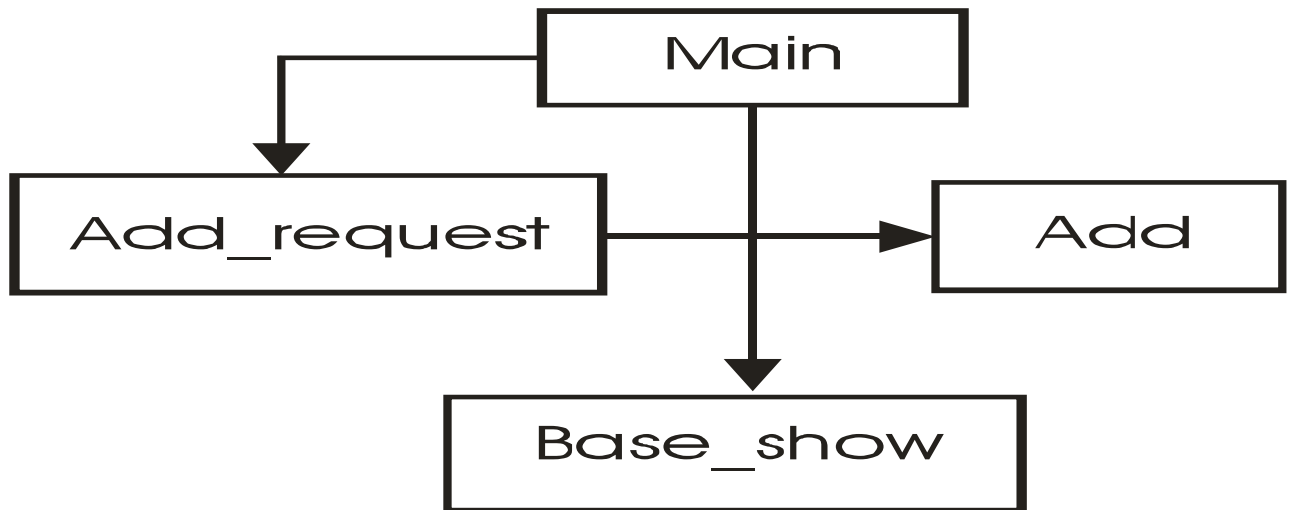


Рисунок 2.21 - Схема зв'язку модулів в програмі

- Main - основний модуль програми відповідає за перевірку на заповненість полів "Прізвище", "Ім'я", "По батькові", виклик форми додавання ПІБ в БД, активацію кнопки "Початок сеансу", кнопки "Пуск", "Зупинити" на панелі управління електростимулятором та ін.;

- Base_show - модуль відображення бази даних;

- Add_request - модуль запиту на додавання рядка в базу даних;


- Add - модуль форми додавання рядка в базу даних, який формує рядок і записує її в базу даних.

Лістинг програми наведено в додатку.

2.4.2 Опис роботи програми

Програма «Електростимулятор» дозволяє управляти частотою генератора синусоїдальних коливань, підключеного до персонального комп'ютера через COM-порт.

Для початку роботи з програмою запустити її подвійним клацанням лівої

кнопки миші по значку програми . Якщо ще не створено бази даних, то з'явиться вікно (рис 2.22) попереджає про те, що не знайдений файл бази даних



base.txt і він буде створений заново.

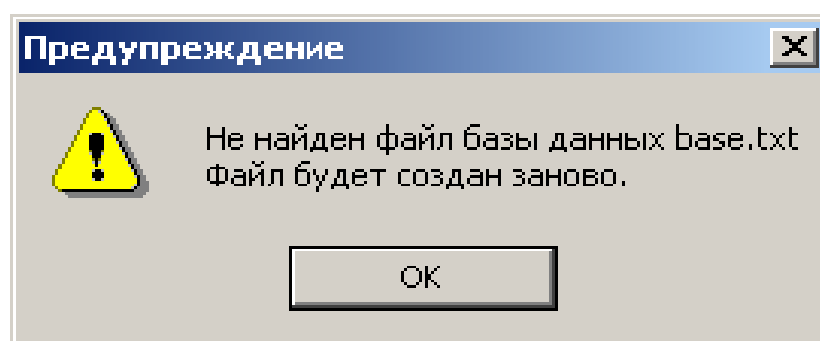


Рисунок 2.22 - Вікно попереджає про те, що не знайдено файл бази даних

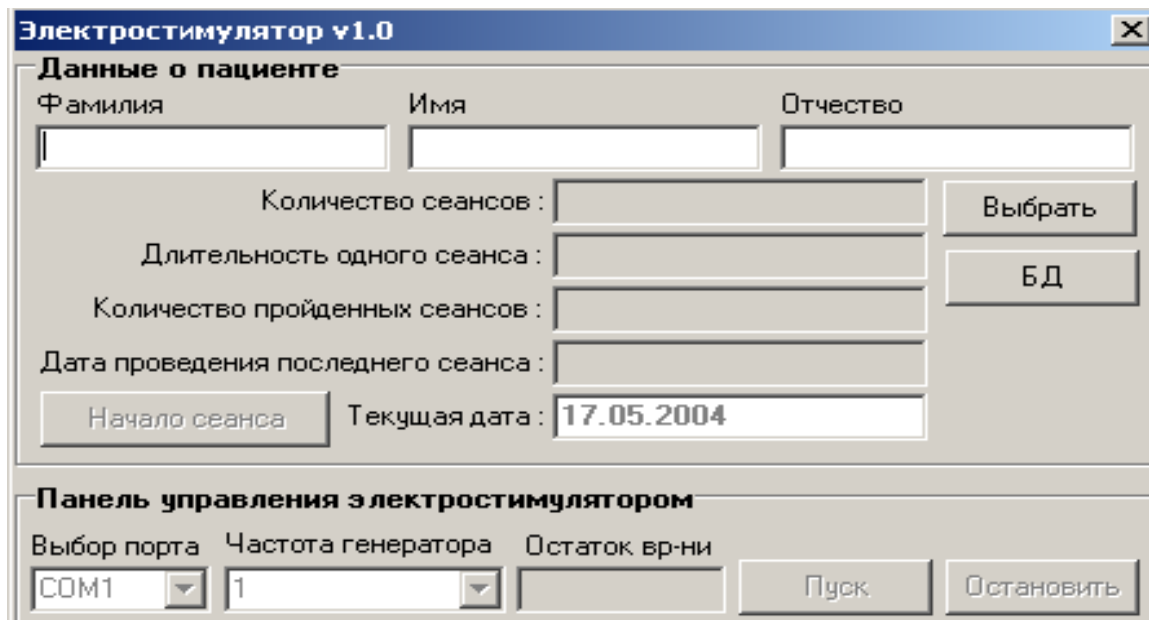


Рисунок 2.23 - Вікно програми "Електростимулятор"

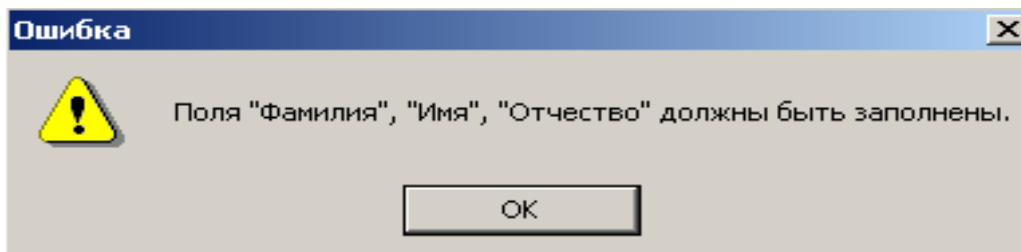


Рисунок 2.24 - Вікно попереджає про те, що поля прізвище ім'я по батькові пацієнта повинні бути заповнені

При запуску програми з'явиться вікно програми "Електростимулятор" (рис 2.23).

У полях редагування необхідно ввести прізвище ім'я по батькові пацієнта і натисніть кнопку «Вибрати». Якщо не натиснути кнопку «Вибрати», не ввівши прізвище ім'я по батькові пацієнта в поля редагування, то з'явиться вікно (рисунок 2.24), яке попереджає про те, що поля прізвище ім'я по батькові пацієнта повинні бути заповнені.

При натисканні кнопки «Вибрати» відкривається вікно (рисунок 2.25), яке попереджає про те, що такого пацієнта немає в базі даних і, якщо треба додати запис про пацієнта в базу даних то, треба натиснути кнопку «Додати», якщо немає, то натиснути кнопку «Скасування».

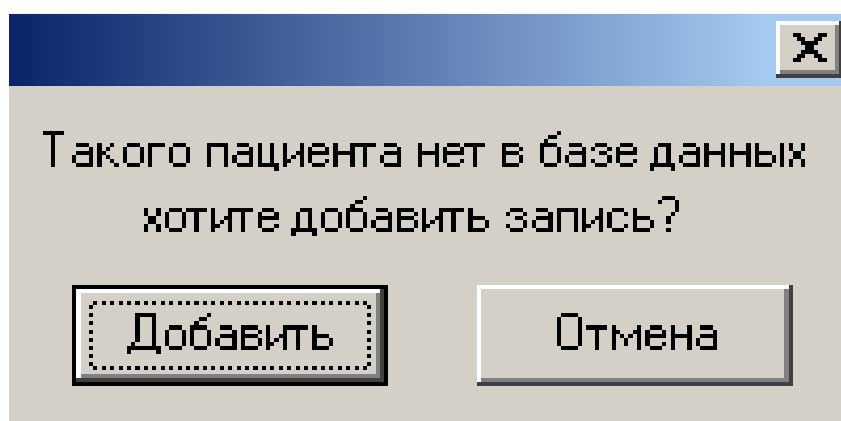
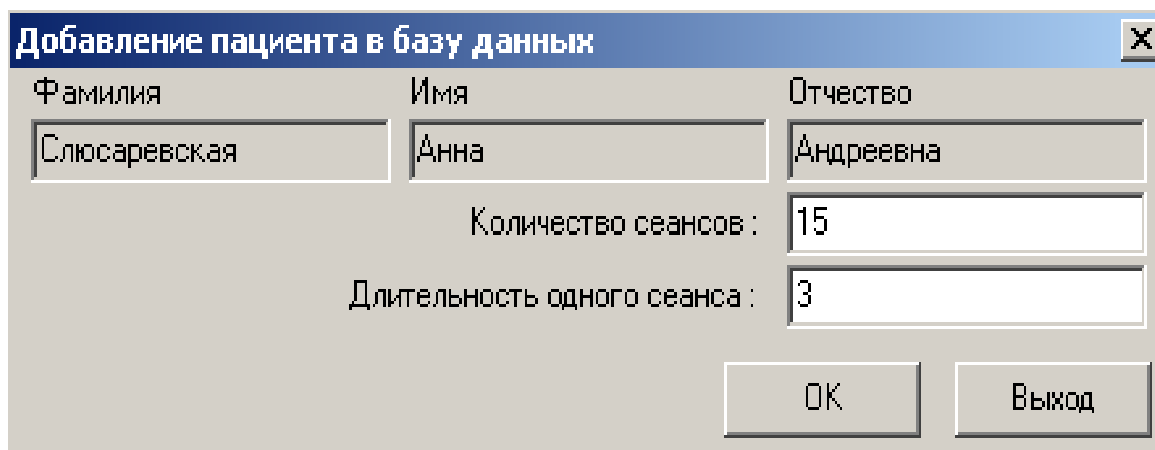


Рисунок 2.25 - Вікно попереджає про те, що такого пацієнта немає в базі даних

Після натискання кнопки «Додати» з'явиться вікно додавання пацієнта в базу даних (рисунок 2.26) . Необхідно ввести кількість сеансів і тривалість одного сеансу в поля редагування і натиснути кнопку «ОК» для додавання запису в базу даних, якщо ж ні, то натиснути кнопку «Вихід ».



Фамилия	Имя	Отчество
Слюсаревская	Анна	Андреевна
Количество сеансов :		15
Длительность одного сеанса :		3

ОК Выход

Рисунок 2.26 - Вікно додавання пацієнта в базу даних

Після натискання кнопки «ОК» автоматично з'являються записи в полі виведення даних «кількість сеансів» і «тривалість одного сеансу» у вікні програми "Електростимулятор".

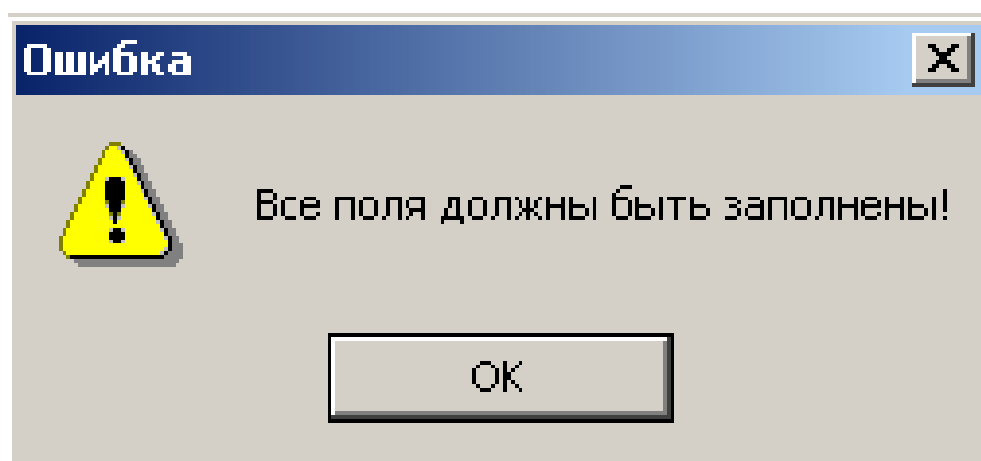
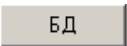
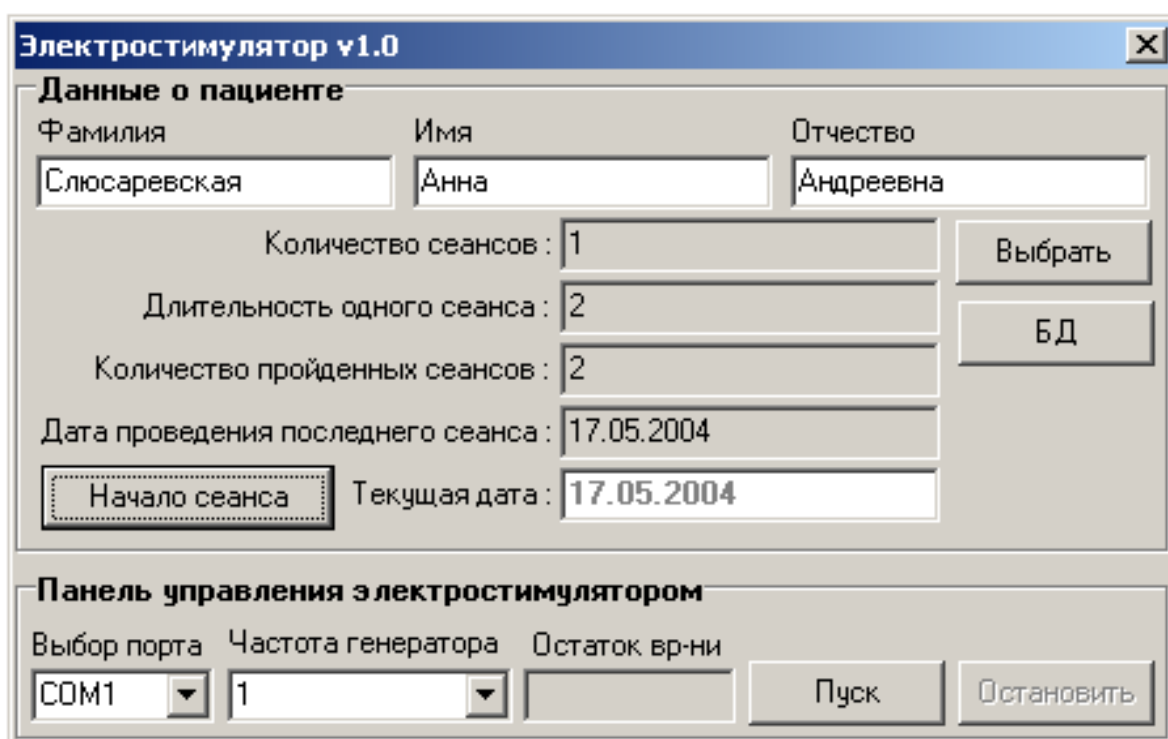


Рисунок 2.27 - Вікно попереджувала про помилку і повідомляє про те, що всі поля повинні бути заповнені

Якщо не заповнити поля редагування даними і натиснути кнопку «ОК», то з'явиться вікно (рисунок 2.27), яке попереджає про помилку і повідомляє про те, що всі поля повинні бути заповнені.

Після натискання кнопки «ОК» активізується кнопка «Початок сеансу», натиснути її. При цьому автоматично заповнюються поля «Кількість пройдених сеансів», «Дата проведення останнього сеансу» (рисунок 2.28), дані з яких заносяться в базу даних. В полі «Поточна дата» дані виводяться автоматично, але в базу даних не заносяться. Для перегляду бази даних треба натиснути кнопку .

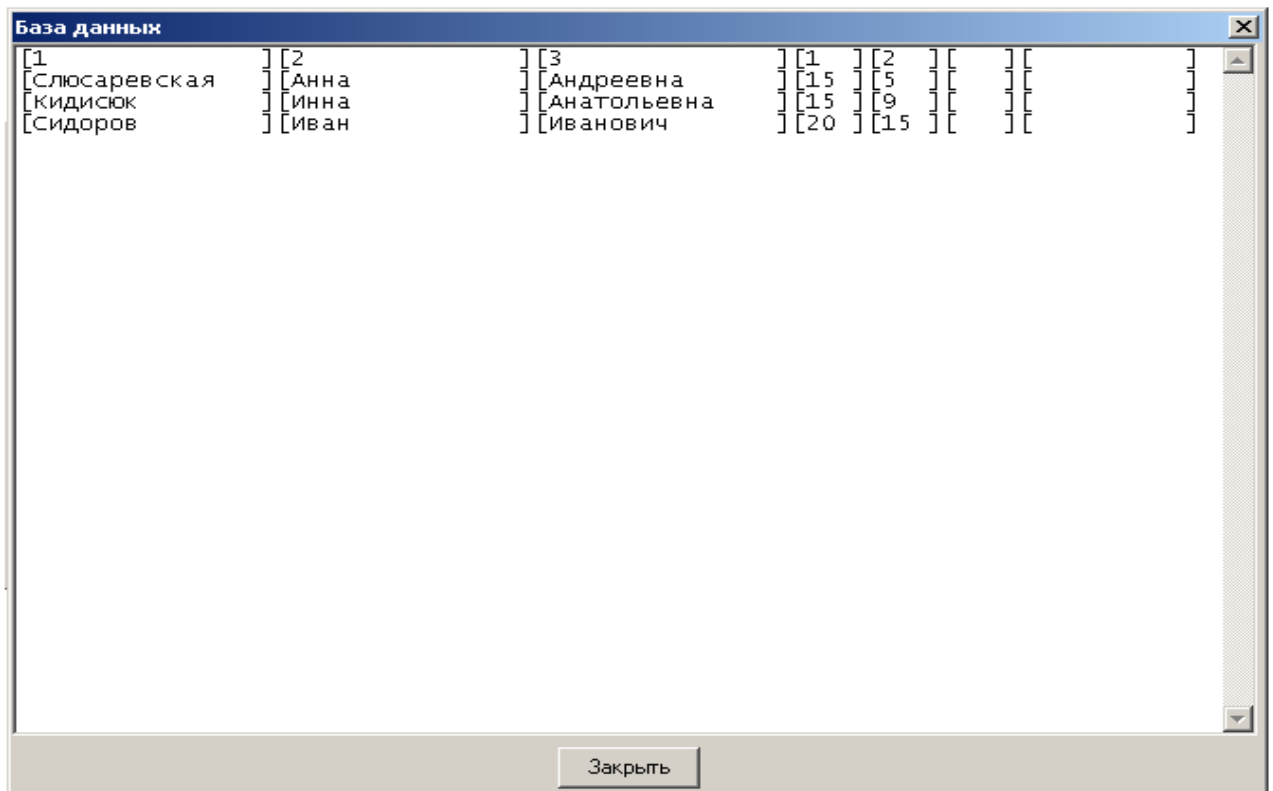
Вид вікна бази даних наведено на малюнку 2.29.



Данные о пациенте		
Фамилия	Имя	Отчество
Слусаревская	Анна	Андреевна
Количество сеансов :	1	Выбрать
Длительность одного сеанса :	2	БД
Количество пройденных сеансов :	2	
Дата проведения последнего сеанса :	17.05.2004	
Начало сеанса	Текущая дата :	17.05.2004

Панель управления электростимулятором				
Выбор порта	Частота генератора	Остаток вр-ни	Пуск	Остановить
COM1	1			

Рисунок 2.28 - Вікно програми «Електростимулятор» із заповненими полями



[1	[2	[3	[1	[2	[[[
[Слюсаревская	[Анна	[Андреевна	[15	[5	[[[
[Кидисюк	[Инна	[Анатолевна	[15	[9	[[[
[Сидоров	[Иван	[Иванович	[20	[15	[[[

Рисунок 2.29 - Вікно бази даних

Після натискання кнопки «Початок сеансу» активізується панель управління електростимулятором. Вибрати порт до якого підключається генератор синусоїдальних коливань COM1 або COM2. Якщо до вибраного порту генератор не підключений, то з'явиться повідомлення про помилку - вибрати інший порт. Потім вибрати частоту генератора, при якій буде проходити сеанс в межах від 1 до 150 Гц.

При натисканні кнопки «Пуск» починається сеанс, при цьому активізується кнопка «Зупинити», за допомогою якої можна перервати сеанс.

В поле «Залишок вр-ні» буде висвітлюватися скільки хвилин залишилося до закінчення сеансу. Після закінчення сеансу в поле «Залишок вр-ні» буде запис 0 хв і активізується кнопка «Пуск».

В ході виконання дипломної роботи:

- 1) Розроблено функціональний модуль для зорового аналізатора;
- 2) Проведено дослідження характеристик електростимулятора;
- 3) розроблено програмне забезпечення для електростимулятора.

РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

3.1 Розрахунок виробництва електростимуляторів

Для вибору технології виробництва електростимуляторів проаналізуємо ієрархії чотирьох варіантів (таблиця 3.1), враховуючи шкалу відносної важливості (таблиця 3.2).

Таблиця 3.1 – Можливі варіанти технологій виробництва замовлених електростимуляторів

Технологія		Короткий опис (реалізована базова функція)
A	Амбіокор - 01	Біполярна (І-НЕ)
B	ФОСФЕН	Біполярна (АБО-НЕ)
C	Універсальний ОР - 3Б	МДП із n – каналом (І-НЕ й АБО-НЕ)
D	Professional KEELER	Комплементарна МДП (І-НЕ й АБО-НЕ)

Таблиця 3.2 – Шкала відносності 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 робимо за критеріями наведеними в таблиці 3.3.

Встановлюємо відносну вагу кожного критерію на основі матриці попарних порівнянь для обраних критеріїв (таблиця 3.3),

У матриці прийняті наступні позначення:

i – номер критерію;

при порівнянні 6-ох критеріїв (таблиця 3.3) $I=1,2,3,4,5,6$;

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

Таблиця 3.3 Попарне порівняння критеріїв

Критерій	1	2	3	4	5	6	X_i
1. Швидкодія	1	1/3	3	1/5	1/5	3	0,073
2. Завадостійкість	3	1	3	1/7	1/7	3	0,116
3. Споживання	1/3	1/3	1	1/7	1/7	3	0,051
4. Площа	7	3	5	1/5	1/5	7	0,245
5. Сумісність	5	7	7	5	1	5	0,473
6. Вартість	1/3	1/5	1/3	1/7	1/5	1	0,033
Σ							1,00

Порівняння проводимо так: відносна вага критерію самого до себе дорівнює 1. Почнемо, наприклад, з критерію «площа»: відносно критерію «швидкодія» він має значну перевагу (за таблицею 3.2 оцінка – 7), тоді в 4- й строці, 1 – му стовпчику ставимо 7, а в 1 – й строці, 4 – му стовпчику ставимо 1/7;

Відносно критерію «завадостійкість» він має помірну перевагу (за таблицею 3.2 оцінка – 3), тоді в 4 – й строці, 2 – му стовпчику ставимо 3, а в 2 – й строці, 4 – му стовпчику ставимо 1/3;

Відносно критерію «споживання» він має сильну перевагу (за таблицею 3.2 оцінка – 5), тоді 4 – й строця, 3 –му стовпчику ставимо 5, а в 3 – й строці, 4 – му стовпчику ставимо 1/5; і т.д. порівнюємо цей критерій з іншими.

Так само порівнюючи кожний критерій з іншими, заповнюємо таблицю 3.3 Далі в кожній строчці перемножуємо всі 6 значень і заповнюємо стовпчик X_i .

Далі аналогічно складаємо 6 матриць попарних порівнянь альтернатив стосовно кожного критерію (таблиці 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9) Оскільки тепер порівнюються 4 технології по одному критерію то $i=1,2,3,4$;

Таблиця 3.4 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «швидкодія»

Технологія	A	B	C	D	X_i
A	1	1/5	3	3	0,19
B	5	1	7	7	0,65
C	1/3	1/7	1	1/2	0,07
D	1/3	1/7	2	1	0,09
Σ					1,00

Таблиця 3.5 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «заводостійкість»

Технологія	A	B	C	D	X_i
A	1	5	1	1/3	0,21
B	1/5	1	1/5	1/7	0,09
C	1	5	1	1/3	0,29
D	3	7	3	1	0,41
Σ					1,00

Таблиця 3.6 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «споживання»

Технологія	A	B	C	D	X_i
A	1	5	1/5	1/7	0,09
B	1/5	1	1/7	1/9	0,04
C	5	7	1	1/3	0,29
D	7	9	3	1	0,58
Σ					1,00

Таблиця 3.7 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «заводостійкість»

Технологія	A	B	C	D	X_i
A	1	5	3	5	0,21
B	1/5	1	1/3	1/2	0,05
C	1/3	3	1	3	0,43
D	1/5	2	1/3	1	0,31
Σ					1,00

Таблиця 3.8 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «заводостійкість»

Технологія	A	B	C	D	X_i
A	1	5	1/3	1/5	0,13
B	1/5	1	1/7	1/9	0,04
C	5	7	1	1/2	0,41
D	3	9	2	1	0,42
Σ					1,00

Таблиця 3.9 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «заводостійкість»

Технологія	A	B	C	D	X_i
A	1	3	5	6	0,56
B	1/3	1	3	4	0,26
C	1/5	1/3	1	2	0,11
D	1/6	1/4	1/2	1	0,07
Σ					1,00

Глобальний пріоритет для кожної альтернативи обчислюється як сума добудов кожного локального пріоритету на його ваговий коефіцієнт. В таблиці 3.10 строка «вага» - це стовпчик X_i , таблиці 3.3, строка Амбіокор – 01 – це значення X_i – таблиць 3.4 – 3.9 для технології А, строка ФОСФЕН – для технології В і т.д. Глобальний пріоритет для кожної технології розраховується так:

Для технології Амбіокор – 01: $0,073 \times 0,19 + 0,116 \times 0,21 + 0,051 \times 0,09 + 0,254 \times 0,21 + 0,473 \times 0,13 + 0,033 \times 0,56 = 0,176$;

Для технології ФОСФЕН: $0,073 \times 0,65 + 0,116 \times 0,09 + 0,051 \times 0,04 + 0,245 \times 0,05 + 0,473 \times 0,04 + 0,033 \times 0,26 = 0,100$ і т.д.

Таблиця 3.10 – Глобальний пріоритет для кожної альтернативи

Пріоритети	№1	№2	№3	№4	№5	№6	Глобальний
Вага	0,073	0,116	0,051	0,254	0,473	0,033	
Амбіокор - 01	0,19	0,21	0,09	0,21	0,13	0,56	0,176
ФОСФЕН	0,65	0,09	0,04	0,05	0,04	0,26	0,100
Універсальний ОР - 3Б	0,07	0,29	0,29	0,43	0,41	0,11	0,360
Professional KEELER	0,09	0,41	0,58	0,31	0,42	0,07	0,364

З порівняння глобальних пріоритетів різних технологій (таблиця 3.10) видно, що найбільшим є пріоритет у варіанта реалізації електростимулятора у Professional KEELER.

За допомогою методу аналізу ієрархій проведене порівняння чотирьох типів електростимуляторів за наступними критеріями: 1) швидкодія; 2) заводостійкість; 3) споживна потужність; 4) площа, займана на кристалі; 5) сумісність; 6) вартість. Найбільший локальний пріоритет у критерію «сумісність» (дивись таблицю 3.3) За даними таблиця 3.9 локальний пріоритет за критерієм «вартість» є найвищим для електростимулятора Амбікор – 01. Проте найбільш глобальний пріоритет має Professional KEELER. Тому перевага віддається Professional KEELER, саме він і буде використовуватися для реалізації замовного електростимулятора.

3.2 Розрахунок показників надійності

При розрахунку визначимо наступні показники:

Наробіток на відмову T [год]:

$$T=1/A$$

де A – інтенсивність відмов пристрою, годин^{-1} ;

$$A=\sum\lambda_i,$$

де λ_i – інтенсивність відмов i – го елемента, n – кількість елементів в пристрої;

імовірність безвідмовної роботи за рік (8760 годин):

$$P_{\text{бп}}(t=8760)=e^{-At}=e^{-A*8760}$$

Таблиця 3.11 – Інтенсивність відмов елементів

Найменування елемента	Кількість k	Інтенсивність відмов одного елемента λ_i , 1/год	Інтенсивність відмов всіх елементів $k*\lambda_i$, 1/год
Інтегральна схема	1	10^{-6}	$1*10^{-6}$
Разом	1		$A=10^{-6}$

Таким чином,

$$A = 10^{-6} \text{ [1/год];}$$

$$T = 1/A = 1/10^{-6} = 10^6 \text{ [годин];}$$

$$P_{\text{бр}}(t=8760) = e^{-At} = e^{-A*8760} \approx 0,991$$

Час наробітку на відмову виробники різних електронних компонентів намагаються зробити якнайбільш, для того щоб при інтегруванні цих компонентів в одному пристрої (на одній друкованій платі) час наробітку на відмову теж був би більшим (при інтеграції n компонентів час наробітку на відмову зменшується приблизно в n разів). І тому час наробітку на відмову даної БІС становить близько 114 років, тобто набагато більше строку морального старіння.

3.3 Розрахунок витрат на елементи інтегральної мікросхеми

Таблиця 3.12 – Розрахунок вартості покупок виробів

Найменування елемента	Тип	Кількість, шт.	Ціна за одиницю, грн.	Сумма, грн.
Кристал	Кремнієвий	1	0,16	0,16
Корпус	2123.40-1	1	0,40	0,40
Провідники		40	0,032	1,28
Виготовлення фотошаблону ІС		Площа, см ²	Ціна за см ² , грн.	
		3,5	1,29	4,51
Разом				6,35

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

При розробці основних елементів електростимулятора було розглянуто наступні етапи техніки безпеки:

4.1 Вимоги до ізоляції побутових і промислових приладів

Безпечна експлуатація всіх видів електротехнічного обладнання безпосередньо залежить від фактичного стану ізоляційних матеріалів, які закладені в конструкцію струмоведучих частин кожного інсталяційного виробу.

4.2 Ізоляційний захист електрообладнання

Ізоляційні матеріали забезпечують захист оточуючих людей і тварин від електроудара. Умова одна: потрібно правильно підібрати видатковий діелектрик, його форму, товщину, параметри робочої напруги (воно може бути різним, як і конструкція приладу).

Крім того, істотний вплив на якість ізоляторів можуть надавати виробничі або побутові умови експлуатації складного електротехнічного пристрою. Якість ізоляції, товщина і ступінь електроопору повинні відповідати фактичному впливу навколишнього середовища і стандартним умовам експлуатування.



Рисунок 4.1 – Зображення мультиметра

Для перевірки ізоляційних властивостей по кабелю подається випробувальна напруга, а потім за допомогою мультиметра або тестера знімається показання опору ізоляції електропристрою.

До складу електричної ізоляції може входити як певної товщини шар діелектрика, так і конструкційна форма (корпус), виконана з діелектричного матеріалу. Діелектриком покривається вся поверхня струмоведучих елементів обладнання або ж тільки ті струмопровідні елементи, які ізольовані від інших частин конструкції.

4.3 Робоча (основна) ізоляція

Робоча ізоляція - це, головний захист електричних установок, яка забезпечує ї нормальну і стабільну роботу, без виникнення коротких замикань,

захищає споживачів від прямого контактування з струмоведучими частинами. Робочої ізоляцією, згідно з нормативами, має бути покрита вся поверхня проводів, кабелів, інших елементів, за якими проходить електричний струм. Наприклад, шнури електричних приладів завжди покриті ізоляцією.



Рисунок 4.2 – Полівінілхлоридні трубки

Полівінілхлоридні трубки застосовують в якості недорогого і швидкого способу по ізоляції струмоведучих частин проводів, що підходять до електричних приладів.

Вона повинна гарантувати стійкість проти всіх потенційних, зовнішніх впливів, які можуть виникнути в процесі експлуатації електровимикачів в разі синхронного впливу силових полів, термічного нагріву, механічного тертя, агресивних проявів навколишнього середовища.

Зазначені фактори негативно впливають на електричні характеристики діелектричних (ізоляційних) матеріалів, також через них може відбутися необоротне погіршення корисних якостей, тобто ізоляція буде схильна до швидкого зносу.



Рисунок 4.3 – Ізоляційна стрічка

Ізоляційна стрічка - недорогий і доступний всім ізоляційний матеріал. Колірна гамма може бути різною, клейовий склад стійкий, зчеплення міцне і стійке до стирання.

Якщо мова йде про промислову експлуатацію вимикачів, то персонал підприємства повинен періодично перевіряти інтенсивність зношування ізоляційних конструкцій, своєчасно проводити профілактичні заходи по

контролю їх захисних властивостей. Відповідальна підтримка високого рівня опору ізоляції зменшує потенційно можливі замикання на землю, корпус, зводить до нуля удари струмом.

Показник опору характеризує поточний стан якості ізоляції між 2 провідними елементами, дає вказівку за ризиком протікання струму. Неруйнівний характер такого контролю корисний при відстеженні зносу і старіння шарів ізоляції.

У побутових приладах ізолюють також кнопки, проводи й корпусну оболонку, виготовлену з металу. Недоліком такого роду покриттів вважається відносно висока механічна крихкість: існує теоретична можливість руйнування ізоляційного шару від багаторазових механічних впливів. Через це металеві частини електричних пристроїв можуть опинитися під напругою.

Тому дуже важливо проводити виміри фізичного стану ізоляції відповідними приладами, відповідно до електричної схеми.

У разі руйнування корпусу буде порушено конструктивне розташування деталей і елементів, і прилад перестане працювати. Якщо в ньому є захист, то вона спрацює автоматично і відключить несправний виріб від мережі.

Електротехнічна ізоляція в побутових приладах підрозділяється на відповідні класи:

- 0;
- 0I;
- I;
- II;
- III.

Прилади з класом ізоляції «0» мають робочий ізоляційний шар, але без застосування елементів для заземлення. У їх конструкції немає затиску для з'єднання захисного провідника.

Прилади з ізоляцією класу «0I» мають ізоляцію + елемент для занулення, але в них міститься провід для з'єднання з джерелом живлення.

4.4 Електроізоляція

Стан електричної ізоляції значною мірою визначає безпека експлуатації електроустановок, особливо – у мережах з ізольованою нейтраллю. Опір ізоляції в даному випадку визначає струм, що проходить через тіло людини. У мережах з напругою понад 1000 В ушкодження ізоляції приводить до замикання на землю. При заземленій нейтралі струм замикається на землю і струм, що проходить через людину, не залежать від опору ізоляції, але при ушкодженні ізоляції можливі замикання на корпус чи короткі замикання. При замиканні на корпус виникає небезпека поразки людей, тому що під напругою опиняються не струмоведучі частини. Коротке замикання може служити причиною пожежі.

Опір ізоляції кожної ділянки в межах з напругою до 1000 В повинен бути не нижче 500 кОм на фазу. Ділянкою вважається частина мережі між двома послідовно встановленими апаратами захисту чи за останнім захисним апаратом (автоматичне реле, плавкий запобіжник і т.п.). Для ізоляції електричних апаратів і машин норми інші.

Опір ізоляції залежить від багатьох факторів – від питомого електричного опору ізоляційного матеріалу, від товщини ізоляції і довжини ділянки. Опір ізоляції зменшується зі збільшенням вологості повітря. Підвищена температура прискорює старіння ізоляції, що призводить до зниження її опору і навіть до руйнування. Опір ізоляції нелінійно залежить від прикладеної напруги – з ростом напруги він знижується.

Для електроізоляції використовуються покривні лаки, фарби. Як електроізоляційні матеріали застосовуються бавовняна пряжа, гума, поліхлорвініл, нейрит і інші пластмаси. При високих температурах використовується азбест.

З метою підвищення надійності застосовується подвійна ізоляція, що особливо ефективна в ручному електроінструменті. Тут використовується робоча ізоляція, тобто ізоляція струмоведучих частин усередині корпусу, і

додаткова – ізольований сам корпус. Такі електроустановки маркіруються знаком:



Проводи повітряних ліній електропередач підвищують на порцелянових ізоляторах, щоб уникнути замикання через дугу.

Активний опір ізоляції на ділянці у випадку проводів круглого перетину можна визначити за формулою, Ом [13]:

$$R_{\text{и}} = \rho \delta / \pi d_{\text{и}} l, \quad (4.1)$$

де ρ – питомий електричний опір ізоляційного матеріалу, Ом • м; δ – товщина ізоляції, м; $d_{\text{и}}$ – діаметр ізоляції, м; l – довжина ділянки, м.

У випадку великої довжини ділянки необхідно враховувати ємнісну провідність. Ємнісний опір однієї фази щодо землі, Ом [13]:

$$X_c = 1 / 2\pi f \quad (4.2)$$

Повний опір фазного проводу $Z_{\text{ф}}$ щодо землі можна представити як два паралельно включених опори – активний і ємнісний. Тоді одержуємо, Ом [13]:

$$Z_{\text{ф}} = \frac{1}{\sqrt{1/R_{\text{и}}^2 + 1/X_c^2}} \quad (4.3)$$

4.5 Приклад розрахунку електроізоляції

Наприклад питомий електричний опір ізоляційного матеріалу $\rho=20 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, товщина ізоляції $\delta=5 \text{ м}$, діаметр ізоляції $d_{\text{и}}=6 \text{ м}$, довжина ділянки $l=5 \text{ м}$, частота $f=0,8 \text{ Гц}$. Треба визначити активний опір на ділянці, також у випадку коли велика довжина ділянки та розрахувати повний фазний опір.

Для розрахунку активного опору використаємо формулу [13]:

$$R_{\text{и}} = \rho \delta / \pi d_{\text{и}} l \quad (4.4)$$

Та отримаємо:

$$R_{\text{и}} = 20 \cdot 5 / 3,14 \cdot 6 \cdot 5$$

$$R_{\text{и}} = 1,061 \text{ Ом}$$

Потім розрахуємо ємнісний опір однієї фази за допомогою формули [13]:

$$X_c = 1 / 2\pi f \quad (4.5)$$

Отримуємо:

$$X_c = 1 / 2 \cdot 3,14 \cdot 0,8$$

$$X_c = 0,199045 \text{ Ом}$$

Отримавши значення активного опору та ємнісного опору, можливо розрахувати повний опір фазного проводу за допомогою формули [13]:

$$Z_{\Phi} = \frac{1}{\sqrt{1}} / R_{\text{и}}^2 + 1 / X_c^2 \quad (4.6)$$

Підставляємо отримані данні у формулу:

$$Z_{\phi} = \frac{1}{\sqrt{1}} / 1,061^2 + 1/0,1990,45^2$$

$$Z_{\phi} = 26,12 \text{ Ом}$$

Таким чином можливо розрахувати повний опір фазного проводу.

ВИСНОВКИ

1) Проведено аналіз використання зарубіжних та вітчизняних приладів для електростимуляції зорового аналізатора який показав що побудова приладу на вітчизняній елементній базі є актуальною проблемою і не потребує великих затрат;

2) Розроблена блок – схема та електрична принципова схема електростимулятора, до якої підключено програму керування та перевірено на працездатність;

3) Для пристрою розроблено програмне забезпечення, за допомогою якого електростимулятор буде надійно функціонувати та відповідати сучасним вимогам експлуатації.

4) У розділі ТЕО обрана глобальний варіант електростимулятора на вітчизняній елементній базі, який буде значно дешевший своїх зарубіжних аналогів.

5) Розроблено заходи з техніки безпеки при роботі з мікросхемами та електронікою. Встановлено, що розрахунок повного опору фазного проводу та його використання дасть змогу забезпечити комфортні умови роботи пацієнтів з електростимулятором.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хьюбел Д. Глаз, мозг, зрение / Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 239 с.
2. Ярбус А. Л. Роль движения глаз в процессе зрения. – М.: Наука, 1965. – 166 с
3. Сергиенко Н. М. Офтальмологическая оптика. – М.: Медицина, 1991. – 144 с.
4. Курчинская Л. Н. Медицинские оптические приборы. Учебное пособие. Л.: ЛИТМО. - 1988. - 90 с.
5. Офтальмологічне обладнання. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://foresight-agency.com/page-ofthalmologicheskoe-oborudovanie.html?locale=ua>
6. Електростимулятор. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://foresight-agency.com/page-electrostimulyator-fosfen.html?locale=ua>
7. Ручний офтальмоскоп. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.tiamed.ru/catalog/ofthalmoskopy-rossiya/ruchnoy-ofthalmoskop-or-3b-03/>
8. Бебчук Л. Г., Богачев Ю. В., Заказнов Н. П. Прикладная оптика. – М.: Машиностроение, 1987. – 312 с.
9. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. - М.: Наука, 1970. - 856 с.
10. Прямий офтальмоскоп. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://stormoff.ru/products/professional_oph/
11. Електростимуляція зорового нерву. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.ochkov.net/informaciya/stati/elektrostimulyaciya-zritelnogo-nerva-dlya-chego-primenyaetsya-i-naskolko-effektivna.htm>.
12. Електростимуляція. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://zir.kiev.ua/electrostimulation.html>
13. Рижков В.Г. Електобезпека. Методичні вказівки до дипломного та курсового проектування, контрольних робіт і практичних занять для студентів ЗДІА спеціальності «Металургія чорних металів» спеціалізації «Охорона праці

та екологія металургійного виробництва» денної та заочної форм навчання. – Запоріжжя, 2004. – 60с.

14. Белуха М.Т. Основи наукових досліджень. – К.: Вища шк., 1997 – 271с.

15. Лудченко А.А., лудченко Я.А., Приймак Т.А. Основи наукових досліджень. [Електронний ресурс] Режим доступу: /<http://socioworld.nm.ru>

16. Швець Є.Я., Головка О.П. Методичні вказівки до виконання дипломних і контрольних робіт для студентів ЗДІА спеціальності 7.0908.04 «Фізична та біомедична електроніка» «Техніко – економічне обґрунтування проектно – конструкторських робіт», Запоріжжя, 2010, - 17с.

17. Белоуха М.Т. Основи наукових досліджень. – К.Вища школа, 1997, - 271с.

18. Аудченко А.А., Лудченко Я.Н., Приймак Т.А. Основи наукових досліджень, 2010р.

19. Електростимулятор офтальмологічний [Електронний ресурс] Режим доступу: [http://babyluck-clinic.com/ru/fofen-mini.html#:~:text=Электроофтальмостимулятор%20офтальмологический%20«Ф ОСФЕН-М%20\(,характера%20при%20помощи%20электрического%20тока.](http://babyluck-clinic.com/ru/fofen-mini.html#:~:text=Электроофтальмостимулятор%20офтальмологический%20«Ф ОСФЕН-М%20(,характера%20при%20помощи%20электрического%20тока.)

20. Електростимуляція зорового нерву [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.ochkov.net/informaciya/stati/elektrostimulyaciya-zritel'nogo-nerva-dlya-chego-primenyaetsya-i-naskolko-effektivna.htm>

ДОДАТКИ