

Лабораторна робота 2

Фізичні основи електрокардіографії.

Електрокардіограф ЕК1Т-03М2

Мета роботи: вивчити фізичні основи електрокардіографії (ЕКГ). Теорія Ейнтховена. Вектор-кардіограма. Принципи побудови електрокардіографів.

2.1. Теоретична частина

Електрокардіографічна апаратура.

Електрокардіографи - прилади, що реєструють зміну різниці потенціалів між двома місцями в електричному полі серця (наприклад, на поверхні тіла) . Сучасні електрокардіографи відрізняються високою технічною досконалістю і дозволяють здійснити як одноканальний, так і багатоканальний запис електрокардіограм (ЕКГ).



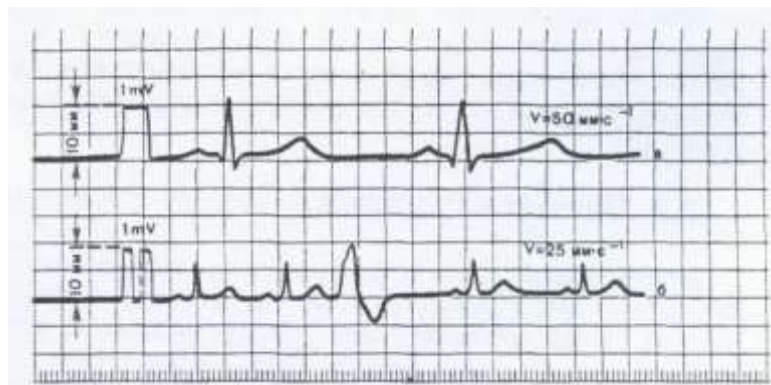
Рис. 2.1. Принцип побудови електрокардіографа.

В останньому випадку синхронно реєструються декілька різних електрокардіографічних відведень (від 2 до 6-8), що значно скорочує час дослідження і дає можливість одержати більш точну інформацію про електричне поле серця.

Електрокардіографи складаються з вхідного пристрою, підсилювача біопотенціалів і реєстратора (рис. 2.1). Різниця потенціалів, що виникає на поверхні тіла при роботі серця, реєструється за допомогою системи металевих електродів, укріплених на різних ділянках тіла гумовими ремнями чи грушами. Через вхідні проводи, маркіровані різним кольором, електричний сигнал подається на комутатор, а потім на вхід підсилювача, що складає з тріодів інтегральних схем.

Мале значення напруги, що отримана на електродах не перевищує 1-3 mV, підсилюється в багато разів і подається в реєстратор. Запис проводиться звичайно на електрокардіографічній паперовій стрічці, що нагадує міліметровку (рис. 2.2). У деяких електрокардіографах здійснюється тепловий запис ЕКГ за допомогою пера, що нагрівається і як би "випалює" відповідну криву на спеціальному тепловому папері.

а)



б)

Рис. 2.2 Електрокардіограми, зареєстровані зі швидкістю 50 мм/хв (а) і 25 мм/хв (б). На початку кожної кривої показаний контрольний перевірючий імпульс в один мілівольт.

Нарешті, існують такі електрокардіографи капілярного типу (мінгографи), у яких запис ЕКГ здійснюється за допомогою тонкого струменя чорнила, що розприскуються.

Незалежно від технічної конструкції кожен електрокардіограф має пристрій для регулювання і контролю посилення. Для цього на підсилювач подається стандартна калібрована напруга, що дорівнює 1 mV. Посилення електрокардіографа звичайно встановлюється таким чином, щоб ця напруга викликала відхилення системи, що реєструє, на 10 мм (див. рис. 2.2). Таке калібрування дозволяє порівнювати між собою ЕКГ, зареєстровані в пацієнта в різний час і різними приладами.

Стрічкопротягувальні механізми у всіх сучасних електрокардіографах забезпечують рух папера з різною швидкістю: 25, 50, 100 мм/хв і т.д. У залежності від обраної швидкості руху папера змінюється форма кривої, що реєструє: ЕКГ записується або розтягнутою (рис. 2.2, а), або більш стиснутою (рис. 2.2, б). Найчастіше в практичній електрокардіології швидкість реєстрації ЕКГ складає 50 мм/хв.

2.2. Електрокардіограф ЕК1Т-03М2

Призначення приладу

Електрокардіограф ЕК1Т-03М2 - це одноканальний прилад з пір'яним записом на теплочутливій діаграмній стрічці.

Електрокардіограф ЕК1Т-03М2 призначений для виміру і графічної реєстрації біоелектричних потенціалів серця в медичних установах і в умовах "швидкої допомоги".

Електрокардіограф ЕК1Т-03М2 може бути використаний для реєстрації електрокардіограм, переданих по телефонному каналу за допомогою комплексу апаратури САЛЮТ (СВЯЗЬ МТ).

Технічні дані

Електрокардіографи ЕК1Т-03М2 забезпечують реєстрацію відведень: I, II, III, aVR, aVL, aVF, V. Чутливість - 5, 10, 20 мм/мВ. Діапазон сигналів, що реєструються: від 0,03 до 5 мВ. Відносна похибка виміру напруги в діапазонах: від 0,1 до 0,5 мВ не більше $\pm 20\%$;

від 0,5 до 4 мВ не більше $\pm 10\%$.

Відносна похибка виміру інтервалів часу в діапазоні інтервалів часу від 0,1 до 1,0 с не більш 10%.

Ефективна ширина запису каналу, не менше 40 мм.

Швидкість руху носія запису 25 і 50 мм/с.

Відносна похибка швидкості руху носія запису не більше $\pm 5\%$.

Забезпечено захист електрокардіографа від робочих імпульсів дефібрилятора. Час встановлення робочого режиму не більше 1 хв.

Принцип побудови та робота складових частин приладу.

1. Будова електрокардіографа

Електрокардіограф ЕК1Т-03М2 (зовнішній вигляд показаний на рис.2.3)

складається з наступних складових частин:

- блоку керування, у який входить панель керування з органами керування, підсилювач біопотенціалів, підсилювач реєстратора, стабілізатор швидкості;

- стрічкопротягувального механізму, поляризований електромагнітний гальванометр-перетворювач, плата індикації розряду акумуляторної батареї БЖА (не встановлюється при виготовленні модифікації з мережевим живленням), плата стабілізаторів позитивної напруги (+9В) і негативної напруги (мінус 9В) з регулятором зсуву пера;

- блоку живлення (мережевого чи акумуляторного).

2. Органи керування і індикатори режимів роботи

Розташування органів керування ЕКГ показане на рис.2.3. Вони мають наступне призначення: 1 - кнопка включення живлення; 2 - індикатор розряду акумуляторної батареї (світиться при розряді батареї нижче 11,8 В); 3 - регулятор зсуву пера; 4 - перемикач виду робіт. Нижнє положення відповідає роботі приладу при записі електрокардіограм у відведеннях. Верхнє положення, відзначене знаком "21564", відповідає роботі приладу при реєстрації електрокардіограм, переданих по телефонному каналу за допомогою комплексу САЛЮТ; 5 - канал підключення кабелю відведень; 6 - індикатори перемикача відведень; 7- кнопка переключення відведень у зворотній послідовності "Δ"; 8 - кнопка переключення відведень у прямій послідовності "▼"; 9 - індикатор включення заспокоєння (світиться при включенні заспокоєння); 10 - кнопка включення заспокоєння "0"; 11 - кнопка включення каліброваної напруги "1 mV "; 12 - індикатор включення швидкості

руху носія запису 50 мм/хв (світиться при включенні); 13 - кнопка включення швидкості 50 мм/хв "50"; 14 - індикатор включення швидкості руху носія запису 25 мм/хв (світиться при включенні); 15 - кнопка включення швидкості 25 мм/хв "25"; 16 - кнопка переключення чутливості ЕКГ; 17 - індикатори чутливості (світиться один з індикаторів, що відповідає включеній чутливості ЕКГ).

3. Пристрій і принципи роботи блоків.

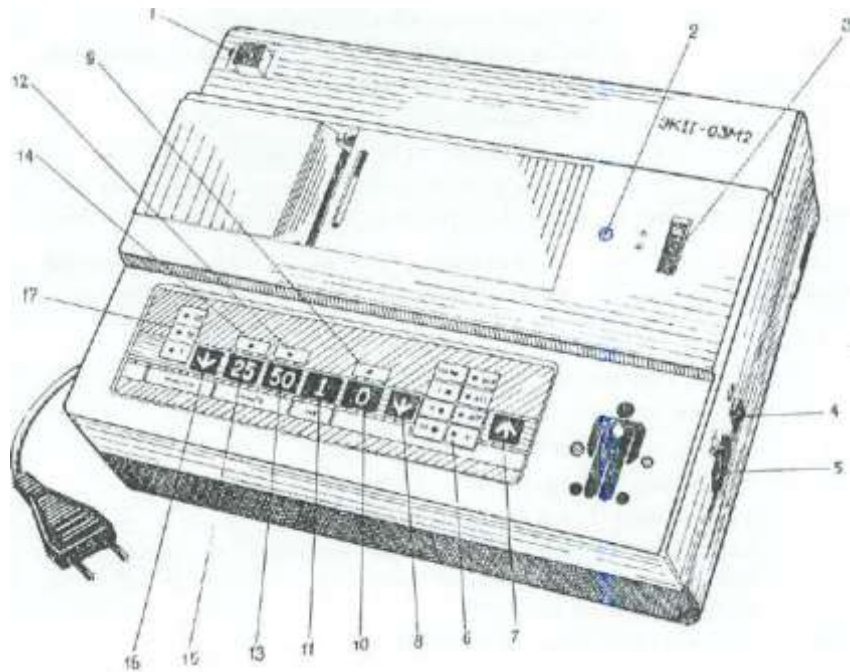


Рис.2.3 Зовнішній вигляд електрокардіографа

Структурна схема електрокардіографа приведена на рис. 2.4:

1 - кабель відведень; 2.- панель керування; 3 - плата підсилювача біопотенціалів; 4 - плата підсилювача реєстратора(ППР); 5 - блок гальванометра-перетворювача з ємнісним датчиком негативного зворотного зв'язку (НЗЗ) по куту повороту ротора; 6 - плата стабілізатора швидкості; 7 - двигун колекторний постійного струму; 8 - редуктор; 9 - стрічкопротягувальний

механізм (СПМ); 10 - оптоелектронний датчик НЗЗ по швидкості двигуна СПМ;
11 - блок живлення.

Усі режими роботи ЕКГ визначає панель керування 2, на якій розташовані псевдо сенсорні кнопки і схеми керування виконавчими елементами, а також світлодіодні індикатори режимів роботи.

Біоелектричні сигнали, що знімаються електрокардіографічними електродами з тіла пацієнта, через кабель відведень 1 з елементами захисту (баластові резистори) від впливу імпульсів дефібрилятора, надходять на вхід підсилювача біопотенціалів (ПБП) 3. В ПБП сигнали підсилюються, відбувається формування кардіографічних відведень. Джерело каліброваного сигналу 1mV, наявне в ПБП, дозволяє подавати сигнал у будь-яке відведення. ПБП, за рахунок спеціального схемотехнічного рішення, має великий коефіцієнт придушення перешкод.

З виходу ПБП біоелектричні сигнали надходять на вхід підсилювача реєстратора (ПР) 4. В ПР відбувається подальше посилення електрокардіосигналів (ЕКС) до величини, що забезпечує роботу елемента-гальванометра, що реєструє сигнал, з укріпленням на його осі тепловим пишучим пером. В ПР також відбувається обмеження ЕКС по величині і швидкості для виключення биття теплового пера по механічних упорах, зменшення величини викиду, формування необхідної частотної характеристики і чутливості тракту, а також прискорене заспокоєння перехідних процесів (при натисканні на кнопку включення заспокоєння "О" чи автоматично, при переключенні відведень). До виходу ПР підключений поляризований електромагнітний гальванометр-перетворювач (ПЕГП), що входить у блок гальванометра-перетворювача (ГП) 5.

На ПЕГП, крім теплового пера, встановлений ємнісної датчик положення (кута повороту), що складається з рухливого сектора і з двох нерухомих

друкованих плат. На верхній платі розташовані 4 сектори диференціального конденсатора, до яких підведена напруга від мультівібратора, що задає сигнал готовності, а на нижній платі корекції - обкладка конденсатора кільцевої форми, з якого знімається вихідна напруга датчика, та підключений до обкладки початковий повторювач.

Між обкладками ємнісного датчика переміщається, насаджений на вал, ротора ПЕГП, з'єднаний з корпусом приладу плоский металевий сектор, що змінює величину ємкостей між собою і друкованими обкладками.

З виходу початкового повторювача сигнал негативного зворотного зв'язку по положенню, амплітуда якого залежить від відхилення рухливого сектора від вихідного положення, а фаза - від напрямку цього відхилення, подається на вхід фазочутливого підсилювача, розташованого на друкованій платі, установленій на корпусі ПЕГП. Сигнал постійного струму з виходу фазочутливого підсилювача є вихідним сигналом блоку гальванометра-перетворювача. Датчик положення застосований для охоплення частини ПР і ГП негативним зворотним зв'язком по положенню (куту повороту) ротора ПЕГП, що дозволяє звести до мінімуму сигнал помилки (різниця між ЕКС і сигналом датчика положення), забезпечити мінімальне значення гістерезису запису (не більш 0,5 мм).

Стрічкопротягувальний механізм (СПМ) приводиться в рух колекторним електродвигуном постійного струму 7 через редуктор 8. Двигун керується імпульсним стабілізатором швидкості 6, розташованим на платі стабілізатора швидкості. Швидкість обертання вала електродвигуна визначається частотою імпульсів генератора стабілізатора, що задає швидкість.

У такий спосіб, стабілізація швидкості досягається, охопленням двигуна і стабілізатора негативним зворотним зв'язком (НЗЗ) по швидкості двигуна. На

платі стабілізатора швидкості також розташований імпульсний регулятор теплового пера, що має три автоматично встановлюваних режими:

- попередній розігрів пера при виключеному СПМ;
- середній розігрів пера при швидкості СПМ 25 мм/хв;
- максимальний розігрів пера при швидкості СПМ 50 мм/хв.

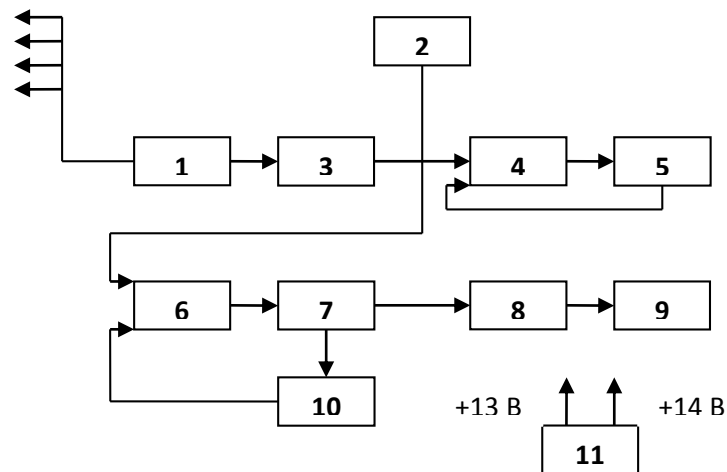


Рис. 2.4 Структурна схема електрокардіографа

Крім того на платі стабілізатора швидкості розташовані три вторинних джерела живлення:

джерело негативної напруги - 13 В;

джерело негативної напруги - 25 В;

Система живлення електрокардіографа складається зі змінних первинних джерел живлення - блок живлення мережний(БЖМ) чи акумуляторний (БЖА), і вторинних джерел живлення (три джерела, розташовані на платі стабілізатора швидкості та стабілізатори напруги +9 В и - 9 В, розташовані на платі стабілізатора напруги).

У БЖМ знаходиться мережний трансформатор, що гальванічно розв'язує ЕКГ від мережі перемінного струму і знижує живлячу напругу до рівня необхідного для роботи електричної схеми.

З однієї вторинної обмотки трансформатора через випрямляч не стабілізована напруга +14 В надходить на плату стабілізатора швидкості для живлення нагрівального елемента теплового пера й електродвигуна СПМ. З іншої вторинної обмотки через випрямляч і стабілізатор стабілізована напруга +13 В подається на блок керування електрокардіографа.

БЖА встановлюється замість БЖМ.

Заряд акумуляторної батареї ведеться від спеціального зарядного пристрою. Плата індикації призначена для контролю напруги акумуляторної батареї БЖА.

При розряді акумуляторної батареї до напруги $(11,8 \pm 0,2)$ В починає постійно світитися індикатор 2 (рис. 2.3), попереджаючи про необхідність закінчення роботи від БЖА і заряду батареї.

При подальшому зниженні напруги до $(11 \pm 0,2)$ В відбувається відключення акумуляторної батареї.

Підготовка до роботи

Установити електрокардіограф у зручне для оператора положення.

Заправити електрокардіограф діаграмною стрічкою, піднявши лівий край столика стрічкотягального механізму, установити столик у вертикальне положення. Висунути столик з-під гумового валика вліво і дістати його з приладу; установити рулон стрічки на обертову втулку так, щоб при витягуванні стрічки рулон обертався по годинниковій стрілці; притримуючи

кінець діаграмної стрічки на робочій поверхні столика, покладеної поверх напрямних роликів столика, установити столик у робоче положення.

Застосовується стрічка діаграмна ТУ 29.01-59-83 реєстровий № 2749.

Установити перемикач виду робіт у положення запису електрокардіограм (нижнє положення).

Підключити кабель до розетки перемінного струму з номінальною напругою 220 В.

Перед накладенням електродів на кінцівці пацієнта і на грудну клітку відповідно до загальноприйнятої методики, поверхню електродів, що контактують з тілом пацієнта, продезінфікувати 1% розчином хлораміну і протерти насухо. Для поліпшення контакту під електроди рекомендується укласти прокладки (по розмірі електродів) з марлі. чи фільтрувального папера, змочені фізіологічним розчином і злегка віджаті.

Закріпити електроди на кінцівках пацієнта за допомогою гумових стрічок і кнопок.

З'єднати кабель відведень з електродами, накладеними на пацієнта.

Кабеля відведень приєднуються до електродів у наступному порядку:

червоний (R) - до електрода на правій руці; жовтий (L) - до електрода на лівій руці; зелений (F) - до електрода на лівій нозі; чорний (N) - до електрода на правій нозі; білий (C) - до електрода, що присмоктується, на грудній клітці.

Розташування кабелю відведень на тілі пацієнта і приклад накладення електрода на руку показані на рис. 2.5.

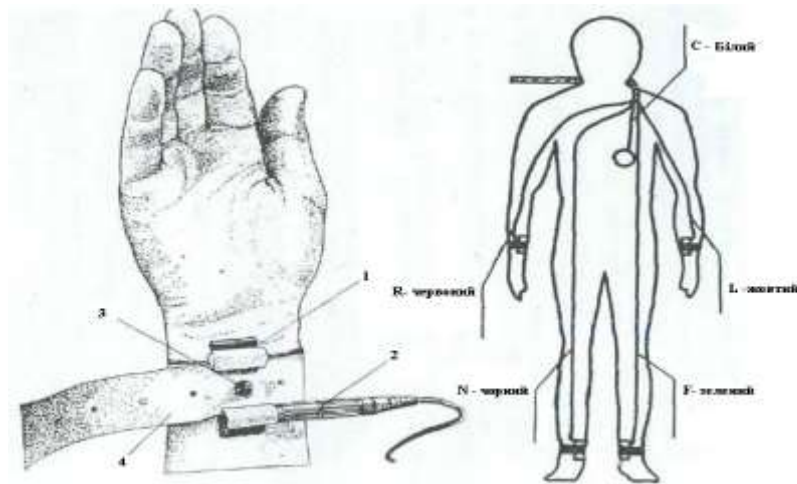


Рис. 2.5 Розташування кабелю відведень на тілі пацієнта і приклад накладення електрода на руку: 1 - електрод для кінцівок; 2 - контактний електрод кабелю відведень; 3- кнопка; 4- гумова стрічка

Порядок роботи приладу.

Ввімкнути електрокардіограф, натиснувши кнопку включення живлення, що повинна зафіксуватися в нижньому положенні. При цьому повинні світитися: індикатор живлення, один з індикаторів чутливості електрокардіографа й індикатор перемикача відведень, що указує включення каліброваного відведення "1 mV". Установити чутливість електрокардіографа 10мм/мВ, натискаючи кнопку перемикача чутливості. Установити теплове перо на середину стрічки запису, регулятором зсуву пера. Виключити заспокоєння, короткочасно натиснувши на кнопку включення заспокоєння. Включити протягання діаграмної стрічки зі швидкістю 25 мм/хв, короткочасно натиснувши на кнопку включення швидкості "25". Записати два-три каліброваних сигналу, короткочасно натискаючи на кнопку калібрування "1 mV", що вказують на чутливість електрокардіографа. Виключити протягання

стрічки, короткочасно натиснувши на кнопку включення швидкості "25". Установити перемикач відведень у положення "1", короткочасно натиснувши на кнопку перемикача відведень «▼». Ввімкнути протягання діаграмної стрічки з необхідною швидкістю (25 чи 50 мм/хв) і записати необхідне число циклів електрокардіограм. Записати електрокардіограму в інших відведеннях, установлюючи перемикач відведень у наступні відведення короткочасним натисканням на кнопку "▼". При переключенні відведень заспокоєння включається автоматично на час, рівний 1 с. У разі потреби збільшення часу заспокоєння варто включити заспокоєння, короткочасно натиснувши на кнопку "0". Якщо при реєстрації електрокардіограми розмах запису перевищує ширину запису, чи навпаки, розмах запису занадто малий, що утрудняє дослідження, варто змінити чутливість електрокардіографа.

Установивши чутливість 5 мм/мВ чи 20 мм/мВ, варто знову записати калібровані імпульси, що вказують чутливість електрокардіографа, і зареєструвати електрокардіограму в потрібному відведенні.

Запис каліброваного сигналу може проводитися в будь-якім відведенні.

Для одержання якісного запису електрокардіограми необхідно, щоб пацієнт лежав у зручному положенні, був розслаблений і спокійний. Під час запису електрокардіограми пацієнт не повинний торкатися корпусу електрокардіографа, а оператору не слід одночасно торкатися пацієнта й електрокардіографа.

2.3. Порядок виконання роботи та функціональні схеми приладів.

1. Ознайомитись зі структурою та електричною принципіальною схемою приладу і його основних блоків. Освоїти роботу приладу.

2. Ознайомитись з теоретичними основами ЕКГ та моделлю Ейнтховена.

3. Ознайомитись з діючими біоелектричними сигналами та іншими впливаючими факторами.

4. Освоїти методику зняття ЕКГ та оформити протокол досліджень.

№ п\п досліда	I відведення мВ	II відведення мВ	III відведення мВ	Диполь серця мВ
1 дільниця				
2 дільниця				
3 дільниця				
U_{cp}				

Обробка результатів вимірів.

Висновки по роботі.

Контрольні запитання

1. Теоретичні основи електрографії. Електрокардіографія. Біоенергетичні основи мембранної теорії потенціалів. Потенціал серця.

2. Трикутник Ейнтховена. Принципи побудови електрокардіографів. Структурно-функціональна та принципіальна схеми електрокардіографа.