



**Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет енергетики, робототехніки та комп'ютерних
технологій**

**Кафедра електромеханіки, робототехніки, біомедичної
інженерії та електротехніки**

СИСТЕМИ БІОМЕДИЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ БІООБ'ЄКТІВ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ
ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ на тему:**

**«ВИКОРИСТАННЯ АПАРАТІВ ДЛЯ АМПЛУЛЬСТЕРАПІЇ,
ДАРСОНВАЛІЗАЦІЇ ТА АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗМІННОГО
ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ»**

для студентів першого рівня вищої освіти «бакалавр»
спеціальності 163 «Біомедична інженерія»
освітньо-професійної програми «Біомедична інженерія» денної або заочної
форми навчання

ЗАТВЕРДЖЕНО
рішенням Науково-методичної
ради факультету енергетики, робототехніки
та комп'ютерних технологій
Протокол №1 від 31 жовтня 2023 р.

Харків, 2024

УДК 538.8(075.8)

Схвалено на засіданні кафедри ЕРБМІЕ
Протокол №2 від 31 вересня 2023 р.

Системи біомедичної реабілітації біооб'єктів: Методичні вказівки до виконання практичної роботи на тему: «Використання апаратів для ампліпульстерапії, дарсонвалізації та аналіз впливу змінного електричного струму на організм людини». Для студентів першого рівня вищої освіти «БАКАЛАВР», спеціальності 163 «Біомедична інженерія», освітньо-професійної програми «Біомедична інженерія» денної або заочної форми навчання / уклад. Косуліна Н. Г., Шигимага В. О., Чорна М. О., Сухін В. В., Ляшенко Г. А., Коршунов К. С. – Харків: ДБТУ, 2024. – 45 с.

Методичні вказівки підготовлено згідно з навчальною програмою дисципліни «Системи біомедичної реабілітації біооб'єктів». Систематизовано матеріал для практичної роботи. Приведені загальні відомості щодо змінного струму, модуляції. Розглянуто методи впливу змінного електричного струму на організм людини та використання апаратів для ампліпульстерапії. Надано завдання до практичної роботи та контрольні запитання.

Рецензенти:

Мороз О. М. – доктор технічних наук проф., професор кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту Державного біотехнологічного університету;

Аврунін О. Г. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри біомедичної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки.

© ДБТУ 2024 рік

© Косуліна Н. Г., Сухін В. В.,
Чорна М. О., Шигимага В. О.,
Ляшенко Г. А., Коршунов К. С. 2024 рік

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ЗМІННИЙ СТРУМ. МОДУЛЯЦІЯ. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	6
1.1. Загальні положення. Змінний струм.....	6
1.2. Модуляція змінного струму.....	20
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ВПЛИВУ ЗМІННОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ....	20
2.1. Методи, засновані на застосування низькочастотного змінного електричного струму.....	24
2.2. Метод з використанням середньочастотного змінного електричного струму.....	24
РОЗДІЛ 3. ВИКОРИСТАННЯ АПАРАТА ДЛЯ АМПЛІПУЛЬСТЕРАПІЇ. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА....	26
3.1. Технічні дані апарата «Амплипус – 5 Бр».....	26
3.2. Принцип роботи «Амплипус – 5 Бр».....	28
3.3. Порядок роботи.....	31
3.4. Технічне обслуговування.....	32
3.5. Перевірка технічного стану апарату. Метрологічне забезпечення.....	33
3.6. Перевірка електробезпеки.....	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	40
ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ.....	43
КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ.....	44

ВСТУП

Ампліпульстерапія – метод електролікування, при якому на хворого впливають змінними синусоїдальними модульованими струмами малої сили. Вони поєднують в собі достоїнства струмів високої і низької частот.

Для ампліпульстерапії застосовуються змінні синусоїдальні струми частотою 2000...10000 Гц, модульовані синусоїдальними коливаннями низької частоти (в межах 10 – 150 Гц). На відміну від струмів низької частоти, що надають виражену збудливу дію на нервово-м'язову і судинну системи, струм високої частоти не зустрічає великого опору з боку шкіри, глибоко проникає в тканини, не викликає помітного роздратування шкірних рецепторів. Він добре переноситься хворими, надає збудливу дію на глибоко розташовані тканини. В результаті посиленого відтоку продуктів обміну з патологічного вогнища зменшується набряклість – одна з причин, що викликають біль. Припинення болю сприяє зменшенню спазму кровоносних судин, вони розширюються, поліпшується живлення тканин.

Діючи синхронно з нормальними власними коливаннями біострумів організму, що виникають в процесі діяльності головного мозку, нервів і м'язів (від 10 до 150 Гц), і підсилюючи їх дію синусоїдальні модульовані струмами, ми тим самим відновлюємо нормальну функцію тканини і органу. Для зменшення явищ адаптації, розширення діапазону тканин, що втягуються в процес збудження, і підвищення ефективності лікування вдаються до чергування двох різних модульованих частот. При цьому одна з них залишається незмінною – 150 Гц, а друга регулюється в межах 10...150 Гц з роздільним регулюванням їх тривалості в межах 1..5 с. Застосовується також чергування модульованих коливань з паузами, а також модульованих і немодульованих коливань. Виражений знеболюючий ефект, поліпшення функціонального стану центральних і периферичних відділів нервової системи, поліпшення периферичного кровообігу і трофіки тканин при відсутності роздратування під електродами визначають основні показання до застосування синусоїдальних модульованих струмів. Їх призначають при захворюваннях, що супроводжуються порушенням периферичного кровообігу, функціонального стану нервово-м'язового апарату, трофіки тканин, хронічними запальними процесами (радикуліти різного походження і течії, в тому числі з вираженими вегетативно-судинними порушеннями, невралгії, неврити, плексити, наслідки травм опірно-рухового апарату, порушення трофіки тканин, у тому числі пролежні при ураженнях спинного мозку, підгострі і хронічні гінекологічні захворювання). Здатність струмів надавати рухове збудження дозволяє застосовувати їх для електростимуляції поперечно-смугастих м'язів, в тому числі для стимуляції дихання, функції шлунково-кишкового тракту, перистальтики сечоводів та ін. У зв'язку з

відсутністю роздратування і неприємних відчуттів цей метод широко застосовується у дітей.

Показання до застосування ампліпульстерапії: травми і захворювання периферичної нервової системи з рефлекторно-тонічним і больовим синдромами; захворювання вегетативного відділу нервової системи з нейротрофічними і судинними розладами, захворювання нервової системи з руховими порушеннями у вигляді центральних, периферичних і змішаних парезів та паралічів; гіпертонічна хвороба I – II ст.; ІХС; атеросклеротична облітерація судин кінцівок; хронічний лімфостаз; захворювання органів травлення (хронічний гастрит з секреторною недостатністю, виразкова хвороба шлунка та дванадцятипалої кишки у фазі загострення та неповної ремісії, рефлюксезофагіт, гіпотонічні і гіпокінетичні розлади жовчовивідних шляхів і жовчного міхура при відсутності каменів тощо); порушення жирового обміну екзогенно-конституційного характеру; цукровий діабет, захворювання органів дихання (затяжні загострення хронічної пневмонії, хронічний бронхіт і бронхоектази поза стадією загострення, бронхіальна астма легкого і середньотяжкого ступенів); ревматоїдний артрит з мінімальним і середнім ступенем активності процесу, артрози, періартрити; хронічні запальні захворювання органів жіночої статеві сфери; імпотенція чоловіків функціонального характеру; хронічні простатити, цисталгія, нічне нетримання сечі у дітей, сечокам'яна хвороба (з метою вигнання каменів сечоводу), запальних і дистрофічних захворювань переднього і заднього відділів очей . Враховуючи здатність синусоїдальних модульованих струмів глибоко проникати в тканини, не викликаючи при цьому неприємних відчуттів і опіків, ампліпульстерапії віддають перевагу (перед діадинамотерапією) в педіатричній практиці, при впливах на слизові оболонки.

Суть дарсонвалізації

Для проведення процедури використовується дарсонваль. Це спеціальний апарат з набором скляних електродів, всередині яких знаходяться іонізовані молекули газу. Електроди мають різну форму: у вигляді гребеня, палички, грибовидную і інші. Вибір залежить від мети і місця застосування.

Дотик електрода до шкіри створює електричний коронний розряд, при цьому чутний характерний тріск. Напруга становить 20 кВт, але через високу частоту (50...110 кГц) і малу силу (0,02 мА) пошкодження тканин не відбувається.

Скляна оболонка електродів виконує роль діелектрика. За рахунок цього відчуття пацієнта під час процедури обмежується легким пощипування і поколювання.

Сам же розряд утворює осередки мікронекрозів, які в свою чергу стимулюють активний обмін речовин, відбувається омолодження шкіри. Також в зоні впливу електрода повітря іонізується і забезпечує бактерицидну і бактериостатичну дію. В результаті чого відбувається загоєння, зменшуються запальні процеси, підвищується імунний захист шкіри.

Показання в косметології і протипоказання

Максимально виражений ефект від струмів Дарсонваля спостерігається на шкірі, тому більшість рекомендацій косметологів спрямовані на усунення естетичних проблем на шкірі обличчя.

- Млява, в'яла шкіра;
- Жирна себорея обличчя;
- Вугровий висип;
- Гіпергідроз обличчя;
- Поверхневі шкірні рубці, рани, виразки;
- Екзема;
- Сверблячі дерматози.

Крім цього, проведення дарсонвалізації рекомендується для лікування волосся, так як коронний розряд добре зарекомендував себе в усуненні проблеми випадіння волосся. При впливі на волосся продовжується фаза їх зростання.

Не бажано використовувати дарсонвалізацію при у випадку серцево-судинних, або дихальних проблем. Зауважте, у випадку наявності різного роду пухлин, струми дарсонваля можуть стати причиною їх росту.

При туберкульозі легенів або інших органів дарсонвалізація може спровокувати активізацію процесу хвороби, при цьому діагнозі лікування коронним розрядом протипоказано.

Порушення згортання крові або наявність аутоімунних захворювань також є протипоказанням. Не можна проводити дарсонвалізацію при вагітності.

Виражені форми купероза, гострі гнійничкові процеси на обличчі також будуть протипоказанням для застосування дарсонваля. Звертайте увагу на наявність надлишкового росту волосся на обличчі, дарсонваль ще більше активізує їх зростання.

Ефект процедур

Результат впливу коронного розряду помітний не відразу, для вираженого ефекту необхідно пройти рекомендований курс процедур. В результаті регулярного і системного підходу по догляду за шкірою обличчя розширюються капіляри і в результаті нормалізується кровопостачання. Крім того, коронний розряд активізує мікроциркуляцію крові і лімфи, за рахунок цього знижуються застійні явища в тканинах і як результат набряклість сходить, а колір обличчя поліпшується.

В цілому підвищується захисна функція і обмінні процеси епідермісу. Процес відновлення клітин суттєво прискорюється, в результаті чого шкіра набуває свіжого і чистого вигляду. Стимулюється синтез гіалуронової кислоти, колагену і еластину, за рахунок чого підвищується шкірний тонус, овал обличчя стає більш чітким.

РОЗДІЛ 1. ЗМІННИЙ СТРУМ. МОДУЛЯЦІЯ. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1. Загальні положення. Змінний струм

Змінний струм – електричний струм, сила та напрямок якого періодично змінюються з часом, на відміну від постійного струму, який тече лише в одному напрямку. Змінний струм є формою, в якій електроенергія постачається підприємствам і в житлові будинки, отже це вид електричної енергії, яку споживачі зазвичай використовують, коли вмикають кухонні прилади, телевізори, вентилятори, електричні лампи, тощо у розетки. Поширеним джерелом живлення постійного струму, є акумуляторна батарея в ліхтарику. Скорочення AC і DC зазвичай, використовуються для позначення змінного та постійного струмів, відповідно.

Звичайним виглядом кривої змінного струму в більшості електричних кіл живлення, є синусоїда, верхній півперіод якої відповідає позитивному напрямку струму і навпаки.

У деяких застосуваннях, використовуються різні форми кривих, такі як трикутні або прямокутні хвилі (наприклад у джерелах безперервного живлення). Звукові – та радіосигнали, що передаються електричними дротами, також є прикладами змінного струму. Ці види змінного струму котрі несуть дані, такі як звук (аудіо) або зображення (відео), іноді передаються шляхом модуляції сигналу – носія змінного струму. Ці струми зазвичай чергуються на більш високих частотах, ніж ті, що використовуються для передавання електроенергії.

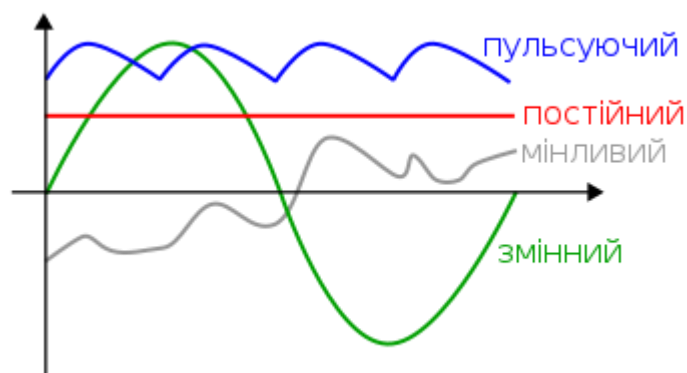
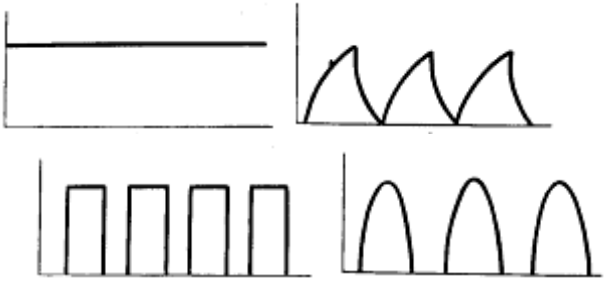


Рис. 1.1 – Загальний вигляд видів струму

Ппульсуючий струм – це електричний струм, без пауз але, який змінює свою величину.

Переривчастий струм – це електричний струм, який іде з паузами між імпульсами.

Таблиця 1.1 – Імпульсний струм низької частоти

<p>1. Імпульсний струм – це електричний струм, який характеризується періодичним відхиленням напруги або сили струму від деякого постійного значення.</p>	<p>Переривчастий струм – це електричний струм, який іде з паузами між імпульсами.</p>	<p>Пульсуючий струм – це електричний струм, без пауз але, який змінює свою величину.</p>
<p>Основні параметри імпульсного струму</p>		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Частота повторення імпульсів в 1с (Гц); 2. Тривалість імпульсу (с); 3. Форма імпульсу (зумовлена крутизною переднього і заднього фронтів); 4. Амплітуда (мА); 5. Шпаруватість (відношення тривалості і періоду до тривалості імпульсу). 		
<p>Основні види постійних імпульсних струмів (подаються в порядку наростання ступеню подразнення)</p>		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Тетанізуючий (фарадичний струм, - трикутної форми імпульсів до 100 Гц, 1...1,5 мс.) 2. Струм Лапіка (експоненціальної форми імпульсів, 8...100 Гц, 2...60 мс.) 3. Струм Ледюка (прямокутної форми імпульсів, 1...130 Гц, 0,2...2 мс.) 4. Синусоїдальної (напівсинусоїдальної форми імпульсів) 		

Основні методики лікування імпульсними струмами		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Електростимуляція м'язів (апарати «АЕІ-1»; «ІСЕ-01»; «Стимул-01-02»; «АСМ-03» та ін. – генерують імпульсні струми різної форми, частоти та тривалості). 2. Електросонотерапія (апарати «Електросон-4, -4Т, -5», - генерують імпульсні струми прямокутної форми). 3. Діадинамотерапія (апарати «СНИМ-1», «Діадинамік», «Модель-717», «Тонус-1, -2», «Біопульсатор», та ін., - генерують імпульсні струми напівсинусоїдальної форми частотою 50-100 Гц). 4. Ампліпульстерапія (апарати «Ампліпульс-3; -3Т; -4; -5» та ін., - генерують синусоїдальні (базовою частотою 2000...5000 Гц) модульовані низькими частотами (10..150 Гц) струми у змінному та випрямленому режимі). 		

При дії постійного і змінного струму, що подаються в імпульсному режимі окремі тканини та системи стають чутливішими до певної частоти імпульсів і відповідають на неї своєю активацією або пригніченням. Зокрема:

- 1 – 10 Гц є оптимальною для збудження симпатичних нервів;
- 21 – 100 Гц є оптимальною для збудження парасимпатичних нервів;
- 30 – Гц є оптимальною для стимуляції непосмугованих м'язів;
- 80 – 150 Гц є оптимальною для стимуляції посмугованих м'язів;
- 80 – 150 Гц викликає пригнічення болю;
- 100 – Гц блокує проведення імпульсів у симпатичних утвореннях;

Тривалість імпульсів в залежності від стану тканин може бути різною. Для збудження швидко реагуючих структур застосовують короткі імпульси. Для структур, у яких процеси збудження розвиваються повільно (гладкі м'язові волокна, м'язи з порушеною іннервацією) застосовують імпульсні струми великої тривалості (до 300 – 500 мс).

Різке вмикання і вимикання струму викликає скорочення здорового м'язу і нерва. Повільне збільшення струму не викличе рухових ефектів у такому м'язі, бо він має великі адаптаційні можливості, тобто в клітині розвиваються процеси, які нейтралізують дію струму. Структури, які повільно реагують, зокрема, гладкі м'язи або попереково-посмуговані м'язи з порушеною іннервацією не мають великих адаптаційних можливостей. Для збудження таких структур застосовують повільно зростаючий струм з імпульсами великої тривалості і тим самим зменшують подразнюючий вплив струму на чутливу сферу. Таку дію мають імпульси експоненціальної форми.

ПЕРЕВАГИ:

- порівняно повільний розвиток звикання тканини і систем організму до дії фізичного чинника;
- глибока терапевтична дія;
- чітка специфічна дія, тобто дія, що відрізняє один чинник від іншого;
- інтенсивніша терапевтична дія при мінімальному навантаженні на організм.

ПОКАЗАННЯ:

Всі імпульсні струми мають протизапальну та знеболюючу дії. Їх застосовують при наступних патологічних процесах:

- Парези, паралічі.
- Больові синдроми різного генезу (крім протипоказань).
- Гіпертонічна хвороба I – II ст.
- Порушення рухової функції шлунка, кишечника, жовчовивідних шляхів, матки та її додатків, сечоводів, сечового міхура, а також сфінктерів.
- Захворювання органів травлення (хронічний гастрит із секреторною недостатністю, виразкова хвороба шлунка і 12-палої кишки, рефлекс-езофагіт).
- Захворювання дихальної системи (хронічні неспецифічні захворювання легень, бронхіальна астма легкого та середнього ступеня тяжкості).
- Артрози, ревматичні захворювання суглобів, периартрити.
- Венозний застій, лімфостаз.

1.2. Модуляція змінного струму

Однією з основних тенденцій розвитку мережних технологій є передача в одній мережі як дискретних, так і аналогових за своєю природою даних. Джерелами дискретних даних є комп'ютери й інші обчислювальні пристрої, а джерелами аналогових даних є такі пристрої, як телефони, відеокамери, звуко- і відеовідтворююча апаратура. На ранніх етапах розв'язання цієї проблеми в територіальних мережах усі типи даних передавалися в аналоговій формі, при цьому дискретні за своїм характером комп'ютерні дані перетворювалися в аналогову форму за допомогою модемів.

Однак в міру розвитку техніки прийому і передачі аналогових даних з'ясувалося, що передача їх в аналоговій формі не дозволяє поліпшити якість прийнятих на іншому кінці лінії даних, якщо вони істотно спотворилися при передачі. Сам аналоговий сигнал не дає ніяких вказівок ні про те, що відбулося перекручування, ні про те, як його виправити, оскільки форма сигналу може

бути різною, у тому числі і такою, яку зафіксував приймач. Поліпшення ж якості ліній, особливо територіальних, потребує величезних зусиль і капіталовкладень. Тому на зміну аналоговій техніці запису і передачі звуку і зображення прийшла цифрова техніка. Ця техніка використовує так звану дискретну модуляцію вихідних неперервних у часі аналогових процесів.

Дискретні способи модуляції ґрунтуються на дискретизації неперервних процесів як за амплітудою, так і за часом (рис. 1.2). Розглянемо принципи дискретної модуляції на прикладі імпульсно-кодової модуляції, ІКМ (Pulse Amplitude Modulation, PAM), що широко застосовується в цифровій телефонії.

Амплітуда початкової неперервної функції вимірюється із заданим періодом – за рахунок цього відбувається *дискретизація за часом* (англ. *diskretization on time*). Потім кожне вимірювання подається у вигляді двійкового числа певної розрядності, що означає дискретизацію за значеннями функції – неперервна множина можливих значень амплітуди заміняється дискретною множиною її значень. Пристрій, що виконує подібну функцію, називається аналого-цифровим перетворювачем (АЦП).

Після цього перетворення сигнали передаються по каналах зв'язку у вигляді послідовності одиниць і нулів. При цьому застосовуються ті ж методи *кодування* (англ. *coding*), що й у випадку передачі початкової дискретної інформації, тобто, наприклад, методи, ґрунтовані на коді В8ZS чи 2В1Q. На прийомній стороні лінії коди перетворюються у вихідну послідовність бітів, а спеціальна апаратура, яка називається цифро-аналоговим перетворювачем (ЦАП), робить демодуляцію оцифрованих амплітуд неперервного сигналу, відновлюючи вхідну неперервну функцію часу.



Рисунок 1.2 – Амплітудна модуляція неперервного Сигналу

Дискретна модуляція ґрунтується на теорії відображення Найквіста – Котельникова. Відповідно до цієї теорії, аналогова неперервна функція, передана у вигляді послідовності її дискретних за часом значень, може бути точно відновлена, якщо частота дискретизації була в два чи більше разів вища, ніж частота найвищої гармоніки спектра вихідної функції. Якщо ця умова не дотримується, то відновлена функція буде істотно відрізнятися від вхідної.

Перевагою цифрових методів запису, відтворення і передачі аналогової інформації є можливість контролю вірогідності зчитаних з носія чи отриманих по лінії зв'язку даних. Для цього можна використовувати ті ж методи, що застосовуються для комп'ютерних даних (і розглядаються більш докладно далі), – обчислення контрольної суми, повторна передача перекручених кадрів, застосування самокоректовних кодів.

Для якісної передачі голосу в методі ІКМ використовується частота квантування амплітуди звукових коливань у 8000 Гц. Це пов'язано з тим, що в аналоговій телефонії для передачі голосу був обраний діапазон від 300 до 3400 Гц, який досить якісно передає всі основні гармоніки співрозмовників. Відповідно до теореми Найквіста-Котельникова для якісної передачі голосу досить вибрати частоту дискретизації, яка у два рази перевищує найвищу гармоніку неперервного сигналу, тобто $2 \times 3400 = 6800$ Гц. Вибрана в дійсності частота дискретизації 8000 Гц забезпечує деякий запас якості. При методі ІКМ звичайно використовується 7 чи 8 біт коду для подання амплітуди одного імпульсу. Відповідно це дає 127 чи 256 градацій звукового сигналу, що виявляється цілком достатнім для якісної передачі голосу. При використанні методу ІКМ для передачі одного голосового каналу необхідна пропускна здатність 56 чи 64 Кбіт/с в залежності від того, якою кількістю біт подається кожне вимірювання. Якщо для цих цілей використовується 7 біт, то при частоті передачі вимірювань у 8000 Гц одержуємо:

$$8000 \times 7 = 56000 \text{ біт/с чи } 56 \text{ Кбіт/с,}$$

а для випадку 8-ми біт:

$$8000 \times 8 = 64000 \text{ біт/с чи } 64 \text{ Кбіт/с.}$$

Стандартним є цифровий канал 64 Кбіт/с, що також називається елементарним каналом цифрових телефонних мереж. Передача неперервного сигналу в дискретному вигляді потребує від мереж твердого дотримання часового інтервалу в 125 мкс (відповідного частоті дискретизації 8000 Гц) між сусідніми імпульсами, тобто потребує синхронної передачі даних між вузлами мережі. При недотриманні синхронності надходження імпульсів вхідний сигнал відновлюється неправильно, що приводить до перекручування голосу, зображення чи іншої мультимедійної інформації, яка передається по цифрових мережах. Так, перекручування синхронізації в 10 мс може привести до накладання слів, а зрушення між імпульсами в 200 мс приводять до втрати розпізнавання вимовлених слів. У той же час втрата одного імпульсу при дотриманні синхронності між іншими імпульсами практично не позначається на відтвореному звуці. Це відбувається за рахунок згладжувальних пристроїв у цифро-аналогових перетворювачах, що основані на властивості інерційності будь-якого фізичного сигналу – амплітуда звукових коливань не може миттєво змінитися на велику величину. На якість сигналу після ЦАП впливає не тільки синхронність надходження на його вхід імпульсів, але і похибка дискретизації амплітуд цих імпульсів. В теоремі Найквіста – Котельникова передбачається, що амплітуди функції вимірюються точно, у той же час використання для їхнього збереження двійкових чисел з обмеженою розрядністю трохи

спотворює ці амплітуди. Відповідно спотворюється і відновлений неперервний сигнал. Це спотворення називається шумом дискретизації

Існують й інші методи дискретної модуляції, що дозволяють подати вимірювання голосу в більш компактній формі, наприклад у вигляді послідовності 4-бітових чи 2-бітових чисел. При цьому один голосовий канал потребує меншої пропускної здатності, наприклад 32 Кбіт/с, 16 Кбіт/с чи ще менше. З 1985 року застосовується стандарт ССІТТ кодування голосу, названий Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM). Коди ADPCM основані на різниці між послідовними вимірюваннями голосу, що передаються мережею. У коді ADPCM для збереження однієї різниці використовуються 4 біт, а швидкість передачі голосу 32 Кбіт/с. Більш сучасний метод, Linear Predictive Coding (LPC), робить вимірювання вхідної функції рідше, але при цьому використовуються методи прогнозування напрямку амплітуди сигналу. За допомогою цього методу можна понизити швидкість передачі голосу до 9600 біт/с.

Подані в цифровій формі неперервні дані легко можна передати через комп'ютерну мережу. Для цього досить помістити кілька імпульсів у кадр будь-якої стандартної мережевої технології, постачати кадр з правильною адресою призначення і відправити адресату. Адресат повинен витягти з кадру вимірювання і подати їх з частотою квантування (для голосу – з частотою 8 000 Гц) на цифро-аналоговий перетворювач. В міру надходження наступних кадрів з вимірюваннями голосу операція повинна повторитися. Якщо кадри будуть прибувати достатньо синхронно, то якість голосу може бути досить високою. Однак, як ми вже знаємо, кадри в комп'ютерних мережах можуть затримуватися як у кінцевих вузлах, так і в проміжних комунікаційних пристроях – мостах, комутаторах і маршрутизаторах. Тому якість голосу при передачі в цифровій формі через комп'ютерні мережі звичайно буває невисокою. Для якісної передачі оцифрованих неперервних сигналів – голосу, зображення – сьогодні використовують спеціальні цифрові мережі, такі як ISDN, АТМ, і мережі цифрового телебачення. Проте для передачі всередині корпоративних телефонних розмов сьогодні характерні мережі Frame Relay, затримки передачі кадрів яких укладаються в припустимі рамки.

Модуляція гармонічних коливань: амплітудна, фазова, частотна

Аналогова модуляція застосовується для передачі дискретних даних по каналах з вузькою смугою частот, типовим представником яких є канал тональної частоти, наданий у розпорядження користувачам загальних телефонних мереж. Типова амплітудно-частотна характеристика каналу тональної частоти подана на рис. 1.3.

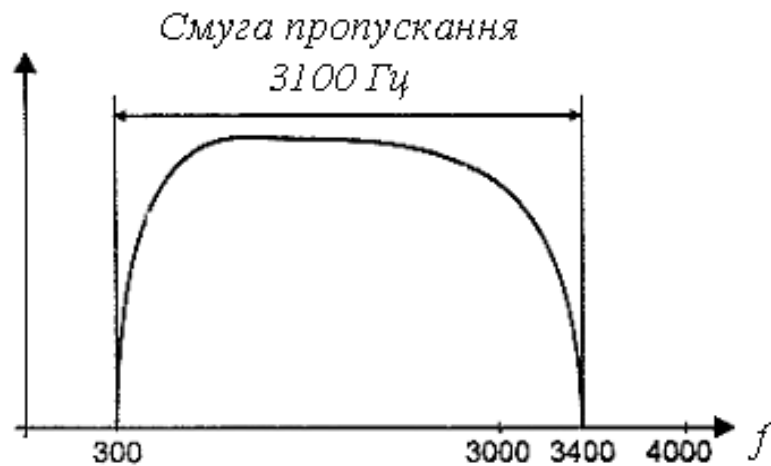


Рисунок 1.3 – Амплітудно-частотна характеристика каналу тональної частоти

Цей канал передає частоти в діапазоні від 300 до 3400 Гц, таким чином, його смуга пропускання дорівнює 3100 Гц. Хоча людський голос має набагато більш широкий спектр – приблизно від 100 Гц до 10 кГц, – для прийнятної якості передачі мови діапазон у 3100 Гц є гарним рішенням. Строге обмеження смуги пропускання тонального каналу пов'язано з використанням апаратури ущільнення і комутації каналів у телефонних мережах. Пристрій, що виконує функції модуляції несучої синусоїди на стороні, яка передає сигнали, і демодуляції на прийомній стороні, називається модемом (модулятор-демодулятор).

Аналогова модуляція є таким способом фізичного кодування, при якому інформація кодується зміною амплітуди, фази чи частоти синусоїдального сигналу несучої частоти. Основні способи аналогової модуляції показані на рис. 1.4. На діаграмі (рис. 1.4, а) показана послідовність бітів вихідної інформації, подана потенціалами високого рівня для логічної одиниці і потенціалом нульового рівня для логічного нуля. Такий спосіб кодування називається потенційним кодом, що часто використовується при передачі даних між блоками комп'ютера.

При амплітудній модуляції (рис. 1.4, б) для логічної одиниці вибирається один рівень амплітуди синусоїди несучої частоти, а для логічного нуля – інший. Цей спосіб рідко використовується в чистому вигляді на практиці через низку завадостійкості, але часто застосовується в поєднанні з іншим видом модуляції – фазовою модуляцією.

При частотній модуляції (рис. 1.4, в) значення 0 і 1 вихідних даних передаються синусоїдами з різною частотою – f_0 та f_1 . Цей спосіб модуляції не потребує складних схем у модемах і звичайно застосовується в низькошвидкісних модемах, що працюють на швидкостях 300 чи 1200 біт/с.

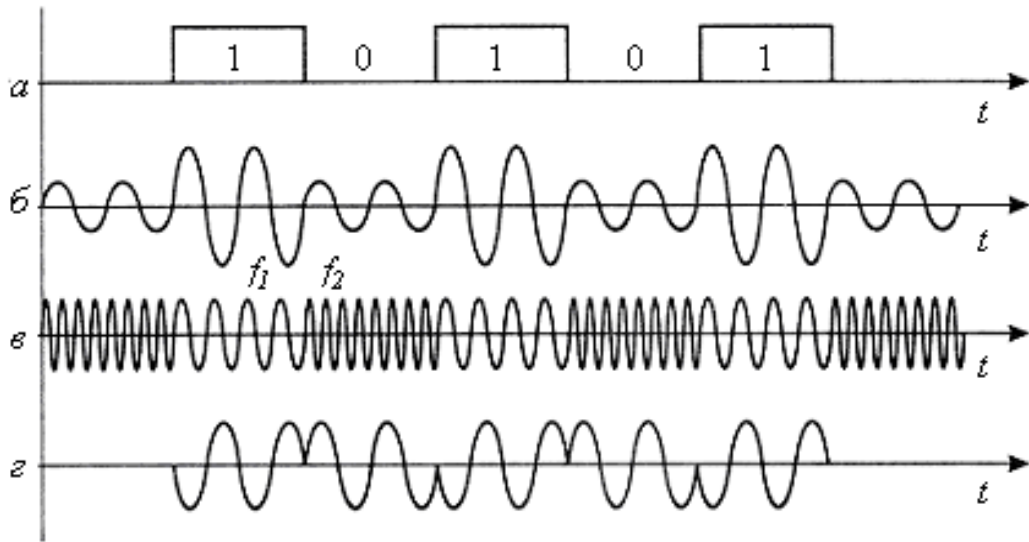


Рисунок 1.4 – Різні види модуляції

При фазовій модуляції (рис. 1.4, г) значенням даних 0 і 1 відповідають сигнали однакової частоти, але з різною фазою, наприклад 0 і 180 градусів чи 0, 90, 180 і 270 градусів.

У швидкісних модемах часто використовуються комбіновані методи модуляції, як правило, амплітудна в поєднанні із фазовою.

Порівняння спектрів сигналів з різними видами модуляції

Спектр результуючого модульованого сигналу залежить від типу модуляції і швидкості модуляції, тобто бажаної швидкості передачі бітів вихідної інформації.

Розглянемо спочатку спектр сигналу при потенційному кодуванні. Нехай логічна одиниця кодується позитивним потенціалом, а логічний нуль – негативним потенціалом такої ж величини. Для спрощення обчислень припустимо, що передається інформація, яка складається з нескінченної послідовності одиниць і нулів, що чергуються, як це і показано на рис. 1.5, а. Зауважимо, що в даному випадку величини бодів і бітів у секунду збігаються.

Для потенційного кодування спектр безпосередньо виходить з формул Фур'є для періодичної функції. Якщо дискретні дані передаються з бітовою швидкістю N біт/с, то спектр складається з постійної складової нульової частоти і нескінченного ряду гармонік з частотами $f_0, 3f_0, 5f_0, f_0, \dots$, де $f_0 = N/2$. Амплітуди цих гармонік зменшуються досить повільно – з коефіцієнтами $1/3, 1/5, 1/7, \dots$ від амплітуди гармоніки f_0 (рис. 1.5, а). В результаті спектр потенційного коду потребує для якісної передачі широку смугу пропускання. Крім того, потрібно врахувати, що реально спектр сигналу постійно змінюється в залежності від того, які дані передаються по лінії зв'язку. Наприклад, передача довгої послідовності нулів чи одиниць зміщує спектр у бік низьких частот, а в крайньому випадку, коли передані дані складаються тільки з одиниць (чи тільки з нулів), спектр складається з гармоніки нульової

частоти. При передачі одиниць, що чергуються, і нулів постійна складова відсутня. Тому спектр результуючого сигналу потенційного коду при передачі довільних даних займає смугу від деякої величини, близької до 0 Гц, до приблизно $7f_0$ (гармоніками з частотами вище $7f_0$ можна знехтувати через їх малий внесок у результуючий сигнал).

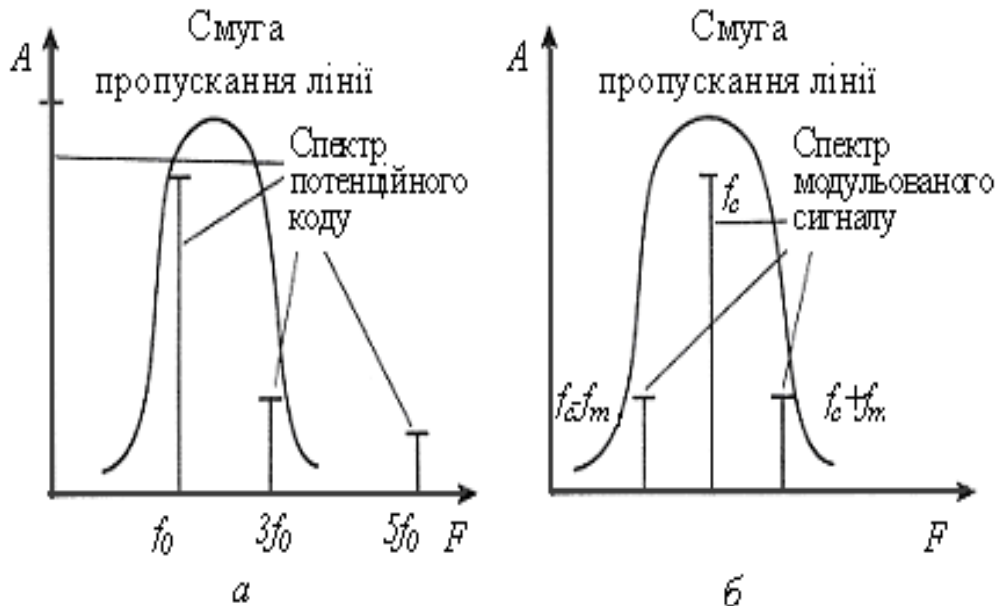


Рисунок 1.5 – Амплітуда модуляції неперервного процесу

Для каналу тональної частоти верхня границя при потенційному кодуванні досягається для швидкості передачі даних у 971 біт/с, а нижня неприйнятна для будь-яких швидкостей, тому що смуга пропускання каналу починається з 300 Гц. У результаті потенційні коди на каналах тональної частоти ніколи не використовуються.

При амплітудній модуляції спектр складається із синусоїди несучої частоти f_c і двох бічних гармонік: $(f_c + f_m)$ і $(f_c - f_m)$, де f_m – частота зміни інформаційного параметра синусоїди, що збігається зі швидкістю передачі даних при використанні двох рівнів амплітуди (рис. 1.5 б). Частота f_m визначає пропускну здатність лінії при даному способі кодування. При невеликій частоті модуляції ширина спектра сигналу буде також невеликою (рівною $2f_m$), тому сигнали не будуть спотворюватися лінією, якщо її смуга пропускання буде більша чи дорівнюватиме $2f_m$. Для каналу тональної частоти такий спосіб модуляції прийнятний при швидкості передачі даних не більше $3100/2 = 1550$ біт/с. Якщо ж для подання даних використовуються 4 рівні амплітуди, то пропускну здатність каналу підвищується до 3100 біт/с. При фазовій і частотній модуляції спектр сигналу виходить більш складним, чим при амплітудній модуляції, тому що бічних гармонік тут утвориться більш двох, але вони також симетрично розташовані щодо основної несучої частоти, а їх

амплітуди швидко зменшуються. Тому ці види модуляції також добре підходять для передачі даних по каналу тональної частоти.

Для підвищення швидкості передачі даних використовують комбіновані методи модуляції. Найбільш розповсюдженими є методи квадратурної амплітудної модуляції (Quadrature Amplitude Modulation, QAM). Ці методи основані на поєднанні фазової модуляції з 8 значеннями величин зміщення фази й амплітудної модуляції з 4 рівнями амплітуди. Однак з можливих 32 комбінацій сигналу використовуються далеко не всі. Наприклад, у кодах Трелліса припустимі всього 6, 7 чи 8 комбінацій для подання вихідних даних, а інші комбінації є забороненими. Така надмірність кодування потрібна для розпізнавання модемом помилкових сигналів, що є наслідком перекручувань через перешкоди на телефонних каналах, які комутуються дуже значними за амплітудою і тривалими за часом.

Імпульсна модуляція

В імпульсній модуляції як носій модульованих сигналів використовуються послідовності імпульсів, як правило – прямокутних. У бездротових системах передачі даних в радіозв'язку ці послідовності заповнюються високочастотними коливаннями, створюючи тим самим подвійну модуляцію. Як правило, ці види модуляції застосовуються при передачі дискретизованих даних.

У залежності від вигляду модульованого параметра розрізняють такі види модуляції.

1. Амплітудно-імпульсна модуляція (АІМ), $A - \text{var.}$ (рис. 1.6)
2. Широтно-імпульсна модуляція (ШІМ), $\tau_2 - \text{var.}$
3. Фазово-імпульсна модуляція (ФІМ), $\tau_1 - \text{var.}$, тобто змінюється положення імпульсу на інтервалі T .
4. Частотно-імпульсна модуляція (ЧІМ), $f = 1/T - \text{var.}$

Для прямокутних імпульсів найбільш широко використовуються амплітудно-імпульсна (АІМ) і широтно-імпульсна (ШІМ) модуляції.

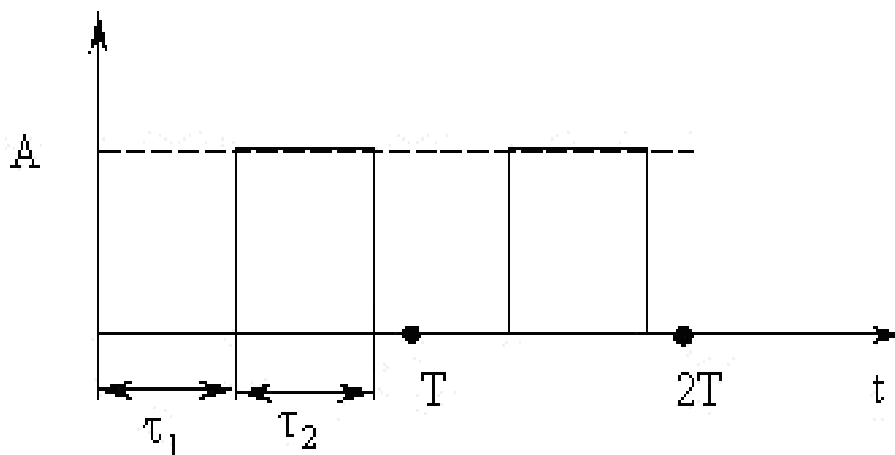


Рисунок 1.6 – Основні види імпульсної модуляції

Модуляцію розрізняють також за характером зв'язку між вхідним (модулюючим) сигналом і модульованим параметром на модуляцію I-го, II-го роду (рис. 1.7).

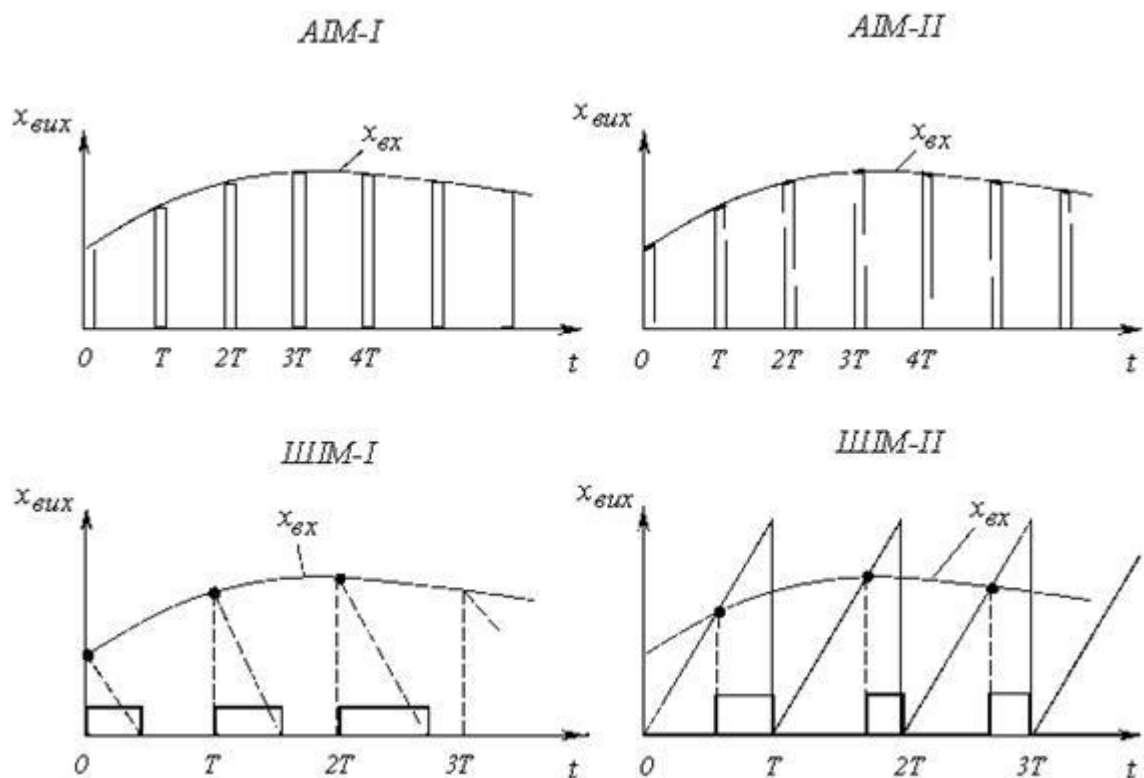


Рисунок 1.7 – Види імпульсної модуляції за характером зв'язку між вхідним сигналом і модульованим параметром

Якщо модульований параметр визначається значеннями вхідного сигналу у фіксовані, рівновіддалені один від одного моменти часу (тактові), то це модуляція першого роду (AIM-I, ШИМ-I і т.д.) Якщо значення модульованого параметра визначаються деяким функціоналом від вхідного сигналу, або визначаються в результаті розв'язання трансцендентних рівнянь, то це модуляція другого роду (AIM-II, ШИМ-II і т.д.) Іншими словами, якщо модульований параметр у процесі існування імпульсу залишається постійним, то це модуляція першого роду, якщо ж модульований параметр змінюється відповідно до поточного значення вхідного сигналу – то це модуляція другого роду.

Модуляційною характеристикою імпульсного елемента називається залежність величини модульованого параметра імпульсної послідовності від відповідних дискретних значень вхідної величини. Ця характеристика може бути лінійною або нелінійною. ШИМ і ЧІМ нелінійні за своєю природою. Так, для ШИМ найменша тривалість імпульсу дорівнює нулю, а найбільша – періоду T . Модуляційна характеристика може мати вигляд як на рис. 1.8.



Рисунок 1.8 – Приклад модуляційної характеристики

Як зазначалось, АІМ полягає в зміні збільшення амплітуди імпульсів пропорційно функції керуючого сигналу при постійних тривалості імпульсів і періоді їхнього проходження:

$$U(t) = U_0 + ks(t), \quad i = const, \quad T = const.$$

Спектр АІМ розглянемо на прикладі модулювання однотонального сигналу $s(t)$. Напишемо рівняння модульованого сигналу в такій формі:

$$u(t) = (1 + M \cos(\omega t)) f(t),$$

де $f(t)$ – періодична послідовність прямокутних імпульсів із частотою ω , яку можна апроксимувати за Фур'є (без врахування фази):

$$f(t) = U_0 + U_n \cos(n\omega t).$$

Підставляючи значення $f(t)$ у вираз для $u(t)$, одержуємо:

$$u(t) = (1 + M \cos(\omega t)) U_0 + U_n \cos(n\omega t) (1 + M \cos(\omega t)),$$

у цілому спектр нескінченний, що визначається нескінченністю спектра прямокутних імпульсів. З'являються бічні складові, що відповідають спектру моделюючої функції (при багатотональному сигналі – бічні смуги спектрів). При додатковому високочастотному заповненні імпульсів весь спектр зміщується в область високих частот на частоту заповнення.

Широтно-імпульсна модуляція (ШІМ, в англійській термінології pulse width modulation, PWM), що іноді називають модуляцією за тривалістю імпульсів, полягає в керуванні тривалістю імпульсів пропорційно функції керуючого сигналу при постійних амплітуді імпульсів і періоді проходження по фронту імпульсів:

$$t = t_0 + ks(t), \quad U = const, \quad T = const.$$

Розглянемо виконання ШІМ у найпростішому варіанті на прикладі гармонічного коливання. Передана крива дискретизується, при цьому має значення як інтервал дискретизації, так і кількість рівнів квантування. При

передачі даних прямокутні імпульси починаються в моменти дискретних відліків даних, а тривалість імпульсів встановлюється пропорційно значенню відліків, при цьому максимальна тривалість імпульсів не повинна перевищувати інтервал дискретизації даних.

Спектр сформованого сигналу ШІМ у початковій частині містить постійну складову середнього рівня сигналу й пік частоти гармоніки, закодованої в ШІМ-сигналі. Якщо виділити зі спектра ці дві складові, то відновлюється вихідний сигнал з похибкою квантування. Природно, що при малому числі рівнів квантування похибка відновлення вихідного гармонічного сигналу дуже велика.

Відмітимо, що широтно-імпульсна модуляція з наступним виділенням постійної складової може досить ефективно використовуватися (і використовується) для спостереження за середнім рівнем сигналу й автоматичного регулювання його динамічного діапазону, як, наприклад, у системах установки гучності звуку і яскравості кольорів і зображення в цілому в сучасних телевізійних установках.

Часова імпульсна модуляція є девіацією імпульсів по часовій осі за законом сигналу, що модулює, і власне кажучи аналогічна кутовій модуляції гармонічної несучої. Вона також може бути фазовою (ФІМ) або частотною (ЧІМ).

Кодово-імпульсна модуляція полягає в тому, що в точках дискретизації моделюючого сигналу виконується квантування його значень і кодування квантованих значень, як правило, у двійковій системі числення. Кодовані значення потім передаються за допомогою відповідної кодової послідовності стандартних символів.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ВПЛИВУ ЗМІННОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

2.1. Методи, засновані на застосування низькочастотного змінного електричного струму

2.1.1. Ампліпульстерапія

Ампліпульстерапія – лікувальний вплив на організм синусоїдальні модульовані струмами.

Основним чинником, що діє даного методу є змінний електричний струм частотою 5000 Гц, модульований за амплітудою. Поряд з амплітудною такі струми піддаються також і низькочастотної модуляції.

Підводиться до тіла хворого синусоїдальні модульовані струми, які викликають в підлягають тканинах значні струми провідності, які збуджують нервові і м'язові волокна.

Анталгіческого дію синусоїдальних модульованих струмів реалізується тими ж шляхами, що і діадинамічних, але вони викликають більш ефективну блокаду периферичних провідників больової чутливості, аж до їх парабіоза.

Крім центральних механізмів купірування больового синдрому синусоїдальні модульовані струми активують мікроциркуляторного русла ішемізованих тканин, зменшують венозні застій і періневральні набряки.

Лікувальні ефекти – нейроміостимулюючий, анагетичний, судинорозширювальний, трофічний.

Показання - захворювання периферичної нервової системи, гіпертонічна хвороба, хронічний бронхіт, бронхіальна астма, виразкова хвороба шлунка, захворювання суглобів, енурез, функціональна імпотенція.

Протипоказання – переломи кісток без іммобілізації, жовчо-та сечокам'яна хвороба, варикозна хвороба, індивідуальна непереносимість електричного струму.

Використовувана апаратура і параметри. Використовують апарати - «Ампліпульс-5» і «Ампліпульс-6». Можна застосовувати апарат «Стимул-2».

Для ампліпульстерапії використовують змінні гармонійні (синусоїдальні) струми частотою 5 кГц, модульовані по частоті в діапазоні 10 – 150 Гц. Для лікувального впливу застосовують змінний і постійний режими генерації електромагнітних коливань. У першому випадку вони поширюються в вигляді амплітудних пульсацій, а в другому – монополярних синусоїдальних імпульсів. Амплітуда моделюючого струму не перевищує 50 мА.

Виділяють п'ять основних видів роботи.

Перший рід роботи - постійна модуляція (ІРР, ПМ) – модуляція струму основної (несучої) частоти струмами фіксованих частот (10 – 150 Гц) і глибини модуляції.

Другий рід роботи – посліди-паузи (ПРР, ПП) - поєднання посліди струму несучої частоти, модульованих однією частотою (10 – 150 Гц) з паузами. Тривалість посліди струму і пауз дискретна в межах 1 – 6 с.

Третій рід роботи – посліди-несуча частота (ШРР, ПН) - поєднання посліди струму, модульованого певною частотою (10 – 150 Гц) з послідами немодельованого струму частотою 5 кГц. Тривалість посліди струму дискретна в межах 1 – 6 с.

Четвертий рід роботи – перемежуються частоти (IVPP, ПЧ) – поєднання чергуються посліди струму з частотою модуляції 150 Гц і різними частотами модуляції (10 – 150 Гц).

П'ятий рід роботи – перемежуються частоти-паузи (VPP, ППП) – поєднання чергуються посліди струму з різними струмами модуляції в діапазоні 10 – 50 Гц і пауз між ними.

Стимулюючий ефект значимо збільшується в випрямленому режимі при використанні II і V положів роботи.

Методика. Процедури ампліпульстерапії проводять хворому в умовах максимального розслаблення м'язів. Використовують пластинчасті електроди з гідрофільними прокладками товщиною 1 см.

Впливу синусоїдальні модульовані струмами проводять з використанням кількох родів роботи. Чим більш виражений больовий синдром, тим більшою мірою збільшують частоту модуляції струму в III роді роботи, яким впливають 3 - 5 хв. Навпаки, в IV роді роботи різниця частот повинна бути невеликою – 90 і 120 Гц, 130 і 150 Гц, тривалість посліди 1 – 2 с, а вплив обмежена 3 – 4 хв. Зі зменшенням больового синдрому частоту модуляції зменшують до 30 – 60 Гц. Щільність струму не повинна перевищувати 0,1 мА / см². Тривалість процедури 20 - 30 хв, їх проводять щодня або через день. Курс - 6 - 10 процедур. Повторний курс можна призначати через 15 – 30 днів.

2.1.2. Інтерференцтерапія

Інтерференцтерапія – метод лікувального використання інтерференційних струмів. Фізичну основу методу складає складання двох електромагнітних коливань однакової амплітуди і близької частоти, в результаті якого відбувається їх інтерференція.

Інтерференційні струми викликають деполяризацію сарколеми гладеньких м'язів і зміна функціональних властивостей вісцеральних афферентів, модулюють ефекторну нейротрофічних регуляцію внутрішніх органів.

Порушення інтерференційними струмами мієлінізованих провідників призводить до периферичної блокаді імпульсації з больового вогнища і пригнічення імпульсної активності немієлінізованих провідників больової чутливості і вегетативних гангліїв.

Через особливості методу інтерференція вихідних струмів виникає в широкій зоні міжелектродного простору, що дозволяє впливати на внутрішні органи на великій площі.

Лікувальні ефекти – аналгетичний, міонейростимулюючий, трофічний, спазмолітичний, дефіброзірующее.

Показання – больові синдроми з перебудженням провідників больової чутливості і вегетативних волокон, захворювання і травми опорно-рухового апарату, гіпертонічна хвороба, облітеруючий ендартеріт, захворювання шлунково-кишкового тракту, запальні захворювання органів малого таза.

Протипоказання – гострі запальні процеси, жовче-сечокам'яна хвороба, тромбофлебіт і флеботромбоз, імплантовані кардіостимулятори, дефекти шкіри в області впливу.

Використовувана апаратура і параметри. Використовують апарати «Інтерференцпульс», «інтерференція-ІФМ», «Interferator vector automatic», «Nemestrodin» і ін.

Частоти струмів силою 50 мА, використовуваних для складання в двох ланцюгах, що підводяться до хворого, 3 – 5 кГц, а різниця між ними становить 200 Гц. Максимальна частота биття в цьому випадку 100 Гц, вона може варіювати в різних діапазонах (від 25 – 50 до 1 – 100 Гц), що повторюються протягом процедури в заданому режимі роботи.

Методика. Для проведення процедури на шкіру хворого накладають дві або три пари електродів таким чином, щоб силові лінії підводяться кожною парою електродів електромагнітних полів перехрещувалися з силовими лініями полів, підводяться іншими парами, в області патологічного вогнища.

Застосовують струмопровідні електроди площею від 2 до 300 см² з тонкими гідрофільними прокладками, або вакуумні електродичашечкі з тиском $(1 - 2) \cdot 10^4$ Па. Максимальні частоти (90 – 100 Гц), надають виражений аналгетичний ефект. Зменшення частоти биття до 25 – 50 Гц надає нейроміостимулюючий ефект. Інтерференційні струми частотою 1 – 5 Гц викликають періодичні скорочення м'язів і порушення вегетативних нервових волокон. Токи частотою 1 – 10 Гц підвищують тонус симпатичної нервової системи, а зі збільшенням частоти биття його зменшують.

Тривалість процедур в гостру фазу захворювання становить 5 – 15, в хронічну – 20 – 30 хв. Курс – 10 – 15 процедур. Повторний курс при необхідності призначають через 15 – 30 днів.

2.1.3. Флюктуоризація

Флюктуоризація – лікувальне використання змінних струмів зі спонтанно змінними частотами і амплітудою.

Через стохастичного характеру змін параметрів адаптація до них знижена в порівнянні з адаптацією до синусоїдальним струмів, а чутливість нервових провідників підвищена. Виникаючі асинхронні аферентні потоки пригнічують імпульсацію з больового вогнища. Досягаючи задніх рогів спинного мозку, ці аферентні потоки викликають сегментарно-рефлекторні реакції, які проявляються в посиленні регіонарного кровотоку і активації трофічних процесів.

Лікувальні ефекти – аналгетичний, місцевий міостимулюючий, протизапальний, трофічний.

Показання – захворювання периферичної нервової системи з больовим синдромом, болі після екстракції зубів, стоматологічні захворювання, хронічні запальні захворювання поверхневих тканин.

Протипоказання – гострі інфекційні захворювання, вібраційна хвороба, психози і нав'язливі стани, інфаркт міокарда, індивідуальна непереносимість електричного струму.

Використовувана апаратура і параметри. Процедури виконують на апараті АСБ-2-1, в стоматології - ФС-100 (переносний).

Застосовують змінні або односпрямовані періодичні струми частотою 100 – 2000 Гц з безладно змінюється амплітудою. Напруга досягає 100 В, а щільність струму – 3 мА / см².

Застосовують три форми флюктуруючі струмів.

Двохполярний симетричний флюктуруючий струм – безперервно наступні, хаотично змінюються по полярності і частоті імпульси однакової амплітуди.

Двополярний несиметричний флюктуруючий струм – безперервно наступні, хаотично змінюються по частоті імпульси неоднаковою амплітуди і переважно негативної полярності.

Однополярний симетричний флюктуруючий струм – безперервно наступні, хаотично змінюються по частоті монополярні імпульси. Такий струм можна використовувати для флюктуофореза.

Методика. Процедури проводять з використанням контактних електродів. Один з них - малої площі, мають у своєму розпорядженні в області патологічного вогнища, а другий (направляючий), площею до 80 см², – на протилежній поверхні. Електроди розташовують по поздовжньої і поперечної методикою, в області больового вогнища або сегментарно-рефлекторних зон. Під активним електродом струми щільністю менш 1 мА / см² викликають вібрацію, 1 – 2 мА / см² – слабкі посмикування, вище 2 мА / см² – виражене посмикування м'язів в зоні впливу. Процедури – щоденні або через день, не перевищують 5 – 15 хв. Курс 3 – 15 процедур. При необхідності повторюють курс через 15 – 30 днів.

2.1.4. Ультратонотерапія

Ультратонотерапія – лікувальне застосування змінних струмів високої напруги.

При підведенні до хворого змінних струмів в просторі між тілом і електродом утворюється тихий розряд і в поверхневих тканинах виникає струм провідності. Виділяється в розрядному проміжку тепло викликає розширення спазмованих поверхневих судин, підсилює кровотік в артеріолах, венулах і лімфовідтік із запального вогнища. Утворюється в повітрі при формуванні тихого розряду невелику кількість озону і оксидів азоту затримує розмноження мікроорганізмів на поверхні шкіри.

Лікувальні ефекти – місцевий вазоактивний, метаболічний, протизапальний.

Показання - неврити і невралгії черепно-мозкових нервів, місцеві запальні захворювання шкіри і слизових, оперізуючий лишай, себорея, ексудативний діатез, хронічні запальні гінекологічні захворювання.

Протипоказання – непереносимість електричного струму, кровоточивість слизових.

Використовувана апаратура і параметри. Використовують апарати ТЧ-10-1, «Ультратон», «Ультратон-2», «Ультратон АПМ».

При проведенні процедур застосовують безперервні гармонійні електричні струми частотою $22 \pm 1,6$ кГц. Підводиться до газорядному електроду напруга становить 4,5 – 5 кВ. Сила струму не перевищує 0,02 мА, а вихідна потужність 10 Вт.

Методика. Струми низької частоти підводять до тіла хворого через скляний електрод. Після його розміщення в області патологічного вогнища включають апарат і збільшують вихідну потужність до відчуття легкого тепла. Вплив проводять шляхом безперервного контакту електроду з шкірою або слизовими або по лабільною методикою.

Тривалість процедури становить 5 хв на одну ділянку і не більше 10 – 15 хв на різні ділянки. Тривалість курсу 20 процедур. Повторний курс можливий через 1 – 2 міс.

2.2. Метод з використанням середньочастотного змінного електричного струму

2.2.1. Місцева дарсонвалізація

Місцева дарсонвалізація – лікувальний вплив на окремі ділянки тіла хворого слабким імпульсним змінним струмом високої напруги і середньої частоти.

Найбільша щільність струмів зміщення при цьому методі виникає в поверхневих тканинах. Модульовані низькочастотними імпульсами струми середньої частоти (тихий розряд) викликають роздратування термінальних відділів чутливих нервових волокон шкіри, що призводить до зміни їх збудливості і активації мікроциркуляції. Короткочасний спазм судин шкіри змінюється їх тривалим розширенням.

При наростанні амплітуди імпульсного струму аферентна пульсація від нервових провідників надходить в задні роги спинного мозку і викликає збудження рухових і трофічних волокон.

При значному збільшенні амплітуди імпульсного струму і деякому віддаленні від тіла між електродом і шкірою утворюються стримери – тонкі канали, заповнені іонізованим повітрям. Їх сукупність формує іскровий розряд, що діє на хворого. Під дією іскрового розряду в шкірі утворюються осередки мікронекрозів, які стимулюють фагоцитоз і виділення біологічно

активних речовин (гепарину, цитокина, гістаміну). Іскровий розряд викликає деструкцію оболонок мікроорганізмів і їх загибель.

Лікувальні ефекти – місцевий анагетичний, вазоактивний, трофічний, місцевий протизапальний, протисвербіжну, бактерицидний.

Показання - захворювання периферичної нервової системи з больовим синдромом, нейросенсорна тугоухість, мігрень, клімактеричний невроз, енурез, сверблячі дерматози, екзема, трофічні виразки, що в'яло загоюються рани.

Протипоказання - індивідуальна непереносимість струму.

Використовувана апаратура і параметри. Для проведення процедур використовують портативні апарати «Іскра-1», «Іскра-2» і переносні «Імпульс-1», «Корона-М». Їх комплектують набором з восьми вакуумних електродів: Гребешкова, двома ректальними, двома грибоподібними, вушних, ясенним і вагінальним.

Для місцевої дарсонвалізації використовують дзвоновидні імпульси змінного струму з частотою 110 кГц. Частота проходження імпульсів становить 50 імп/с⁻¹. Тривалість імпульсу становить 100 мкс, а підводиться до конденсаторного електрода напруга – 25 – 30 кВ. Сила струму в розряді не перевищує 0,02 мА, а напруга 50 В.

Методика. Імпульси середньочастотного струму підводять до тіла хворого через скляні конденсаторні електроди. При малому напрузі і безперервному контакті зі шкірою на хворого впливають середньочастотним струмом (лабільна контактна методика). Зі збільшенням напруги і видаленні електрода від поверхні тіла хворого діючим фактором стає іскровий розряд (дистантна методика). В обох методиках електрод плавно переміщують по зоні впливу.

Тривалість процедур 10 – 15 хв. Курс 10 – 15 процедур. При необхідності їх можна повторити через 1 – 2 міс.

РОЗДІЛ 3. ВИКОРИСТАННЯ АПАРАТА ДЛЯ АМПЛІПУЛЬСТЕРАПІЇ. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

3.1. Технічні дані апарата «Ампліпульс-5 Бр»

Прилад «Ампліпульс-5 Бр» забезпечує наступні види лікувального впливу:

- «1» – безперервний вплив струмом несучої частоти з можливістю вибору різних коефіцієнтів модуляції та модульованої частоти;
- «2» – перервний вплив серії модульованих коливань с можливістю вибору частоти та коефіцієнта модуляції, яка чергується з паузою;
- «3» – безперервний вплив серії модульованих коливань з можливістю вибору частоти та коефіцієнта модуляції, які чергуються з серією немодульованих коливань несучої частоти;
- «4» – неперервний вплив серії модульованих коливань з можливістю вибору частоти та коефіцієнта модуляції, які чергуються з серіями модульованих коливань частотою 150 Гц та паузою.
- «5» –перервний вплив серії модульованих коливань з можливістю вибору частоти та коефіцієнта модуляції, які чергуються з серією модульованих коливань частотою 150 Гц та паузою.

Частота модульованої напруги синусоїдальної форми встановлюється дискретно та приймає значення: 10; 20; 30; 50; 80; 100 та 150 Гц. Відносна похибка установки частоти модулюючих коливань не більш 10%. Коефіцієнт модуляції встановлюється дискретно та приймає значення 0; 25; 50% 75; 100% та більш 100% (режим перемодуляції).

Абсолютна похибка установки коефіцієнта модуляції в діапазоні від 25% до 40% від періоду модулюючої напруги. Тривалість серії та пауз (чергування видів струмів) для виду роботи «2» встановлюється дискретно у відношенні 1:1,5; 2:3; 4:6 с.

Для роботи «5» відношення тривалості двох модульованих серій встановлюється таким же, а тривалість суми двох серій та тривалість паузи складає 2,5; 5 та 10 с.

Похибка тривалості серії та паузи не більш 10%.

Час наростання та спаду струму в серіях для виду роботи «2» та «5» складає (200 ± 20) ; (400 ± 40) та (800 ± 80) мс при установленій тривалості серії та пауз 1:1,5; 2:3; 4:6 відповідно..

Пристрій забезпечує регулювання струму пацієнта від 0 до 100 мА на активному навантаженні $(250 \pm 50 \text{ Ом})$ і до 30 мА на навантаженні $(1 \pm 0,1 \text{ кОм})$ при коефіцієнті модуляції 100%; при цьому максимальне значення

встановленого струму пацієнта на навантаженні 300 Ом при нормальних умовах відрізняється від номінального не більш, чим на 10%.

Струм пацієнта встановлюється плавно у трьох діапазонах: 0 – 10 мА; 0 – 20 мА; 0 – 100 мА. В пристрої забезпечується блокування перемикачів діапазонів струмів пацієнта при введеному регуляторі струму. Вимірювання середньоквадратичного значення струму пацієнту проходить внутрішнім цифровим вимірювачем струму; при цьому похибка установки струму при виді роботи «1» та «4» не перевищує:

в діапазоні 0 – 10 мА та 0 – 20 мА – $\pm(1 \text{ мА} \pm 0,05I_n)$;

в діапазоні 0 – 100 мА – $\pm(1 \text{ мА} \pm 0,1I_n)$,

де I_n – встановлене значення струму пацієнта, мА.

Процедурний таймер апарата фіксує встановлений та залишений час процедури в межах від 1 до 99 хвилин, а з закінченням часу процедури видає звуковий сигнал та робить автоматичне вимикання струму пацієнта з блокування вимкненого стану при введеному регуляторі струму.

Точність відліку часу процедури ± 2 с в хвилину. Запізнення автоматичного вимикання струму пацієнта відносно звукового сигналу – не більш 15 с. Пристрій витримує без порушень працездатності коротке замикання впродовж 10 хвилин.

Струм витіку приладу не перевищує наступних значень:

а) на корпусі:

в нормальному стані – 0,1 мА;

при одиничному порушенні – 0,5 мА;

б) на пацієнта:

в нормальному стані – 0,1 мА;

при одиничному порушенні – 0,5 мА;

в) додатковий струм в колі пацієнта:

в нормальному стані – 0,5 мА;

при одиничному порушенні – 2,5 мА.

Електрична ізоляція між частинами приладу витримує без пробою та поверхневого покриття випробувальну змінну напругу частотою 50 Гц величиною:

мережеве коло – припустимі для дотику частини – 4000 В.

мережеве коло – робоча частина – 4000 В.

Електричний опір ізоляції між частинами пристрою, не менш:

мережеве коло – припустимі для дотику частини – 7 Ом;

мережеве коло – робоча частина – 7 Ом;

припустимі для дотику частини – робоча частина – 5 МОм;

Прилад забезпечує свої технічні характеристики після проходження часу встановлення робочого режиму, яке дорівнює 1 хвилину. Прилад забезпечує тривалу роботу в робочих умовах застосування. Він зберігає свої технічні характеристики при живленні його від мережі змінного струму напругою 220 ± 22 В, частотою 50 Гц. Потужність яка споживається апаратом від мережі при номінальній напрузі не перевищує 30 ВА. Встановлене безвідмовне напрацювання T_u не менше 1000 годин. Середнє напрацювання на відмову T_0

не менше 4000 годи н. Критерій відмови – стан пристрою, при якому середня інтенсивність експлуатації 3 години в добу – не менше 2 років. Середній термін служби не менше 4 років. Габаритні розміри: 315x175x330 мм. Маса 6 кг.

3.2. Принцип роботи «Амплипус – 5 Бр»

Електрична схема приладу приведена на рис. 3.1. Вона складається із наступних функціональних вузлів: мікроконтролера; блока керування та індексації; підсилювача потужності; блока живлення; комутатора режимів.

Мікроконтролер виробляє вихідні сигнали заданої форми, видає сигнали на закінчення лікувальних процедур, виробляє всі необхідні сигнали керування. Блок керування та індикації містить індикатор процедурного таймера, індикатор струму пацієнта, світлодіодні індикатори режимів роботи, а також кнопки керування режимами.

По індикатору процедурного таймера приводиться відлік часу від початку процедури, а по закінченню часу процедури мікроконтролер виробляє звукові сигнали та автоматично вимикає струм пацієнта.

Форми вихідних напруг (струмів пацієнтів) при різних видів впливу (режими видів роботи) приведені на рис. 3.2. Де 1 – непереривний вплив амплітудно-модульованих струмів несучої частоти; 2 – переривистий вплив серії модульованих коливань, які чергуються паузою; 3 – непереривний вплив серії модульованих коливань, які чергуються з серіями немодульованих коливань несучої частоти; 4 – – непереривний вплив серії модульованих коливань з однією з можливих частот модуляції, які чергуються з серіями модульованих коливань частотою 150 Гц; 5 – переривистий вплив серії модульованих коливань з однією із можливих частот модуляції, які чергуються з серіями модульованих коливань частотою 150 Гц та паузою; 6 – випрямлений режим позитивної полярності одного із впливів; 7 – випрямлений режим негативної полярності одного із впливів.

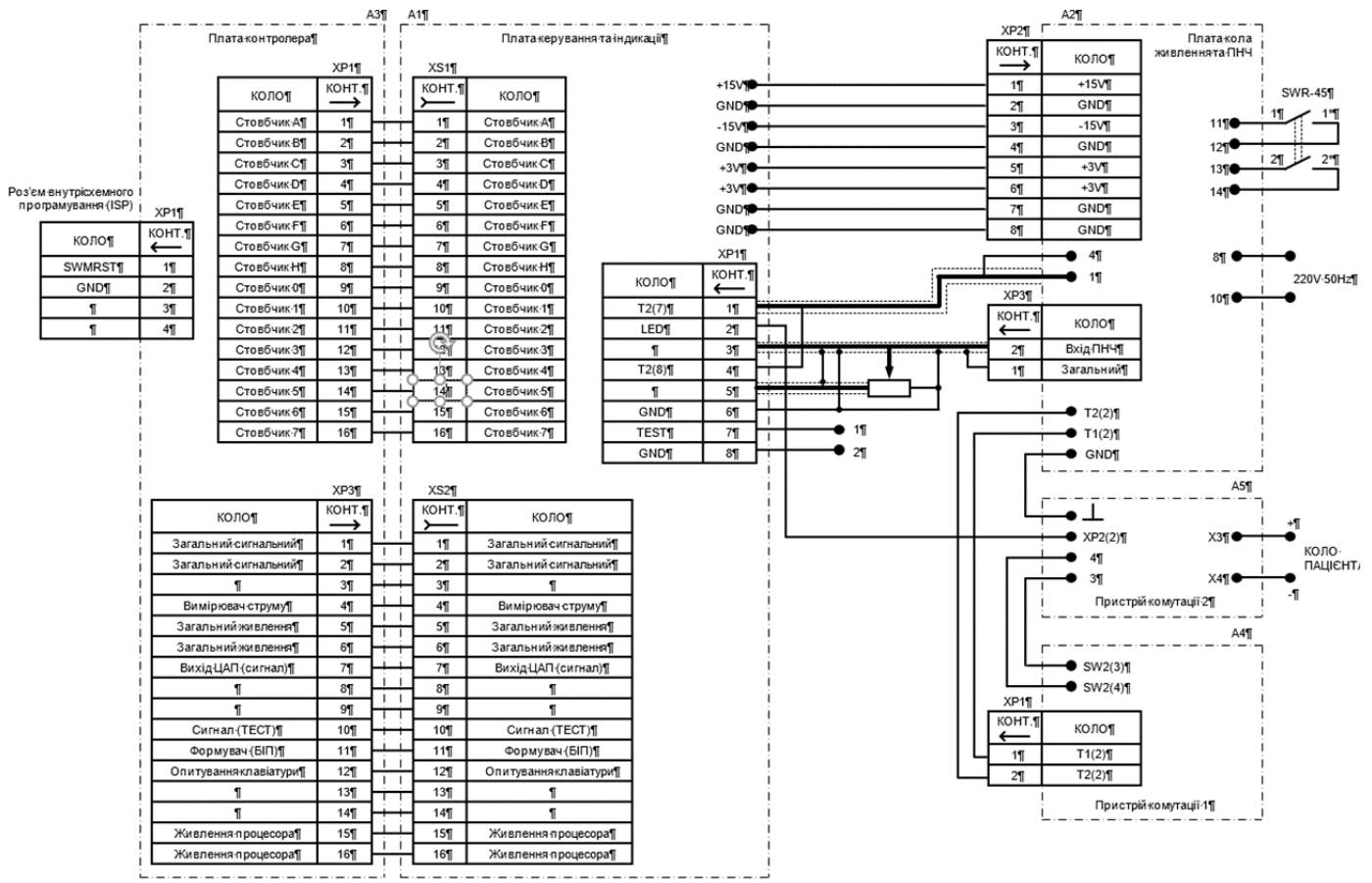
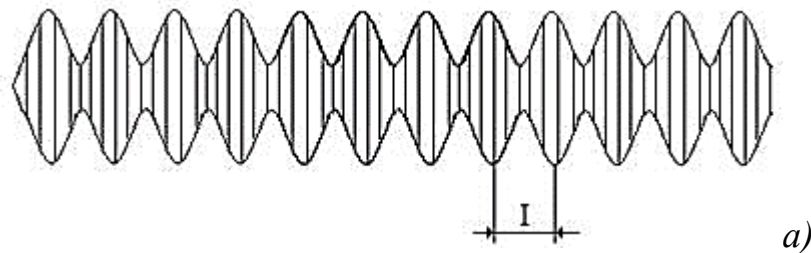


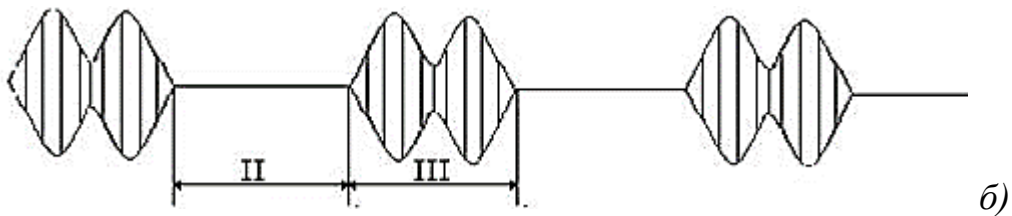
Рис. 3.1 – Принципіальна електрична схема приладу низькочастотної фізіотерапії «Амплипульс-5Бр»

Виділяють п'ять основних родів роботи.

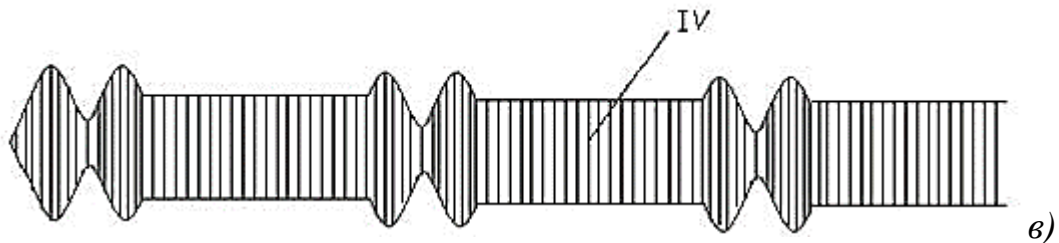
Перший рід роботи (ІРР, ПМ, постійна модуляція) - модуляція струму основної (несучої) частоти струмами фіксованої частоти (в діапазоні 10 – 150 Гц) і глибини модуляції (рис. 3.2 а). Сила збуджуючого ефекту наростає зі зменшенням частоти модуляції і збільшенням її глибини.



Другий рід роботи (ІІРР, ПП, послілки - паузи) - поєднання посилок струму несучої частоти, модульованих однією частотою (в діапазоні 10 – 150 Гц) з паузами. Тривалість посилок струму і пауз дискретна в межах 1 – 6 с. Такий режим забезпечує контрастність впливу синусоїдальних модульованих струмів на тлі пауз і володіє найбільш вираженим нейроміостимулюючим ефектом.

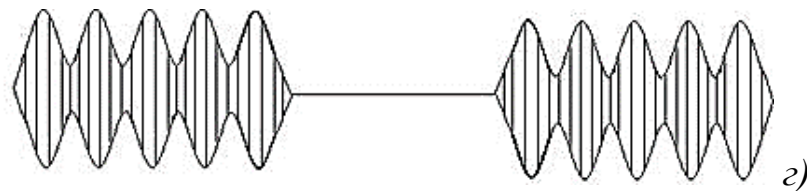


Третій рід роботи (ШРР, ПН, посліжки – несуча частота) – поєднання посліжок струму, модульованого певною частотою (в діапазоні 10 – 150 Гц) з посліжками немодульованого струму частотою 5 кГц. Тривалість посліжок струму дискретна в межах 1 – 6 с. Стимулююча дія синусоїдальних модульованих струмів в такому поєднанні виражено менше, ніж в попередньому режимі, але починає проявлятися анальгетичний ефект.



Четвертий рід роботи (IVPP, ПЧ, що перемежуються частоти) - поєднання чергуються посліжок струму з частотою модуляції 150 Гц і іншою частотою в діапазоні 10 – 150 Гц.

Синусоїдальні модульовані струми в цьому випадку надають найбільший анальгетичний ефект, який зростає при зменшенні різниці між частотою 150 Гц і обраною частотою модуляції.



П'ятий рід роботи (VPP, ППП, що перемежуються частоти - паузи) - поєднання чергуються посліжок струму з різними частотами модуляції в діапазоні 10 – 150 Гц і пауз між ними.

Такий режим забезпечує слабо виражені контрастність впливу синусоїдальних модульованих струмів на тлі пауз і має м'який нейроміостимулюючий і трофічний дію.

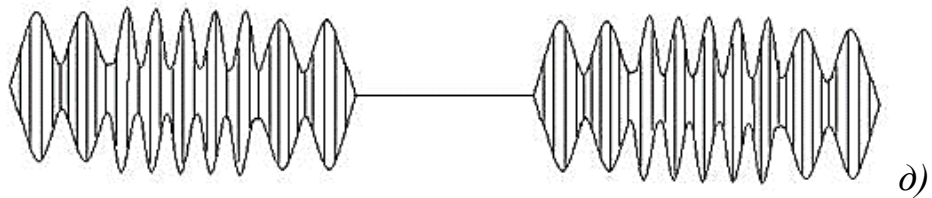


Рис. 3.2 – Форма вихідних напруг прилад низькочастотної фізіотерапії «Амплипульс-5Бр»

Вихідна навантажувальна характеристика приладу представлена на рисунку 3.3.

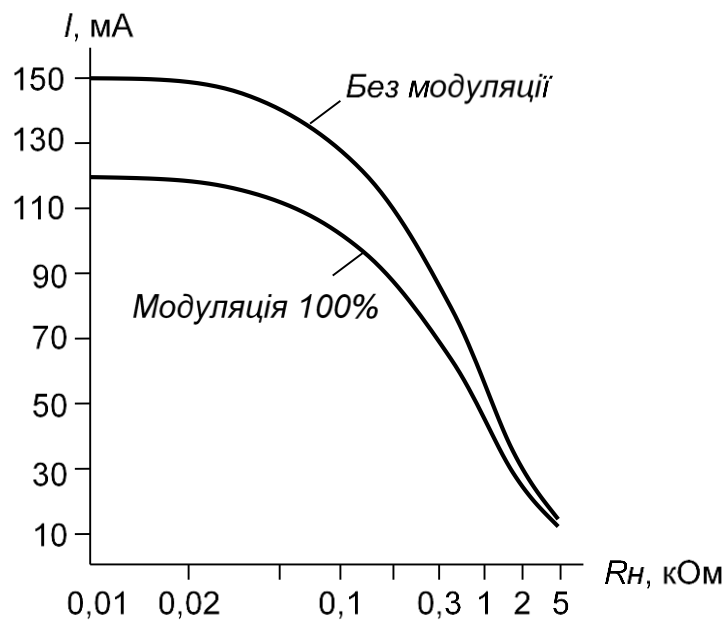


Рис. 3.3 – Навантажувальна характеристика пристрою низькочастотної фізіотерапії «Амплипульс-5Бр»

3.3. Порядок роботи

Установити ручку регулятора струму пацієнта в край ліворуч, установити кнопку «Електроди-контроль» в положення «отжата», увімкнути живлення приладу. К вихідним гніздам приладу під'єднати к вибраним електродам кабель, к кабелю приєднати електроди. Після накладання та фіксації електродів на пацієнта на передній панелі приладу вибрати завдяки кнопкам необхідні параметри лікувального впливу: вид роботи; режим; тривалість серій та пауз; частоту модуляції; коефіцієнт модуляції та діапазон

величини використовуемого струму пацієнта; тривалість процедури для вибраного виду впливу.

Після вибору параметрів впливу натиснути кнопку «Електроді-контроль», при цьому повинен світитися індикатор , які показує що коло пацієнта увімкнута. Плавню повертаючи ручку регулятора струму пацієнта встановити необхідну величину середньоквадратичного значення струму. Після установки натиснути кнопку «Пуск». При виникненні звукового сигналу, що свідчить об закінченні часу процедури, встановити ручку регулятора струму пацієнта в край ліворуч. При необхідності встановити нові параметри впливу та величини струму та знов натиснути на кнопку «Пуск-Сброс». При тривалій перерві між процедурами вимкнути з мережі.

3.4. Технічне обслуговування

Технічне обслуговування проводиться з метою забезпечення безперебійної роботи, підтримки експлуатаційної надійності та підвищення ефективності використання приладу. При технічному обслугованні необхідно дотримуватися правил безпеки. Для приладу установлюються наступні види технічного обслуговування:

- поточне технічне обслуговування виконується медичним персоналом;
- періодичне (планове) обслуговування виконується після закінчення гарантійного строку.

При поточному обслугованні проводять перевірку яка стосується підготовки до роботи (працездатність приладу). При плановому також роблять перевірку стану гальванічного покриття та стан монтажу приладу.

3.4.1. Безбека

Необхідно дотримуватися правил з техніки безпеки пр роботі з електроустановками. По електробезпеці даний прилад відповідає класу захисту II.

Прилади і апаратура класу II мають всі доступні до дотику частини відділені від струмопровідних частин подвійною або підсиленою ізоляцією та не мають контакту (затискача) для приєднання захисних провідників. Вилка не має заземлюючого контакту. Обладнання класу захисту II позначається відповідним символом («квадрат у квадраті»). Умови застосування обладнання не обмежуються, за виключенням умов підвищеної вологості (понад 85%) для приладів з ступенем захисту оболонки нижче IP65.

До вмикання приладу для регулювання та ремонту зі знятими кришками допускаються тільки ті, хто пройшов інструктаж. При ремонті не допускається дотикання з струмонесучими елементами, так як в приладі є змінна напруга 220 В. Ремонтувати прилад може та людина яка має доступ до роботи з напругою до 1000 В.

Ці люди повинні мати наступні знання.

А) мати чітке уявлення про небезпеку, пов'язану з роботою в електроустановці;

Працівник повинен чітко розуміти чим небезпечний електричний струм, які можливі негативні наслідки від різних небезпечних впливів. Як попередити і не допустити виникнення аварій та нещасних випадків. На які фактори навколишнього середовища необхідно звернути увагу при підготовці робочого місця і під час роботи. Як підстрахуватися в тих чи інших ситуаціях. Освоїти цей обсяг інформації і показати рівень її засвоєння, можна тільки при проходженні навчання на групу допуску з подальшою здачею іспиту.

Б) знати і вміти застосовувати на практиці ПБЕ ЕС та інші правила безпеки в обсязі, що відноситься до виконуваної роботи;

В) знати будову та обладнання електроустановок;

Для другої групи цілком достатньо загальних знань — що таке струмоведучі і струмопровідні елементи, що таке заземлення і з яких складових воно складається, як безпечно подати живлення на електроустановку і зняти з неї напругу, а також, до якої мережі і яким чином можна підключати дану електроустановку. Самостійно розкривати захисні корпуси електрообладнання та виконувати будь-які роботи на струмовідних частинах, що перебувають під напругою, працівники з другою групою допуску не мають права. Для електротехнічного персоналу друга група допуску означає початковий рівень підготовки та працівники з такою групою залучаються лише для допоміжних операцій: подати, принести, притримати сходи, прокопати траншею для прокладки кабелю і т. п.

Пожежабезпека приладу забезпечена його конструкцією та ДСТУ.

3.5. Перевірка технічного стану апарату. Метрологічне забезпечення

Перевірка параметрів апарату проводиться не менше ніж одного разу на рік. При перевірці повинні проводитися операції та використовуватися наступні засоби:

1. Зовнішній догляд.

2. Опробування.

3. Визначення технічних параметрів. Визначення частоти несучих коливань 5кГц (Частотомір ЧЗ-54 або ЧЗ-64). Визначення відносної похибки установки дискретних значень частоти модулюючої напруги синусоїдної форми, межа вимірювання 30, 50, 80, 100, 150 Гц (Частотомір ЧЗ-54 або ЧЗ-64). Визначення абсолютної похибки установки коефіцієнта модуляції, межа вимірювання 25, 50, 75, 100% (Осцилограф С1-82). Визначення відносної похибки тривалості серій та пауз, межа вимірювання 1:1,5; 2:6 с (Частотомір ЧЗ-54 або ЧЗ-64, Осцилограф С1-82). Визначення похибки установки струму пацієнта: – в діапазоні 0...10 мА, межа вимірювання 1:2:5; 10 мА; – в діапазоні

0...100 мА, межа вимірювання 25; 50; 100 мА (Мікровольтметр ВЗ-57).
Перевірка електробезпеки. Вимірювання струму витіку, мА не більш: – без порушень на корпусі 0,1 похибка; – на пацієнті 0,5 похибка; при одиничному порушенні: – на корпусі 0,5 похибка; – на пацієнті 0,5 похибка
Вольтметр ВЗ-4, Вольтметр Э533. Вимірювання електричного опору ізоляції, МОм, не менше: 7 похибка.

4. Проведення перевірки.

Зовнішній огляд. Опробування. Визначення технічних параметрів. Вимірювання частоти несучих коливань проводять з допомогою частотоміру ЧЗ-54. Результати перевірки рахують задовільними, якщо частота несучих коливань відповідає значенню 5000 ± 100 Гц.

Визначення відносної похибки установки дискретних значень частоти модульованої напруги синусоїдальної форми проводять при установці наступних режимів апарату: Вид роботи – «1»; Модуляція, % – «50»; Діапазон струму пацієнта – «100»; Режим «вмик».

Підключають прилади, як указано на рис. 3.4. Встановлюють струм 50 мА та виміряють частоту 30; 50; 80; 100; 150 Гц.

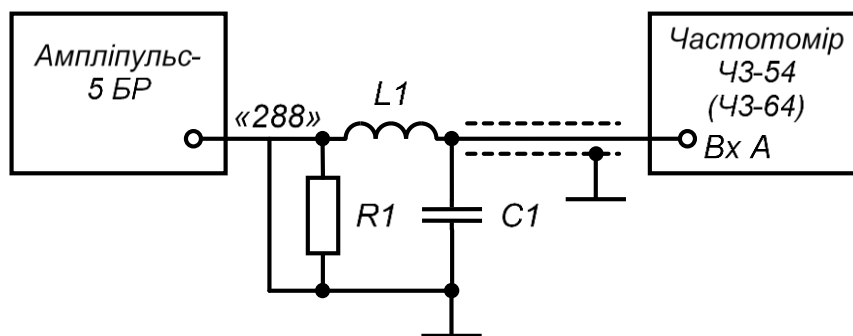


Рис. 3.4 – Схема підключення приладів для визначення відносної похибки установки дискретних значень частоти моделюючої напруги

Відносна похибка установки частоти моделюючої напруги $\delta f_{\text{мод}}$, в процентах, визначають за формулою:

$$\delta f_{\text{мод}} = \frac{\delta f_{\text{мод вим}} - f_{\text{мод}}}{f_{\text{мод}}} 100,$$

де $\delta f_{\text{мод вим}}$ – виміряне значення частоти моделюючої напруги;
 $f_{\text{мод}}$ – установлене значення частоти моделюючої напруги.

Результати перевірки рахують задовільними, якщо відносна похибка частоти моделюючої напруги не перевищує 10%.

Визначення абсолютної похибки установки коефіцієнта модуляції проводять шляхом вимірювання осцилографом мінімального та

максимального розмаху моделюючого сигналу апарата на зовнішньому активному навантаженні при наступних режимах апарату: Робота – «1»; Діапазон струму пацієнта – «100»; Режим «вмик»; Частота модуляції – 80; Модуляція, % – «25».

Встановлюють на цифровому табло «mA» струм, 50 mA.

Чутливість осцилографа встановлюють такою щоб максимальний розмах моделюючої напруги на екрані була 80 поділень, та вимірюють мінімальний розмах.

Коефіцієнт модуляції K_{mod} в процентах визначаються за формулою:

$$K_{mod} = \frac{A_{max} - A_{min}}{A_{max} + A_{min}} 100,$$

де A_{max} – максимальний розмах сигналу, поділень;

A_{min} – мінімальний розмах сигналу, поділень.

Похибка коефіцієнту модуляції ΔK_{mod} в процентах визначається формулою:

$$\Delta K_{mod} = K_{mod} - K_{mod \text{ вимір}},$$

де K_{mod} – дискретне значення коефіцієнта модуляції;

$K_{mod \text{ вимір}}$ – вимірювальне значення коефіцієнта модуляції.

Аналогічно перевіряють коефіцієнта модуляції при установлених коефіцієнтах модуляції 50; 75 та 100%. Результати перевірки рахують задовільними якщо абсолютним похибкам установки коефіцієнта модуляції не перевищує 15%.

Визначення відносної похибки тривалості серії та паузи проводять шляхом вимірювання часових інтервалів, які відповідають тривалості серії та паузи між серіями. Для чого підключають вимірювальні прилади за схемою, рисунок 3.6 та встановлюють наступні режими:

Вид роботи – «1»; Діапазон струму пацієнта – «100»; Режим «вмик»; Частота модуляції – «100»; Модуляція, % – «0»; Тривалість «1:1,5»; Показання цифрового табло «mA» – «50»; Режим «вмик»; Встановлюють вид роботи – «2».

В осцилографі С1-96 встановлюють режим синхронізації У1, чутливість підсилювача У1 та УІІ така, що розмір зображень досліджувального сигналу був 20...30 мм, розгортка-чикаючи.

Швидкість розгортки встановлюють такою, ЩОБ НА екрані по каналу У1 спостерігалась не менше одного періоду напруги прямокутної форми, яке відповідає тривалості серії та паузи, а по каналу УІІ – вихідна напруга апарату у вигляді серії коливань несучої частоти з лінійним нарощуванням та спадом.

Переконаються що тривалість серії та паузи напруги прямокутної форми відповідає тривалості серії та паузи вихідної напруги апарата.

Вимірювання відповідних інтервалів часу проводять частотомером ЧЗ-54.

Проводять аналогічно вимірювання при тривалості «2:3» та «4:6». Встановлюють Вид роботи – «5» та перевіряють вимірювання тривалості серії та паузи при тривалості «2:3». Результати перевірки враховуються задовільними, якщо похибка тривалості серій та пауз не перевищує 10%.

Визначення похибки установки струму пацієнта проводять за схемою рис. 3.7 при установці наступних режимів апарату: Вид роботи – «1»; Діапазон струму пацієнта – «10»; Режим «вмик»; Частота модуляції – «100»; Модуляція, % – «0»;

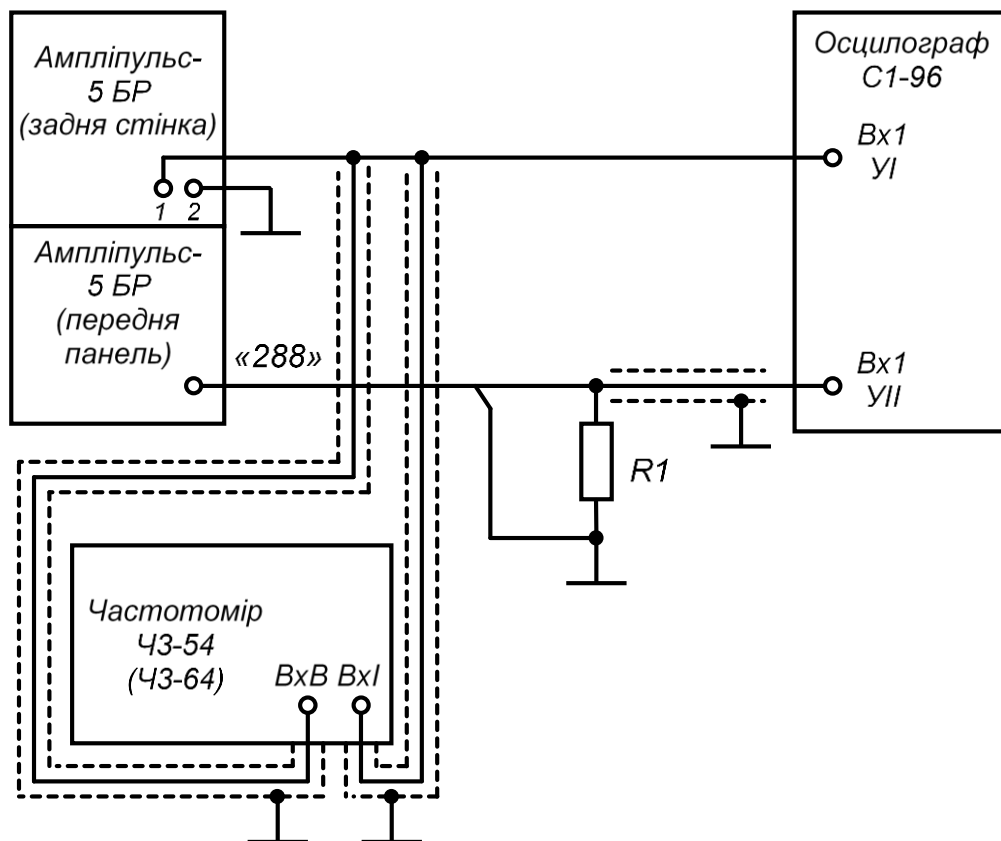


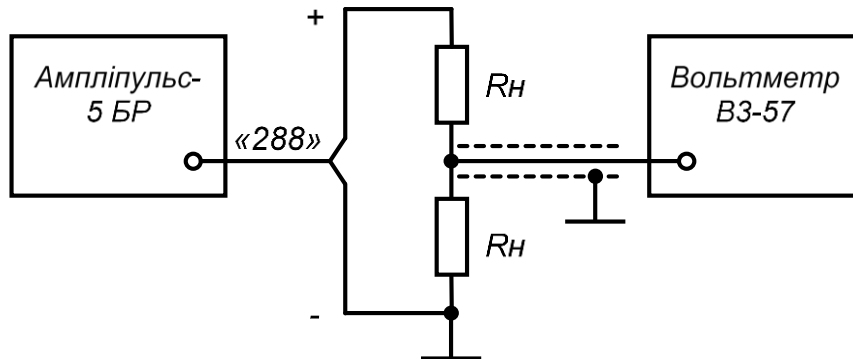
Рис. 3.5 – Схема підключення приборів для визначення відносної похибки тривалості серій та пауз

Переконаються що тривалість серії та паузи напруги прямокутної форми відповідає тривалості серії та паузи вихідної напруги апарата.

Вимірювання відповідних інтервалів часу проводять частотомером ЧЗ-54.

Проводять аналогічно вимірювання при тривалості «2:3» та «4:6». Встановлюють Вид роботи – «5» та перевіряють вимірювання тривалості серії та паузи при тривалості «2:3». Результати перевірки враховуються задовільними, якщо похибка тривалості серій та пауз не перевищує 10%.

Визначення похибки установки струму пацієнта проводять за схемою рис. 3.7 при установці наступних режимів апарату: Вид роботи – «1»; Діапазон струму пацієнта – «10»; Режим «вмик»; Частота модуляції – «100»; Модуляція, % – «0».



$$R_n = 10 \text{ Ом} \pm 1\%; R_n = 240 \text{ Ом} \pm 1\%$$

Рис. 3.6. Схема підключення приладу для визначення відносної похибки установки струму пацієнта

Послідовно встановлюють на цифровому табло «мА» завдяки регулятора струму пацієнта наступні значення: 01.0; 02.0; 05.0; 10.0, вимірюють при цьому напругу на вимірювальному резисторі мікровольтметром ВЗ-57.

Встановлюють регулятор струму пацієнта ліворуч. Встановлюють діапазон струму пацієнта «100».

Послідовно встановлюють на цифровому табло «мА» завдяки регулятора струму пацієнта наступні значення: 0,05; 010; 025; 050; 100, вимірюючи при цьому напругу на вимірювальному резисторі мікровольтметром ВЗ-57.

Похибка установки струму пацієнта $\Delta\delta I_n$, в процентах визначається за формулою:

$$\Delta\delta I_n = I_n - \frac{U}{R_{\text{вимір}}},$$

де U – напруга на вимірювальному резисторі, мВ;

I_n – встановлене значення струму пацієнта, мА;

$R_{\text{вимір}}$ – величина вимірювального резистора, Ом.

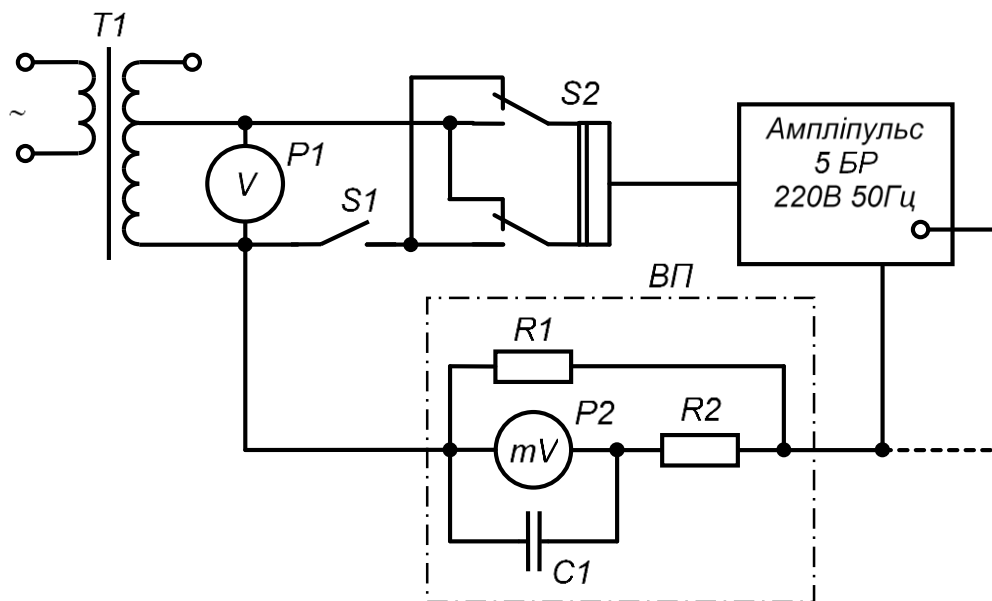
Перевіряють похибку установки струму пацієнта при коефіцієнтах модуляції 50 та 100% при установленому струмі пацієнта 50 мА.

3.6. Перевірка електробезпеки

Схема вимірювання струмів витoku приведена на рис. 3.7, де пунктиром приведена мета для вимірювання струму ви току із пацієнта.

Вимірювання струму витoku на корпусі та на пацієнті та додаткового струму в колі пацієнта в нормальному стані проводиться при підключенні положення вимикача $S1$, а в умовах одиничного порушення – при вимкненому положенні вимикача $S1$. При вимірюванні струмів витoku гнізда «+» та «-» кабелю 288 апарата повинні бути замкнуті накоротко. При вимірюванні додаткового струму в колі пацієнта вимірювальний прилад від'єднується та вмикається між гніздами та «+» та «-» кабелю 288 апарата.

Вимикач «Мережа» апарату повинен знаходитися в увімкненому положенні. Розподільчий трансформатор $T1$ з регульованою напругою може бути замінено розподільчим трансформатором з постійною вихідною напругою, що живиться від автотрансформатора. Замість трансформатора $T1$ допускається застосовувати автотрансформатор. В цих випадках повинно бути використано фазна напруга трифазної мережі с заземленою нейтраллю. Перевіряємий апарат повинен бути надійно ізолюваний від землі. Вимірювання струмів витoku та додаткового струму в мережі пацієнта необхідно вироблять тільки при напрузі живлення, 242 В.



$R1$ – резистор $1 \text{ кОм} \pm 1\%$

$R2$ – резистор $10 \text{ кОм} \pm 5\%$

$P1$ – вольтметр Э533

$P2$ – вольтметр В3-40

$C1$ – конденсатор К73-9-100 В-015 мкФ $\pm 5\%$

$ВП$ – вимірювальний пристрій

Рис. 3.7 – Схема підключення приладу для вимірювання струмів витoku

Величина додаткового струму в колі пацієнта $I_{\text{доп}}$, мА, визначається за формулою:

$$I_{\text{доп}} = \frac{U_1 - U_0}{R_0},$$

де U_1 – вихідне значення напруги, В (не більше 1 В);

U_0 – значення напруги в ході випробовування, В (не менше 1 хвилини);

R_0 – опір напруги в вимірювальному пристрої, кОм.

Результати перевірки рахуються задовільними якщо струм витоку на корпусі в нормальному стані не перевищує 0,1 мА при одиночному порушенні 0,5 мА; струм витоку на пацієнта 0,1 мА та 0,5 мА відповідно, а додатковий струм в колі пацієнта в нормальному стані не перевищує 0,05 мА та 2,5 мА – при одиничному порушенні.

Опір ізоляції вимірюють мегаометром М4100 між мережевою та робочою частиною, мережевим колом та корпусом, робочою частиною та корпусом апарата. Результат перевірки рахується задовільним, якщо величина опору ізоляції не менше 7 МОм для кола робоча частина-мережа; 7 МОм для кола мережа-корпус та 5 МОм для кола робоча частина-корпус.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Змінний струм. http://univer.nuczu.edu.ua/e-books/book_212/9599.html.
2. Тема II. Імпульсний електричний струм низької частоти, постійного та змінного напрямку. <https://lektsii.com/1-48469.html>
3. Курс фізики. Електрика і магнетизм: навчальний посібник / М. К. Нечволод, М. М. Голоденко, А. Ф. Прун. – К.: Вид. центр "Просвіта", 2001. – 139 с.
4. Медична енциклопедія. http://medical-enc.com.ua/impulse_tok.htm
5. Tucker D. G. The Early History of Amplitude Modulation, Sidebands and Frequency-Division-Multiplex // Radio and Electronic Engineer. 1971. Vol. 41. – № 1. P. 43 – 47.
6. Овчарук А. А., Барась С. Т., Овчарук Т. І. Квадратурна амплітудна модуляція зі змінним значенням частоти-носія // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2011. № 4/9. С. 47 – 51.
7. Модуляція та демодуляція сигналів. Амплітудна модуляція складених сигналів. <https://studfile.net/preview/5213919/>
8. Методические рекомендации по лечебному применению аппаратов Амплипульс. http://www.profmt.ru/statyi/view/fizioter/metodicheskie_amplipuls/
9. О возможности диагностики заболеваний у животных путем измерения собственного электромагнитного излучения тканей (радиотермометрия) / Косулина Н. Г., Чакина Н. А. // Проблемы біоніки. – Збірник наукових праць. Випуск 51. – Харків: ХДТУР. –1999. – С. 80 – 83.
10. Радиотермометрія в діагностиці стану сільськогосподарських тварин / Черенков А. Д., Балан Г. П., Косуліна Н. Г. // Питання електрифікації сільського господарства. Збірник наукових праць. – Харків: ХДТУСГ. – 1999. – С. 80 – 82.
11. Аналіз методів дослідження взаємодії електромагнітного поля (ЕМП) з біологічними об'єктами / Косуліна Н. Г. // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". – Харків: ХДТУСГ, 2003. – Вип. 19, Т. 1. – С. 202 – 212.
12. Використання мікрохвильових технологій у сільському господарстві / Косуліна Н. Г. // Праці. Таврійська державна агротехнічна академія. – Мелітополь: ТДАТА, 2003. – Вип. 15. – С. 141 – 148.
13. Применение информационных электромагнитных полей в технологических процессах сельского хозяйства / Черенков А. Д., Косулина Н. Г. // Світлотехніка та електроенергетика. Міжнародний науково-технічний журнал. Харківська національна академія міського господарства. – 2005. – №5. – С. 77 – 80.
14. Низкоэнергетические электромагнитные технологии в растениеводстве / Косуліна Н. Г., Черенков А. Д. // Світлотехніка та електроенергетика. Міжнародний науково-технічний журнал. Харківська

національна академія міського господарства. – 2008. – № 4(16). – С. 80 –85.

15. Биофизический анализ воздействия информационного электромагнитного поля на биологические объекты / Косуліна Н. Г // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – 2013. – Вип. 141. – С. 86 – 87.

16. Analysis of processes of image formation of bio-objects based on gas discharge visualization. Natalia Kosulina, Maksym Sorokin, Yuri Handola, Stanislav Kosulin, Kostiantyn Korshunov, Mariia Chorna, Vitaly Sukhin / SSRG-International Journal of Electrical and Electronics Engineering (SSRG)-IJEEE", Volume 11 Issue 4, 2024 by SSRG - IJEEE Journal, Year of Publication: 2024.

<https://www.internationaljournalssrg.org/IJEEE/paper-details?Id=687>.

DOI: [10.14445/23488379/IJEEE-V11I4P112](https://doi.org/10.14445/23488379/IJEEE-V11I4P112)

17. Analysis of characteristics of semi-disc leucosapphire resonator with electronic frequency tuning / *Аналіз характеристик напівдискового лейкосапфірового резонатора з електронним регулюванням частоти.* Kosulina, N.G., Chorna, M.O., Boroday, I.I., ..Avrunin, O.G., Semenets, V.V. Telecommunications and Radio Engineering (English translation of *Elektrosvyaz and Radiotekhnika*, 2022, 81(6), pp. 1–14. *Volume 81, Issue 6, 2022, pp. 1-14*

DOI:10.1615/TelecomRadEng.2022037910

18. Kosulina, N., Sorokin, M., Handola, Y., Kosulin, S., & Korshunov, K. (2023). Forming an elliptical directional diagram of the sectoral horn antenna for flow irradiation of sugar beet seeds by electromagnetic field / *Формування еліптичної діаграми спрямованості секторіальної рупорної антени для потокового опромінення електромагнітним полем насіння цукрового буряка.* *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(5 (121), 26–37. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.273972>

19. Natalia Kosulina, Stanislav Kosulin, Kostiantyn Korshunov, Mykola Lysychenko, Maksym Sorokin, Yuri Handola, Huzenko Vitalii. Substantiation of Requirements to the Gas Discharge Visualization-Based Technical System for Studying Bio-objects / *Обоснование требований к технической системе для исследования биообъектов на основе газоразрядной визуализации,* «SSRG International Journal of Electrical and Electronics Engineering», vol. 10, no. 2, pp. 132-142, 2023. Crossref, <https://doi.org/10.14445/23488379/IJEEE-V10I2P113>

20. Cell conductivity as a probability process of membrane electroporation. Проводимость клетки как вероятностный процесс электропорации мембраны / Shigimaga V. A., Kosulina N. G., Chorna M. A., Borodai I. I. International periodic scientific journal MODERN SCIENTIFIC RESEARCHES. No 16 (1). – P.71 – 84.

DOI: 10.30889/2523-4692.2021-16-01-022.

<https://www.modscires.pro/index.php/msr/issue/archive>

21. Automatic control and correction systems rations for animal feeding. The scientific heritage. (Budapest, Hungary) / Shigimaga V., Faizullin R., Kosulina N., Sukhin V., Korshunov K. The journal is registered and published in Hungary. VOL 1, No 78 (78) (2021). – P. 45 – 51. DOI: 10.24412/9215-0365-2021-78-1-45-50

22. Prospective aspects in the robotization development of animal husbandry processes / V. A. Shigimaga, N. G. Kosulina, M. O. Chorna, I. I. Borodaj // Engineering of nature management. – 2021. – N4(22). – p. 77 – 81. DOI: 10.37700/enm.2021.4(22).77

23. Расчет специализированной антенны для проведения биологических исследований / Н. Г. Косулина, К. С. Коршунов // Інженерія природокористування, 2021, №4(22). – С. 99 – 103 DOI:0.37700/enm.2021.4(22).99

24. Аналіз електродинамічної моделі біологічно активної точки шкіряного покриву тварин / В. В. Гузенко, В. В. Семенець, Т. В. Носова, М. Л. Лисиченко, Н. Г. Косуліна / Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн.зб. 2020. Вип. 201. С. 215 – 219.

25. Моделирование электронных импульсных рефлектометров на основе характеристик нелинейных функционалов / В. В. Семенець, О. Г. Аврунін, О. Д. Черенков, Н. Г. Косуліна / Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн.зб. 2020. Вип. 201. С. 179 – 185.

26. Open system for measuring the chemiluminescence of crop seeds
[Aleksandr D. Cherenkov](#), [Natalia G. Kosulina](#), [Yaroslav I. Yaroslavskyy](#), [Nataliia V. Titova](#), [Zbigniew Omiotek](#), [Gauhar Borankulova](#), [Aigul Tungatarova](#). [Author Affiliations +Proceedings Volume 11581, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2020; 115810A \(2020\) https://doi.org/10.1117/12.2580182](#)
 Event: Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2020, 2020, Wilga, Poland.
<https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/11581/115810A/Open-system-for-measuring-the-chemiluminescence-of-crop-seeds/10.1117/12.2580182.short> (СКОПУС)

27. Analysis of the influence of the internal noise of the frequency conversion system on the accuracy of measuring the dielectric permittivity of plant gas exchange / Kosulina N., Pirotti Y., Cherenkov A., Chorna M., Korshunov K. The scientific heritage (Budapest, Hungary), №51. – Vol 1. – 2020. – P. 58 – 63. венгрия

28. Justification of the parameters of the dielcometric system of plant gas exchange control. Kosulina N., Pirotti Y., Cherenkov A., Chorna M., Sapryka A. Osterreichisches Multiscience journal (Innsbruck, Austria). Vol 1, No 32(2020) – P. 61 – 66. Австрия

29. Kryvonosov V., Buhlal N., Boryakin A., Shaiko-Shaikovsky O., Kryvonosov V., Kosulin N. / Information system of non-invasional control and diagnosis of bone fracture in ankle osteosynthesis, №27 2021, International independent scientific journal VOL. 34

30. Cell Conductivity in Pulsed Electric Field as a Probabilistic Process of Membrane Electroporation / V. A. Shigimaga N. G. Kosulina M. A. Chorna S. V. Kosulin / New Frontiers in Physical Science Research Vol. 1, 1 September 2022, Page 72 – 91. <https://doi.org/10.9734/bpi/nfpr/v1/3616A>, Published: 2022-09-01
<https://stm.bookpi.org/NFPSR-V1/article/view/8122>

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

1. Ознайомитися з явищем впливу змінним електричним полем на біологічний об'єкт.
2. Ознайомитися з методами лікування змінним електричним струмом.
3. Ознайомитися з конструкцією та роботою апаратів низької частоти – ампліпульстерапії, ультратонотерапії, флюктооризації, інтерферентерапії та середньої частоти – дарсонвалізації.
4. Зробити порівняльну характеристику розглянутих апаратів та сучасних апаратів .
5. Зробити висновок по роботі.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. За рахунок яких фізичних явищ утворюється змінний електричний струм
2. Які прилади методи лікування існують на змінному електричному струмі?
3. Технічна характеристика апаратів Ампліпульс-5Бр та Ампліпульс-5.
8. Призначення та принцип дії апаратів.
9. Робота Ампліпульс-5Бр, форма вихідних імпульсів.
10. Навантажувальна характеристика апарату.
11. Схема підключення приладів для визначення відносної похибки установки дискретних значень частоти моделюючої напруги.
12. Схема підключення приладів для визначення відносної похибки установки струму пацієнта.
13. Схема підключення приладу для вимірювання струмів витоку
14. Апарат Іскра1. Принцип робота та технічні характеристика.
13. Які сучасні прилади випускає промисловість?

СИСТЕМИ БІОМЕДИЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ БІООБ'ЄКТІВ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ
ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ на тему:

«ВИКОРИСТАННЯ АПАРАТІВ ДЛЯ АМПЛУЛЬСТЕРАПІЇ, ДАРСОНВАЛІЗАЦІЇ ТА АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗМІННОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ»

для студентів першого рівня вищої освіти «бакалавр»
спеціальності 163 «Біомедична інженерія»
освітньо-професійної програми «Біомедична інженерія» денної або заочної
форми навчання

Укладачі Косуліна Н. Г., Шигимага В. О., Чорна М. О., Сухін В. В., Ляшенко
Г. А., Коршунов К. С.

План 2024 р.

Підп. до друку 02.11.2024 р. Формат 60×84^{1/16}. Папір офсет.

Друк. цифровий. Гарнитура Bookman Old Style. Ум. друк. лист. 1,9.

Наклад 50 прим. Зам. № 11/02/2024.