

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 Виробля та розрахунок параметрів кристалографічної структури для
швидкозмішувальної мережі системи

Виконав: студент II курсу, групи _____
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)

О. В. Кіліна

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент К. М. М. Федосин О. Ю.

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

Рецензент зам. директора Запорізького інституту мікроелектроніки
ЗНТУ Великадири О. В.

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

Запоріжжя
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут _____
Кафедра Мікроелектроніки та електронних інформаційних систем
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 153 "Мікро- та магістерська електроніка"
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Мікроелектроніка інформаційних систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Кришак Т. В.
« 28 » листопада 2020 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Кікілю Олександр Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проєкту) розробка та розрахунок нормативного приладдя для електроніки першої системи

керівник роботи Кедек А. Ю. к.т.н. доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 25 » травня 2020 року № 601-С

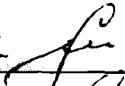
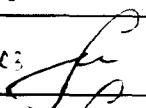

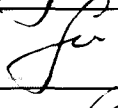
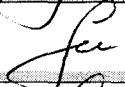
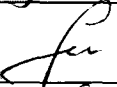
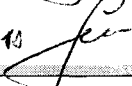

2. Строк подання студентом роботи 28.11.2020

3. Вихідні дані до роботи живлення від батареї 9В, частота прохідного імпульсу: 1-50кГц, амплітуда імпульсів за періодом часу: 1-200 мкс, ширина в логіці позитивна при навантаженні 0,5 кОм; 0,15-0,25 мА

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Ступінь складності параметри та вартість на першу систему. 2. Розробка та розрахунок нормативного приладдя для електроніки першої системи. 3. Підвищення ефективності обчислювальної результату роботи. 4. Оцінка часу та технічного бюджету

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

1. Периодичність смч. 2. Середня тривалість смч. Модуль в різних країнах. 3. Модуль кліматичної модифікації. 4. Різниця температур між ними розрахунок. 5. Види електроніки. 6. Схема апаратури "Електроніка". 7. Схема та діаграма роботи обчислювальної системи. 8. Схема електроніки


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
I	Федосюк О.Ю. доцент	03.02 	25.03 
II	Федосюк О.Ю. доцент	26.03 	30.09 
III	Федосюк О.Ю. доцент	06.10 	20.10 
IV	Федосюк О.Ю. доцент	21.10 	30.10 


7.

7. Дата видачі завдання 03. лютого 2020 року

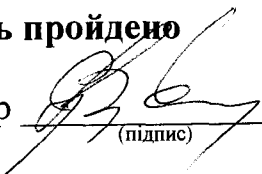
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз літератури за темою роботи на основі змісту	03.02 - 03.02	
2.	Написання I розділу	04.03 - 25.03	
3.	Будова висновку, написання II розділу	01.04 - 30.09	
4.	ТЕД та сторінка титулу	05.10 - 30.10	
5.	Оформлення поясн. записки та виконання процесів	02.11 - 24.11	

Студент  Кішків О.В.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту)  Федосюк О.Ю.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  Верховкін А.В.
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить 116 сторінок, 29 рисунків, 13 таблиць, 31 джерело літератури.

Об'єкт дослідження –прилади для терапії захворювань центральної нервової системи.

Мета роботи - розробка електричної схеми портативного приладу «Електросон».

Задачі роботи – розробити структурну та електричну схему приладу для терапії захворювань центральної нервової системи та проаналізувати його функціонування.

Методика досліджень – моделювання приладу за допомогою програмного забезпечення sPlan.

Короткий виклад результатів досліджень – запропоновано портативний прилад для терапії захворювань ЦНС, який виконано з живленням від змінних батарей і має низьковольтну напругу 9В, що забезпечує високу безпеку роботи приладу як для персоналу, так і для пацієнтів, розраховано його електричну схему, яку виконано на вітчизняній елементній базі, вона проста за конструкцією, низько коштовна та може бути виготовлена навіть у домашніх умовах.

Прогнозні пропозиції – результати роботи після допрацювання та виготовленню макету приладу можуть використовуватись в лікувальних закладах міста.

ЕЛЕКТРОСОН, ЦЕНТРАЛЬНА НЕРВОВА СИСТЕМА, БІЛЬ, АПАРАТ, ПАЦІЄНТ, СХЕМА, ТРАНЗИСТОР, ДІОД

Дипломну роботу виконано на кафедрі мікроелектронних та електронних інформаційних систем в період з 01.02.2020 по 28.11.2020 року.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 СТРУМ. ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ ТА ВПЛИВ НА НЕРВОВУ СИСТЕМУ.....	7
1.1 Електричний струм.....	7
1.2 Електричний імпеданс.....	13
1.3 Поняття сну та його вплив на людину.....	18
1.4 Нервова система.....	31
2 РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК ПОРТАТИВНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЕЛЕКТРОСТИМУЛЯЦІЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ.....	33
2.1 Електрофорез.....	33
2.2 Синусоїдальні модульовані струми – ампліпульстерапія.....	37
2.3 Розробка математичної моделі поширення нервового імпульсу в нейроні.....	42
2.4 Дослідження методу електросон терапії.....	50
2.5 Розробка структурної схеми апарату «Електросон».....	55
2.6 Конструкція стаціонарного апарату «Електросон-4Т».....	58
2.7 Схема електрична принципова апарату «Електросон-4Т».....	61
2.8 Розробка медико-технічних вимог до апаратури для терапії захворювань центральної нервової системи.....	65
2.9 Розрахунок блокінг-генератора в автоколивальному режимі.....	67
2.10 Розробка електричної схеми для портативного апарату «Електросон».....	74
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ.....	79
3.1 Порівняльний аналіз апаратів для терапії ЦНС за критеріями.....	79
3.2 Розрахунок витрат на елементи електричної схеми.....	88
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	90
4.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	90
4.2. Заходи з поліпшення умов праці, виробнича санітарія.....	91
4.3. Електробезпека.....	95

4.4. Пожежна та техногенна безпека.....	96
4.5 Дослідження засобів захисту від ураження струмом при дотику дофазового дроту.....	98
4.6 Оптимальні умови робочої зони.....	100
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	107
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	108

ВСТУП

Лікувальні ефекти, що виникають при впливі електричного струму на організм людини, були помічені досить давно. Ще римський вчений Скріоніус Ларгус (49 р. н. е.) прикладав до тіла хворих електричну рибу «торпедо» для лікування головних болів і подагри. Роботи Л. Гальвані, опубліковані в 1791 р. і пов'язані з проблемою «живого струму», винахід А. Вольта перших хімічних джерел струму, по суті, поклали початок вивчення дії електричного струму на живі організми. Однак перші відчутні практичні результати застосування електричного струму в медицині з'явилися лише на початку 20 століття, коли прогрес у розвитку науки і техніки дозволив створити апарати, здатні генерувати електричні струми необхідних характеристик і з'явилися високочутливі вимірювальні прилади, які могли бути використані, а рівень розвитку біологічних наук в цей період часу дозволив обґрунтовно застосовувати їх в медицині.

В даний час методи електричного впливу застосовуються практично у всіх областях медицини, як з лікувальною, так і діагностичною метою. Відповідно до медичної термінології вплив електричного струму на органи і тканини стали найчастіше називати електричною стимуляцією, підкреслюючи при цьому ту обставину, що електричний струм у біологічних тканинах викликає посилення функціональної активності систем, органів і тканин. Найбільш виражений цей ефект у збудливих тканинах: нервової та м'язової.

Електрична стимуляція успішно поєднується з традиційною лікарською терапією, а в ряді випадків дозволяє добитися лікувального ефекту там, де інші методи лікування не дають позитивного результату.

Прилади для терапії захворювань центральної нервової системи у більшості своїй громоздкі та стаціонарні, тому розробка портативного та більш бюджетного приладу, який зможе допомогти людині покращити свій фізичний та

психоемоційний стан здоров'я, особливо в умовах пандемії коронавірусу, є достатньо актуальним завданням.

СТРУМ. ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ ТА ВПЛИВ НА НЕРВОВУ СИСТЕМУ

1.1 Електричний струм

Електричний струм - спрямований (впорядкований) рух частинок або квазічастинок - носіїв електричного заряду[1].

Такими носіями можуть бути: в металах - електрони, в електролітах - іони (катіони і аніони), в газах - іони і електрони, в вакуумі при певних умовах - електрони, в напівпровідниках - електрони або дірки (електронно-діркова провідність). Іноді електричним струмом називають також струм зміщення, що виникає в результаті зміни в часі електричного поля.

Електричний струм має наступні прояви:

- нагрівання провідників (не відбувається в надпровідниках);
- зміна хімічного складу провідників (спостерігається переважно в електролітах);
- створення магнітного поля (проявляється у всіх без винятку провідниках).

Якщо заряджені частинки рухаються всередині макроскопічних тіл щодо того чи іншого середовища, то такий струм називають електричний струм провідності. Якщо рухаються макроскопічні заряджені тіла (наприклад, заряджені краплі дощу), то цей струм називають конвекційним.

Розрізняють постійний і змінний електричні струми, а також всілякі різновиди змінного струму. У таких поняттях часто слово «електричний» опускають.

Постійний струм - струм, напрямок і величина якого не змінюються в часі.

Змінний струм - електричний струм, що змінюється в часі. Під змінним струмом розуміють будь-який струм, який не є постійним.

Періодичний струм - електричний струм, миттєві значення якого повторюються через рівні інтервали часу в незмінній послідовності.

Синусоїдальний струм - періодичний електричний струм, який є синусоїдальною функцією часу[2]. Серед змінних струмів основним є струм, величина якого змінюється за синусоїдальним законом. У цьому випадку потенціал кожного кінця провідника змінюється по відношенню до потенціалу іншого кінця провідника поперемінно з позитивного на негативний і навпаки, проходячи при цьому через всі проміжні потенціали (включаючи і нульовий потенціал). В результаті виникає струм, який безперервно змінює напрямок: при русі в одному напрямку він зростає, досягаючи максимуму, іменованого амплітудним значенням, потім спадає, на якийсь момент стає рівним нулю, потім знову зростає, але вже в іншому напрямку і також досягає максимального значення, спадає, щоб потім знову пройти через нуль, після чого цикл всіх змін поновлюється.

Квазістаціонарний струм - «змінюється повільно відносно змінного струму, для миттєвих значень якого з достатньою точністю виконуються закони постійних струмів». Цими законами є закон Ома, правила Кірхгофа та інші. Квазістаціонарний струм, так само як і постійний струм, має однакову силу струму у всіх перетинах нерозгалуженого ланцюга. При розрахунку ланцюгів квазістаціонарного струму через що виникає е.р.с. індукції ємності і індуктивності враховуються як зосереджені параметри. Квазістаціонарними є звичайні промислові струми, крім струмів в лініях дальніх передач, в яких умова квазістаціонарності уздовж лінії не виконується. Електромагнітні обурення поширюються по електричному ланцюзі зі швидкістю світла, тому для періодично змінення струмів умова квазістаціонарності має вигляд:

$$\tau = \frac{l}{c} \ll T,$$

де l - характерні розміри електричного кола, c - швидкість світла, T - період змін. Наприклад, струм промислової частоти 50 Гц квазістаціонарний для ланцюгів протяжністю до 100 км.

Струм високої частоти - змінний струм, (починаючи з частоти приблизно в десятки кГц), для якого стають значущими такі явища, як випромінювання електромагнітних хвиль і скін-ефект. Крім того, якщо довжина хвилі випромінювання змінного струму стає порівнянною з розмірами елементів електричного кола, то порушується умова квазістаціонарності, що вимагає особливих підходів до розрахунку та проектування таких ланцюгів.

Пульсуючий струм - це періодичний електричний струм, середнє значення якого за період відмінно від нуля[3].

Односпрямований струм - це електричний струм, що не змінює свого напрямку.

Вихрові струми (струми Фуко) - «замкнуті електричні струми в масивному провіднику, які виникають при зміні пронзаючого його магнітного потоку», тому вихрові струми є індукційними струмами. Чим швидше змінюється магнітний потік, тим сильніше вихрові струми. Вихрові струми не течуть по певних дорогах в проводах, а замикаючись в провіднику утворюють вихреобразні контури.

Існування вихрових струмів призводить до скін-ефекту, тобто до того, що змінний електричний струм і магнітний потік поширюються в основному в поверхневому шарі провідника. Нагрівання вихровими струмами провідників призводить до втрат енергії, особливо в сердечниках котушок змінного струму. Для зменшення втрат енергії на вихрові струми застосовують поділ магнітопроводів змінного струму на окремі пластини, ізольовані один від одного і розташовані перпендикулярно напрямку вихрових струмів, що обмежує можливі контури їх шляхів і сильно зменшує величину цих струмів. При дуже високих частотах замість ферромагнетиків для магнітопроводів застосовують магнітодіелектрики, в яких через дуже великого опору вихрові струми практично не виникають.

Історично прийнято, що напрямок струму збігається з напрямком руху позитивних зарядів в провіднику. При цьому, якщо єдиними носіями струму є негативно заряджені частинки (наприклад, електрони в металі), то напрям струму протилежно напрямку руху заряджених частинок.

Швидкість (дрейфова) спрямованого руху часток в провідниках, викликаного зовнішнім полем, залежить від матеріалу провідника, маси і заряду частинок, навколишньої температури, прикладеної різниці потенціалів і становить величину, набагато меншу швидкості світла. За 1 секунду електрони в провіднику переміщуються за рахунок упорядкованого руху менше ніж на 0,1 мм - в 20 разів менше швидкості равлика. Незважаючи на це, швидкість поширення власного електричного струму дорівнює швидкості світла (швидкості поширення фронту електромагнітної хвилі). Тобто те місце, де електрони змінюють швидкість свого руху після зміни напруги, переміщуються зі швидкістю поширення електромагнітних коливань.

При наявності струму в провіднику відбувається робота проти сил опору. Електричний опір будь-якого провідника складається з двох складових:

- Активний опір - опір теплоутворення;
- Реактивний опір - «опір, обумовлений передачею енергії електричного або магнітного поля».

Як правило, більша частина роботи електричного струму виділяється у вигляді тепла. Потужністю теплових втрат називається величина, що дорівнює кількості виділеного тепла в одиницю часу. Відповідно до закону Джоуля - Ленца потужність теплових втрат в провіднику пропорційна силі струму, що протікає і прикладеній напрузі:

$$P = IU = I^2R = \frac{U^2}{R}.$$

Електричний струм має кількісні характеристики: скалярну - силу струму, і векторну - щільність струму.

Сила струму - фізична величина, що дорівнює відношенню кількості заряду ΔQ , що пройшов за деякий час Δt через поперечний переріз провідника, до величини цього проміжку часу.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t},$$

де ΔQ - кількість заряду, Δt – час.

Згідно із законом Ома сила струму I на ділянці ланцюга прямо пропорційна напрузі U , що додається до цієї ділянки ланцюга, і обернено пропорційна його опору R :

$$I = \frac{U}{R},$$

Якщо на ділянці ланцюга електричний струм не постійний, то напруга і сила струму постійно змінюється, при цьому у звичайного змінного струму середні значення напруги і сили струму дорівнюють нулю. Однак середня потужність при цьому нулю не дорівнює. Тому застосовують такі поняття:

- миттєві напруга і сила струму, тобто діючі в даний момент часу.
- амплітудні напруга і сила струму, тобто максимальні абсолютні значення
- ефективні (діючі) напруга і сила струму визначаються тепловою дією струму, тобто мають ті ж значення, які вони мають у постійного струмі з таким же тепловим ефектом.

Щільність струму - вектор, абсолютна величина якого дорівнює відношенню сили струму, що протікає через деякий перетин провідника, перпендикулярний напрямку струму, до площі цього перерізу, а напрямок вектора збігається з напрямком руху позитивних зарядів, що утворюють струм.

Поняття частоти відноситься до змінного струму, періодично змінює силу і / або напрямок. Сюди ж відноситься найбільш часто вживаний струм, що змінюється за синусоїдальним законом.

Період змінного струму - найменший проміжок часу (виражений в секундах), через який зміни сили струму (і напруги) повторюються. Кількість періодів, що здійснюється струмом за одиницю часу, носить назву частота.

Частота вимірюється в герцах, один герц (Гц) відповідає одному періоду в секунду.

Атмосферний струм - струм, який міститься в повітрі[4]. Вперше виявив присутність струму в повітрі і пояснив причину грому і блискавки Бенджамін Франклін. Надалі було встановлено, що струм накопичується в згущенні парів у верхніх шарах атмосфери, і вказані такі закони, яким слідує атмосферний струм:

- при ясному небі, так само як і при хмарному, атмосферний струм завжди позитивний, якщо на деякій відстані від місця спостереження не йде дощ, град або сніг;
- напруга електрики хмар стає досить сильною для виділення його з навколишнього середовища лише тоді, коли хмарні пари згущуються в дощові краплі, доказом чого може служити те, що розрядів блискавок не буває без дощу, снігу або граду в місці спостереження, виключаючи поворотний удар блискавки;
- атмосферний струм збільшується в міру зростання вологості і досягає максимуму у дощ, град і сніг;
- місце, де йде дощ, є резервуаром позитивного струму, оточений поясом негативного, який, в свою чергу, ув'язнений в пояс позитивного. На кордонах цих поясів напруга дорівнює нулю. Рух іонів під дією сил електричного поля формує в атмосфері вертикальний струм провідності із середньою щільністю, рівною близько $(2 \div 3) \cdot 10^{-12} \text{ А / м}^2$.

Повний струм, поточний на всю поверхню Землі, при цьому становить приблизно 1800 А.

Блискавка є природним іскровим електричним розрядом. Була встановлена електрична природа полярних саяв. Вогні святого Ельма - природний коронний електричний розряд.

Біоструми - рух іонів і електронів грає дуже істотну роль у всіх життєвих процесах. Створюваний при цьому біопотенціал існує як на внутрішньоклітинному рівні, так і в окремих частинах тіла і органів. Передача нервових імпульсів відбувається за допомогою електрохімічних сигналів. Деякі

тварини (електричні скати, електричний вугор) здатні накопичувати потенціал в кілька сот вольт і використовують це для самозахисту.

1.2 Електричний імпеданс

Електричний імпеданс (комплексний електричний опір) - комплексне опір між двома вузлами ланцюга або двухполюсника для гармонійних сигналур[5]. Це поняття і термін ввів фізик і математик О. Хевісайд в 1886 році. Аналогія з електричним опором провідника на прикладі резистора.

Резистор - пасивний елемент, що володіє чисто активним опором. Реактивна складова комплексного опору резистора дорівнює нулю, так як співвідношення між напругою на резисторі і струмом через нього не залежить від частоти струму / напруги, а так само через те, що резистор є пасивним елементом (оскільки не містить внутрішніх джерел енергії). Якщо до його кінців прикласти деяку напругу U (під'єднати джерело напруги), то через резистор піде електричний струм I . Якщо через резистор пропустити електричний струм I (під'єднати джерело струму), то між кінцями резистора виникне падіння напруги U . Резистор характеризується електричним опором, яке дорівнює відношенню напруги U , до току I :

$$R = \frac{U}{I}$$

Застосування поняття «електричний опір» до реактивних елементів (катушка індуктивності і конденсатор) при постійному струмі призводить до того, що:

- опір ідеальної катушки індуктивності прагне до нуля:

якщо пропустити через ідеальну котушку індуктивності деякий постійний струм I , то при будь-якому значенні I , падіння напруги на котушці буде нульовим:

$$U=0;$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{0}{I} = \infty.$$

- опір ідеального конденсатора прагне до нескінченності:

якщо прикласти до конденсатора деяку постійну напругу U , то при будь-якому значенні U , струм через конденсатор буде нульовим:

$$I=0$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U}{0} = \infty.$$

Це справедливо лише для постійного струму і напруги. У разі ж додатка до реактивному елементу змінного струму і напруги, властивості реактивних елементів істотно інші:

- напруга між виводами котушки індуктивності не дорівнює нулю;
- струм, що протікає через конденсатор, дорівнює нулю.

Така поведінка не може бути описана в термінах активного опору для постійного струму, оскільки активний опір передбачає постійне, яке не залежить від часу співвідношення струму і напруги, тобто відсутність фазових зрушень між струмом і напругою.

Було б зручно мати певний параметр аналогічний активного опору і для реактивних елементів, який би пов'язував струм і напругу на них подібно активного опору у формулі закону Ома для постійного струму.

Таку характеристику можливо ввести, якщо розглянути властивості реактивних елементів при впливах на них гармонійних сигналів. У цьому випадку струм і напруга виявляються пов'язані якоюсь константою (подібною в деякому сенсі до активного опору), яка і отримала назву «електричний імпеданс» (або

просто «імпеданс»). При розгляді імпедансу використовується комплексне уявлення гармонійних сигналів, оскільки саме в такому поданні одночасно враховується і амплітудні, і фазові характеристики гармонійних сигналів і відгуків систем на гармонійне вплив.

Якщо розглядати комплексний імпеданс як комплексне число в алгебраїчній формі(рисунок 1.1), то дійсна частина відповідає активному опорю, а уявна - реактивному. Тобто двухполюсник з опором можна розглядати як послідовно з'єднані резистор з опором і чисто реактивний елемент з опором.

Розгляд дійсної частини корисний при розрахунку потужності, що виділяється в двополюсника, оскільки потужність виділяється лише на активному опорі.

Якщо розглядати імпеданс як комплексне число в тригонометричній формі, то модуль відповідає відношенню амплітуд напруги і струму (зрушення фаз не враховується), а аргумент - зрушенню фази між струмом і напругою, тобто на скільки фаза струму відстає від фази напруги або випереджає.

Поняття імпедансу в класичній формі може бути застосовано, якщо при додатку до двухполюсника гармонійної напруги, струм, викликаний цією напругою, також гармонійний тієї ж частоти(рисунок 1.1). Для цього необхідно і достатньо, щоб двухполюсник був лінійним і його параметри не змінювалися з часом і закінчилися перехідні процеси. Якщо ця умова не виконана, то імпеданс не може бути знайдений з наступних причин: неможливо отримати вираз для імпедансу, який залежить від часу t , оскільки при обчисленні імпедансу множник не скорочується.

Однак і для лінійних двополюсників (для яких залежність від часу скорочується) імпеданс все ж залежить від частоти (за винятком випадку коли двухполюсник зводиться до схеми з одних резисторів і імпеданс виявляється дійсною величиною).

Практично це означає, що імпеданс може бути обчислений для будь-якого двухполюсника, що складається з резисторів, котушок індуктивності і конденсаторів, тобто з лінійних пасивних елементів. Також імпеданс добре

застосуємо для активних ланцюгів, лінійних в широкому діапазоні вхідних сигналів (наприклад, ланцюги на основі операційних підсилювачів).

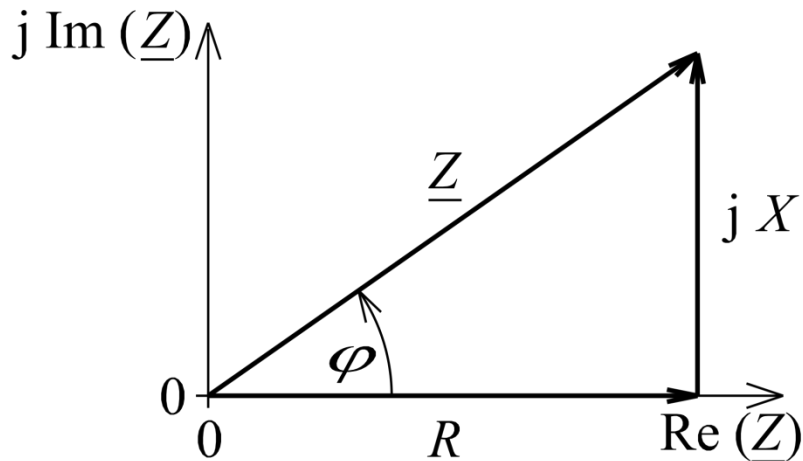


Рисунок 1.1 - Графічне представлення імпедансу на комплексній площині

Для ланцюгів, імпеданс яких не може бути знайдений в силу зазначеного вище обмеження, буває корисним знайти імпеданс в малосигнальній наближеності - для нескінченно малої амплітуди сигналу для конкретної робочої точки. Для цього необхідно перейти до еквівалентної схеми і шукати імпеданс для неї.

Імпеданс, певні через комплексну частоту, дозволяє обчислювати частотний відгук деякого лінійного ланцюга, порушуємо гармонійним сигналом, причому тільки в сталому режимі. Для розрахунку відгуку ланцюга на сигнал, довільно змінюється в часі застосовується узагальнений імпеданс - функції комплексної змінної і відгук ланцюга в тимчасовій області обчислюється через зворотне перетворення Лапласа, причому в таких обчисленнях збудливий сигнал з тимчасового подання повинен бути попередньо перетворений в комплексне уявлення через пряме перетворення Лапласа :

$$F_t(s) \int_0^{\infty} f_{in}(t) e^{-st} dt$$

Комплексний відгук системи виражається звичайним способом через перетворене комплексне уявлення збудливого сигналу і комплексну передавальну функцію системи:

$$F_{t,H}(s) = H(s)F_t(s)$$

Комплексна передавальна функція обчислюється звичайним методом розрахунку електричних ланцюгів, наприклад, за правилами Кірхгофа, у формулі в якості опорів підставляються узагальнений імпеданс. Узагальнений імпеданс пасивних двополосників наведений в спеціальній таблиці. Наприклад, узагальнений імпеданс ланцюга, що складається з послідовно включених резистора і котушки індуктивності буде $R+sL$.

Відгук ланцюга в тимчасовій області обчислюється зворотним перетворенням Лапласа:

$$f_{F,H}(t) = L^{-1}[H(s)F_t(s)] = \frac{1}{2\pi j} \int_{\sigma_1-j\cdot\infty}^{\sigma_1+j\cdot\infty} e^{st} H(s)F_t(s) ds,$$

де σ_1 - деяке дійсне число, вибирається з умов збіжності інтеграла.

Пряме вимірювання імпедансу вимагає вимірювання амплітуд синусоїдальних напруги і струму досліджуваного двухполосника, і одночасного вимірювання зсуву фази між ними.

Імпеданс також часто вимірюють компенсаційними методами за допомогою мостів змінного струму, подібними мосту Уитстона для постійного струму, при таких вимірах міст балансують зміною еталонних реактивного і активного елементів, за величиною реактивного і активного опору еталонних елементів, необхідного для балансування моста, визначається вимірюваний імпеданс.

У силових пристроях вимірювання імпедансу може вимагати одночасного вимірювання та подачі живлення на працюючий пристрій.

Вимірювання імпедансу пристроїв і ліній передач є практичним завданням в радіотехніці та інших областях.

Вимірювання імпедансу зазвичай проводяться на одній частоті, але якщо потрібно визначити залежність імпедансу від частоти, то вимірювання проводять на декількох частотах в потрібному діапазоні частот.

Активна і реактивна складові імпедансу зазвичай висловлюють в Омасі, але можуть використовуватися пов'язані з опором величини, наприклад, в радіотехніці, лініях передачі, коефіцієнт стоячої хвилі або коефіцієнт відбиття мають більшу зручність.

Опір пристрою можна розрахувати шляхом ділення комплексних напруги і струму. Опір пристрою розраховується шляхом подачі синусоїдального напруги на пристрій послідовно з еталонним резистором і вимірювання тиску на резисторі і на самому пристрої. Виконання цього виміру на декількох частотах тестуючого сигналу забезпечує визначення фазового зсуву і величину імпедансу.

Вимірювання відгуку досліджуваного ланцюга на імпульсний тест сигнал можна використовувати в поєднанні з швидким перетворенням Фур'є для вимірювання імпедансу різних електричних пристроїв.

LCR-вимірювач (індуктивність L , ємність C і опір R) або вимірювач імітансу - це пристрій, зазвичай використовується для вимірювання індуктивності, опору і ємності компонента. З цих значень можна розрахувати повний опір на будь-якій частоті.

1.3 Поняття сну та його вплив на людину

Сон (лат. Somnus) - природний фізіологічний стан, протилежний стану неспанья, що характеризується зниженою реакцією на навколишній світ, властиве ссавцям, птахам, риbam і деяким іншим тваринам, в тому числі комахам[6].

Крім цього, словом «сон» називають послідовність образів (які формуються протягом фази т. Н. «Швидкого сну»), які людина може пам'ятати, - сновидіння.

Фізіологічно звичайний сон відрізняється від інших, схожих на нього станів - анабіозу і сплячки у тварин, гіпнотичного сну, коми, непритомності, летаргічного сну.

Сну передуює процес переходу від неспанья - засипання, закінчується сон пробудженням.

Уві сні підвищується рівень анаболічних процесів і знижується катаболізм.

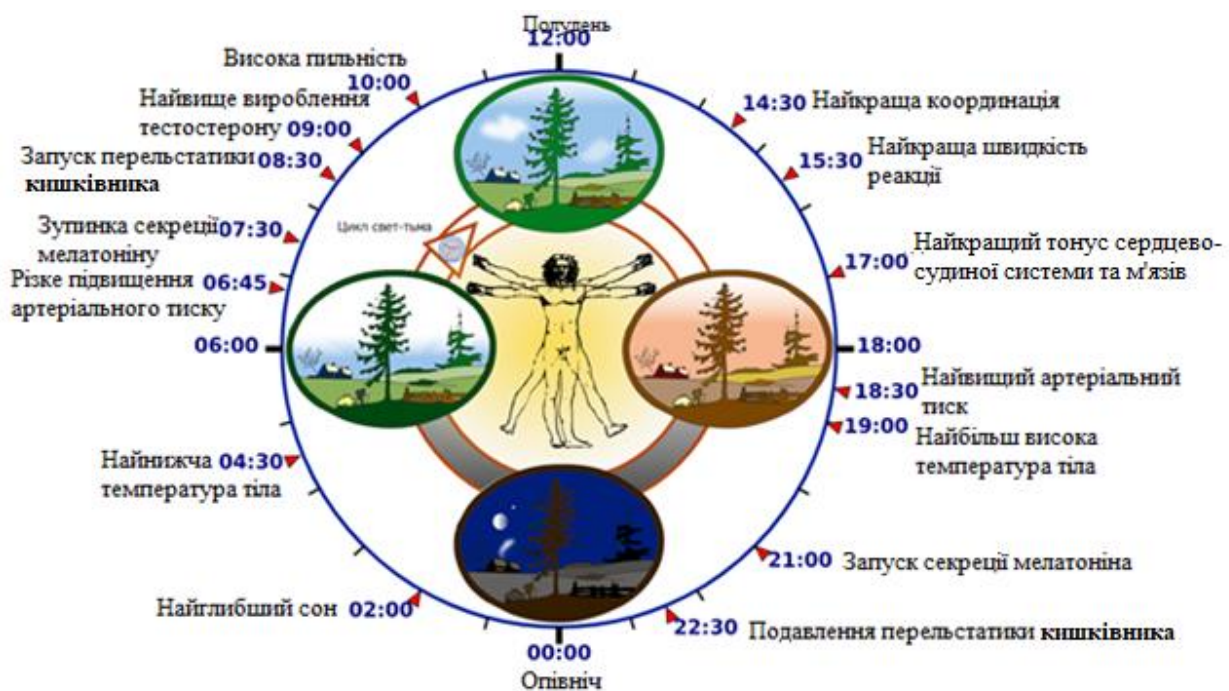


Рисунок 1.2 - «Біологічний годинник» людини

Сон у людини в нормі відбувається циклічно, приблизно кожні 24 години(рисунок 1.2). Ці цикли називають циркадні ритми. Вони перевизначаються щодоби, найбільш важливим синхронізуючим фактором є рівень освітлення. Від природного циклу освітленості залежить рівень концентрації спеціальних фотозавісимих білків. Серед інших можливих

синхронізуючих чинників слід зазначити сонячно-добові варіації геомагнітного поля, що досягають порівняно великих значень в середніх широтах, а також добові варіації електричного поля атмосфери Землі. Однак механізм дії цих факторів на циркадний ритм живого організму поки ще недостатньо вивчений, хоча відомо, наприклад, що геомагнітні бурі порушують циркадний ритм так само, як і різка зміна часових поясів - при геомагнітних бурях зменшується вироблення мелатоніну, гормону, що регулює циркадний ритм.

Крім нічного сну, в деяких культурах існує фізіологічно обумовлений короткочасний денний сон - сієста.

Безпосередньо перед сном настає стан сонливості, зниження активності мозку, що характеризується:

- зниженням рівня свідомості;
- позіханням;
- зниженням чутливості сенсорних систем;
- зниженням частоти серцевих скорочень, зниженням секреторної діяльності залоз (слинних → сухість слизової рота; слізних → печіння очей, злипання вік).

Професор Річард Р. Будзин (Будин) в Лабораторії досліджень сну багато років вивчав розлади сну і рекомендує методику швидкого засипання, засновану на шести етапах[7]. У річному звіті по клінічній психології він описав різні психологічні підходи, які були використані для лікування безсоння. Подібне лікування ще раніше було названо лікуванням стимульним контролем. Поради включають в себе: лягати спати, тільки коли хочеш спати, використовувати ліжко тільки для сна, не лежати в ліжку більше 10 хвилин, якщо не виходить заснути - зробити так, щоб ліжко асоціювалася тільки з швидким засипанням, прокидатися вранці по будильнику в одне і той же час, не спати вдень.

Сон - особливий стан свідомості людини і тварин, що включає в себе ряд стадій, які закономірно повторюються протягом ночі (при нормальному добовому графіку). Поява цих стадій обумовлено активністю різних структур мозку.

У здорової людини сон починається з першої стадії повільного сну (Non-REM-сон), яка триває 5-10 хвилин. Потім настає 2-га стадія, яка триває близько 20 хвилин. Ще 30-45 хвилин доводиться на період 3-й і 4-й стадій. Після цього сплячий знову повертається у 2-гу стадію повільного сну, після якої виникає перший епізод швидкого сну, який має коротку тривалість - близько 5 хвилин. Вся ця послідовність називається циклом. Перший цикл має тривалість 90-100 хвилин. Потім цикли повторюються, при цьому зменшується частка повільного сну, і поступово наростає частка швидкого сну (REM-сон), останній епізод якого в окремих випадках може досягати 1 години. В середньому, при повноцінному здоровому сні відзначається п'ять повних циклів. Послідовність зміни стадій і їх тривалість зручно представляти у вигляді гіпнограмми, яка наочно відображає структуру сну пацієнта.

Повільний сон (повільнохвильовий сон, ортодоксальний сон), триває 80-90 хвилин. Настає відразу після засипання.

Перша стадія. Альфа-ритм зменшується, і з'являються низькоамплітудні повільні тета-ритми, за амплітудою рівні або перевищують альфа-ритм. Поведінка: дрімота з напівсонними мріями, абсурдними або галюциногенними думками і іноді з гіпнагогічними образами (сноподобними галюцинаціями). М'язова активність знижується, знижується частота дихання і пульсу, сповільнюється обмін речовин, і знижується температура, очі можуть здійснювати повільні рухи. У цій стадії можуть інтуїтивно з'являтися ідеї, які сприятимуть успішному вирішенню тієї чи іншої проблеми або ілюзія існування їх. У ЕЕГ можуть реєструватися гострі вертексніє хвилі, POSTS, зрідка спостерігається гіпнагогічних гіперсинхронних. У цій стадії можуть відзначатися гіпнагогічні посмикування.

Друга стадія. (Неглибокий або легкий сон). Подальше зниження тонічної м'язової активності. Серцевий ритм сповільнюється, температура тіла знижується, очі нерухомі. Займає в цілому близько 45-55% загального часу сну. Перший епізод другої стадії триває близько 20 хвилин. У ЕЕГ домінують тета-хвилі, з'являються так звані «сонні веретена» - сигма-ритм, який являє собою

прискорений альфа-ритм (12-14-20 Гц). З появою «сонних веретен» відбувається відключення свідомості; в паузі між веретенами (а вони виникають приблизно 2-5 разів на хвилину) людину легко розбудити. Епізодично сонні веретена можуть включатися в структуру 3-й і 4-й стадій. Підвищуються пороги сприйняття.

Третя стадія. Повільний сон. Стадія класифікується як 3-тя, якщо дельта-коливання (2 Гц) займають менше 50% і 4-та стадія - якщо дельта складає більше 50%.

Четверта стадія. Найглибший повільний дельта-сон(рисунок 1.3). Переважають дельта-коливання (2 Гц). Третю і четверту стадії часто об'єднують під назвою дельта-сну. В цей час людину розбудити дуже складно; виникає 80% сновидінь, і саме на цій стадії можливі напади лунатизму, нічні жахи, розмови уві сні і енурез у дітей. Однак людина майже нічого з цього не пам'ятає.

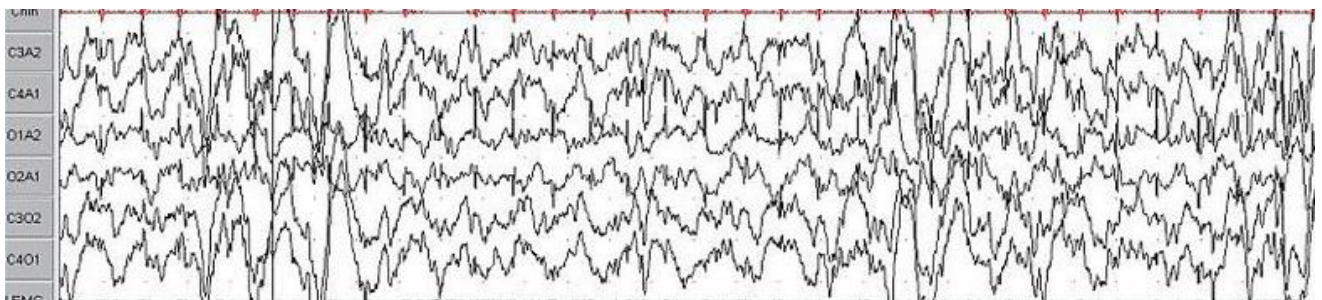


Рисунок 1.3 - 4-та стадія повільного сну, глибокий сон, ЕЕГ

У здорової людини третя стадія займає 5-8%, і четверта стадія ще близько 10-15% загального часу сну. Перші чотири повільнохвильневі стадії сну в нормі займають 75-80% всього періоду сну. Припускають, що повільний сон пов'язаний з відновленням енерговитрат. Дослідження показали, що саме фаза повільного сну є ключовою для закріплення усвідомлених «декларативних» спогадів.

Швидкий сон (швидкохвильовий сон, парадоксальний сон, стадія швидких рухів очей, або скорочено БДГ-сон, REM-сон)[8]. Це - п'ята стадія сну, вона була відкрита в 1953 році Клейтманом і його аспірантом Асерінським. Швидкий сон слідує за повільним і триває 10-15 хвилин.

На ЕЕГ спостерігаються швидкі коливання електричної активності, близькі за значенням до бета-хвиль пилкоподібної хвилі. У цей період електрична активність мозку схожа зі станом неспання. Разом з тим в цій стадії людина знаходиться в повній нерухомості внаслідок різкого падіння м'язового тону. Однак очні яблука дуже часто і періодично здійснюють швидкі рухи під зімкнутими віками. Існує чіткий зв'язок між БДГ і сновидіннями. Якщо в цей час розбудити сплячого, то в 90% випадків можна почути розповідь про яскраве сновидіння. Електроенцефалограма відображає стан активації і скидається радше на ЕЕГ 1-й стадії сну. Перший епізод швидкого сну настає через 70-90 хвилин від моменту засипання, триває 5-10 хвилин. По ходу сну тривалість наступних епізодів БДГ-сну наростає, досягаючи під ранок декількох десятків хвилин. У дорослої людини частка REM-фази становить близько 20-25% загального часу сну. Фаза швидкого сну від циклу до циклу подовжується, а глибина сну знижується. Частина перерваного швидкого сну повинна заповнюватися в наступних циклах. Припускають, що швидкий сон забезпечує функції психологічного захисту, переробку інформації, її обмін між свідомістю і підсвідомістю.

Під час швидкого сну спостерігаються зміни у вегетативній сфері - посилення секреції гормонів надниркових залоз, посилення мозкового кровотоку, зміна частоти серцевих скорочень, різні форми аритмій, підйоми і падіння артеріального тиску, зміни патернів дихання, ерекція статевого члена або клітора.

У мозку є скупчення нейронів, збудження яких викликає розвиток сну (гіпногенні центри). Три види структур:

1. Структури, що забезпечують розвиток повільного сну:

- Передні відділи гіпоталамуса (вентролатеральне преоптичне ядро)
- Неспецифічні ядра таламуса
- Ядра шва (містять гальмівний медіатор серотонін)
- Гальмівний центр Моруцци (середня частина мосту)

2. Центри швидкого сну:

- Блакитна пляма

- Вестибулярні ядра довгастого мозку
- Верхнє двухолмие середнього мозку
- Ретикулярна формація середнього мозку (центри БДГ)

3. Центри, що регулюють цикл сну:

- Блакитна пляма (стимуляція - пробудження)
- Окремі ділянки кори великих півкуль

Функції сну:

- Сон забезпечує відпочинок організму.
- Сон сприяє переробці і зберіганню інформації. Сон (особливо повільний) полегшує закріплення вивченого матеріалу, швидкий сон реалізує підсвідомі моделі очікуваних подій.
- Сон - це пристосування організму до зміни освітленості (день-ніч).
- Сон відновлює імунітет, в тому числі шляхом активізації Т-лімфоцитів, які борються з простудними і вірусними захворюваннями.
- Сон до виведення з мозку отруйних продуктів життєдіяльності.
- Є припущення, що сон дозволяє нейронам провести репарацію («ремонт») ДНК, пошкодження яких неминуче накопичуються в ході функціонування нейронів.

Вісцелярна теорія сну стверджує, що уві сні центральна нервова система займається аналізом і регулюванням роботи внутрішніх органів[9]. Середня тривалість сну людини залежить від багатьох факторів: починаючи від віку, статі, способу життя, стану здоров'я, харчування і ступеня втоми, до зовнішніх факторів (загальний рівень шуму, місцезнаходження і т. і.). При порушеннях сну його тривалість може становити від декількох секунд до декількох діб. Також бувають випадки, коли дорослій людині потрібно 12 годин, щоб виспатися і відновити запас сил після важкої роботи або безсонних ночей. Порушення фізіологічної структури сну вважається фактором ризику, який може призводити до безсоння. Дітям для нормального розвитку необхідний більш тривалий сон - до 18 годин на добу для новонароджених з поступовим зниженням норми до

підліткового віку. У 2015 році після дворічних досліджень, проведених в США, з'явилися заново переглянуті рекомендації по необхідній тривалості сну, представлені в таблиці.

Таблиця 1.1 – Тривалість сну

Вік	Тривалість сну	
	Рекомендована	Можлива
0-3 місяці	14...17	11...19
0-11 місяців	12...15	10...18
1-2 роки	11...14	9...16
3-5 років	10...13	8...14
6-13 років	9...11	7...12
14-17 років	8...10	7...11
18-25 років	7...9	6...11
26-64 роки	7...9	6...10
65 років та старше	7...8	5...9

Індивідуальна потреба в необхідній тривалості сну різна. Людям з відносно великою тривалістю сну бажано в максимально можливій мірі адаптувати свій повсякденний ритм життя до циркадного ритма, так як сон в «неправильний» час менш ефективний. Найкраще, коли такі дві події близькі до середини сну (встановлено, що сон в період між цими двома подіями найбільш ефективний):

- максимальна концентрація мелатоніну в крові;
- мінімальна температура тіла.

Широко поширена думка, що сон до півночі корисніше, ніж сон після півночі існують так звані таблиці цінності годин сну(рисунок 1.4), не підтвержені строгими науковими даними[10]. Численні дослідження показують, що найкращий час для сна - приблизно з 22:00 до 6:00 за місцевим сонячним часом. Цей інтервал вказаний для 8-годинного сну, а його положення в добовому циклі залежить від хронотипів хворих людей - для «жайворонків» або для «сов» він зміщується в ту чи іншу сторону. Відомим є факт зміни хронотипівхворих з віком - у міру дорослішання (приблизно до 20 років) серед дітей все більше стає

«сов». Тому оптимальний інтервал необхідного сну у підлітків, наприклад 9 годин, має тенденцію до зміщення на більш пізній час доби.

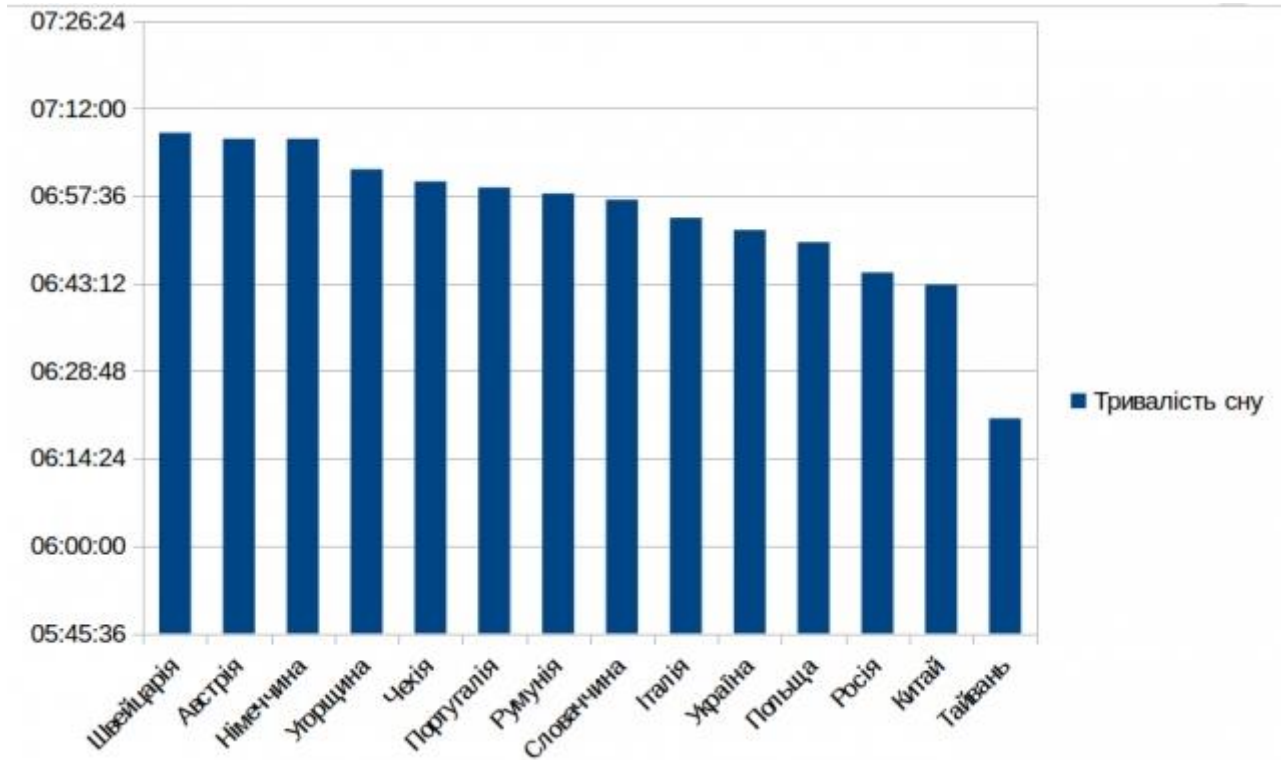


Рисунок 1.4 – Графік тривалості сну в різних країнах

Дослідження вчених підтверджують гіпотезу про те, що освітлення під час сну може сприяти ожирінню і розвитку різних захворювань, в тому числі онкологічних. В якості причини вказується брак мелатоніну, вироблення якого відбувається в нічний час, а пік настає близько другої години ночі за місцевим сонячного часу. Зміна світлового режиму порушує добовий ритм вироблення мелатоніну і знижує його концентрацію в крові.

У регіонах з тривалим світловим днем у літній період, а також в містах з інтенсивним нічним освітленням в нічний час доби бажано спати при щільно закритих шторах. Крім того, не слід засипати при світлі або включеному телевізорі. Краще, якщо в приміщенні для сну буде повна темрява. Швидкому засипанню, як показали експерименти, сприяє більш низька температура повітря в приміщенні.

Таблиця 1.2 - Цінність сну

Час доби	Цінність сну за 1 годину
19-20	7 годин
20-21	6 годин
21-22	5 годин
22-23	4 години
23-0	3 години
0-1	2 години
1-2	1 година
2-3	30 хвилин
3-4	15 хвилин
4-5	7 хвилин
5-6	1 хвилина

Питання компенсації недосипання протягом робочого тижня тривалим сном у вихідні дні досліджувалося в наукових колах. Шведські вчені встановили, що ризик ранньої смерті у людей, які сплять менше 5 годин на робочі дні, але відсипаються у вихідні, не перевищує аналогічний показник у людей, які спали кожен день 8 годин. Однак дослідження американських вчених показали, що тиск, рівень холестерину і інші важливі показники організму виявилися гіршими у тих, хто відсипався у вихідні дні, а не спав положені 7-8 годин протягом усього тижня. Крім того, відсипання у вихідні дні може призводити до безсоння, так як пізній підйом не сприяє подальшому необхідному засипанню в звичний час.

Різна тривалість сну в робочі та вихідні дні провокує ожиріння, головний біль, хронічну втому, підвищує ризик розвитку серцево-судинних захворювань, ймовірність інсультів та інфарктів[11]. Наприклад, з приводу ожиріння відзначається, що багато метаболічних процесів підкоряються добовому ритму і для них важливий нормальний сон. Порушення сну призводять до підвищення в організмі рівня греліну (гормону голоду) і зниження рівня лептину (маркера достатку енергії) - у людини неусвідомлено підвищується апетит. Це перевірялося в лабораторних дослідженнях і на тварин, і на людях: хронічне недосипання призводить до підвищення апетиту, збільшення сумарного споживання калорій на добу і зайвої ваги.

Позбавлення сну є дуже важким випробуванням. Протягом декількох днів свідомість людини втрачає ясність, він відчуває непереборне бажання заснути,

періодично «провалюється» в прикордонний стан зі спутаною свідомістю. Цей спосіб психологічного тиску використовується при допитах і розглядається як витончене катування.

Згідно з дослідженнями, кількість годин сну протягом ночі сильно впливає на продуктивність праці як протягом дня, так і в довгостроковій перспективі. Недосипання протягом ночі призводить до когнітивних порушень. Щоденне недосипання призводить до накопичення з кожним наступним днем зниження продуктивності праці. При нормальній кількості годин повноцінного нічного сну (7-8 годин) щоденна продуктивність праці зберігається на високому і приблизно однаковому рівні.

Ефекти від фрагментованого і неякісного сну не відрізняються від нестачі сну. Згідно з дослідженнями, проведеними професором Майклом Бонет в 1987 році, ефект від відтворення звуку певної тональності кожні 2-3 хвилини під час сну можна порівняти з повною відсутністю сну. Ефект зберігався як при періодичному пробудженні піддослідного, так і при тривалому сні з реакцією у вигляді зміни активності електроенцефалограми мозку.

Сновидіння виникають, як правило, в фазі швидкого сну. Новітні дослідження доводять, що сновидіння виникають також і під час повільного сну, але їх тривалість коротше і вони не такі емоційні.

Післяполудневий короткочасний сон-відпочинок - сієста - є історичним елементом культури багатьох народів[12]. Найчастіше він зустрічається в жарких країнах. Недавнє дослідження, проведене в Греції спільно університетом Афінської медичної школи і Гарвардом, показало, що півгодинний післяполудневий відпочинок-дрімота хоча б тричі на тиждень знижує ризик загибелі від серцевого нападу на 37%.

Патології сну:

- Діссомнії - порушення нічного сну, наприклад, безсоння (інсомнія).
Причини: неврози, психози, органічні ураження мозку (енцефаліт, епілепсія), соматичні захворювання.
- Апноє уві сні - психогенне або механічне порушення дихання уві сні.

- Гіперсомнії - непереборна патологічна сонливість. Приклади: нарколепсії, летаргічний сон.
- Парасомнії. Причина: невроз. Приклади: сомнамбулізм (снохождение / лунатизм), скреготіння зубами, нічні кошмари, епілептичні випадки і т. Д.
- Сонний параліч - стан, коли параліч м'язів настає до засипання або після пробудження.

При стійких порушеннях сну бувають ситуації, коли необхідне втручання лікаря.

У новинних виданнях опубліковані кілька випадків багаторічної повної відсутності сну у людини, але правдивість такої інформації сумнівна.

Якість сну погіршується з віком. У міру старіння люди починають гірше спати і частіше прокидатися, вони втрачають здатність до глибокого відновлювального сну. Коли мозок старіє, то зони, що відповідають за сон, починають потроху деградувати. Одночасно страждають когнітивні функції. Дані зміни організму починаються приблизно з 35 років.

Іноді спляча людина може віддавати собі звіт в тому, що він знаходиться уві сні. Це може траплятися як спонтанно, так і після різних тренувань. Такий стан називається усвідомлене сновидіння.

Лікарські засоби іноді призначають симптоматично, так само, як і седативні препарати. Фармакологічна регуляція сну без призначення лікаря може бути дуже небезпечна, крім того, при тривалому застосуванні снодійних їх ефект зменшується. Проте, зловживання снодійними і заспокійливими препаратами - поширене і небезпечне явище в розвинених індустріальних країнах.

До числа заспокійливих і снодійних засобів тривалий час приписували такі наркотики, як опіум і морфін, проте через небезпеку наркоманії в даний час їх в цій якості не вживають.

Дуже довго, більше 100 років, в якості снодійного використовували люмінал та інші барбітурати.

Мелатонін є одним з найбільш сучасних препаратів, на який покладають великі надії через його фізіологічність.

За даними останніх досліджень, дефіцит магнію часто призводить до нервозності, дратівливості, а також до бруксизму - мимовільного скреготу зубами уві сні. Також встановлено, що магній сприяє виробленню мелатоніну. Проте, магній сам по собі грає самостійну роль в створенні спокійного, комфортного стану, знімаючи стреси і розслабляючи зайво напружені м'язи. Тому прийом магнію повинен бути складовою частиною будь-якої дієтологічної програми для поліпшення сну.

Електросон - метод нейростимулюючої терапії, при якому в результаті впливу на ЦНС пацієнта імпульсним струмом низької частоти і малої сили виникає стан сонливості або сну. Це метод лікувального впливу на людину постійним імпульсним струмом, низької частоти (1-160 Гц), малої сили (до 10 мА), з тривалістю імпульсів від 0,2 до 2 мс. Електросон надає транквілізуючу, седативну, а також стимулюючу і деяку інші дію і рекомендується як відновлювальна процедура при широкому спектрі розладів і захворювань.

1.4 Нервова система

Нервова система - цілісна морфологічна і функціональна сукупність різних взаємопов'язаних нервових структур, яка спільно з ендокринною системою забезпечує взаємопов'язану регуляцію діяльності всіх систем організму і реакцію на зміну умов внутрішнього і зовнішнього середовища[13]. Нервова система діє як інтегративна система, пов'язуючи в одне ціле чутливість, рухову активність і роботу інших регуляторних систем (ендокринної та імунної).

Все розмаїття значень нервової системи впливає з її властивостей.

1. Збудливість, подразливість і провідність характеризуються як функції часу, тобто це - процес, що виникає від подразнення до прояву

відповідної діяльності органу. Згідно електричної теорії поширення нервового імпульсу в нервовому волокні, він поширюється за рахунок переходу локальних вогнищ збудження на сусідні неактивні області нервового волокна або процесу розповсюдження деполяризації потенціалу дії, що представляє подобу електричного струму. У синапсах протікає інший - хімічний процес, при якому розвиток хвилі збудження-поляризації належить медіатору ацетилхоліну, тобто хімічної реакції.

2. Нервова система має властивість трансформації і генерації енергій зовнішнього і внутрішнього середовища і перетворення їх в нервовий процес.
3. До особливо важливої властивості нервової системи відноситься властивість мозку зберігати інформацію в процесі не тільки онто-, але і філогенезу.

Нервова система складається з нейронів, або нервових клітин і нейроглії, або нейрогліальних (або гліальних) клітин[14]. Нейрони - це основні структурні і функціональні елементи як в центральній, так і периферійної нервової системи. Нейрони - це збудливі клітини, тобто вони здатні генерувати і передавати електричні імпульси (потенціали дії). Нейрони мають різну форму і розміри, формують відростки двох типів: аксони і дендрити. Дендритів може бути багато, кілька, один чи не бути взагалі. Зазвичай у нейрона кілька коротких розгалужених дендритів, за якими імпульси слідує до тіла нейрона, і завжди один довгий аксон, по якому імпульси йдуть від тіла нейрона до інших клітин (нейронів, м'язовим або залозистим клітинам). Нейрони, за формою і характером відходження від них відростків, бувають: уніполярні (одноотросткові), біполярні (двуотросткові), псевдоуніполярні (ложноотросткові) і мультиполярні (багатоотросткові)[15]. За розмірами нейрони бувають: дрібні (до 5 мкм), середні (до 30 мкм) і великі (до 100 мкм). Довжина відростків у нейронів різна: наприклад, у одних довжина відростків мікроскопічна, а у інших до 1,5 м. Так, наприклад, нейрон знаходиться в спинному мозку, а його відростки закінчуються в пальцях рук або ніг. Передача нервового імпульсу (збудження), а також

регуляція його інтенсивності, з одного нейрона на інші клітини відбувається за допомогою спеціалізованих контактів - синапсів.

Прилади які використовують для процедур електросну є стаціонарними і не можуть бути використані в наданні швидкої медичної допомоги або при використанні в домашніх умовах, тому:

Мета дипломної роботи – розробка електричної схеми портативного приладу «Електросон»

Для досягнення поставленої цілі необхідно вирішити наступні задачі:

- розробка математичної моделі біологічного нерва;
- розробка структурної схеми апарату;
- розрахунок елементів схеми;
- проектування схеми електричної принципової портативного приладу

«Електросон».

2 РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК ПОРТАТИВНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЕЛЕКТРОСТИМУЛЯЦІЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ

2.1 Електрофорез

У наш час є багато медичних електричних пристроїв для поліпшення здоров'я людини[16]. Наприклад електрофорез - це електрокінетичне явище переміщення частинок дисперсної фази (колоїдних або білкових розчинів) в рідкому або газоподібному середовищі під дією зовнішнього електричного поля(рисунок 2.1). Вперше було відкрито професорами Московського університету П. І. Страховим і Ф. Ф. Рейссом в 1809 році.



Рисунок 2.1 – Апарат для електрофорезу

За допомогою електрофорезу вдається покривати дрібними частинками поверхню, забезпечуючи глибоке проникнення в поглиблення і пори. Розрізняють

два різновиди електрофорезу: катафорез - коли оброблювана поверхня має негативний електричний заряд (тобто підключена до негативного контакту джерела струму, будучи катодом) і анафорез - коли заряд поверхні позитивний.

Електрофорез застосовують в лікувальних цілях в фізіотерапії[17]. У хімічній промисловості він використовується для осадження димів і туманів, для вивчення складу розчинів і ін. Електрофорез є одним з найбільш важливих методів для розділення і аналізу компонентів речовин в хімії, біохімії і молекулярної біології. Одним з методів для підтвердження автентичності аналізованого білка і наявності білкових домішок в досліджуваному зразку є електрофоретичне дослідження. Електрофорез займає центральне місце серед методів дослідження білків і нуклеїнових кислот. Метод дозволяє розділяти макромолекули, що розрізняються за такими найважливішими параметрами, як розміри, просторова конфігурація, вторинна структура і електричний заряд.

Тривимірна структура білків підтримується за рахунок дисульфідних зв'язків. При обробці всіх зразків дітіотрейтолом DTT (відновлюють умови) відбувається денатурація білків в результаті розриву S-S зв'язків, розгортання поліпептидного ланцюга і подальшого зв'язування з додецилсульфатом натрію SDS.

Зворотній електрофорез явище - ефект Дорна: поява різниці потенціалів між якими перебувають на різних висотах шарами стовпці рідини, в якій осідають зважені частинки.

У радянській і Російській фізіотерапії електрофорез - це процедура з недоведеною ефективністю, що призначається при легких або безпечних захворюваннях. Лікувальна речовина наноситься на прокладки електродів і під дією електричного струму, за задумом фізіотерапевта, має проникнути в організм через шкірні покриви (в терапії, неврології, травматології та ін.), Але в дійсності цього не відбувається. Навіть в разі, якщо невелика частина лікарського засобу через пошкодження на шкірі все ж потрапить в тіло, глибше шкіри, далі до хворого органу, воно не потрапить, так як, проникнувши в капіляри і судини, буде винесене аж до системи кровотоку. Електричний струм також надає

міостимулюючу і легку анестезуючу дію. Також застосовується для введення лікарських засобів в слизові оболонки (в стоматології, ЛОР, гінекології та ін.) І впливає на фізіологічні і патологічні процеси безпосередньо в місці введення.

Переваги лікувального електрофорезу:

- короткочасний легкий знеболюючий ефект.
- при призначенні іпохондрикам, можливий заспокійливий ефект від самого факту проведення процедури.

Протипоказання до проведення електрофорезу: гострі гнійні запальні захворювання, СН II-III ступеня, ГБ III стадії, лихоманка, важка форма бронхіальної астми, дерматит або порушення цілісності шкіри в місцях накладання електродів, злоякісні новоутворення. Враховуються протипоказання для лікувальної речовини[18]. Речовини, що використовуються при електрофорезі, фізіотерапевти ділять на:

- негативно заряджені, що наносяться на катод (броміди, йодиди, нікотинова кислота та інші);
- позитивно заряджені, що наносяться на анод (іони металів - магнію, калію, кальцію);
- наносяться на катод або анод (гумизоль, жижа з морської солі (бішофіт) та інші).

Дослідження, проведені за міжнародними стандартами доказової медицини, не підтверджують ефективність електрофорезу, наприклад, при лікуванні латеральної епіконділалгії («тенісного ліктя») і тендинита.

У біохімії та молекулярній біології електрофорез використовується для поділу макромолекул - білків і нуклеїнових кислот (а також їх фрагментів). Розрізняють безліч різновидів цього методу. Цей метод знаходить широке застосування для розділення сумішей біомолекул на фракції або індивідуальні речовини і використовується в біохімії, молекулярній біології, клінічній діагностиці, популяційної біології (для вивчення генетичної мінливості) і ін.

Гальванофорез - введення іонів речовин (наприклад: ліків) в електропровідну середу за допомогою додатка електрорушійної сили (ЕРС). У

стоматології - гальванофорез - спеціальний метод для довготривалої дезінфекції системи корневих каналів зубів.



Рисунок 2.2 – Апарат для гальванофорезу

Відмінність від електрофорезу - для створення ЕРС застосовуються не стаціонарні джерела струму, а мобільні пристрої малих розмірів. Такі пристрої можуть бути наприклад встановлені в зуб пацієнту на кілька днів або тижнів. Протягом тривалого періоду гальванічний елемент забезпечує проходження слабого електричного струму (в кілька мікроампер) через тканини, в яку намічена доставка певних речовин.

Електрофорез - процедура, яку проводять в медичному кабінеті. При гальванофорезі пацієнт знаходиться поза лікувальним закладом.

Гальванофорез здійснюється за допомогою спеціальних пристроїв, що встановлюються в кореневі канали зубів[19]. Пристрої можуть бути виконані у вигляді штифта або іншої конструкції з металів, що складають гальванопари.

Пристрої для гальванофореза створюють ЕРС в середовищі корневих каналів, яка попередньо доводиться до потрібних значень концентрацією певних

іонів шляхом введення в кореневі канали спеціальних препаратів (наприклад, гідроксид міді-кальцію). Під впливом електричних полів, створених електричними штифтами (пристроями для гальванофореза), гідроокис міді-кальцію (ГМК) мігрує в мікроканали і дентинні трубочки, викликає протеоліз мікробних тіл і залишків клітинних структур хворого зуба які там знаходяться. ГМК приєднує до іона міді сірку, віднімаючи її у амінокислот білків, що знаходяться в структурах тканин зубів.

На відміну від поширеного методу депофореза, гальванофорез не вимагає застосування дорогих приладів, не викликає болю в процесі його застосування і створює в тканинах зубів антимікробну середу на тривалий час.

2.2 Синусоїдальні модульовані струми – ампліпульстерапія

Ампліпульстерапія - це застосування з лікувальною метою синусоїдальних модульованих струмів (СМТ). СМТ є струмами змінного напрямку з частотою від 2 до 10 кГц, модульовані низькою частотою від 1 до 150 Гц і за амплітудою (рисунки 2.3).

Внаслідок відносно великої несучої частоти цей струм не зустрічає значного опору шкіри, вільно проходить углиб тканин, не викликаючи при цьому відчутного роздратування шкірних рецепторів, тому під електродами немає відчуття печіння. Завдяки низькій частоті модуляції струм чинить активний вплив на глибоко розташовані тканини. Змінюючи параметри модуляції можна отримати найрізноманітніші терапевтичні ефекти: знеболюючий, стимулюючий, спазмолітичний, поліпшення кровопостачання і ін.



Рисунок 2.3 – Апарат для ампліпульстерапії

Для ампліпульстерапії передбачена генерація п'яти основних родів роботи:

- СМТ 1 (постійна модуляція, I PP) - це безперервний синусоїдальний струм з частотою 5 кГц (або інший - за вибором лікаря), який, може модулюватися низькою фіксованою частотою (в діапазоні 1 - 150 Гц) і по амплітуді з різною глибиною. З усіх видів роботи він володіє найменшим збудливу дію, яке зростає зі зменшенням частоти модуляції і збільшенням її глибини. Струм СМТ 1 підвищує електропровідність тканин, потенціуючи дію інших СМТ, тому часто використовується як вступний ток, надає короточасний анагетичний ефект, має гарну електрофоретичну здатність.
- СМТ 2 (посилка - пауза, II PP) - це фактично СМТ 1, який подається в переривчастому режимі. Цей струм має виражену збудливу дію на нервово-м'язовий апарат і його використовують для електростимуляції.
- СМТ 3 (посилка - несуча частота, III PP) - це чергування посилок СМТ 1 (струм, модульований низької частоти) з послідовними немодульованого струму частотою 5 кГц (або інший, за вибором лікаря). Він має тривалу анагетичний ефект і у нього менш виражено

нейростимулюючу дію; цей струм виявляє протинабрякову, протизапальну і антисептичну дію.

- СМТ 4 (перемежуються частоти, IV PP) - це струм, в якому чергується синусоїдальний струм, модульований двома низькими частотами. Цей вид струму надає найбільший аналгетичний ефект, який при зменшенні різниці між обраною частотою модуляції і частотою 150 Гц значно зростає. При збільшенні цієї різниці посилюється збудливу і трофікостимулюючу дію.
- СМТ 5 (перемежуються частоти - пауза, V PP) - це фактично СМТ 4, який подається з паузою. Нейростимулююча дія у нього менш виражена, ніж у СМТ 2, але переважає трофічна дія і м'яка збудлива дія в порівнянні з СМТ 4.

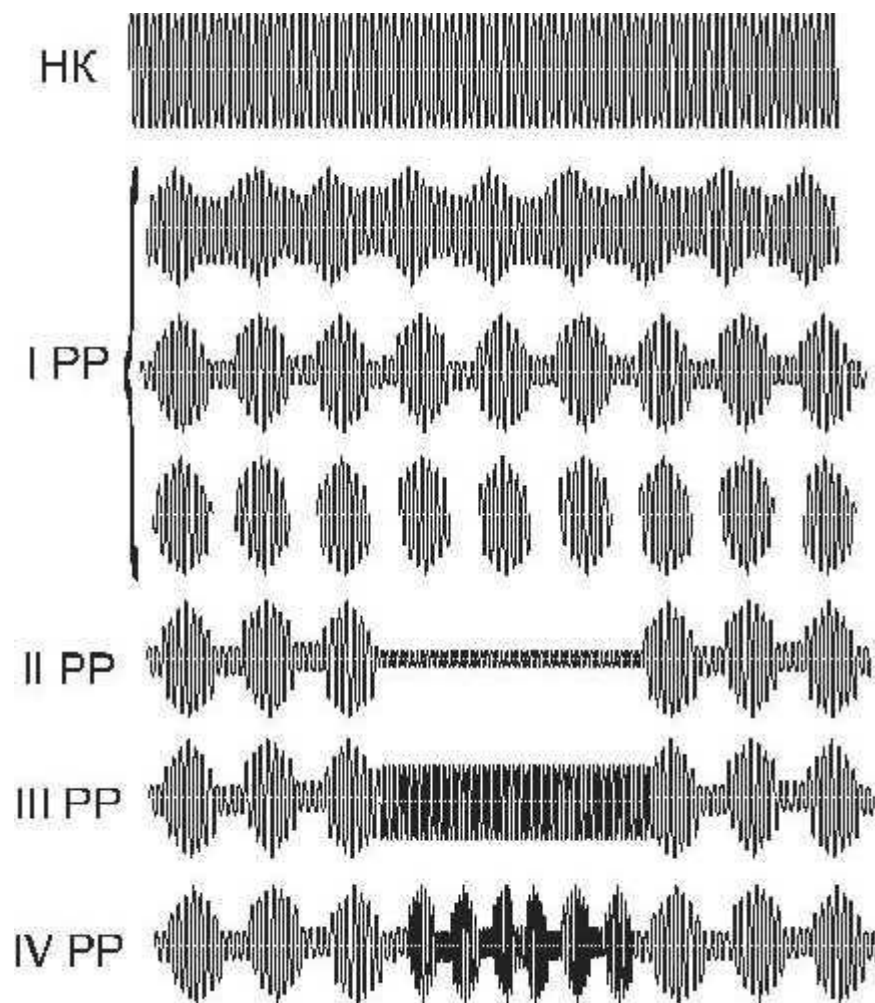


Рисунок 2.4 - П'ять основних родів роботи ампліпульстерапії

Дія синусоїдальних модульованих струмів дуже різноманітна. СМТ викликають в нервових волокнах утворення біологічно активних речовин, що володіють нейромодуляторними властивостями, які не тільки сприяють придушенню болю, а й стимулюють трофічні функції, зменшують набряклість і застій в перинеуральних просторах. Найбільш ефективні СМТ при больових синдромах з симпаталгії.

СМТ активізують судиноруховий центр, знімають спазм судин і збільшують артеріальний притік і венозний відтік крові, збільшують доставку поживних речовин до уражених тканин і органів, сприяють їх засвоєнню. СМТ активують процеси метаболізму в тканинах і сприяють розсмоктуванню інфільтратів, зменшенню набряків, посилення репаративних процесів. СМТ викликають ритмічне скорочення м'язових груп гладкої і поперечної мускулатури, підвищують тонус кишечника, жовчовивідних шляхів, сечоводу і сечового міхура; покращують функцію зовнішнього дихання і дренажну функцію, знімають бронхоспазм, збільшують вентиляцію легенів, стимулюють секреторну функцію підшлункової залози, наднирників, шлунка, активують обмінні процеси в печінці. Застосування СМТ покращує функціональний стан ЦНС, нормалізує функції симпатoadреналової і холінергічної систем, підвищує компенсаторно-приспосувальні можливості організму.

Показання до призначення:

- захворювання і травми периферійної нервової системи з больовим синдромом, а також з руховими порушеннями у вигляді периферичних і центральних парезів і паралічів;
- захворювання і травми опорно-рухового апарату і кістково-м'язової системи (удари, ревматоїдний артрит, атрофія м'язів, переломи кісток і т.д.);
- захворювання органів дихання (бронхіт, пневмонія, бронхіальна астма);

- захворювання шлунково-кишкового тракту (виразкова хвороба шлунка та дванадцятипалої кишки, рефлюкс-езофагіт, гастрит, дискинетические запори, дискінезія жовчовивідних шляхів);
- урологічні захворювання (цистит, пієлонефрит, енурез);
- хронічні запальні захворювання придатків матки;
- захворювання серцево-судинної системи (хвороба Рейно, гіпертонічна хвороба I-II стадій, мієлопатія, хронічні порушення лімфообігу кінцівок);
- захворювання очей і ЛОР-органів (запальні і дистрофічні захворювання переднього і заднього відділів очей, фарингіт, вазомоторний риніт).

Протипоказання:

- загальний важкий стан, висока температура тіла;
- новоутворення або підозра на їх наявність;
- гострий гнійний запальний процес;
- тромбофлебіт, варикозна хвороба;
- геморагічні синдроми;
- гострі болі вісцерального походження;
- желче- і сечокам'яна хвороби;
- серцево-судинні захворювання в стадії декомпенсації;
- виражена синусова брадикардія (ЧСС нижче 50 ударів в хвилину);
- злоякісні прогресуючі порушення серцевого ритму;
- переломи кісток з неімобілізованими кісткових уламків, розривами м'язів, судин і нервових стовбурів протягом першого місяця після накладення шва;
- активний туберкульозний процес в легенях і нирках;
- вагітність;
- підвищена індивідуальна чутливість до струму.

2.3 Розробка математичної моделі поширення нервового імпульсу в нейроні

Математичне моделювання електрофізіологічних процесів у біологічних об'єктах є одним з актуальних і перспективних напрямів їхніх досліджень [20]. Передусім, це стосується нейрофізіології, оскільки досі незрозумілі такі складні психофізіологічні процеси, як пам'ять, мислення, що відбуваються у мозку людини за участю мільярдів нейронів.

Фізіологія нервової системи і, зокрема, її головного структурного елемента – нервової клітини – уже тривалий час є об'єктом досліджень багатьох вчених. Сьогодні загально визнана математична теорія збудження лауреатів Нобелівської премії Ходжкіна–Хакслі, яка ґрунтується на даних електрофізіологічних експериментів. На підставі цієї теорії і розроблено запропоновану модель поширення імпульсу в нервовому волокні.

Головною морфологічною і функційною структурною одиницею нервової системи є нейрон (рис. 2.5).

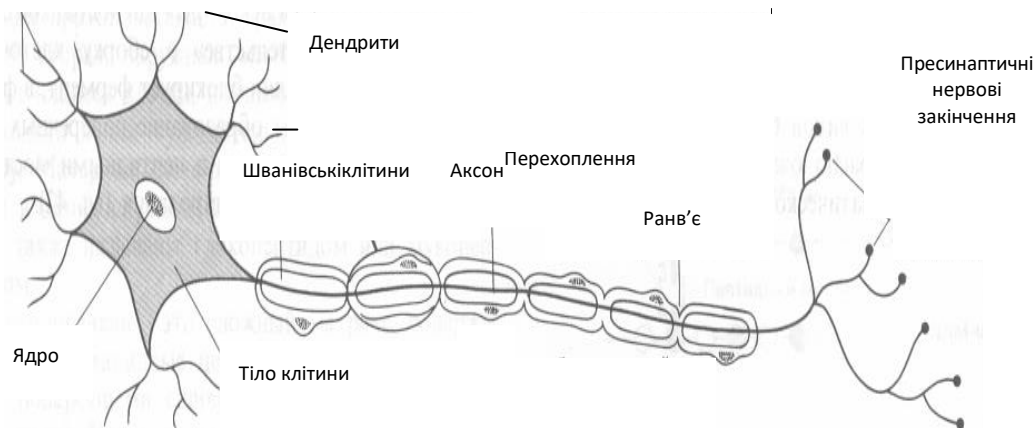


Рисунок 2.5 - Будова нейрона

Ця нервова клітина складається з тіла і відростків, які утворюють нервові волокна. Нервовий імпульс – це швидка і коротка деполяризація, що

поширюється по нервовому волокну з метою передавання електричного сигналу до іншої нервової клітини, м'язового волокна чи клітини залози. Поява нервового імпульсу, який називають потенціалом дії, зумовлена відкриттям і закриттям потенціалозалежних іонних каналів у мембрані нейрона під впливом надпорогових стимулів. Рух іонів під час цього процесу відбувається як в аксіальному напрямі вздовж мембрани, так і в радіальному напрямі через мембрану.

Нервові волокна завдяки будові та властивостям можна розглядати як коаксіальні провідники (рис. 2.6). Електричні властивості таких провідників визначені їхніми геометричними розмірами та фізичними параметрами середовища.

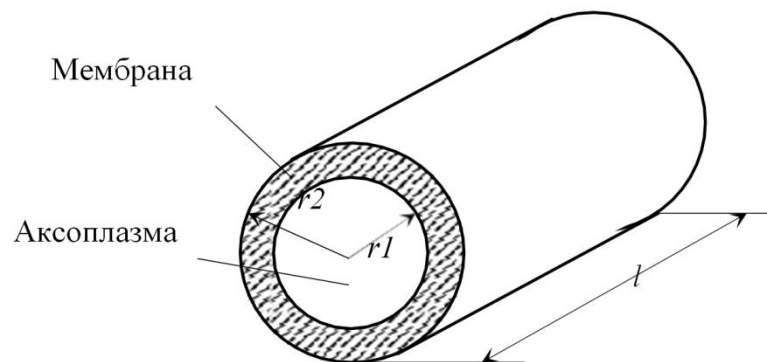


Рисунок 2.6 - Фрагмент відростка нейрона

Ємність та індуктивність такого провідника визначають за формулами, які відомі з теоретичних основ електротехніки:

$$L = \frac{\mu_0 \mu_r}{2\pi} \ln \frac{r_2}{r_1}; \quad C = \frac{2\pi \varepsilon_0 \varepsilon_r l}{\ln \frac{r_2}{r_1}}, \quad (2.1)$$

де μ_r , ε_r – відносні магнітна й діелектрична проникність аксоплазми та мембрани нейрона; r_2 , r_1 , l – зовнішній і внутрішній радіуси та довжина нервового волокна.

Як свідчать розрахунки за формулами (2.1), для реального волокна з зовнішнім радіусом 0,2 мм і товщиною мембрани 2 нм ці параметри на одиницю довжини такі: $L = 4 \cdot 10^{-12}$ Гн/м ; $C = 5,56$ мкФ/м. Оскільки отримане значення індуктивності мале, то цим параметром у моделі надалі нехтуємо.

Електричні властивості аксоплазми і зовнішнього середовища на одиницю довжини еквівалентно опорам R_i і R_o , які визначені питомими провідностями відповідних середовищ та їхніми геометричними розмірами[21].

Еквівалентну схему одиниці довжини збудливої мембрани зобразимо у вигляді чотирьох паралельних гілок (рис. 2.7, а). Одна з них містить електричну ємність, інші – показують натрієву, калієву провідності мембрани, а також провідність витоку. У три останні гілки увімкнено електрорушійні сили. Величину E_l приймають такою, що дорівнює потенціалу спокою, а E_{Na} і E_K розраховують за рівнянням Нернста:

$$E = \frac{RT}{F} m \frac{[C^+]_o}{[C^+]_i} \quad (2.2)$$

де E – рівноважний потенціал; $[C^+]_o$, $[C^+]_i$ – концентрація іонів, відповідно, зовні та всередині клітини; R – газова стала; T – абсолютна температура; F – число Фарадея.

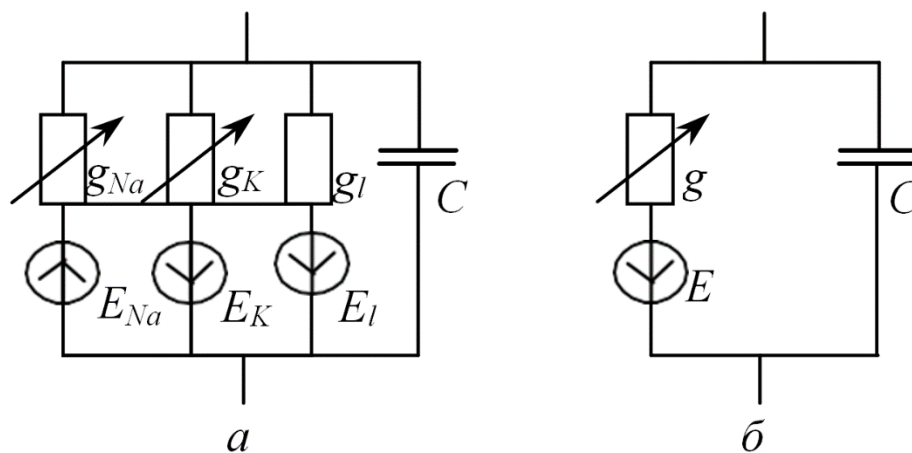


Рисунок 2.7- Еквівалентна електрична схема мембрани клітини

Параметри g_K , g_{Na} є складними залежностями від мембранного потенціалу та від часу (рис. 2.8). У математичних моделях уже згадуваної теорії збудження ці залежності описано системою диференціальних рівнянь. Запропоновано значно економнішу апроксимацію нелінійностей кубічними сплайнами за умови, коли значення мембранного потенціалу досягає надпорогового рівня.

За допомогою нескладних обчислень чотири гілки в електричній схемі (див. рис. 2.7, а) еквівалентуємо двома (див. рис. 2.7, б):

$$g = g_{Na} + g_K + g_l; E = \frac{E_{Na}g_{Na} + E_Kg_K + E_lg_l}{g_{Na} + g_K + g_l}, \quad (2.3)$$

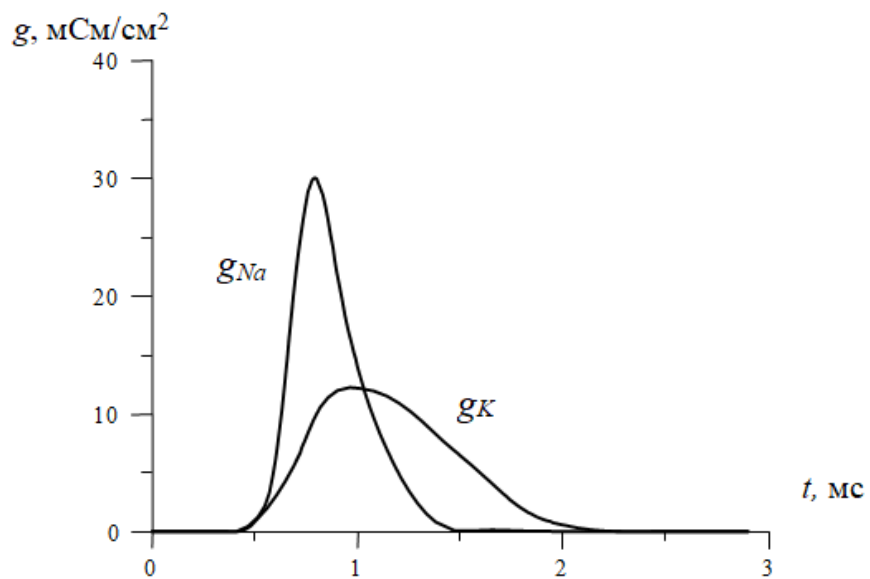


Рисунок 2.8- Іонні провідності мембрани нейрона під час збудження

Проведення потенціалу дії в аксоні чи дендритах як електрофізіологічний процес можна описати за допомогою електричних величин – напруг та струмів, які змінюються вздовж усього відростка[22]. Тому нервово волокно зобразимо у вигляді електричного кола з розподіленими параметрами, схемну інтерпретацію якого показано на рисунку 2.9. У такому колі напруги і струми є функціями двох змінних: часу t і відстані x .

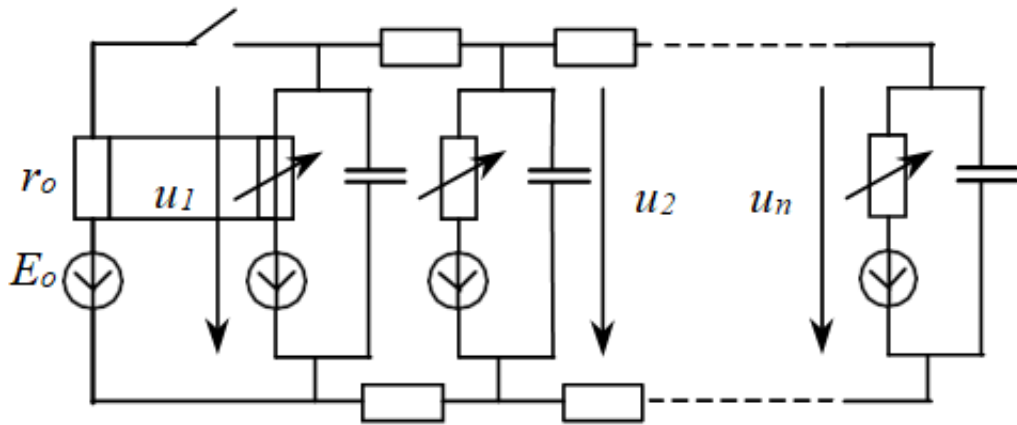


Рисунок 2.9 - Електрична схема нервового волокна з розподіленими параметрами.

Математичну модель електричного кола з розподіленими параметрами можна описати за допомогою відомих телеграфних рівнянь. У нашому випадку вони матимуть такий вигляд:

$$\begin{aligned} -du/dx &= r_0 i; \\ -di/dx &= g_0(u - E) + C_0 du/dt, \end{aligned} \quad (2.3)$$

де u – напруга між внутрішньою та зовнішньою частинами нервового волокна (мембранний потенціал); i – струм уздовж відростка нейрона; r_0 , g_0 , C_0 – погонні параметри електричного кола (на одиницю довжини).

Рівняння (2.3) є диференціальними рівняннями у часткових похідних, а також, з урахуванням особливостей іонних провідностей g_K , g_{Na} , ще й нелінійними та параметричними. Для числового розв'язування таких рівнянь ми застосували метод прямих.

Метод прямих, по суті, є методом скінченних різниць за одним з аргументів. Така заміна похідних за одним аргументом перетворює диференціальні рівняння у часткових похідних за двома незалежними змінними до вигляду звичайних диференціальних рівнянь. Під час розв'язування телеграфних рівнянь цей метод

застосуємо до аргумента x , що набагато точніше, ніж до аргумента t , бо відносна зміна координат режиму (u, i) уздовж нервового волокна менша, ніж за часом.

Після інтегрування рівнянь (2.3) у методі прямих шляхом дискретизації за лінійною координатою вони набудуть вигляду:

$$\begin{aligned} u_m - u_{m-1} &= r_0 x i_m; \\ i_m - i_{m-1} &= g_{0,m-1} x (u_{m-1} - E_{m-1}) + C_0 x \frac{du_{m-1}}{dt}, \end{aligned} \quad (2.4)$$

де $m=1,2,\dots,n$ – номер ділянки, на які розділено всю довжину відростка нейрона; $x=1/n$ – лінійний крок інтегрування.

Підставимо струми з першого рівняння у друге (2.4), отримаємо параметричні диференціальні рівняння з однією змінною – мембранним потенціалом u :

$$(u_{m-1} - E_{m-1})g_{0,m-1}x + C_0x \frac{du_{m-1}}{dt} = \frac{u_m - 2u_{m-1} + u_{m+1}}{r_0x}; \quad m=1,2,\dots,n \quad (2.5)$$

Для інтегрування рівняння (2.5) використаємо неявний метод формул диференціювання назад (ФДН), у якому похідну апроксимують дискретним аналогом:

$$\left(\frac{du}{dt}\right)_{k+1} = a_0 h^{-1} u_{k+1} + h^{-1} \sum_{s=z}^p a_s u_{k+1-s}, \quad (2.6)$$

де a_0, a_s – коефіцієнти методу; k – номер часового кроку інтегрування; h – ширина часового кроку інтегрування; p – порядок методу ФДН.

З урахуванням (2.6) остаточно отримаємо математичну модель проведення імпульсу у відростках нейрона:

$$\frac{-u_{m-1,k}}{r} + u_{m,k} \left(g_{m,k} + C \frac{\alpha_0}{h} + \frac{2}{r} \right) - \frac{u_{m+1,k}}{r} = E_{m,k} g_{m,k} + C h^{-1} \sum_{s=1}^p a_s u_{m,k-s}; \quad (2.7)$$

де $g=g_0x$; $r=r_0x$; $C=C_0x$.

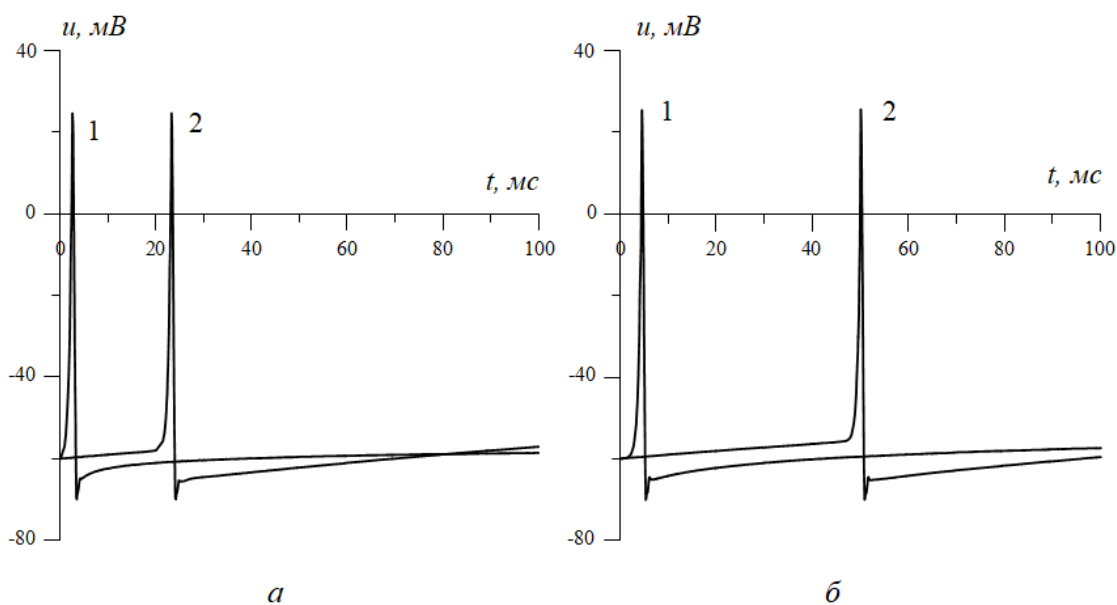
Матриця коефіцієнтів системи алгебричних рівнянь (2.7) є стрічково-діагональною. Тому для її розв'язування ми застосували модифікований метод Гауса, в якому операції виконують лише над ненульовими елементами матриці.

На підставі математичної моделі (2.7) алгоритмічною мовою TurboPascal розроблено її цифрову модель та проведено математичні експерименти. Окремі результати з них показано на рисунку 2.10 і 2.11.

Для математичних експериментів використано параметри та характеристики аксона нейрона кальмара. Цей об'єкт фізіологи завдяки його розмірам найчастіше використовують у дослідженнях процесів збудження в нервових клітинах. У літературі з цієї тематики є результати численних фізичних експериментів для зазначеного об'єкта досліджень, що дає змогу порівняти їх з результатами математичних експериментів і підтвердити адекватність розробленої математичної моделі.

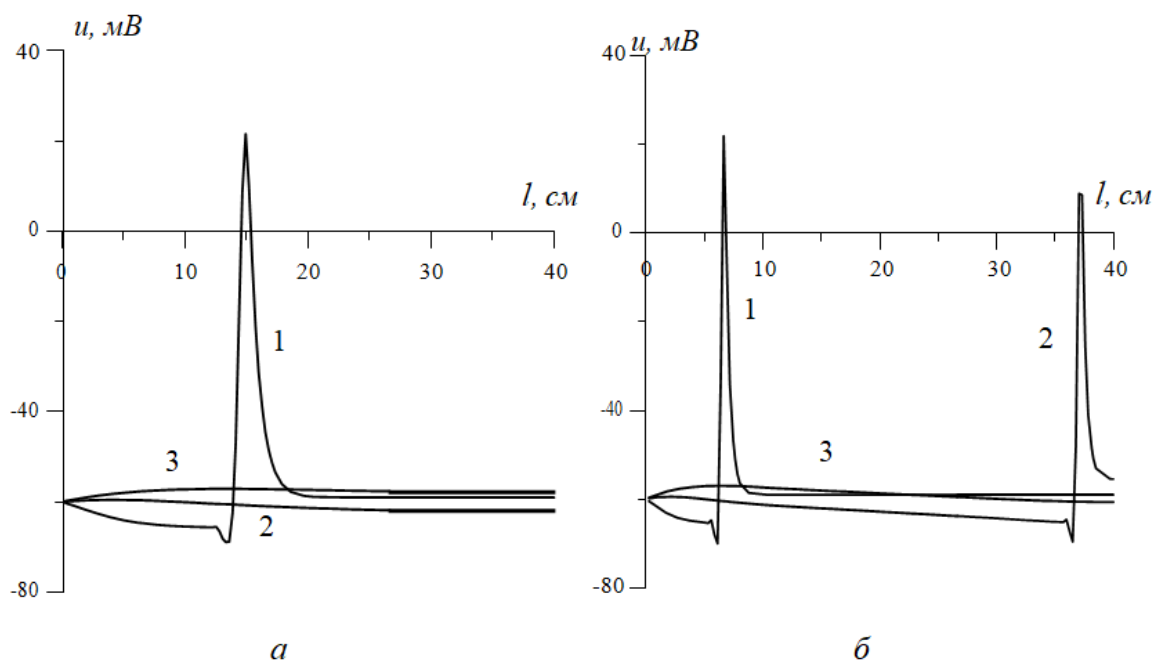
На підставі порівняння результатів математичних і фізичних експериментів стосовно форми та параметрів нервового імпульсу, швидкості його проведення можна говорити про адекватність запропонованої математичної моделі.

Отже, розроблена математична модель проведення імпульсу у нейроні дає змогу симулювати (моделювати) електрофізіологічні процеси у збудженій нервовій клітині. За її допомогою можна для будь-якого часу отримати розподіл напруг (мембранних потенціалів) та іонних струмів. Наступний етап – розроблення математичної моделі синаптичного зв'язку між двома нервовими клітинами, що допоможе моделювати процеси спочатку комплексу нейрон–нейрон, а згодом і елементарної нейронної мережі.



1 – на відстані 2,7 см ; 2 – на відстані 37,3 см від місця збудження; а – діаметр аксона 1мм; б – діаметр аксона 0,2 мм.

Рисунок 2.10 - Зміна напруги мембрани у часі на двох ділянках аксона під час збудження



1 – через 3 мс; 2 – через 15 мс; 3 – через 27 мс від початку збудження; а – діаметр аксона 1 мм; б – діаметр аксона 0,2 мм.

Рисунок 2.11 - Розподіл напруги мембрани вздовж аксона під час збудження

2.4 Дослідження методу електросонтерапії

Електросонтерапія - метод нейротропної терапії, в основі якого лежить вплив на ЦНС пацієнта постійним імпульсним струмом (переважно прямокутної форми) низької частоти (1-160 Гц) і малої сили (до 10 мА) з короткою тривалістю імпульсів (0,2-0,5 мс)[23]. В основу методу лягли дослідження, присвячені вивченню дії електричного струму на мозок людини і тварин, вчення І.П. Павлова про охоронне гальмування в ЦНС під впливом слабких ритмічних подразників, а також вчення Н.Є. Введенського про парабіозе. Імпульсний струм зазначених параметрів при впливах по очноямково-потиличної методики викликає стан, близький до фізіологічного сну (електросон).

Дія електросну складається з рефлекторного і безпосереднього, прямого впливу струму на утворення мозку. При цьому струм проникає через отвори очниць в мозок, поширюється по ходу судин і досягає чутливих ядер черепних нервів, гіпофіза, гіпоталамуса, ретикулярної формації та інших структур головного мозку. Провідним є нервово-рефлекторний механізм дії електросну, пов'язаний з роздратуванням такої важливої рефлексогенної зони, як шкіра очних ямок і верхніповіки, яке потім по рефлекторній дузі через Гассер вузол передається в таламус і далі в кору головного мозку. Поєднання рефлекторного впливу з рецепторного апарату з безпосередньою дією струму на мозок забезпечує придушення активуючого впливу ретикулярної формації середнього мозку і нейронів блакитної плями на кору і активацію лимбических утворень, зокрема гіпокампу. В результаті розвивається особливий психофізіологічний стан організму, при якому відновлюються порушення емоційної, вегетативної та гуморальної рівноваги. Це забезпечує позитивну дію електросну при таких захворюваннях, як неврози, артеріальна гіпертензія, гіпотонія, виразкова хвороба, бронхіальна астма, гормональні дисфункції. Він робить регуляцію, нормалізує вплив на функції вегетативних і соматичних систем, причому незалежно від того, чи були ці функції патологічно посилені або ослаблені до лікування. Це

проявляється в зниженні судинного тону, посиленні транспортних процесів, підвищенні кисневої ємності крові, стимуляції кровотворення і імунобіологічних процесів, нормалізації згортання крові, відновлення гомеостазу. Відбувається поглиблення і ураження зовнішнього дихання, активується секреторна функція шлунково-кишкового тракту, поліпшується діяльність видільної та статеві систем. Електросон сприяє відновленню порушеного вуглеводного, ліпідного, білкового та мінерального обміну, активує гормонопродуктивну функцію ендокринних залоз. Під впливом прямокутного імпульсного струму в мозку відбувається стимуляція вироблення серотоніну і ендорфінів, що може пояснити зниження умовно-рефлекторної діяльності і емоційної активності, седативну і болезаспокійливу дію електросну. Висловлюється також припущення про те, що в механізмі лікувальної дії електросну має місце здатність нейронів головного мозку засвоювати певний ритм імпульсного струму, що робить вельми привабливою перспективу біоуправління електричною активністю мозку в бажаному напрямку.

У лікувальній дії електросну виділяють дві фази: гальмування і розгальмування. Фаза гальмування клінічно характеризується дрімотним станом, сонливістю, нерідко сном, ураженням пульсу і дихання, зниженням артеріального тиску і біоелектричної активності мозку (за даними ЕЕГ). Фаза расторможування (або активації) проявляється через деякий час після закінчення процедури і виражається в появі бадьорості, свіжості, енергичності, підвищенні працездатності, поліпшенні настрою. Таким чином, слід відзначити два основних напрямки в дії електросну: протистресове, седативне (1-ша фаза) і стимулююче, що підвищує загальний життєвий тонус (2-га фаза електросну).

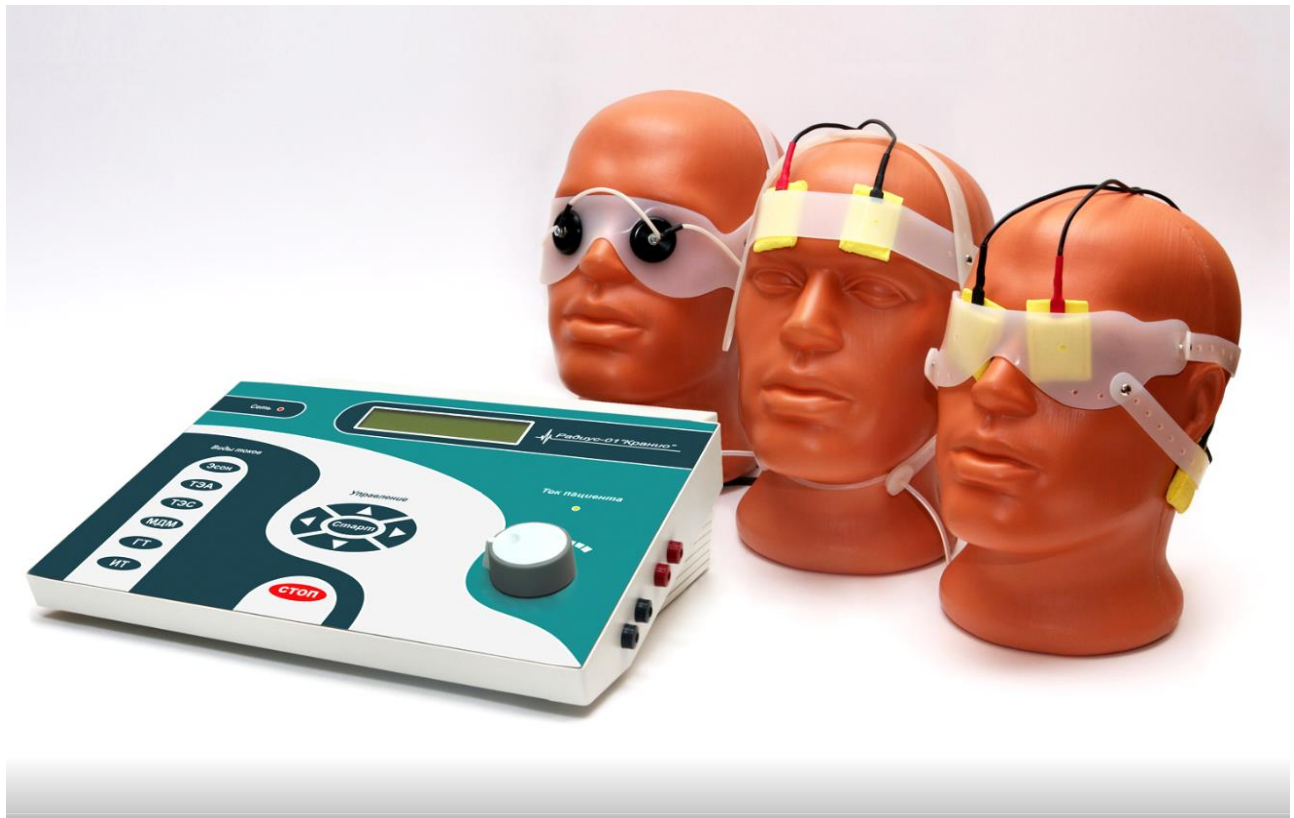


Рисунок 2.12 – електросонотерапія

Електросон, наближаючись за своїм характером до нормального, фізіологічного сну, має перед ним ряд відмінних рис: надає антисептичну, антигіпоксичну дію; не викликає переважання вагусних впливів; на відміну від медикаментозного сну не дає ускладнень і інтоксикацій; надає регуляцію і нормалізує вплив майже на всі функціональні системи організму, відновлює стан гомеостазу[24].

Останній висновок, узагальнюючий багаторічний досвід застосування електросну, свідчить про те, що електросонотерапія показана практично при всіх захворюваннях, тому що будь-яка хвороба або патологічний процес в організмі порушують функціональний стан ЦНС, адаптаційно-приспосувальні механізми, кортиковісцеральної взаємини, які можна нормалізувати застосуванням цього методу.

Для електросонотерапії використовуються переносні, портативні апарати для одного хворого: «Електросон-4Т», «Електросон-5» (ЕС-10-5) і стаціонарний апарат «Електросон-3» для одночасного впливу на 4 хворих. Всі вони являють

собою генератори імпульсів напруги постійної полярності і прямокутної форми з певною тривалістю і регульованою частотою (до 160 Гц). До апаратів додаються дві пари спеціальних електродів, які монтуються на пацієнта у вигляді маски.

Перед проведенням процедури лікар-фізіотерапевт повинен провести бесіду з хворим про електросон і попередити його про ті відчуття, які він буде відчувати. Процедури не слід проводити натще, а жінкам в цей період небажано користуватися косметичними засобами. Саме вплив проводять в обстановці, що сприяє настанню сну, - в полузатемненні кімнаті, в умовах тиші, комфортної температури і кисневого режиму. Хворий повинен роздягнутися і лягти в ліжко в спокійній невимушеній позі, після чого медична сестра накладає і зміцнює електроди. Два з них, вмонтованих в гумову манжетку у вигляді металевих чашок, заповнюють ватними тампонами, змоченими водою або розчином ліків, накладають на зімкнуті повіки очей і приєднують до негативного полюса апарату для електросну. Два інших електрода після заповнення їх вологими ватними тампонами накладають на область соскоподібних відростків скроневих кісток і з'єднують з позитивним полюсом апарата. Можливо і зміна полярності підключення електродів. Потім, встановивши адекватну частоту струму, починають повільно збільшувати його силу до відчуття легких поколювань, безболісної вібрації. Частоту імпульсів вибирають, виходячи зі стану хворого і характеру захворювання. В даний час домінуючим є підхід, при якому в разі переважання органічних дегенеративних процесів в судинах і утвореннях мозку, при вираженому порушенні ЦНС призначають електросон з частотою імпульсів від 5 до 20 Гц. При захворюваннях, в основі яких лежать функціональні порушення ЦНС, має місце переважання гальмівних процесів або пригнічення симпатоадреналової активності (неврози, артеріальна гіпертензія та ін.), Застосовують частоту імпульсів 60-120 Гц. Ймовірно, більш перспективним є принцип індивідуального підбору частоти впливу на підставі вивчення частотних і енергетичних складових енцефалограми хворого. Можливі й інші підходи до індивідуального підбору частоти струму при електросну. Протягом курсу адекватно підібрана частота, як правило, не змінюється. Тривалість процедури

коливається від 30-40 до 60-90 хв, в залежності від особливостей нервової системи хворого і характеру патологічного процесу. Процедури проводять щодня або через день, на курс призначають 10-15 впливів.

При проведенні процедур слід звертати увагу на поведінку хворого і враховувати стадії електросну. Протягом електросну виділяють три стадії:

I - електрогіпнотична (спостерігається в перші 10-13 хв процедури), що характеризується зниженням рухової активності хворого, появою дрімоти або сонливості;

II - електрокатотонічна (14-19 хв), що виявляється легким сіпанням м'язів, подрагуванням, гіперемією шкі, почастищенням пульсу;

III - електросну (з 20-ї хв), характеризується появою сонливості, позіхання, прийняттям хворим зручної пози і засипанням.

Конструкція приладів для електросну дозволяє доповнювати дію імпульсного струму електричним струмом [накласти додатково постійну складову (ДСП)]. Ця обставина робить можливим посилення дратівної дії фактора і проведення лікарського електрофорезу. Так звана методика суперелектросна, або електрофорез імпульсними струмами по методиці електросну (електросонфорез), найбільш виправдана для введення препаратів транквілізуючої або ноотропної дії. У дітей електросон зазвичай застосовують з 3-5-річного віку, проводять його при низьких частотах, меншою силою струму і меншій тривалості.

Останнім часом для викликання електросну стали використовувати синусоїдальні модульовані або інтерференційні струми від відповідних апаратів, а також замість очноямково-потиличного розташування електродів пропонуються лобно-потиличний і внецеребрального (в області гомілки, плеча) впливу.

Показаннями для лікування електросном є: неврози, вегетативна дистонія, вібраційна хвороба, реактивні і астенічні стани, початкові стадії атеросклерозу мозкових судин, черепномозкова травма і її наслідки, фантомні болі, наслідки запальних уражень головного мозку, хорея, порушення сну, артеріальна гіпертензія I і II ст., первинна артеріальна гіпотензія, ішемічна хвороба серця зі стенокардією напруги I-II ФК, в т.ч. в період реабілітації після інфаркту міокарда,

облітеруючі захворювання судин, бронхіальна астма, виразкова хвороба шлунку та дванадцятипалої кишки (неускладнені форми), екзема, нейродерміт, енурез, глосалгія, токсикози другої половини вагітності, підготовка вагітних до пологів, метеотропні реакції, дискінезії і ін.

Електросон протипоказаний: при індивідуальній непереносимості струму, гострих болях вісцерального походження, запальних захворюваннях очей, високого ступеня короткозорості, відшаруванні сітківки, екземи і дерматиті на шкірі обличчя, істеричному неврозі, епілепсії, наявності металевих предметів в тканинах мозку і очного яблука, а також при загальних протипоказаннях для фізіотерапії.

2.5 Розробка структурної схеми апарату «Електросон»

При електросні вплив на головний мозок здійснюється через електроди, накладені на закриті очі і соскоподібний відросток скроневої кістки, імпульсним струмом прямокутної форми при тривалості імпульсів порядку 0,2 – 0,5 мс і частоті повторення, регульованою в межах від 1 – 5 до 80 – 100 імп / с. Частота імпульсів підбирається для кожного хворого індивідуально, а струм встановлюється таким чином, щоб відчуття від його проходження (постукування, вібрація або легкий тиск в глибині очниці) не турбувало хворого.

На рисунку 2.13 представлена структурна схема апарату. Генератором імпульсів є мультівібратор. З виходу мультівібратора прямокутні імпульси після диференціювання надходять на вхід обмежувача – формувача. За допомогою цього каскаду з негативних піків, що знімаються з виходу диференціюючого ланцюга, створюються практично прямокутні імпульси тривалістю 0,5 мс. Прямокутні імпульси посилюються вихідним підсилювачем. З навантаження вихідного підсилювача – на імпульсну напругу через розділовий конденсатор подається на вихідне гніздо «Пацієнт». У ланцюг вихідного струму включений

резистор. Падіння напруги на цьому резисторі, пропорційне амплітуді імпульсів струму, подається в блок вимірювача. Вимірювач є піковий детектор, напруга якого модулює по амплітуді коливання автогенератора. Після посилення, високочастотні коливання детектуються, і постійна складова, пропорційна амплітуді імпульсів в ланцюзі пацієнта, вимірюється міліамперметром. Крім генератора імпульсної напруги, апарат має регульоване джерело постійного струму для створення у вихідному ланцюзі додаткової постійної складової, що підсилює в ряді випадків ефективність імпульсного струму. Постійна напруга створюється за допомогою мостового випрямляча з фільтровими конденсаторами.

Структурна побудова апаратури периферичної електроанальгезії має забезпечувати формування адекватного впливу струму, а також відповідати вимогам щодо реалізації необхідних режимів стимуляції. Це завдання вирішується шляхом схемотехнічного проектування окремих каскадів електростимуляторів за заданими електричними параметрами впливу. У той же час при розробці апаратури периферичної електроанальгезії необхідно врахувати загальні вимоги, що пред'являють до апаратури для медичного застосування.

Крім того, конкретна область використання електроанальгезії в медицині, умови функціонування апаратури обумовлюють певні особливості її конструктивних і експлуатаційних характеристик. Тому розробку технічних засобів для електроанальгезії необхідно проводити на основі медико-технічних вимог, що базуються на результатах, отриманих при аналізі біотехнічної системи електроанальгезії (БТС ЕА), а також враховують медичні аспекти використання апаратури.



Рисунок 2.13– Структурна схема апарату «Електросон»

2.6 Конструкція стаціонарного апарату «Електросон-4Т»

Апарат змонтований в корпусі з ударостійкого полістиролу[25]. На передній панелі апарату (рисунок 2,14) розташовані: ручка (3) «30 – 150» перемикача діапазонів частот проходження імпульсів, ручка (2) «Частота, Гц» плавного регулювання частоти проходження імпульсів у середині діапазонів, ручка (1) «Струм пацієнта», за допомогою якої регулюють величину (дозу) струму у вихідному ланцюзі, що подається пацієнтові. На верхній поверхні корпусу розташований прилад (5), для вимірювання амплітуди імпульсів і додаткової постійної складової струму, що подаються пацієнтові і регулятор (4), призначений для установки стрілки приладу на нуль.

У верхній частині корпусу знаходиться спеціальний відсік з кришкою (6), де розташовані (рисунок 2.15): клавіша перемикача «Викл.-Вкл.» (10), що служить для включення і виключення апарату (індикатором включення апарату служить вічко сигнальної лампи, розташоване на верхній панелі корпусу), кнопка «Контроль» (9) і ручка «Рівень» (8), для встановлення величини додаткової постійної складової струму і перемикач приладу для її вимірювання.

На лівій стінці корпусу розташоване гніздо «Пацієнт» для підключення дроту, що з'єднує апарат з маскою.

На задній стінці корпусу знаходиться вилка приладу для підключення шнура мережі, що знімається. Тримач запобіжника закритий кришкою на дні корпусу.

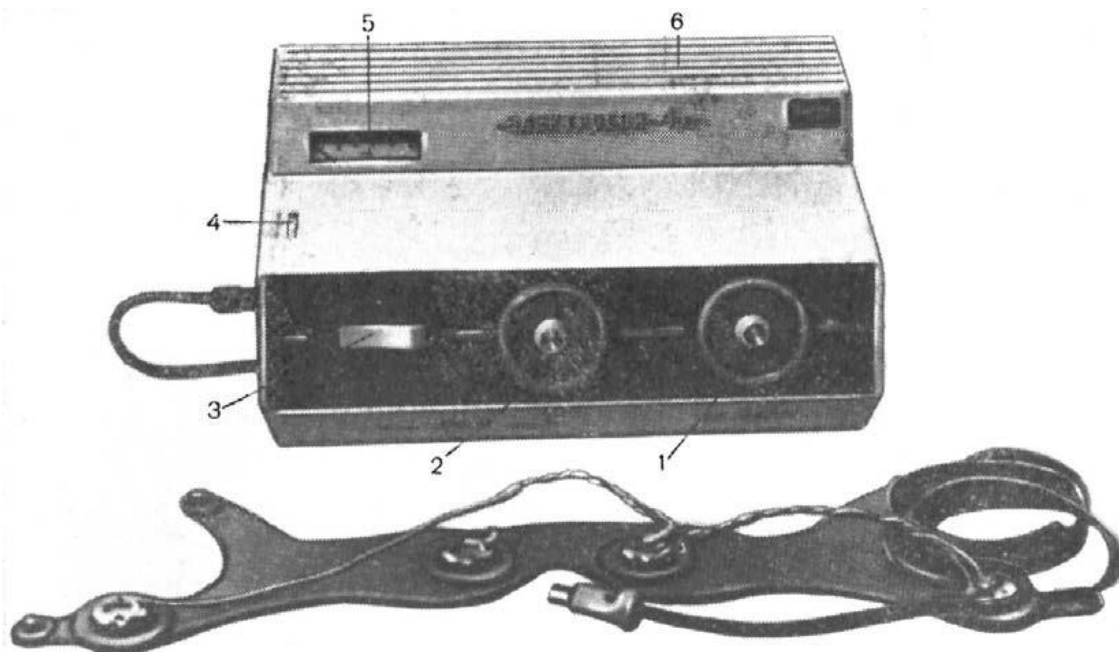


Рисунок 2.14 – Загальний вид апарату «Електросон-4Т»

Апарат зі знятим корпусом зображений на рисунку. У лівій частині шасі змонтований міліамперметр (6), змінний резистор (4) для установки нуля приладу. У центрі встановлені трансформатор (7), блок вимірника в екрані (5). У правій частині шасі знаходяться панель (1) з органами управління мережевим ланцюгом і додатковою постійною складовою, печатна плата (2) блоку живлення, печатна плата (3) блоку генератора.

Для накладення електродів і проведення процедур електросну використовується спеціальна гумова маска. В масці, яку одягають на голову пацієнта, є дві пари електродів. Одна пара електродів знаходиться проти очниць (негативний полюс), інша – проти потилично-сосцевидних відростків (позитивний полюс).

Управління апаратом при проведенні процедур. Встановивши ручки «Струм пацієнта» і «Рівень» у крайнє ліве положення, ручку вимикача мережі в положення «Вимк.», а ручки регулювання частоти в задане положення, підключають до апарата шнур мережі і включають його вилку в розетку з напругою 220 В. Потім готують пацієнта до проведення процедури. Пацієнт повинен знаходитися в ліжку в зручному для сну положенні. Змочені фізіологічним розчином ватні тампони вставляють у поглиблення для електродів,

які знаходяться в масці, накладають маску на голову пацієнта і з'єднують вилку проводу електродів з гніздом «Пацієнт» на апараті.

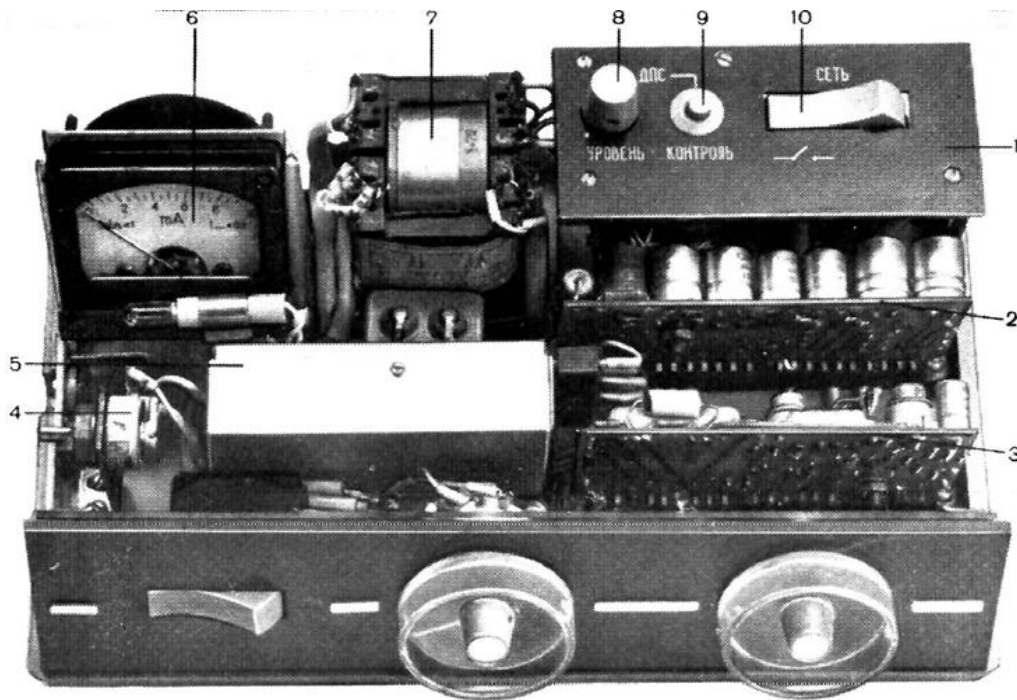


Рисунок 2.15– Вид прибора «Електросон-4Т» без корпуса

Потім переводять вимикач мережі в положення «Мережа» (при цьому загоряються лампи підсвічування шкали) і за допомогою регулятора установки нуля виводять стрілку приладу на нульову позначку шкали. Натиснувши на кнопку «Контроль ДПС», за допомогою ручки «Рівень ДПС» встановлюють необхідну величину додаткової постійної складової струму. Потім, встановивши задану частоту повторення імпульсів, плавно повертаючи ручку «Струм пацієнта», збільшують величину імпульсного струму до граничної величини, орієнтуючись при цьому на відчуття пацієнта.

Слід пам'ятати, що при проведенні процедури електросну у хворого не повинно бути ніяких неприємних відчуттів. В іншому випадку величина струму повинна бути зменшена.

По закінченню процедури плавно виводять у крайнє ліве положення ручки «Струм пацієнта» і «Рівень», знімають маску з хворого і відключають апарат від мережі.

Процедури електросну бажано проводити щоденно. Тривалість кожної процедури становить 60 – 120 хв. Середня тривалість курсу лікування 15 – 25 процедур.

2.7 Схема електрична принципова апарату «Електросон-4Т»

Основні технічні дані: найбільша амплітуда імпульсної напруги 50 В (при навантаженні 5 кОм); тривалість імпульсів 0,5 мс; частота проходження імпульсів на I піддіпазоні – 5 – 30 Гц, на II піддіпазоні – 25 – 150 Гц; форма імпульсів близька до прямокутної ; сумарна тривалість фронту і зрізу не перевищує 0,1 мс; найбільша величина додаткової постійної складової струму 0,5 мА (при навантаженні 5 кОм); амплітуда імпульсів, а також додаткова постійна складова вимірюються за наведеною похибкою не більше 15%; коефіцієнт пульсації в ланцюзі додаткової постійної складової не перевищує 1%; живлення від мережі змінного струму частотою 50 Гц напругою 220 В 10%; споживана апаратом потужність не більше 10 В; по захисту від ураження електричним струмом апарат виконаний по II класу захисту; габаритні розміри 255x180x120 мм ; маса (з комплектом електродів) не перевищує 3 кг[26].

Принципова електрична схема апарату наведена на рисунку 2.17. Апарат складається з трьох змонтованих на роздільних печатних платах основних блоків: блоку генератора і підсилювачів, блоку вимірювача, блоку живлення.

Генератором імпульсів є мультівібратор, зібраний на транзисторах Т1 і Т2. За допомогою перемикача В2 (ручка "Частота") перемикаються конденсатори С1, С2-3, С4, які задають час, чим досягається зміна діапазону регулювання частоти проходження імпульсів. На I діапазоні (положення "30" ручки "Частота") включені конденсатори С3, С4 і частота проходження регулюється в межах 5-30 Гц. Плавне регулювання частоти проходження в межах кожного діапазону

забезпечується змінним резистором R14, який змінює потенціал на базі транзисторів.

З виходу мультивібратора прямокутні імпульси після диференціювання (ланцюжок C15-R11, R3) надходять на вхід обмежувача-формувача, зібраного на транзисторі T3. За допомогою цього каскаду з негативних піків, що знімаються з виходу диференціюються ланцюжки, створюються практично прямокутні імпульси тривалістю 0,5 мс. Прямокутні імпульси посилюються каскадом на транзисторі T4 і вихідним підсилювачем на транзисторі T5. З колекторного навантаження вихідного підсилювача змінного резистора R19 імпульсна напруга через розділовий конденсатор C8 подається на вихідне гніздо "Пацієнт". Вісь резистора R19 виведена на панель управління (ручка "Ток пацієнта"), що дозволяє плавно регулювати струм через пацієнта. Стабілітрон Д3 забезпечує обмеження найбільшої амплітуди імпульсів до 50В.

У ланцюг вихідного струму включений резистор R27. Падіння напруги на цьому резисторі, пропорційне амплітуді імпульсів струму, подається в блок вимірювача. Вимірювач є піковий детектор, напруга якого модулює по амплітуді коливання автогенератора. Після посилення високочастотні коливання детектуються, і постійна складова, пропорційна амплітуді імпульсів в ланцюзі пацієнта, вимірюється міліамперметром.

Піковий детектор зібраний на діоді Д4 і конденсаторі С12. З навантаження детектора-дільника на резисторах R20, R21, R28 постійна напруга надходить на послідовно включені стабілітрони Д5, Д6. Стабілітрони використовуються як варикапи в ланцюзі зворотнього зв'язку автогенератора, зібраного на транзисторі Т6. Амплітуда коливань з частотою 100 кГц, створюваних автогенератором, визначається напругою зворотного зв'язку, яке створюється високочастотним трансформатором (L1-L2) і через ємнісний дільник, утворений стабілітронами Д5, Д6, подається в ланцюг бази транзистора Т6.

При вимірюванні напруги на виході пікового детектора змінюються ємність стабілітрона Д5 і відповідно напруга зворотного зв'язку генератора. Завдяки цьому встановлюється близька до лінійної залежність між амплітудою імпульсів в

ланцюзі пацієнта і напругою високочастотних коливань автогенератора. Високочастотна напруга посилюється каскадами, зібраними на транзисторах Т7, Т8 і детектується (діоди Д7, Д8, конденсатор С15). Навантаженням детектора є вимірювальний прилад ВП. За допомогою змінного резистора R17 проводиться калібрування приладу в значеннях амплітуди імпульсів в ланцюзі пацієнта (кінцеве значення шкали 10 мА). Установка нуля приладу проводиться змінним резистором R32, включеним в емітерний ланцюг транзистора високочастотного генератора.

Крім генератора імпульсної напруги, апарат має регульоване джерело постійного струму для створення у вихідному ланцюзі додаткової постійної складової, що підсилює в ряді випадків ефективність імпульсного струму.

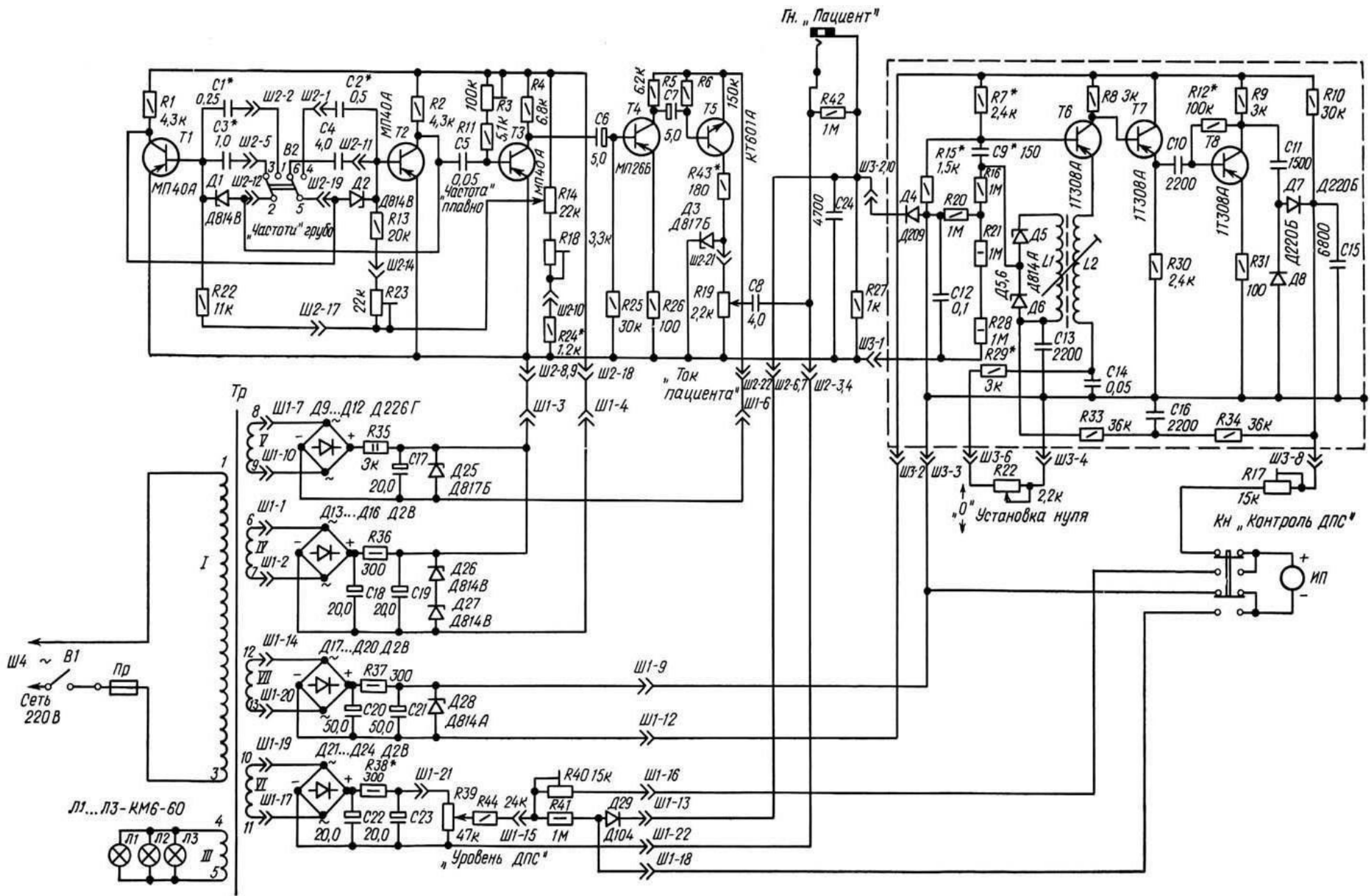


Рисунок 2.16 – Принципова електрична схема апарату

Постійна напруга створюється за допомогою мостового випрямляча на діодах Д21-Д24 з фільтровими конденсаторами С22, С23. Випрямляч навантажений на змінний резистор R39 (ручка "Рівень ДПС"), з движка якого, напруга через резистори R44, R41 і діод Д29 подається на вихідне гніздо. Падіння напруги на резисторі R41 при кнопці КН ("Контроль ДПС") створює струм в ланцюзі міліамперметра ВП. Напруга живлення на транзистори мультивібратора і формувача подається з випрямляча на діодах Д13-Д16 з фільтровим конденсаторами R18, R19 і стабілітронами Д26, Д27.

Транзистори підсилювачів живляться від мостового випрямляча на діодах Д9-Д12, фільтровому конденсаторі С17, стабілітроні Д25, а транзистори вимірювача - від окремого випрямляча на діодах Д17-Д20 з конденсаторами фільтра С20, С21 і стабілітроном Д28.

До мережі живлення апарат підключається через силовий трансформатор Тр. У мережевому проводі встановлений вимикач В1, запобіжник Пр. Індикація напруги мережі здійснюється за допомогою ламп розжарювання Л1, Л2, які висвітлюють шкалу частот на панелі управління. Підсвічування шкали дозволяє проводити процедури в затемненому приміщенні, тобто в умовах, що сприяють природному сну.

2.8 Розробка медико-технічних вимог до апаратури для терапії захворювань центральної нервової системи

Розглянемо основні медико-технічні вимоги до апаратури для периферичної електроанальгезії, що включають конструктивні та експлуатаційні вимоги[27]. Аналіз області використання засобів периферичної електроанальгезії показує, що сфера застосування різних варіантів конструкцій апаратури досить широка. Поширеність больових синдромів різної етіології, різна ступінь вираженості болю, неоднакова тривалість лікування, а також відмінність умов використання

апаратури (стаціонар, поліклініка, швидка медична допомога) роблять недоцільною розробку універсальних багатоцільових електростимуляторів. Лікування гострого болю постопераційного, посттравматичного, нейрогенного характеру, знеболення в пологах вимагає охоплення стимуляції великих зон, пов'язаних з вогнищами болю. У цих випадках доцільне використання апаратів, що забезпечують досить великий струм стимулу і дозволяють застосовувати електроди значної площі. Даний тип електростимуляторів призначений для використання в спеціалізованих палатах лікувальних установ, де важливе значення має здатність апаратури працювати безперервно протягом тривалого часу. Це обумовлює доцільність виконання апаратури у вигляді стаціонарних конструкцій з живленням від мережі змінного струму. Види електровпливу та прилади для котрих вони підходять зображені на рисунку 2.17.

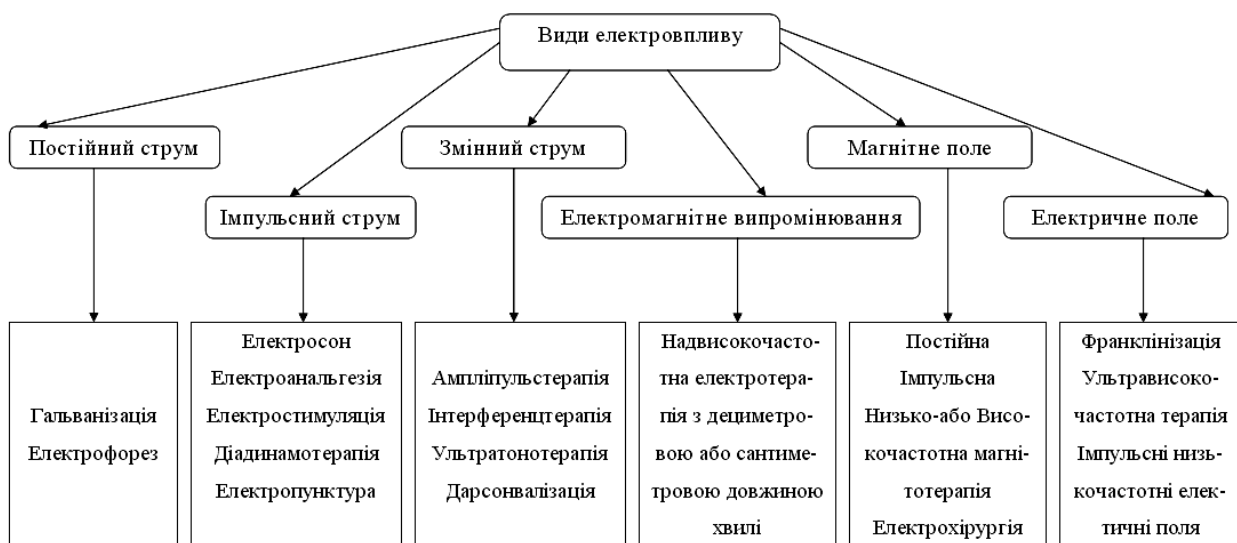


Рисунок 2.17 – Види електровпливу

Знеболювання після травми, зняття гострих і хронічних болів нейрогенного, артрогенного та іншого характеру передбачає використання електростимуляторів, в першу чергу, в умовах поліклініки та травмунктів, а також при наданні швидкої медичної допомоги або при лікуванні вдома[28]. В даному випадку необхідні конструкції електростимуляторів, які мають малі габарити, масу і здатні функціонувати при живленні від батарей або акумуляторів. Використання

периферичної електроанальгезії як компонент загальної анестезії при хірургічних втручаннях, при лікуванні важких больових синдромів вимагає проведення тривалих сеансів впливу в умовах, за яких підбір параметрів стимулу за звичайними показниками ускладнений у силу обмеженості або неможливості контакту з хворим. Для цих випадків необхідна розробка апаратури з автоматичною біорегулювкою параметрів впливу по одному із запропонованих алгоритмів функціонування БТС ЕА. Це технічно істотно ускладнює електростимулятор, проте клінічні можливості його застосування стають більш широкими. Таким чином, реалізація БТС ЕА в різних клінічних умовах потребує розробки апаратури різного функціонального призначення.

Тому пропонуємо портативний апарат з живленням від змінних батарей для лікування в умовах установ швидкої медичної допомоги та в домашніх умовах за призначенням лікаря.

2.9 Розрахунок блокінг-генератора в автоколивальному режимі

Найпростіший блокінг-генератор(рисунок 2.18) складається з транзистора VT1 по схемі із загальним емітером, трансформатора зворотного зв'язку T1, демпфуючої ланцюга у вигляді діода VD1, времязадаючої ланцюжка R2C1, базового резистора R1 і опору навантаження Rн.

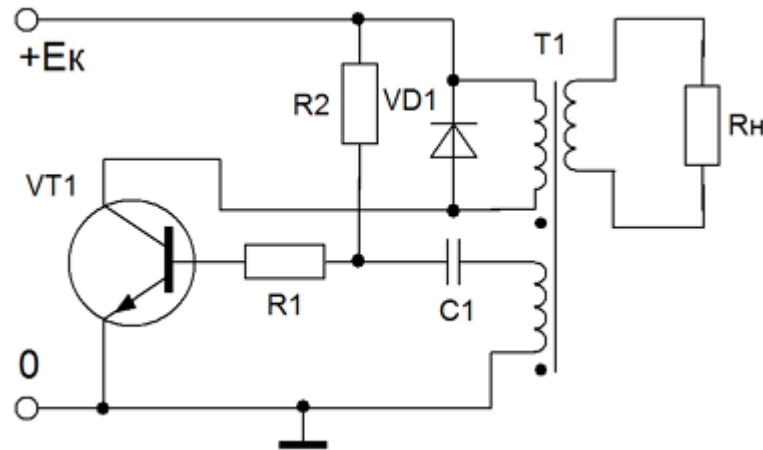


Рисунок 2.18 - Схема автоколебательного блокинг-генератора

Перша стадія (формування фронту імпульсу) починається в момент часу t_0 , тобто в момент включення живлення або після закінчення періоду попереднього імпульсу. У цей момент транзистор виявляється замкнений, а конденсатор $C1$ починає заряджатися через резистор $R2$. У міру заряду конденсатора $C1$ збільшується напруга U_{BE} на базі транзистора $VT1$, що призводить до поступового відкриття транзистора і зростанню колекторного струму I_C . Зростаючий струм колектора призводить до формування ЕРС в трансформаторі і на його затискачах формується зростаючого напруження і струм пропорційно току колектора транзистора $VT1$. Дана стадія закінчується в момент часу t_1 , коли транзистор перейшов повністю в режим насичення.

Друга стадія (формування вершини імпульсу) починається в момент часу t_1 . Після того як транзистор $VT1$ перейшов в режим насичення на нього вже мало впливає струм протікає через базу транзистора, тому наростання амплітуди імпульсу припиняється і починає формуватися плоска вершина імпульсу. В даний період часу напруга на затискачах трансформатора практично не змінюється, тому напруга на колекторі не змінюється, але так як відбувається розряд конденсатора $C1$ зменшується напруга на базі транзистора $VT1$, а отже і струм бази I_b . У міру зменшення струму бази I_b починає зменшуватися струм колектора

I_C , але внаслідок індуктивного характеру колекторної навантаження, починає збільшуватися струм намагнічування трансформатора, а, отже, і колекторний струм транзистора VT1, в результаті напруга на колекторі залишається постійним деякий час, яке залежить від параметрів трансформатора T1.

Третя стадія (формування зрізу імпульсу) починається в момент часу t_2 . В цей час ток підмагнічування зменшується і транзистор VT1 починає закриватися під впливом зменшується струму бази I_b , внаслідок розряду конденсатора C1. Коли транзистор повністю закритися колекторний струм зменшиться практично до нуля і потенціал на висновках трансформатора T1 також зменшиться, але внаслідок цього в обмотках трансформатора виникне струм зворотний току колектора I_C і відповідно струму бази I_b , що призведе до ще якнайшвидшому розряду конденсатора і утворення негативного сплеску напруги на базі. Негативний імпульс напруги на базі транзистора VT1 ще швидше розрядить конденсатор, що зменшить тривалість зрізу імпульсу в порівнянні з фронтом.

Розглянемо роботу блокінг-генератора на основі тимчасових діаграм його роботи приведену на рисунку 2.19.

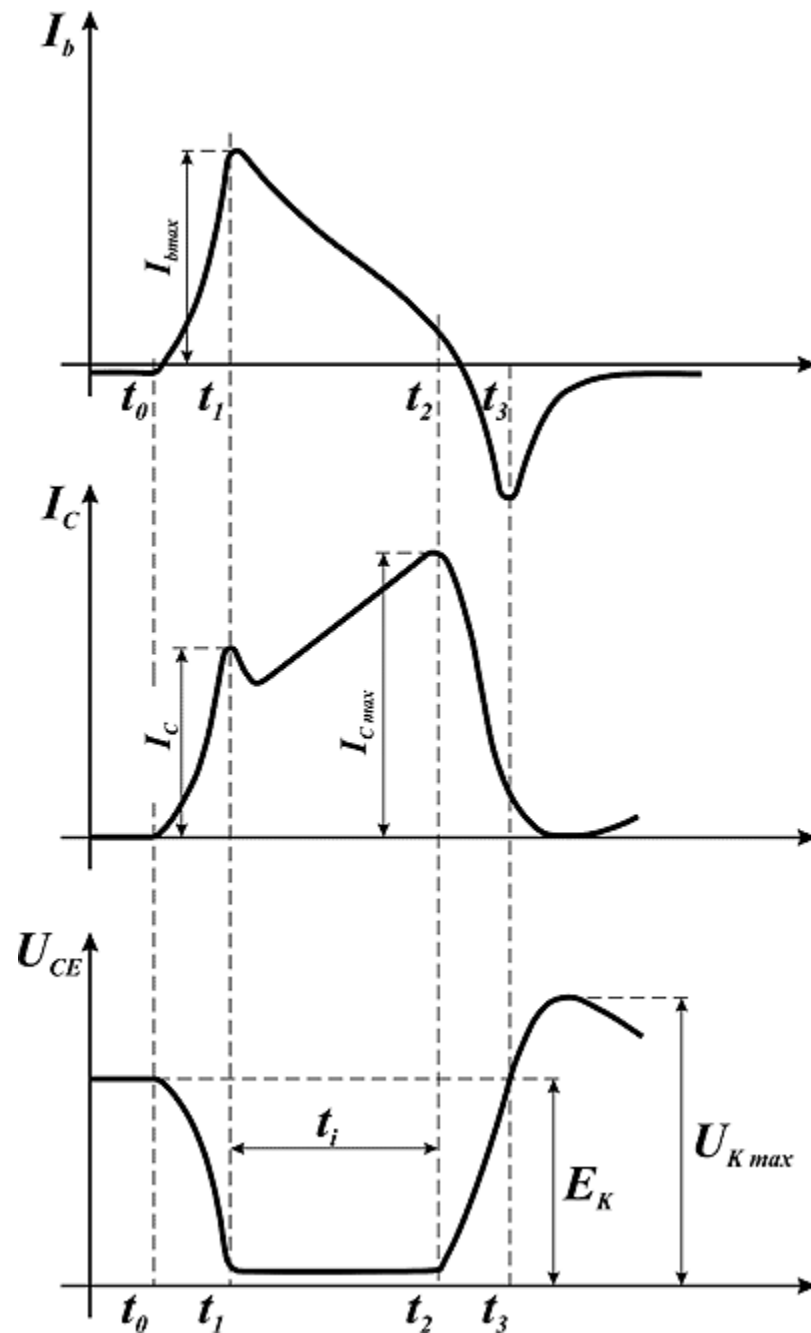


Рисунок 2.19 - Діаграми роботи блокінг-генератора

Четверта стадія (відновлення) починається в момент часу t_3 . В цей час транзистор знаходиться в повністю закритому стані. В цей період часу відбувається розсіювання енергії в конденсаторі і трансформаторі, запасеної в третій стадії роботи блокінг-генератора. В цей період часу в трансформаторі можуть виникати деякі коливальні процеси (зміна напруги до рівня U_{Kmax}), що в загальному випадку небажані, тому для запобігання цього паралельно колекторної

обмотки трансформатора включають різні демпфируючі ланцюга, в даному випадку цю роль виконує діод VD1.

Задамо наступні параметри для розрахунку: частота проходження імпульсів $F = 50$ кГц, шпаруватість імпульсів $Q = 0,3$, амплітуда вихідних імпульсів $U_m = 5$ В, опір навантаження $R_H = 25$ Ом, напруга живлення схеми $E_K = 310$ В.

Першим етапом розрахунку є визначення типу транзистора, як основного елемента схеми. Транзистор вибирається за такими параметрами: максимально допустима напруга U_{CBmax} , максимально допустимий струм колектора I_{Cmax} і гранична частота f_{h21e} .

$$U_{CBmax} \geq (1.5 \dots 2)E_K$$

$$U_{CBmax} \geq (1.5 \dots 2) \cdot 310 = 415 \dots 620 \text{ В}$$

$$I_{Cmax} = \frac{(3 \dots 5)U_m n_H}{R_H}$$

$$n_H \approx \frac{1.2 \cdot U_m}{E_K} = \frac{1.5 \cdot 5}{310} \approx 0.02$$

$$I_{Cmax} = \frac{(3 \dots 5) \cdot 5 \cdot 0.02}{25} \approx 0.012 \dots 0.02 \text{ А}$$

де n_H - коефіцієнт трансформації з колекторної обмотки в обмотку навантаження.

Прийmemo $I_C = 0,02$ А

$$F_{h21e} \geq (5 \dots 8) \cdot F = (5 \dots 8) \cdot 50 = 250 \dots 400 \text{ кГц}$$

Даним параметрам задовольняє транзистор МJE13001 з наступними характеристиками:

тип транзистора: NPN;

$U_{CBmax} = 600$ В;

$U_{BEmax} = 7$ В;

$$I_{Cmax} = 0,2 \text{ A};$$

$$I_{CBO} = 10 \text{ мкА};$$

$$f_{h21e} = 8 \text{ МГц};$$

$$h_{21e} = 5 \dots 30;$$

$$r_b \approx 200 \text{ Ом}.$$

Визначимо величину опору $R1$

$$R1 = (2 \dots 3) \cdot r_b = (2 \dots 3) \cdot 200 = 400 \dots 600 \text{ Ом}$$

Прийmemo значення $R1 = 390 \text{ Ом}$.

Рассчітаем параметри імпульсного трансформатора. Коефіцієнт трансформації для вихідний обмотки n_H

$$n_H = \frac{1.2 \cdot U_m}{E_K} = \frac{1.2 \cdot 5}{310} \approx 0.02$$

Коефіцієнт трансформації для обмотки в ланцюзі бази n_B

$$n_B \approx \frac{1.2 \cdot U_B}{E_K}$$

де U_B - напруга на базі транзистора VT1.

$$U_B \leq U_{BEmax} = 7 \text{ В}$$

Виберемо $U_B = 5 \text{ В}$. Тоді

$$n_B \approx \frac{1.2 \cdot 5}{310} \approx 0.02$$

Індуктивність колекторної обмотки трансформатора

$$L_1 \geq \frac{t_1}{\frac{L_{Cmax}}{E_K} - \frac{l}{R'_H \parallel r'_b}}$$

де t_i - тривалість імпульсу;

R'_H - приведений опір навантаження;

r'_b - наведене до колекторної навантаженні опір бази.

Визначимо тривалість імпульсу і наведені опору

$$t_1 = \frac{Q}{F} = \frac{0.3}{50000} = 6 \text{ мкс}$$

$$R'_H = \frac{R_H}{n_B^2} = \frac{25}{0.02^2} = 62.5 \text{ кОм}$$

$$r'_b = \frac{r_b + R1}{n_B^2}$$

де r_b - внутрішнє об'ємний опір бази. Тоді

$$r'_b = \frac{200 + 390}{0.02^2} = 1.475 \text{ МОм}$$

$$R'_H \parallel r'_b = \frac{R'_H \cdot r'_b}{R'_H + r'_b} = \frac{62.5 \cdot 1.475}{62.5 + 1.475} \approx 59,959 \text{ кОм}$$

Тоді індуктивність первинної обмотки буде дорівнює

$$L_1 \geq \frac{0.000006}{\frac{0.2}{310} - \frac{1}{59959}} \approx 9.5 \text{ мГн}$$

Визначимо величину опору $R2$ і ємність конденсатора $C1$. Ємність конденсатора $C1$ визначиться з наступного умови

$$C1 \geq \frac{t_i}{r_b} = \frac{0.000006}{590} \approx 10 \text{ нФ}$$

Прийmemo $C1 = 12 \text{ нФ}$

Опір резистора $R2$

$$R2 = \frac{\frac{1}{F} - 1}{C1 \cdot \ln(1 + n_B)}$$

$$R2 = \frac{0.00002 - 0.000006}{12 \cdot 10^{-9} \cdot \ln(1 + 0.02)} \approx 59 \text{ кОм}$$

Прийmemo $R2 = 62 \text{ кОм}$.

У колекторний ланцюг транзистора необхідно включати демпфуючу ланцюжок. Вона дозволяє обмежити сплески імпульсів на трансформаторі, внаслідок чого зменшуються імпульсні перешкоди і ймовірність пробую транзистора. В даному випадку застосована найпростіша демпфуюча ланцюг у вигляді діода VD1, який повинен відповідати таким вимогам

$$I_{\text{пр.ср}} \geq \frac{E_K t_i}{L_l} = \frac{310 \cdot 6 \cdot 10^{-6}}{0.0095} \approx 0.196 \text{ А}$$

$$U_{\text{обр.мах}} > E_K = 310$$

Даним параметрам задовольняє діод типу 1N4004.

2.10 Розробка електричної схеми для портативного апарату «Електросон»

Простий прилад електросну для індивідуального користування представлений на рисунку. Запропонований прилад за рахунок насичення

сердечника трансформатора дозволяє виробляти імпульси колоколообразної форми з частотами прямування 50 і 100 Гц. Частота 100 Гц створює іноді більш сильну дію, тому вона не рекомендована при лікуванні дітей і літніх людей.

Трансформатор Т1 зібрано на сердечнику з пермаллоя П16× 8. Первинна обмотка містить 1000 витків дроту ПЕВ – 0,08, вторинна – (1000 +1000) витків того ж дроту. Для забезпечення гарної ізоляції обмоток одну від одної їх виконують на окремих каркасах, розташовуючи на крайніх стержнях сердечника. Неонова лампа типу МН-3 служить для захисту від перевантаження по струму. Опір R1 обсклований, дровий, потужністю 10 Вт. Від його величини залежить форма і тривалість імпульсів. Величина струму і напруги регулюється резисторами R4 і R2 відповідно. Міліамперметр розрахований на струм до 2 мА. Перед застосуванням приладу необхідно його перевірити на пробій випробувальною напругою в 3 кВ між первинною і вторинною обмотками трансформатора, а також між первинною обмоткою і сердечником. При цьому опір ізоляції має бути приблизно 100 МОм. Користуватися приладом необхідно під наглядом лікаря.

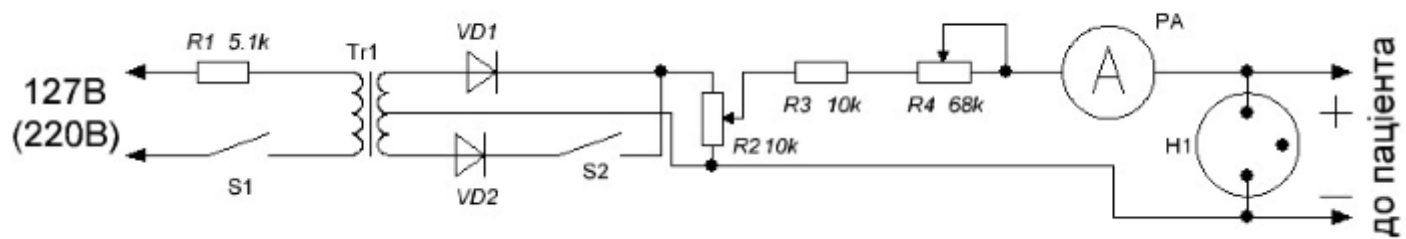


Рисунок 2.20 – Схема приладу «Електросон»

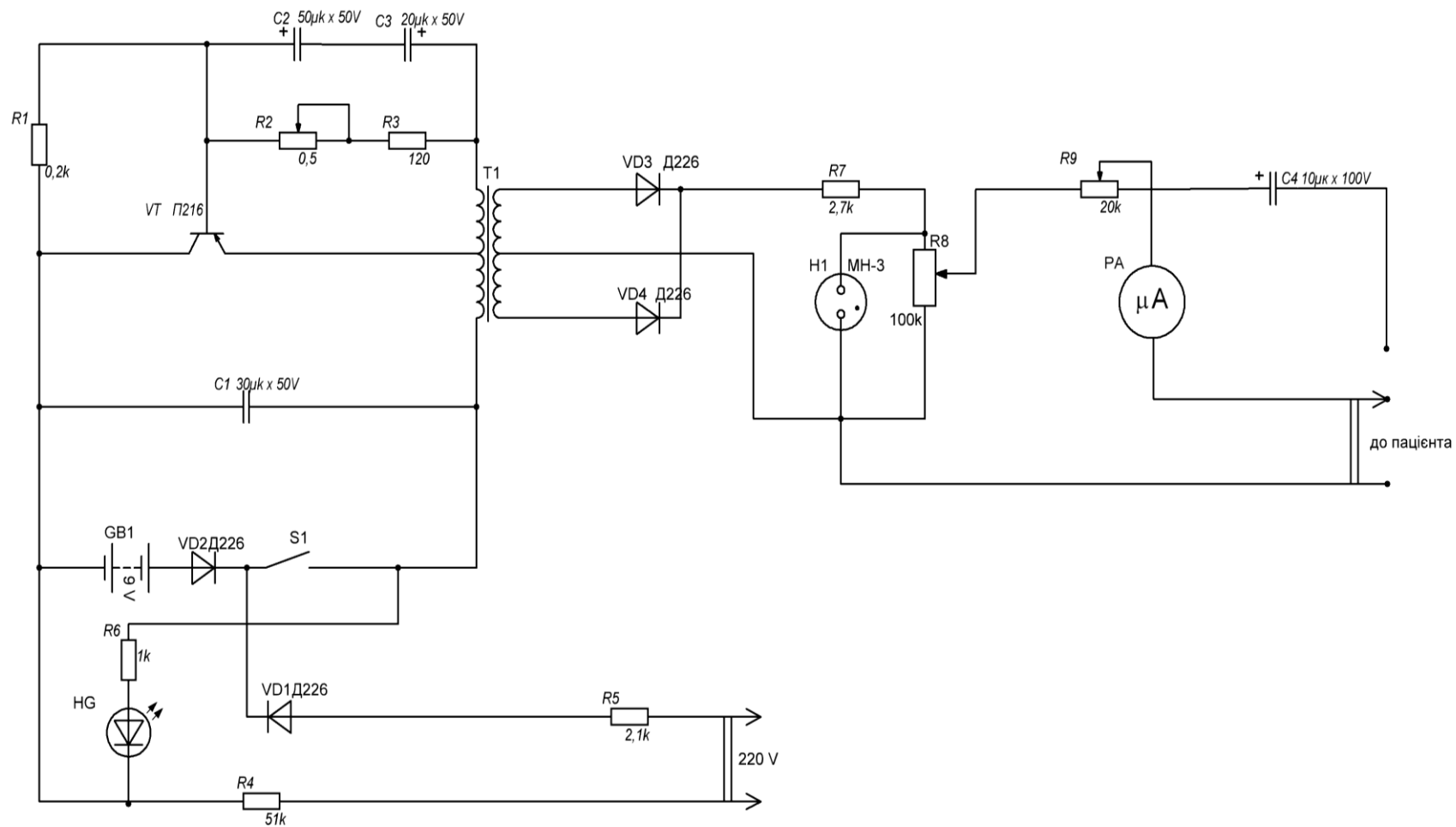


Рисунок 2.21 – Схема до розробленого портативного приладу «Електросон»

Запропонована схема до портативного приладу «Електросон» для індивідуального користування представлена на рисунку 2.21.

Прилад можна використовувати як в стаціонарних, так і в похідних умовах з живленням від батареї 9 В.

Прилад складається з блокінг-генератора, виконаного на транзисторі VT1 П216(з будь-яким буквеним індексом), і імпульсного трансформатора.

Частоту генератора можна змінювати резистором R2 в межах 1–500 Гц, а напруга і струм, що діють в ланцюзі, – резисторами R8 і R9 відповідно. У приладі застосований амперметр з шкалою 1 мА. Трансформатор виконаний на сердечнику з пермалоя площею перерізу 3 см². Обмотка I містить 86 витків дроту ПЕЛ 0,6, обмотка II – 55 витків дроту ПЕЛ – 0,3, обмотка III – 980 витків дроту ПЕЛ – 0,1 – 0,12. До приладу можна підключити головні телефони, що підсилює дію електричних імпульсів на пацієнта при лікуванні безсоння і деяких видів неврозів. Величину струму підбирають в межах 150 – 250 мкА при напрузі 1 – 16 В, частота імпульсів – 1 – 200 імп / с, причому на початку сеансу використовується висока частота, потім поступово вона знижується до частоти пульсу хворого – 60 – 70 імп / с.

Перелік елементів запропонованої схеми представлений у додатку А.

Портативний прилад «Електросон» має малі габарити, масу і здатний функціонувати при живленні від батарей або акумуляторів, простий у виготовленні та низько коштовний.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

Лікування хронічних больових синдромів та захворювань центральної нервової системи є одним з найважливіших завдань і найскладнішою проблемою медицини. Для знеболювання, лікування та нормалізації стану центральної нервової системи використовують різного роду апарати для електростимуляції. Зазвичай електростимулятори призначені для використання в спеціалізованих палатах лікувальних установ. Але часто потрібне лікування при наданні швидкої медичної допомоги або при лікуванні вдома.

Дипломна робота присвячена розробці портативного апарату з живленням від змінних батарей, який виконано на вітчизняній елементній базі, простий за конструкцією, низько коштовний та може бути виготовлений навіть у домашніх умовах.

3.1 Порівняльний аналіз апаратів для терапії ЦНС за критеріями

Медична промисловість серійно випускає апаратуру для електростимуляції, яка генерує імпульсні струми частотою до 200 Гц, має різну кількість імпульсів за одиницю часу, споживану потужність, ціну. Кожен із апаратів має свої як позитивні якості, так і недоліки. Розглянемо деякі з них.

Основні технічні характеристики розробленого портативного приладу для терапії ЦНС:

Частота проходження імпульсів: 1 – 500 Гц

Кількість імпульсів за одиницю часу: 1 – 200 імп/с

Струм в ланцюзі пацієнта при навантаженні 0,5 кОм: 0,15 – 0,25 мА

Живлення: 9В

Споживана потужність: $5,63 \cdot 10^{-7}$ ВА

Вартість: 704,13 грн.

Апарат «Електросон 4-Т»

Апарат призначений для електролікування. На головний мозок впливають імпульсним струмом низької частоти (5-160 Гц), в результаті чого виникає стан, близький до фізіологічного сну, з метою нормалізації функціонального стану центральної нервової системи. На рисунку 3.1 представлений зовнішній вигляд апарату.

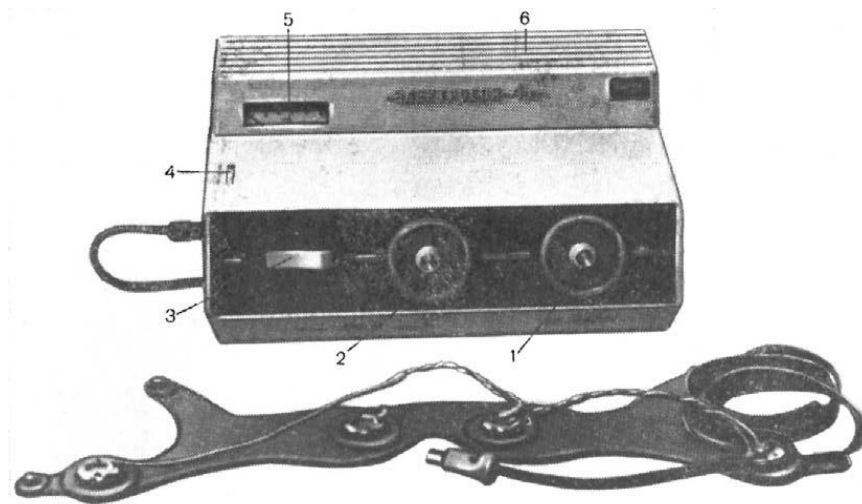


Рисунок 3.1 – Зовнішній вид апарату «Електросон 4-Т»

Основні технічні характеристики апарату:

Частота проходження імпульсів: 1 – 150 Гц

Кількість імпульсів за одиницю часу: 1 – 100 імп/с

Струм в ланцюзі пацієнта при навантаженні 0,5 кОм: 0,5 мА

Живлення: 220 В

Споживана потужність: 10 ВА

Вартість: 2290 грн.

Апарат «Еліман-101»

Апарат призначений для через шкірної електростимуляції в умовах хірургічних, реанімаційних і неврологічних відділень лікувальних установ, в пологових будинках з метою: зняття післяопераційних болів, зняття гострих посттравматичних болів, знеболювання пологів, лікування хронічних нейрогенних, ангиогенних, вертеброгенних і онкогенних больових синдромів.



Рисунок 3.2 – Апарат «Еліман-101»

Основні технічні характеристики апарату:

Частота проходження імпульсів: 1 – 250 Гц

Кількість імпульсів за одиницю часу: 1 – 150 імп/с

Струм в ланцюзі пацієнта при навантаженні 0,5 кОм: 0,5 мА

Живлення: 220 В

Споживана потужність: 10 ВА

Вартість: 1400 грн.

Апарат «Ленар»

В апараті реалізований ефект електротранквілізації (електронаркоз, розслаблення), при якому можна отримати ефект усунення емоційної напруги, тривоги і занепокоєння при релаксації м'язів.

Апарат використовується, в тому числі, лікарями-психотерапевтами для виведення пацієнтів з душевної кризи, депресії.

Лікувальний електронаркоз підсилює процеси саморегуляції головного мозку, створює захисний ефект при екстремальних впливах (бойові дії, радіація, стрес різного походження).



Рисунок 3.3 – Апарат «Ленар»

Основні технічні характеристики апарату:

Частота проходження імпульсів: 1 – 400 Гц

Кількість імпульсів за одиницю часу: 1 – 200 імп/с

Струм в ланцюзі пацієнта при навантаженні 0,5 кОм: 1,0 – 70,0 мА

Живлення: 220 В

Споживана потужність: 12 ВА

Вартість: 8900 грн.

Тому для вибору кращого з цих апаратів проаналізуємо методом ієрархії чотири варіанти приладів (табл.3.1), враховуючи шкалу відносної важливості (табл.3.2).

Таблиця 3.1 – Варіанти видів апаратів для електростимуляції ЦНС

Позначення	Назва апарату
А	Портативний прилад для терапії ЦНС
В	Апарат «Електросон-4Т»
С	Апарат «Еліман-101»
Д	Апарат «Ленар»

Таблиця 3.2 – 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 робимо за критеріями, наведеними в таблиці 3.3, встановлюємо відносну вагу кожного критерію на основі матриці попарних порівнянь для обраних критеріїв.

У матриці прийняті наступні позначення:

i – номер критерію;

при порівнянні 4-х критеріїв (табл. 3.3) $i = 1, 2, 3, 4$;

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	$\sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 \omega_i}$	X_i
1. Частота проходження імпульсів	1	1	1/7	1/5	7	5	1,00	0,115

2. Кількість імпульсів за одиницю часу	1	1	1/5	3	5	3	1,443	0,167
3. Струм в ланцюзі пацієнта при навантаженні 0,5 кОм	7	5	1	5	7	5	4,29	0,495
4. Живлення	5	1/3	1/5	1	5	1/5	0,832	0,096
5. Споживана потужність	1/7	1/5	1/7	1/5	1	1/7	0,22	0,025
6. Вартість	1/5	1/3	1/5	5	7	1	0,88	0,102
Σ							8,665	1,00

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 $i = 1, 2, 3, 4$;

$$X_i = \frac{\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}}{\sum_{i=1}^4 \sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}} ; \Sigma - \text{сума по стовпці } \sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i} .$$

Таблиця 3.4 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «частота проходження імпульсів»

Апарат	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X_i
A	1	7	5	3	3,201	0,564
B	1/7	1	1/3	1/5	0,312	0,055
C	1/5	3	1	1/3	0,669	0,118
D	1/3	5	3	1	1,495	0,263
Σ					5,677	1,00

Таблиця 3.5 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «кількість імпульсів за одиницю часу»

Апарат	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X_i
A	1	5	3	1	1,968	0,391
B	1/5	1	1/3	1/5	0,34	0,067
C	1/3	3	1	1/3	0,759	0,151
D	1	5	3	1	1,968	0,391
Σ					5,035	1,00

Таблиця 3.6 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «струм в ланцюзі пацієнта при навантаженні 0,5 кОм»

Апарат	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X_i
A	1	5	5	7	3,637	0,615
B	1/5	1	1	5	1,00	0,169
C	1/5	1	1	5	1,00	0,169
D	1/7	1/5	1/5	1	0,275	0,047
Σ					5,912	1,00

Таблиця 3.7 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «живлення»

Апарат	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X_i
A	1	9	9	9	5,197	0,751
B	1/9	1	1	1	0,577	0,083
C	1/9	1	1	1	0,577	0,083
D	1/9	1	1	1	0,577	0,083
Σ					6,928	1,00

Таблиця 3.8 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «споживана потужність»

Апарат	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X_i

A	1	9	9	9	5,197	0,737
B	1/9	1	1	3	0,76	0,108
C	1/9	1	1	3	0,76	0,108
D	1/9	1/3	1/3	1	0,333	0,047
Σ					7,05	1,00

Таблиця 3.9 – Порівняння альтернатив стосовно критерію «вартість»

Апарат	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	1	7	5	9	4,213	0,64
B	1/7	1	1/3	5	0,698	0,106
C	1/5	3	1	7	1,432	0,218
D	1/9	1/5	1/7	1	0,237	0,036
Σ					6,58	1,00

Глобальний пріоритет для кожної альтернативи обчислюється як сума добутків кожного локального пріоритету на його ваговий коефіцієнт.

Таблиця 3.10 – Глобальний пріоритет для кожної альтернативи

Пріоритети	№1	№2	№3	№4	№5	№6	Глобальний
Вага	0,115	0,167	0,495	0,096	0,025	0,102	
Портативний	0,564	0,391	0,615	0,751	0,737	0,64	0,59

прилад для терапії ЦНС							
Апарат «Електросон-4Т»	0,055	0,067	0,169	0,083	0,108	0,106	0,123
Апарат «Еліман-101»	0,118	0,151	0,169	0,083	0,108	0,218	0,155
Апарат «Ленар»	0,263	0,391	0,047	0,083	0,047	0,036	0,132

З порівняння глобальних пріоритетів різних видів апаратів для електростимуляції (табл.3.10) видно, що найбільшим є пріоритет у портативного приладу для терапії ЦНС.

Висновки: За допомогою методу аналізу ієрархій проведено порівняння чотирьох видів апаратів для електростимуляції за наступними критеріями: 1) частота проходження імпульсів; 2) кількість імпульсів за одиницю часу; 3) струм в ланцюзі пацієнта при навантаженні 0,5 кОм; 4) живлення; 5) споживана потужність; 6) вартість. Найбільший локальний пріоритет у критерію «струм в ланцюзі пацієнта при навантаженні 0,5 кОм» (дивись табл.3.3). За даними таблиць глобальний пріоритет за багатьма критеріями є найвищим у портативного приладу для терапії захворювань ЦНС. Тому перевага віддається цьому апарату.

3.2 Розрахунок витрат на елементи електричної схеми

Таблиця 3.11 – Розрахунок вартості покупних виробів

Найменування елемента	Тип	Кількість, шт.	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
Діод	Д226	4	0,77	3,08

Конденсатор	К – 10 – 17Б ОЖО 460 172 ТУ	4	0,80	3,20
Транзистор	П116	1	1,36	1,36
Резистор	МЛТ - 0,125 – 47 кОм +10%	9	1,10	9,90
Трансформатор	ТМ 25	1	326,00	326,00
Міліамперметр	М282К-М1-1мА	1	33,56	33,56
Лампа	МН-3	1	1,20	1,20
Світлодіод	АЛ112В	1	9,77	9,77
Батарейка	Крона 9В	1	6,00	6,00
Тумблер	ТВ1-2	1	22,50	22,50
Разом				416,57

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів

На робочому місці інженер-електронщик піддається впливу наступних несприятливих умов:

- недостатнє освітлення;
- шум від працюючих машин (комп'ютерів, робочих стендів).

Джерелом шуму є робочі стенди. Шум діє на робітника протягом 70% робочого часу;

- електромагнітне випромінювання, джерелом якого є персональні комп'ютери з системними блоками і моніторами;
- виділення надлишків теплоти;
- підвищена запиленість.

Розвитку стомлюваності на робочому місці сприяють такі чинники:

— характер протікання праці. Трудовий процес організований таким чином, що інженер-електронщик змушений з перших хвилин робочого дня вирішувати найбільш складні і трудомісткі задачі, у той час як у перші хвилини роботи функціональна рухливість нервових клітин мозку низька[29]. Важливе значення має чергування праці та відпочинку, зміна одних форм роботи іншими.

— неправильна ергономічна організація робочого місця, нераціональні зони розміщення обладнання по висоті від підлоги, по фронту від осі симетрії;

Джерела небезпечних та шкідливих чинників на інженера – електронщика:

— рівень шуму в приміщенні протягом робочого дня непостійний. При цьому протягом однієї години діє шум з рівнем звуку 83 дБА, протягом наступних двох годин з рівнем звуку 86 дБА, останній час 81 дБА при тому що норматив повинен бути не більше 70 дБА. Значить, робоче місце по показнику рівня шуму відноситься до класу умов праці 3.2 – шкідливий.

— основним джерелом електромагнітного випромінювання приміщення є персональні комп'ютери з системними блоками і моніторами.

— іонізація повітря приміщення. Рівні позитивних і негативних аероіонів в повітрі приміщень, де розташовані ПЕОМ, повинні відповідати санітарно-епідеміологічним нормативам, що діють.

Так як у приміщенні присутнє лабораторне устаткування, комп'ютери, шафи та робоча документація, то спостерігається деяка запиленість. За нормою запиленість в приміщенні не повинна перевищувати 4 мг/м³.

4.2. Заходи з поліпшення умов праці, виробнича санітарія

Для запобігання дещо підвищеної запиленості рекомендується встановлювати витяжні пристрої, а також проводити вологе прибирання приміщення лабораторного приміщення.

Раціональне колірне оформлення приміщення направлено на поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці, підвищення її продуктивності та безпеки. Забарвлення приміщень впливає на нервову систему людини, його настрій і в кінцевому рахунку на продуктивність праці. Основні виробничі приміщення доцільно офарблювати відповідно до кольору технічних засобів. Освітлення приміщення і устаткування має бути м'яким, без блиску.

Температура в приміщеннях є одним з провідних чинників, що визначають метеорологічні умови виробничого середовища. Високі температури надають негативну дію на здоров'я людини. Робота в умовах високої температури

супроводжується інтенсивним потовиділенням, що приводить до обезводнення організму, втрати мінеральних солей і водорозчинних вітамінів, викликає серйозні і стійкі зміни в діяльності серцево-судинної системи, збільшує частоту дихання.

При низькій температурі висока відносна вологість збільшує тепловтрати організму в результаті інтенсивного поглинання водяними парами енергії випромінювання людини. Це веде до переохолодження організму – гіпотермії. Низька вологість викликає пересихання слизистих оболонок дихальних доріг того, що працює.

В даному приміщенні допустима температура повітря в теплий період для роботи складає 22-24°C (в холодний період 21-23°C), відносна вологість 40-60%, швидкість руху повітря 0,1-0,2 м/с.

Фактичні параметри: в теплий період температура – 23-25 °С, відносна вологість 45-60%, швидкість руху повітря 0,15-0,2 м/с, категорія робіт – 1а, в холодний період – температура 18-24°C, відносна вологість 40-60 %, швидкість руху повітря 0,15-0,2 м/с, категорія робіт 1б, що відповідає нормам.

У приміщеннях, обладнаних ПЕВМ, повинна проводитись щоденне, вологе прибирання і систематичне провітрювання після кожної години роботи на ПЕВМ.

Світло є природною умовою життя людини, необхідною для збереження здоров'я і високої продуктивності праці, і заснованим на роботі зорового аналізатора. Недостатнє освітлення робочого місця утрудняє тривалу роботу, викликає підвищене стомлення і сприяє розвитку короткозорості. Дуже низькі рівні освітленості викликають апатію, сонливість, а в деяких випадках сприяють розвитку відчуття тривоги.

За правилами, світло при роботі з комп'ютером повинно падати зліва. Крім того, крісло слід відрегулювати так, щоб очі були на одному рівні з центром монітора. Саме очі найбільш страждають при роботі з комп'ютером. Виявляється, коли довго дивишся на екран, перестаєш моргати. Тому очі червоніють, сльозяться, а значить, знижується зір. Невелика відстань до екрану, дрібний

шрифт, мерехтіння, різне освітлення призводять, в остаточному підсумку, до короткозорості.

З метою зниження мерехтіння екрану рекомендується встановлювати частоту кадрів не менше 75 Гц для ЕЛТ-моніторів, та для ЖК-моніторів достатньою є мінімальна частота кадрів у 60 Гц.

Екран відеомонітора повинен знаходитися від очей на оптимальній відстані 700 мм, але не ближче 500 мм. Перед початком роботи необхідно переконатися, що монітори комп'ютера мають антиблокове покриття з коефіцієнтом відбиття не більше 0,5. Покриття повинне також забезпечувати зняття електростатичного заряду з поверхні екрана, іскріння і накопичення пилу. Корпус монітора повинен забезпечувати захист від іонізуючих та неіонізуючих випромінювань.

Для зниження рівня шуму стіни і стеля приміщень, де встановлені комп'ютери, можуть бути фанеровані звукопоглинальними матеріалами, а також застосування різних звукопоглинальних пристроїв. Зниження шуму в джерелі випромінювання можна забезпечити застосуванням м'яких килимків з синтетичних матеріалів, а під ніжки столів, на яких вони встановлені, прокладки з м'якої гуми завтовшки 6-8 мм.

У зв'язку з усіма небезпеками досить чітко регламентовані розміри столу і стільця для роботи з комп'ютером. Адже "закам'яніла" постава шкідливо впливає на скелетно-м'язову систему. Стіл повинен бути просторим, із спеціальною підставкою для ніг, а робочий стілець – мати відрегульовану висоту, певний кут нахилу сидіння і спинки. Висота робочої поверхні столу повинна регулюватися а межах 680-800 мм, при відсутності такої можливості висота робочої поверхні столу Робота за комп'ютером повинна бути 725 мм.

Робота за комп'ютером без регламентованої перерви не повинна перевищувати двох годин. Під час регламентованих перерв з метою зниження нервово-емоційної напруги, стомлення зорового аналізатора, усунення впливу гіподинамії і гіпокінезії, запобігання розвитку захворювань спини треба виконувати комплекси гімнастичних вправ.

Клавіатуру слід розташовувати на поверхні столу на відстані 100-300 мм від краю, зверненого до користувача.

Необхідно перевірити робоче положення комп'ютера та відстань між стіною з віконними прорізами і столом (має бути не менше 0,8 м). При невеликій кількості робочих місць бажано розташовувати столи біля протилежної стіни щодо віконних прорізів. Також відстань між робочими столами повинна бути не менш ніж 1,2 м. Не допускається знаходження другого робочого місця з боку задньої стінки комп'ютера.

Для забезпечення оптимальної працездатності і збереження здоров'я, протягом часу роботи з комп'ютером, повинні встановлюватися регламентовані перерви. Під час регламентованої перерви, з метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, усунення впливу гіподинамії та гіпокінезії та запобігання розвитку познотопіческого втоми, доцільно виконувати комплекси вправ.

Щоб відновити загальний баланс атмосфери у приміщенні необхідно, щоб до робочого місця за комп'ютером проникало свіже повітря.

Таким чином, для безпечної роботи людини, лабораторне приміщення, де знаходиться персональний комп'ютер, повинно відповідати діючим санітарно-епідеміологічним нормам.

4.3. Електробезпека

Електричні установки, до яких відноситься практично все обладнання ПЕОМ, представляють для людини велику потенційну небезпеку, тому що в процесі експлуатації або проведенні профілактичних робіт людина може торкнутися частин, що знаходяться під напругою[30]. Специфічна небезпека електроустановок: струмоведучі провідники, корпуси стійок ПЕОМ і іншого

устаткування, що опинився під напругою в результаті пошкодження (пробою)ізоляції, не подають будь-яких сигналів, які попереджають людину про небезпеку.

У лабораторному приміщенні розрядні струми статичної електрики частіше за все виникають завдяки дотику до будь-якого з елементів ПЕОМ. Такі розряди небезпеки для людини не представляють, але крім неприємних відчуттів вони можуть привести до виходу з ладу ПЕОМ. Для зниження величини виникаючих зарядів статичної електрики в приміщенні покриття технологічних підлог слід виконувати з одношарового полівінілхлоридного антистатичного лінолеуму. Іншим методом захисту є нейтралізація заряду статичної електрики іонізованим газом. У промисловості широко застосовуються радіоактивні нітралізатори. До загальних заходів захисту від статичної електрики в лабораторному приміщенні можна віднести загальні і місцеве зволоження повітря.

Щоб захистити людину від ураження електричним струмом, захисне заземлення має задовольняти ряду вимог, викладених у «Правилах безпеки електроустановок для споживачів» (ПЕУС), НПАОП 40.1-1.21-98[31]. Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення». Ці вимоги залежать від напруги електроустановок та потужності джерела живлення. В електроустановках змінного струму напругою до 1000 В у мережі з ізолюваною нетралою або ізолюваним виводом джерела однофазного струму опір заземлювального пристрою не повинен перевищувати 4 Ом .

4.4. Пожежна та техногенна безпека

В лабораторії найбільш небезпечна ситуація виникає при пожежах.

Пожежі пов'язані з великими матеріальними втратами. Характерна особливість лабораторних приміщень – невеликі робочі площі. Як відомо пожежа може виникнути при взаємодії горючих речовин, окислення і

джерел запалювання. У даному приміщеннях присутні всі три основні чинника, необхідні для виникнення пожежі.

Горючими компонентами в кімнаті є: будівельні матеріали для акустичної і естетичної обробки приміщень, перегородки, двері, підлоги, перфокарти і перфострічки, ізоляція кабелів та ін.

Протипожежний захист – це комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки людей, на запобігання пожежі, обмеження її розповсюдження, а також на створення умов для успішного гасіння пожежі.

Джерелами запалювання в лабораторному приміщенні можуть бути електронні схеми від ПЕОМ, прилади, застосовувані для технічного обслуговування, пристрої електроживлення, кондиціонування повітря, де в результаті різних порушень утворюються перегріті елементи, електричні іскри і дуги, здатні викликати загоряння горючих матеріалів.

В сучасних ПЕОМ дуже висока щільність розміщення елементів електронних схем. У безпосередній близькості один від одного розташовуються сполучні дроти, кабелі. При протіканні по них електричного струму виділяється значна кількість теплоти. При цьому можливо оплавлення ізоляції. Для відводу надлишкової теплоти від ПЕОМ служать системи вентиляції та кондиціонування повітря. При постійній дії ці системи представляють собою додаткову пожежну небезпеку.

Однією з найбільш важливих завдань пожежного захисту є захист будівельних приміщень від руйнувань та забезпечення їх достатньої міцності в умовах впливу високих температур при пожежі. Враховуючи високу вартість електронного обладнання, а також категорію його пожежної небезпеки, будівлі для лабораторного приміщення і частини будівлі іншого призначення, в яких передбачено розміщення ПЕОМ повинні бути 1 та 2 ступеня вогнестійкості.

Для виготовлення будівельних конструкцій використовуються, як правило, цегла, залізобетон, скло, метал та інші негорючі матеріали. Застосування дерева повинно бути обмежено, а в разі використання необхідно просочувати його вогнезахисними складами.

Для гасіння пожеж на початкових стадіях широко застосовуються вогнегасники. В лабораторних приміщеннях застосовуються головним чином вуглекислотні вогнегасники (ВВКЗ-5), перевагою яких є висока ефективність гасіння пожежі, збереження електронного устаткування. Діелектричні властивості вуглекислого газу, що дозволяє використовувати ці вогнегасники навіть у тому випадку, коли не вдається знеструмити електроустановку відразу. Вогнегасник (ВВКЗ-5) переносний з місткістю балона 5 літрів (3,5 кілограма), призначений для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою не більш 10кВ. В даному приміщенні знаходиться один такий вогнегасник .

При виявленні пожежі кожен працівник зобов'язаний:

- Негайно викликати пожежну команду за телефоном 101;
- Вимкнути світлову та силову електромережу;
- Видалити з вогнища пожежі джерело запалення;
- Зменшити доступ повітря в зону горіння, ізолюючи вогнище вогнезахисної тканиною.

При виникненні пожежі на електроустановці потрібно негайно знеструмити обладнання і застосувати неелектропровідних вогнегасні засоби (пісок, порошкові вогнегасники, вогнезахисну тканина).

При гасінні одягу на людині потрібно діяти з урахуванням конкретних обставин. Не можна допускати різких рухів і бігати в палаючому одязі, полум'я від цього тільки посилюється. При видаленні тліючих залишків одягу провести екстрені заходи по охолодженню ділянок тіла; не менше 10 хвилин витримати під струменем води, накласти товстий шар тканини, змоченою водою. До лікарської допомоги поверхню опіку ізолювати асептичною пов'язкою або чистою м'якою тканиною, змоченою спиртом.

При виникненні пожежі або іншої надзвичайної ситуації необхідно здійснити негайну евакуацію людей з об'єкту. Евакуація людей здійснюється по шляхах евакуації через евакуаційні виходи. Евакуаційні шляхи і виходи утримуються вільними. Двері на шляху евакуації відчиняються в напрямку виходу з будівлі. Шляхи евакуації постійно освітлюються електричним

світлом. Евакуаційні виходи позначені світловими покажчиками з написом "Вихід".

4.5 Дослідження засобів захисту від ураження струмом при дотику дофазового дроту

Визначимо напругу дотику та силу струму, що пройде крізь тіло людини, при доторканні до фазового дроту та нульового дроту мережіодночасно. Напруга фазового дроту змінна, $U=220\text{В}$. Частота струму промислова, $f=50\text{ Гц}$. Прийmemo власний опір дротів як $r=2\text{ Ом}$, індуктивність мережі $L=0,5\text{ Гн}$, ємність мережі $C=1,5\text{ мкФ}$. Схема дотикупредставлена на рисунку 3.1. Опір тіла людини $R_h=1\text{ кОм}$.

Визначимо індуктивний та ємнісний опір:

$$X_L = \omega L = 2\pi f L = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,5 = 157\text{ Ом}$$

де ω – циклічна частота;

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6}} = 800\text{ Ом}$$

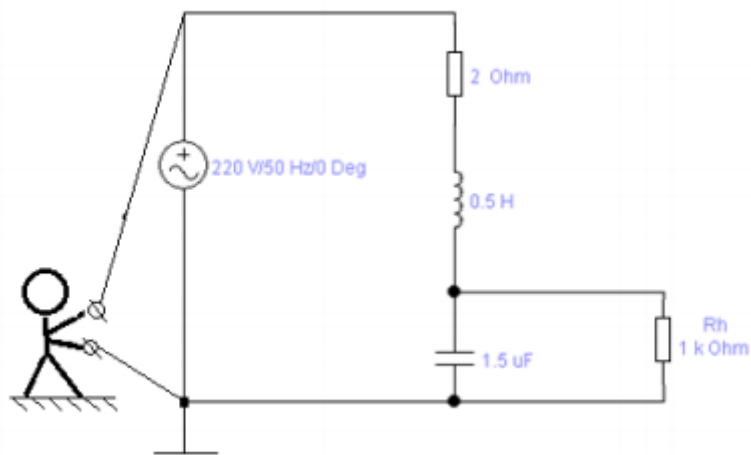


Рисунок 4.1 – Схема дотику.

Опір $r=2$ Ом незначний, у зрівнянні з та , тому практично не вплине на значення напруги дотику. Тобто цим опором можна знехтувати. Теж можна і сказати про опір людини R_h , так як паралельне під'єднання опору до конденсатору майже не впливає на проходження струму в ланцюзі. Таким чином, отримуємо силу струму через тіло людини:

$$I = \frac{U}{X_e - X_L} = \frac{220}{800 - 157} = 0,344 \text{ A}$$

Тоді, напруга дотику дорівнює:

$$U_{\text{дот}} = IX_c = 0,344 * 800 = 276 \text{ В}$$

Таким чином отримуємо, що напруга дотику за рисунком 4.1 буде більше, ніж напруга у ланцюзі. Це явище зв'язано з наявністю у ланцюзі послідовно з'єднаних індуктивності та ємності, за рахунок яких може відбутися резонанс напруг.

Отримана напруга дотику 276 В є набагато більшою за безпечну напругу 42 В. Отриманий струм 344 мА, що набагато перевищує значення смертельного струму 100 мА, тому є дуже небезпечним.

Проаналізувавши даний випадок можна зробити висновок, що при роботі з ланцюгами, де є послідовно з'єднані ємність та індуктивність необхідно використовувати індивідуальні засоби заходу (діелектричні рукавички, тощо), напруга пробою яких більша, ніж напруга ланцюга, тому що через резонансні явища є ризик отримати електричну травму або електричний удар.

4.6 Оптимальні умови робочої зони

Необхідною умовою високопродуктивної роботи є забезпечення нормальних метеорологічних умов і чистоти повітря в робочій зоні. Нормовані параметри мікроклімату, іонного складу повітря, наявності шкідливих домішок відповідають вимогам СН 4088-86, СН 2152-80, ДСТУ 12.1.005-88, ДСТУ 12.1.007-76.

Метеорологічні умови, що впливають на людину:

- температура і вологістю повітря;
- швидкість руху повітря.

Оптимальні норми температури в робочій зоні в холодний і перехідний періоди року - 20-23 °С, в теплий - 22-25 °С, відносна вологість - 40-60 %, швидкість руху повітря - 0.1 м/с.

Для забезпечення цих вимог передбачено використання вентиляції - природної (аерація і провітрювання), механічної, кондиціонування повітря.

У лабораторії встановлений кондиціонер з максимальним повітряним потоком 10.5 м³/хв.

При виконанні складання, монтажу і інших видів складальних робіт нормована освітленість складає 400 люкс. При роботі з ПК освітленість складає 300-500 люкс.

Для загального штучного освітлення використовуються люмінесцентні лампи з рівномірним розташуванням світильників. Застосоване одностороннє бічне природне освітлення. В цьому випадку вікна слід закрити світлорозсіювальними шторами, регульованими жалюзі або сонцезахисною плівкою з металізованим покриттям.

Якщо природного освітлення недостатньо, то використовується змішане освітлення. При цьому додаткове штучне освітлення застосовується не лише в темний час доби, але і у світле. Найбільш прийнятними є люмінесцентні лампи білого або тепло-білого кольору потужністю 20, 40, 80 Вт.

Розрахуємо необхідний світловий потік для приміщення, яке використовується для розробки облаштування цього дипломного проекту відповідно до ТЗ, а також сумарну кількість ламп і світильників, необхідних для

найбільш оптимального рівня освітленості, який відповідає санітарним стандартам.

Задамося розмірами приміщення :

- довжина $A = 6$ м;
- ширина $B = 5$ м;
- висота стелі $H = 3$ м.

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = H - h_p - h_c,$$

Висота робочої поверхні столу $h_p = 0.8$ м.

Висота світильника від стелі $h_c = 0.1$ м.

Тоді маємо:

$$h = 3 - 0.8 - 0.1 = 2.1 \text{ м.}$$

Індекс приміщення визначається за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)},$$

Розрахувавши за формулою, отримаємо:

$$i = \frac{6 \cdot 5}{2.1 \cdot (6 + 5)} \approx 1.3.$$

З урахуванням індексу приміщення, коефіцієнтів відображення стелі стін і статі і типу вибраного світильника слід визначити коефіцієнт світлового потоку η за таблицею, $\eta = 47\%$.

Далі визначимо сумарний світловий потік освітлювальної установки в цьому приміщенні за формулою:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{\eta},$$

де $E_{\text{н}}$ – нормоване значення освітленості, дорівнює 200 лк^0 ;

S – площа освітлюваної поверхні;

k_3 – коефіцієнт запасу, дорівнює 1.5;

z – коефіцієнт нерівномірності, дорівнює 1.1.

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{200 \cdot 30 \cdot 1.5 \cdot 1.1}{0.47} = 21064 \text{ лм.}$$

Використовуючи табличне значення, отримане виходячи з розрахунків, $L/h=1.4$, можна визначити максимальну відстань L_{max} між рядами світильників

$$L_{\text{max}} = \left[\frac{L}{h} \right] \cdot h,$$

$$L_{\text{max}} = 1.4 \cdot 2.1 \approx 2.5 \text{ м.}$$

Кількість рядів світильників в приміщенні визначається:

$$N_p = \frac{B}{L_{\text{max}}},$$

$$N_p = \frac{5}{2.5} = 2.$$

Оптимальна кількість світильників в приміщенні:

$$N^* = \frac{A \cdot B}{L_{\text{max}}^2},$$

$$N^* = \frac{6 \cdot 5}{2.5^2} \approx 6.$$

Загальна кількість ламп, що використовується у світильниках :

$$N_{\text{л}} = N^* \cdot n,$$

де n –кількість ламп у світильнику,
оптимальна кількість, дорівнює 2.

$$N_{\text{л}} = 6 \cdot 2 = 12.$$

Світловий потік умовного джерела світла обчислюється за формулою:

$$\Phi_{\text{л}}^* = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_{\text{л}}},$$

$$\Phi_{\text{л}}^* = \frac{21064}{12} = 1755 \text{ лм.}$$

Виходячи з табличних даних, вибрана лампа ЛД, потужністю 30 Вт зі світловим потоком $\Phi=1800$ лм, завдовжки 0.9 м.

Визначимо співвідношення між розрахунковим значенням світлового потоку і фактичним світловим потоком вибраної стандартної лампи :

$$m = \frac{\Phi_{\text{л}}^*}{\Phi_{\text{л}}},$$

$$m = \frac{1755}{1800} = 0.975.$$

Встановлюємо в приміщенні обчислювального центру 6 світильників в 2

ряди по 3 світильники в кожному.

При проектуванні робочого приміщення були враховані вимоги, встановлені СНіП II - 90-81 "Виробничі будинки промислових підприємств", СНіП II - 96-76 "Допоміжні будинки і приміщення промислових підприємств".

Площа, відведена на одно робоче місце, повинна складати не менше 6 м^2 , а об'єм - не менше 20 м^3 . Конструкція робочого місця повинна забезпечувати підтримку оптимальної робочої пози (тобто такої, яка дозволяє працівникові виконувати роботу з мінімальною напругою тіла, і яка дозволяє уникнути перевтоми в ході і після закінчення робочого процесу).

При необхідності особливої концентрації уваги під час виконання робіт суміжні робочі місця операторів необхідно відділяти один від одного перегородками заввишки 1,5 - 2 м.

Робочі місця слід розташовувати відносно джерела природного світла (вікон) так, щоб світло падало збоку, переважно ліворуч. Також робоче місце повинне відповідати сучасним вимогам ергономіки :

- робочий стілець має бути підйомно-поворотним, з можливістю регулювання висоти, бажано із стаціонарними або змінними підлокітниками і напівм'якою неслизькою поверхнею сидіння, яке легко очиститься і не електризується;

- екран комп'ютера повинен знаходитися на оптимальній відстані від користувача, яка складає 600 - 700 мм, але не менше 600 мм з урахуванням буквено-цифрових знаків і символів і розташований екраном від джерела світла, щоб обмежити кількість відблисків;

- стіл повинен мати такі параметри ,які забезпечують можливість виконання операцій в зоні досяжності працівника:

- а) висота поверхні 680 - 800 мм;
- б) ширина 600 - 1400 мм;
- в) глибина 800 - 1000 мм.

Рівень звукового тиску повинні відповідати СН 3223-85, ДСТУ 12.1.003-83, ГР 2411-81.

Значення напруженості електромагнітних полів повинні відповідати нормативним значенням ГДР №3206-85, ГДР №4131-86, СНК 5802-91, ДСТУ 12.1.006-84.

Прилади, які мають рівень шуму шкідливий для людини(вище 50 Дб)мають знаходитись в іншому. Краще використовувати лазерні чи струйні принтери, що мають нижчий рівень шуму ніж матричні. Але ці принтери теж мають певні недоліки вони спричиняють збільшену позитивну іонізацію повітря і виділяють озон. Деякі працівники отримують травми очей, намагаючись самостійно полагодити струйний принтер, не маючи потрібних знань.

Знизити рівень шуму можна використовуючи матеріали, які мають якості поглинання звуку . Гарні результати дає грамотне розміщення приладів, що шумлять з використанням взаємного подавлення шуму у приміщенні.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

- Аналіз впливу електричного струму на біологічні об'єкти показав, що електрична стимуляція на організм людини є досить ефективною. Методи електричного впливу застосовуються практично у всіх областях медицини, як з лікувальною, так і діагностичною метою.
- Розроблена математична модель біологічного нерва, яку можна використовувати для моделювання та дослідження захворювань.
- Запропоновано портативний прилад для терапії захворювань ЦНС, який виконано з живленням від змінних батарей. Низьковольтна напруга 9В забезпечує високу безпеку роботи приладу як для персоналу, так і для пацієнтів. Прилад виконано на вітчизняній елементній базі, він простий за конструкцією, низько коштовний та може бути виготовлений навіть у домашніх умовах.
- Результати роботи після допрацювання та виготовлення макету приладу можуть використовуватись в лікувальних закладах міста.

Представлені результати обговорювались на IV спеціалізованому міжнародному екологічному форумі «Еко Форум-2020» і XX науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів Інженерного навчально – наукового інституту ЗНУ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сивухин Д. В. Электричество // Общий курс физики. — М. [Текст]: Физматлит, 2009. — Т. 3. — 656 с.
2. Яворський Б. М., Детлаф А. А., Лебедев А. К. Довідник з фізики для інженерів та студентів вищих навчальних закладів. — Т. [Текст]: Навчальна книга – Богдан, 2007. — 1040 с
3. Білий М. У., Охріменко Б. А. Атомна фізика. — К. [Текст]: Знання, 2009. — 559 с.
4. ДСТУ 2843-94. Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення. Чинний від 1995-01-01. — Київ [Текст]: Держспоживстандарт України, 1995. — 65 с.
5. George Lewis Jr. Cost-effective broad-band electrical impedance spectroscopy measurement circuit and signal analysis for piezo-materials and ultrasound transducers (англ.) // Measurement Science and Technology (англ.)русск. [Текст]: journal. — 2008. — August (vol. 19, no. 10). — P. 105102
6. Аристотель. О сновидениях / перев. и научн. комм. О. А. Чулкова // АКАДΗΜΕΙΑ: Материалы и исследования по истории платонизма. Вып.6. Сб. статей. — СПб.[Текст]: 2005. — С. 420—432.
7. Тхостов А. Ш., Рассказова Е. И. Методы оценки субъективного качества сна и мыслей перед сном. — М. [Текст]: Методическое пособие, 2008.
8. Борисова А. Нобелевские сны: как изучение белка PER подскажет правильный режим дня // РБК [Текст]: газета. — 2017. — 6 октября.
9. Гены сна и сновидений // Троицкий вариант — Наука [Текст]: газета. — 2017. — 31 января.
10. Александр Пономарёв 5 функций, которые мозг выполняет во время сна // Популярная механика [Текст]: журнал. — 2017. — 14 апреля.

- 11.Тхостов А. Ш., Рассказова Е. И. Методы оценки субъективного качества сна и мыслей перед сном. — М. [Текст]: Методическое пособие, 2008.
- 12.Доддс Э. Р. Образы сновидений и образы культуры // Доддс Э. Р. Греки и иррациональное. — СПб.[Текст]: 2000. — С. 152—197.
- 13.І. М. Маруненко, Неведомська Є. О., Волковська Г. І. Анатомія, фізіологія, еволюція нервової системи. — Київ [Текст]: Центр учбової літератури, 2013. — 184 с. — ISBN 978-617-673-136-8.
- 14.Філімонов В. І. Фізіологія людини. — Київ [Текст]: ВСВ «Медицина», 2010. — 776 с.
- 15.Головацький А. С., Черкасов В. Г., Сапін М. Р., Парахін А. І. Анатомія людини у трьох томах. — Вінниця [Текст]: Нова Книга, 2007. — Т. 2. — 456 с.
- 16.Meals, Roy A. Phonophoresis Versus Placebo for Carpal Tunnel Syndrome : [англ.] // The clinical journal of pain. — 2013. — Vol. 29, no. 10 (October). — P. 924. — [Письмо хирурга-ортопеда из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе в редакцию журнала «Клинический журнал боли» с критикой предположительного механизма действия электро и фонофореза. Пер. назв.[Текст]: Фонофорез против плацебо в лечении синдрома запястного канала].
- 17.Shim, J., Dutta, P., Ivory, C. F., Modeling and simulation of IEF in 2-D microgeometries, Electrophoresis,[Текст]: 2007, 28, 527—586.
- 18.Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д. [Текст]: Східний видавничий дім, 2004—2013.
- 19.Barz, D.P.J., Ehrhard. P., Model and verification of electrokinetic flow and transport in a micro-electrophoresis device,[Текст]: Lab Chip, 2005, 5, 949—958.
- 20.Горячко В. Математична модель поширення нервового імпульсу в нейроні // Теоретична електротехніка. — Львів, 2005.[Текст]: Вип. 58. — С. 20—26.
- 21.Ганонг В. Фізіологія людини / Пер. з англ. — Львів[Текст]: БаК, 2002. — 784 с

22. Horyachko V., Drohomiretska Kh., Kotsyuba M. Mathematical model of action potential propagation in neuron axon // VI International Workshop Computational Problems of Electrical Engineering. Proceedings. [Текст]: – Zakopane, Poland, September 1–4, 2004. – P. 137–138
23. Электросонтерапия // Физиотерапия. Универсальная медицинская энциклопедия / В. С. Улащик. — Минск [Текст]: Книжный Дом, 2008. — С. 587—590. — 640 с. :
24. Электросон // Руководство по физиотерапии и физиопрофилактике детских заболеваний. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва [Текст]: Медицина, 1987.
25. Техника и методики физиотерапевтических процедур (справочник) / Под ред В.М. Боголюбова. – Тверь [Текст]: Губернская медицина, 2002. – 408 с.
26. Ройтенбург С.Р., Куликова (Лебидинская) Е.И. Перспективы расширения применения электросна // Электросон и его применение в медицинской практике: Материалы к V симпозиуму по проблемам электросна и электроанестезии. – М. [Текст]: 1976. – С. 38 – 41.
27. Новиков Ю.В. Основы цифровой схемотехники. Базовые элементы и схемы. Методы проектирования. – М. [Текст]: Мир, 2001. – 379 с.
28. Нормальная физиология: Курс физиологии функциональных систем / Под ред. К.В. Судакова. – М. [Текст]: Медицинское информационное агентство, 1999. – 448 с.
29. Исаева Л.К. Воздействие на организм человека опасных и вредных экологических факторов. Метрологические аспекты в 2-х томах. [Текст]: Под ред. Л.К.Исаева -М., ПАИМС, 1997. 509; 495 с.
30. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках [Текст]: П.А. Долин - М.: Энергоатомиздат, 1984. -204 с.
31. Методичні вказівки по конструюванню місцевих повітряприймачів, вбудованих в устаткування для пайки й лудіння. – Л. [Текст]: ВНИИОТ. 1980.