

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

кафедра біотехнічних систем

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Пристрій прийому та передачі біомедичних сигналів  
по радіоканалу зв'язку

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи РБм-61  
спеціальності 163 Біомедична інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Стасюк В.Б.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Дедів Л.Є.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Паляниця Ю.Б.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Яворська Є.Б.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Дунець В.Л.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2020

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра біотехнічних систем  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Яворська Є.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 163 Біомедична інженерія

(шифр і назва спеціальності)

студенту Стасюк Віталій Борисович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Пристрій прийому та передачі біомедичних сигналів по радіоканалу зв'язку

Керівник роботи Дедів Леонід Євгенович, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від «02» листопада 2020 року № 4/7-793

2. Термін подання студентом завершеної роботи 17 грудня, 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання, методи модуляції аналогових сигналів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналіз технічного завдання, огляд відомих рішень та вибір напряму дослідження, конструкторська частина, технологічна частина, науково-дослідна частина, математичне та алгоритмічно-програмне забезпечення пристрою прийому та передачі біомедичних сигналів схемо-технічне проектування пристрою, вибір конкретних типів елементів, розроблення конструкції пристрою, механічні розрахунки стійкості та міцності, розрахунок надійності друкованого вузла пристрою, розрахунок ремонтпридатності технологічна частина, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

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

Актуальність теми. Мета, задачі, предмет та об'єкт дослідження.

Аналітична частина. Конструкторська частина.

Висновки.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Зелінський І.М., доц. каф. ПВ		
	Стадник І.Я., проф. каф. ОХ		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу		
2	Написання розділу 1		
3	Написання розділу 2		
4	Написання розділу 3		
5	Написання розділу 4		
6	Попередній захист		
7	Захист		

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Стасюк В.Б.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Дедів Л.Є.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Стасюк Віталій Борисович. Пристрій прийому та передачі біомедичних сигналів по радіоканалу зв'язку. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 163 – біомедична інженерія, ТНТУ, Тернопіль, 2020.

В роботі проаналізовано проблему обміну даними зокрема прийому та передачі біомедичних сигналів по радіоканалу зв'язку. Проаналізовано технічне завдання та прототипи систем обміну даними, способи модуляції та перетворення сигналів. Розроблено пристрій прийому та передачі біомедичних сигналів по радіоканалу зв'язку на основі спеціалізованої мікросхеми TRF6900. Також проведено вибір елементної бази та розроблено друковану плату і друкований вузол пристрою. Запропоновано структуру технологічного процесу виготовлення такого пристрою.

Ключові слова: біосигнал, модуляція, радіоканал.

## ANNOTATION

Stasiuk V.B. Device for biomedical signals receiving and transmitting over a radio communication channel.

Master's qualification work in specialty 163 - biomedical engineering, TNTU, Ternopil, 2020.

In the paper there is analyzes the problem of data exchange, in particular the reception and transmission of biomedical signals over the radio. The technical task and prototypes of data exchange systems, methods of signal modulation and conversion are analyzed. A device for receiving and transmitting biomedical signals over a radio communication channel based on a specialized chip TRF6900 has been developed. The element base was also selected and the printed circuit board and the printed circuit board of the device were developed. The structure of the technological process of manufacturing such a device is proposed.

Key words: biosignal, modulation, radio channel.

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	10
1.1 Аналіз технічного завдання	10
1.2 Огляд відомих рішень та вибір напрямку дослідження	12
1.3 Висновок до розділу 1	17
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА	18
2.1 Конструкторська частина	18
2.2 Технологічна частина	42
2.3 Висновок до розділу 2	48
РОЗДІЛ 3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	50
3.1 Математичне та алгоритмічно-програмне забезпечення пристрою прийому та передачі біомедичних сигналів	50
3.2 Висновок до розділу 3	56
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	57
4.1 Охорона праці	57
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	59
4.3 Висновок до розділу 4	65
ВИСНОВКИ	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	68
ДОДАТКИ	

## ВСТУП

Актуальність теми. Враховуючи сучасний рівень розвитку науки і техніки важливим в області розроблення медичних експертних діагностичних систем є забезпечення можливості накопичення медико-біологічної інформації, доступу до неї лікарів та експертів та інформування пацієнтів. При цьому актуальним є питання прийому та передачі біомедичної інформації між пацієнтами та лікарями (медичними консультантами) при реалізації принципів дистанційної медицини та телемедицини.

Якщо мова йде про забезпечення обміну інформацією між пацієнтом та лікарем в межах одного приміщення чи лікарні, можливим є застосування наявних ресурсів та мереж, зокрема наявних інтернет-мереж, безпроводних WiFi мереж, мереж електроживлення, телефонних кабельних мереж. Однак в усіх цих випадках виникає складність технічної організації обміну даними, оскільки це потребуватиме додаткових технічних пристроїв.

У випадку неможливості використання наявних мереж обміну даними можливим є розроблення системи передачі даних по каналам радіозв'язку. Так, у випадку біомедичних систем контролю функціонального стану організму людини чи виявлення або попередження критичних станів важливим є відбір та оцінювання окремих груп біосигналів, які характеризуються наявністю коливної структури. В цьому випадку проводиться відбір біомедичних сигналів, попереднє їх опрацювання та передача на базовий засіб опрацювання та прийняття рішення, формування цього рішення та зворотня передача на електронний пристрій пацієнта. Таким чином може виконуватись дистанційний контроль тиску, частоти серцевих скорочень, електрокардіограми та багатьох інших фізіологічних параметрів та біомедичних сигналів пацієнта з можливістю прогнозування та попередження патологічних станів дистанційно.

Для обміну ж даними можливим є використання відомих методів перетворення біомедичних сигналів, що ґрунтуються на методах часового та частотного ущільнення, перенесення спектрів, кодування та прийому/передачі цифрових сигналів. У випадку аналогових біомедичних сигналів методи часового та частотного ущільнення можуть бути реалізовані у вигляді так званих технологій TDM (Time Division Multiplexing) та FDM (Frequency-Division Multiplexing). В першому випадку йдеться про використання мультиплексування з поділом в часі а в другому випадку – мультиплексування кількох потоків даних в один спільний простір. Як канал передачі даних може бути використаний радіоканал.

При цьому актуальним технічним завданням є розроблення таких технічних засобів прийому та передачі біомедичних сигналів по каналу радіозв'язку із врахуванням структури та параметрів таких сигналів і способів їх кодування для мінімізації втрати інформації а процесі такого прийому/передачі.

Мета і задачі дослідження. *Метою дослідження є Пристрій прийому та передачі біомедичних сигналів по радіоканалу зв'язку.*

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

- провести аналіз технічного завдання та сформулювати напрямок дослідження;
- проаналізувати особливості передачі сигналів по радіоканалу зв'язку зокрема у випадку частотної модуляції;
- розробити математичну модель процесу формування частотно модульованого сигналу;
- розробити схемні рішення та конструкцію пристрою прийому та передачі біомедичних сигналів по радіоканалу зв'язку.

*Об'єкт дослідження:* процес отримання частотно модульованого сигналу.



*Предмет дослідження:* пристрій прийому та передачі біомедичних сигналів по радіоканалу зв'язку.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати можуть бути використані в області телемедицини при проектуванні автономних систем реєстрації біомедичних сигналів та показників життєдіяльності.

Апробація результатів дослідження. Викладені в кваліфікаційній роботі результати доповідалися і обговорювалися на VIII науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (м. Тернопіль, 2020 р.).

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

#### 1.1. Аналіз технічного завдання

У радіотехніці доводиться мати справу з електричними сигналами, які пов'язані з переданими повідомленнями прийнятим способом кодування.

Можна сказати, що електричний сигнал є процесом, який несе інформацію, яка може передаватися за допомогою сигналу, який залежить від його основних параметрів: потужності, смуги частот, тривалості і інших характеристик [1-5].

Сигналом зазвичай називають те, що несе в собі якісь дані. Здебільшого сигнали передають інформацію про стан або поведінку фізичної системи і часто синтезуються з метою обміну інформацією між людьми, а також між людьми і механізмами. Хоча сигнали можуть бути представлені багатьма способами, у всіх випадках інформацію несуть якісь зміни в них.

Сигнал – код (символ, знак), створений і переданий в простір (по каналу зв'язку) однією системою, або такий, що виник в процесі взаємодії кількох систем. Зміст і значення сигналу виявляються в процесі його реєстрації другою (приймаючою) системою [1-5].

Якщо для прикладу розглядати біосигнал – електрокардіосигнал (ЕКС) – то на фізичному рівні він являє собою сигнал, відібраний з поверхні тіла людини, який характеризує зміну електричної активності серця людини. З наведеного вище означення сигналу ЕКС є фізичним процесом (спонтанно випромінюваним) зміни різниці потенціалів на поверхні тіла людини, що спричинена роботою серця (досліджуваний об'єкт), змінюється в часі (містить багато зубців та комплексів, які повторюються) і переносить відомості про роботу серця (відомостей про об'єкт).

Іншим прикладом може служити акустичний сигнал – звучання музичної композиції в акустичних системах. Акустичний сигнал є фізичним процесом зміни тиску повітря біля поверхні дифузора звуковипромінювача, який поширюється в просторі (повітряне середовище) та часі і є засобом перенесення відомостей (текст пісні тощо). З іншої сторони за цим же сигналом можна дослідити і параметри самого звуковипромінювача, який вже буде досліджуваним об'єктом.

Для різних біомедичних сигналів характерною є значна варіабельність параметрів але і присутня певна коливна структура [6, 7]. Також їм властиво те, що їхній частотний спектр є вузьким та розміщується на низьких частотах.

Актуальним є питання забезпечення можливості обміну таких сигналів наприклад між автономними системами збору біомедичної інформації та медпрацівниками (лікарями, медичними консультантами) для оперативного та швидкого прийняття рішень чи надання медичних рекомендацій.

З цією метою можуть бути використані системи передачі даних по каналам радіозв'язку [5]. Так, у випадку біомедичних систем контролю функціонального стану організму людини чи виявлення або попередження критичних станів важливим є відбір та оцінювання окремих груп біосигналів, які характеризуються наявністю коливної структури. В цьому випадку проводиться відбір біомедичних сигналів, попереднє їх опрацювання та передача на базовий засіб опрацювання та прийняття рішення, формування цього рішення та зворотня передача на електронний пристрій пацієнта. Таким чином може виконуватись дистанційний контроль тиску, частоти серцевих скорочень, електрокардіограми та багатьох інших фізіологічних параметрів та біомедичних сигналів пацієнта з можливістю прогнозування та попередження патологічних станів дистанційно.

В роботі здійснюється розробка пристрою прийому та передачі біомедичних сигналів по радіоканалу зв'язку. Пристрій повинен забезпечувати ряд характеристик, а саме:

- амплітуда вхідного сигналу, в межах	$U_{\text{вх}} = -0.6 \div 4.5 \text{ мВ}$
- частота передачі сигналу	$f = 900 \pm 2 \text{ мГц};$
- вихідна потужність сигналу	$P_{\text{с.вих}} = 4,5 \text{ дВ};$
- девіація частоти, не більше	$\Delta f = 3 \pm 0.1 \text{ кГц};$
- споживана потужність, не більше	5 Вт;
- живитися пристрій повинен від акумуляторних батарей, напругою	4,5-6,5 В

Умови експлуатації:

- діапазон робочих температур  $-5 \text{ }^{\circ}\text{C} \dots + 65 \text{ }^{\circ}\text{C};$
- атмосферний тиск  $(760+30) \text{ мм рт. ст.}, (101,3 + 4) \text{ кПа.}$
- відносна вологість повітря до 80% при температурі до  $+25 \text{ }^{\circ}\text{C};$

Середній термін служби повинен бути не менше 5 років.

Даний прилад експлуатується при коливанні температури від  $-5$  до  $+65 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , вологості – 80% , нормального тиску, при не дуже великих механічних впливах.

Пристрій є переносним з автономним живленням від акумуляторної батареї.

## 1.2 Огляд відомих рішень та вибір напрямку дослідження

Як варіант, можна використати структуру передавачів частотно модульованого сигналу, які є оптимальними з точки зору вартості та якості переданих даних [5]. Розглянемо особливості роботи та побудови передавачів частотно модульованого сигналу [8-10].

Головною перевагою частотної модуляції є ослаблення дії перешкод, що дозволяє поліпшити якість прийому. У порівнянні з амплітудною модуляцією при частотній модуляції краще використовується потужність передавача.

У радіозв'язку і радіомовленні успішно застосовується частотна модуляція. Для радіомовлення застосовується широкосмугова частотна модуляція, при якій найбільше відхилення частоти від первісного значення досягає десятків кілогерц (зазвичай + 75 кГц). Таке відхилення частоти допустиме тільки у разі, якщо частота несучих коливань досить велика. Тому радіомовлення з частотною модуляцією ведеться на ультракоротких хвилях, тобто на частотах не менше десятків мегагерц.

При частотній модуляції амплітуда несучого коливання залишається постійною, а несуча частота  $\omega_0$  змінюється в часі за законом модулюючого сигналу.

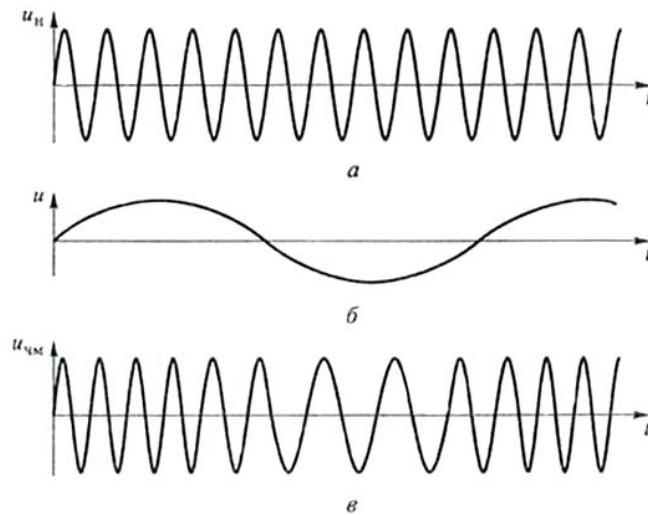


Рис. 1.1. Пояснення принципу частотної модуляції:

а - несуче коливання; б - модулюючий сигнал;

в - частотно-модульований сигнал.

На рис. 1.1. показані графіки модулюючого синусоїдального сигналу і коливання із змінною високою частотою, отриманого в результаті частотної модуляції. Під час першого додатнього напівперіоду вхідного коливання частота несучого коливання зростає, доходить до найбільшого значення, а потім повертається до першого значенням. Протягом іншого від'ємного напівперіоду звуку частота несучого коливання зменшується, доходить до

найменшого значення і знову приймає первинне значення. Чим більше амплітуда модулюючого сигналу, тим сильніше змінюється частота.

При частотній модуляції модульованим параметром є частота гармонійного коливання  $\omega_0$ , яка отримує приріст  $\Delta\omega$ , залежно від часу і пропорційно миттєвому значенню модулюючого сигналу  $U$ . У разі гармонійного коливання миттєва частота  $\omega$  не змінюється в часі, вона дорівнює несучій частоті  $\omega_0$ .

При частотній модуляції частота несучого коливання  $\omega$  зв'язана з модулюючим сигналом  $U$  залежністю:

$$\omega = \omega_0 + k_f U, \quad (1.1)$$

де  $\omega_0$  - несуча частота несучого коливання;  $k_f$  - розмірений коефіцієнт пропорційності між частотою і напругою, рад / (В • с).

Максимальне відхилення миттєвого значення частоти модульованого коливання від середнього значення називається девіацією частоти:

$$\omega_d = \omega m_f = k_f U / \omega, \quad (1.2)$$

де  $\omega$  - миттєве значення кругової частоти;  $m_f$  - девіація фази несучого коливання (індекс частотної модуляції),  $U$  - амплітуда модулюючого сигналу.

Частотний модулятор. Найбільше застосування одержав частотний модулятор на основі варікапа - напівпровідникового діода з зворотно зміщеним р-п - переходом. Закон зміни ємності р-п - переходу, що називається бар'єрною, або зарядною, від величини зворотної напруги  $U$  має вигляд:

$$C(U) = C_{\text{поч}} / (1 + |U|/\varphi_0)', \quad (1.3)$$

де  $C_{\text{поч}}$  - початкова ємність;  $\varphi_0 = 0,5 \dots 0,7$  В (для кремнію).

Схема частотного модулятора з варикапом, підключеним до контуру автогенератора, наведена на рис. 1.2.

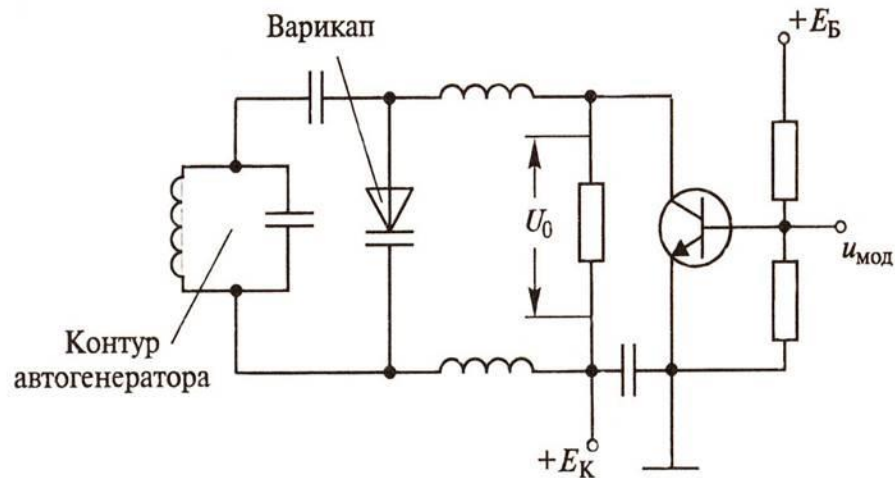


Рис. 1.2. Схема частотного модулятора з варикапом для стабілізації частоти несучої при модуляції (частотній)

При прямому методі частотної модуляції до контуру автогенератора підключається частотний модулятор, це призводить до зниження стабільності частоти автоколивань.

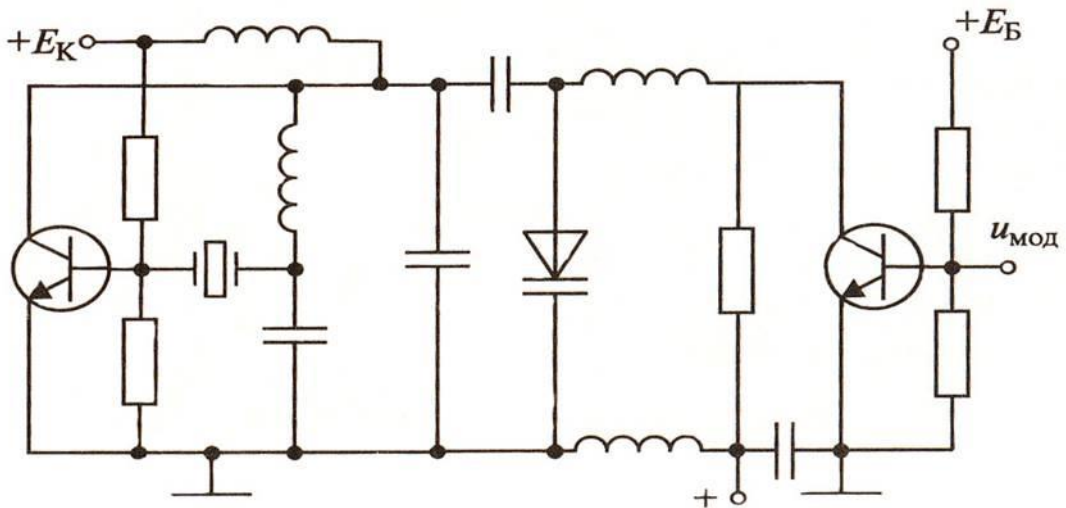


Рис. 1.3. Кварцовий генератор

Вивчаючи модульовані радіосигнали, які отримуються за рахунок того що в несучому гармонічному коливанні  $U_{HEC}(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$  передаюче повідомлення змінює або частоту  $\omega$  або початкову фазу  $\varphi$ , амплітуда  $U_m$  залишається незмінною. Аргумент гармонічного коливання  $\Psi(t) = \omega t + \varphi$  називається повною фазою, визначає текуче значення фазового кута, такі сигнали отримали назву сигнали з кутовою модуляцією. Кутова модуляція поділяється на фазову модуляцію (ФМ) і частотну модуляцію (ЧМ).

Для роботи пристрою прийому та передачі біомедичних сигналів доцільно використати метод вузько смугової частотної модуляції та по можливості реалізувати одночасний прийом і передачу даних.

### 1.3 Висновки до розділу 1

Проаналізовано особливості реалізації принципів телемедицини, розглянуто актуальність задачі забезпечення можливості обміну біомедичних сигналів між автономними переносними системами збору біомедичної інформації (портативні кардіографи, вимірювачі тиску, частоти серцевих скорочень) та медпрацівниками (лікарями, медичними консультантами) для оперативного та швидкого прийняття рішень чи надання медичних рекомендацій.

З цією метою можуть бути використані системи передачі даних по каналам радіозв'язку. Так, у випадку біомедичних систем контролю функціонального стану організму людини чи виявлення або попередження критичних станів важливим є відбір та оцінювання окремих груп біосигналів, які характеризуються наявністю коливної структури. В цьому випадку проводиться відбір біомедичних сигналів, попереднє їх опрацювання та передача на базовий засіб опрацювання та прийняття рішення, формування цього рішення та зворотня передача на електронний пристрій пацієнта.



Для обміну такими даними використано радіоканал та проаналізовано особливості застосування методу частотної та фазової модуляції для прийому і передавання біомедичних сигналів.

Проаналізовано технічне завдання та сформульовано вимоги до пристрою прийому та передачі біомедичних сигналів по радіоканалу зв'язку.

## РОЗДІЛ 2

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

#### 2.1 Конструкторська частина

2.1.1. Математичне моделювання роботи пристрою прийому та передачі біомедичних сигналів. Аналіз ФМ і ЧМ сигналів з математичної точки зору на багато складніший ніж дослідження АМ коливань. Тому основну увагу приділимо однотональним сигналам.

Миттєва частота в випадку однотонального ЧМ сигналу

$$\omega(t) = \omega_0 + \Delta\omega \cos(\Omega t + \Phi_0), \quad (2.1)$$

де  $\Phi_0$  - кут фази;

$\Omega$  - модулююча частота;

$\Delta\omega$  - частотна девіація сигналу.

Повна фаза сигналу

$$\Psi(t) = \omega_0 t + \frac{\Delta\omega}{\Omega} \sin(\Omega t + \Phi_0) + \varphi_0,$$

де  $m = \frac{\Delta\omega}{\Omega}$  індекс однотональної модуляції (кутової), девіація фази сигналу в радіоканалі.

Представимо, що незмінні в часі фазові кути  $\varphi_0 = \Phi_0 = 0$  і виразимо значення ЧМ сигналу в вигляді:

$$U(t) = U_m \cos(\omega_0 t + m \sin \Omega t)$$

$$\omega_0 = 2\pi f_0$$

Радіостанція працює з несучою частотою  $f_0 = 900 \text{ МГц}$ , випромінює ФМ сигнал, який промодульований частотою  $\Delta F = 1 \text{ кГц}$ ,  $\Omega = 1 \text{ кГц}$ , індекс модуляції  $m=3$ .

Математична модель сигналу має наступний вигляд:

$$U(t) = U_m \cos[2\pi \cdot 9 \cdot 10^8 t + 3 \sin(2\pi \cdot 3 \cdot 10^3 t)] \quad (2.2)$$

Девіація частоти становить  $\Delta f = m \cdot \Delta F$

$$\Delta f = 3 \cdot 1 \cdot 10^3 = 3 \text{ кГц}$$

При модуляції частота сигналу (миттєва) міняється в від  $f_{\min} = 900 - 0,003 = 899,997 \text{ МГц}$  до  $f_{\max} = 900 + 0,003 = 900,003 \text{ МГц}$

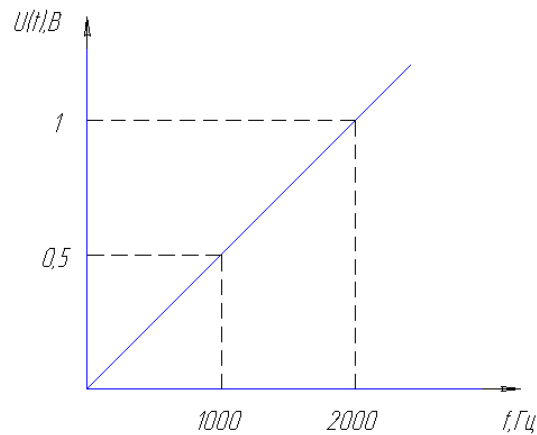


Рис. 2.1. Залежність вихідного сигналу на НЧ виході передавача від девіації

Нехай необхідно передати сигнал по каналу зв'язку з наступними параметрами:

- Мінімальне значення сигналу по амплітуді  $U_{\min} = -0.6\text{mV}$
- Максимальне значення сигналу по амплітуді  $U_{\max} = 4.5\text{mV}$
- Частота сигналу 100 Гц
- Період дискретизації:

З теореми про відліки:

$$T_d \leq \frac{1}{2 \cdot f_m}$$

де  $f_m$  – максимальне значення частоти сигналу

$$T_d = \frac{1}{2 \cdot 100} = 0,005\text{c}$$

- Інтервали квантування  $C_u$ :

Визначимо кількість рівнів квантування:

$$N = 2^n$$

де  $n$  – кількість розрядів, прийmemo  $n = 16$ ,  $N = 2^{16} = 65536$

$$C_u = \frac{|U_{\max} - U_{\min}|}{N} = \frac{4.5 + 0,6}{256} = 7,78 \cdot 10^{-5}\text{В}$$

Прийmemo  $C_u = 8 \cdot 10^{-5}\text{ mV}$

- Частота відбору дискретизації:

$$f_D = \frac{1}{T_D} = \frac{1}{0,005} = 200 \text{ Гц}$$

Отже визначивши основні параметри сигналу в цифровому виді, можна його використовувати для передачі.

➤ Швидкість передачі даного сигналу, вже в цифровому виді:

$$R = n \cdot f_D = 16 \cdot 200 = 3200 \text{ біт/с}$$

Розглянувши метод отримання частотно модульованих сигналів можливим стає розроблення структури пристрою.

2.1.2. Схемо-технічне проектування пристрою. Типова структурна схема пристрою матиме вигляд, поданий на рис. 2.2.

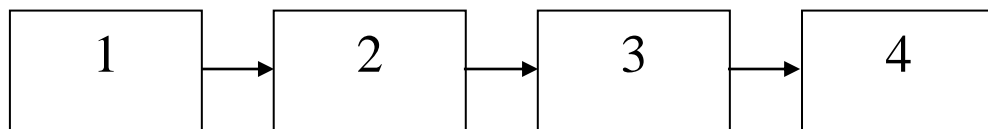


Рис. 2.2. Структурна схема пристрою передачі низькочастотних сигналів по радіоканалу

Блоки в структурній схемі мають наступне значення:

1. Давач;
2. Формувач кодової інформації;
3. Передавач;
4. Антена.

Інформація з давача (1) поступає на формувач кодової інформації (2) – частотно модульованого сигналу. На виході формувача кодової інформації формується інформація, яка подається на передавач (3) і за допомогою антени (4) передається на центральний приймач клініки.

Структурна схема проектованого пристрою матиме вигляд, наведений на рис. 2.3.

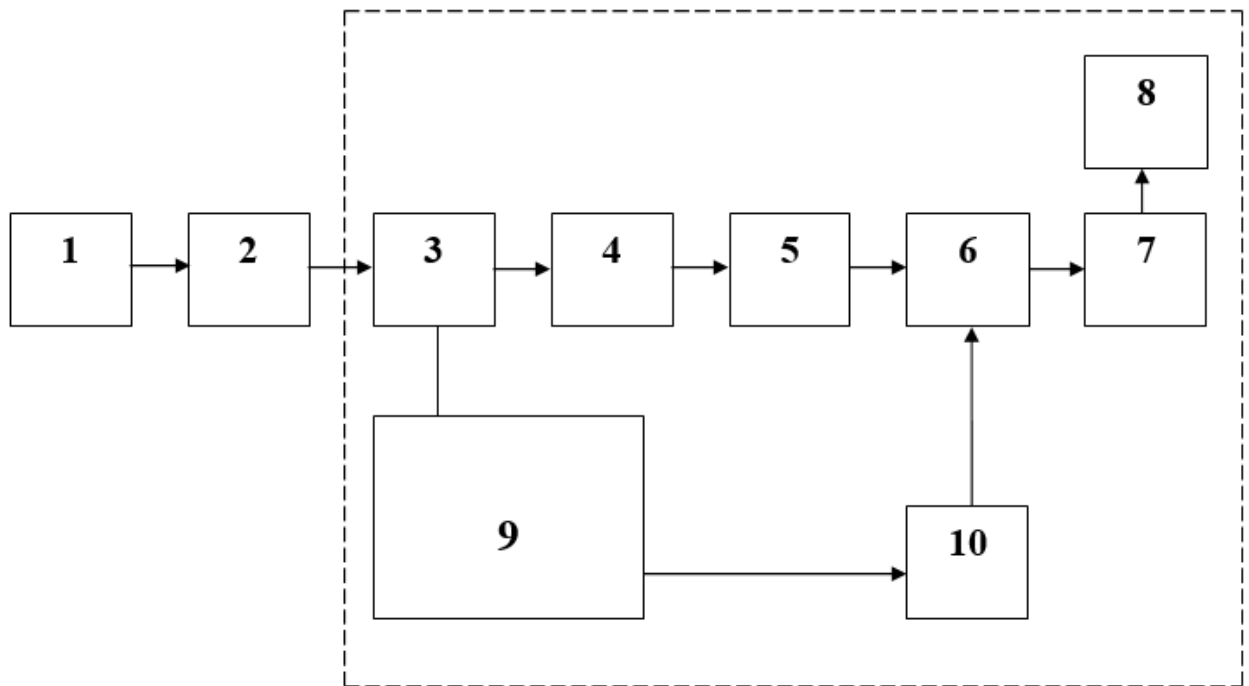


Рис. 2.3. Структурна схема проектованого пристрою

Блоки в функціональній схемі мають наступне значення:

1. Давач;
2. USB - інтерфейс;
3. ЦАП/АЦП;
4. Підсилювач потужності;
5. ФНЧ;
6. Модулятор;
7. Підсилювач потужності;
8. Антена;
9. Блок керування;
10. Задаючий генератор;

Сигнал, у цифровому вигляді із давача (1), поступає на інтерфейс (2), на якому формується набір даних для передачі. Далі отримані дані за

допомогою ЦАП (3) перетворюються в аналоговий сигнал, який через підсилювач потужності (4) та ФНЧ (5) подається на модулятор (6). Промодульований, за допомогою модулятора, блоку керування (9) та задаючого генератора (10), сигнал через підсилювач (7) поступає на антену (8) після чого передається на центральний приймач.

На основі структурної схеми будемо схему електричну принципову (рис. 1.7). Основою її є трансивер, чи прийомо-передавач, виконаний на мікросхемі фірми «Texas Instruments» TRF6900 [14]. Проаналізуємо його можливості.

Нове сімейство радіочастотних приладів діапазону ISM від Texas Instruments (TI) надає можливість поєднувати високоінтегровану радіочастотну функціональність з іншими продуктами TI для створення вдосконалених конструкцій для широкого кола кінцевих додатків. Необхідним є радіочастотне рішення, яке включало б дуже швидкий, що перестрибує по частоті, розширювач спектру, в той час як кількість зовнішніх компонентів була мінімальною і забезпечувала найбільшу гнучкість конструкції. Забезпечуючи рішення з низьким енергоспоживанням, TI розробив TRF6900 та TRF4900, повністю інтегровані частини трансивера та передавача. TRF6900, малопотужний трансивер, що працює на частотах від 850 до 950 МГц, є ідеальним рішенням для портативних систем бездротового зв'язку. Інший пристрій, TRF4900, забезпечує ті самі функції низької потужності у функції лише передавача [14].

Обидва пристрої мають вбудований прямий цифровий синтезатор (DDS), осцилятор з регульованою напругою (VCO) та контрольний генератор, які забезпечують каналізовані системи. Повністю програмована низькопотужна система DDS забезпечує дуже точну роздільну здатність частоти 230 Гц з практично миттєвим безперервним фазовим перемиканням частот.

TRF6900 - це одночіповий трансивер НВЧ діапазону від 850 до 950 МГц з робочими режимами, що включають частотну маніпуляцію (FSK) та вузькосмугову ФМ, а також інтегровані функції, такі як DDS, VCO, PLL та нарізувач даних, значно спрощують стрибок частоти в конструкціях з розширеним спектром. Крім того, TRF6900 інтегрує регульований підсилювач потужності передачі (PA), щоб забезпечити необхідний рівень вихідної потужності. TRF6900 призначений для роботи з низьким енергоспоживанням, щоб забезпечити тривалий час автономної роботи.

Можливим стає запрограмувати мікроконтролер або процесор для вибіркового увімкнення або вимкнення кожного основного функціонального блоку. Крім того, трансивер оснащений надшвидким часом увімкнення та вимкнення системи, щоб мінімально розряджати акумулятор, а також індикатором потужності прийнятого сигналу (RSSI) для "пробудження" процесора. TRF6900 споживає типовий струм 0,5 мкА в режимі очікування і працює від джерела живлення від 2,2 до 3,6 В. Зменшуючи кількість зовнішніх компонентів на низькому рівні, інтеграція з однією мікросхемою дозволяє зменшити складність та вартість системи. Для систем, які не потребують мікроконтролера, TRF6900 можна використовувати як окремий радіочастотний пристрій.



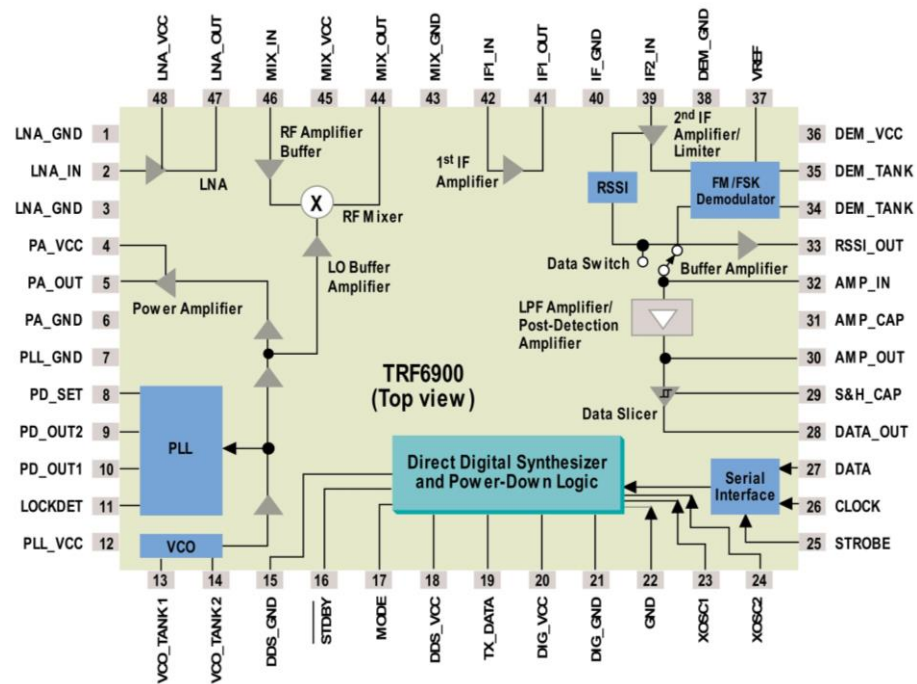


Рис. 2.4. Структура трансивера TRF6900 [14]

Гнучкість, низька кількість зовнішніх компонентів та відсутність необхідних точок регулювання TRF6900 забезпечують економічну інтеграцію з мікроконтролерами TSP MSP430 з наднизькою потужністю або цифровими сигнальними процесорами (DSP).

Набір мікросхем MSP430 та TRF6900 - дві мікросхеми забезпечують рішення з низьким рівнем енергії. Покоління мікроконтролерів MSP430 розроблено для оптимального співвідношення режиму роботи з наднизькою потужністю та високої продуктивності, що є критичними для вимогливих радіочастотних програм. MSP430 має 16-розрядне ядро RISC з продуктивністю до восьми мільйонів інструкцій в секунду (MIPS), яке набагато потужніше, ніж стандартні 4- та 8-розрядні мікроконтролери. MSP430 розроблений з ортогональною структурою. Пристрій доповнює цю високу продуктивність завдяки наднизькому енергоспоживанню всього 250 мкА в активному режимі, 0,8 мкА в режимі очікування та 0,1 мкА в режимі відключення. Крім того, дуже швидкий час пробудження MSP430 6 мкс допомагає в управлінні живленням системи.

Пристрої MSP430 контролюють усі налаштування RF-пристрою за допомогою простого паралельного цифрового інтерфейсу і можуть обробляти та генерувати отримані або передані дані. MSP430 може перевести TRF6900 в режим очікування або вимкнення, щоб зменшити споживання енергії, при цьому практично не споживаючи власної енергії. На додаток до цієї основної продуктивності, пристрої сімейства доступні з широким спектром вбудованих периферійних опцій, включаючи різні конфігурації флеш-пам'яті, 14-розрядний аналого-цифровий перетворювач (АЦП), драйвер рідкокристалічного дисплея (РК), універсальний синхронний асинхронний приймач-передавач (USART) та кілька різних конфігурацій таймера.

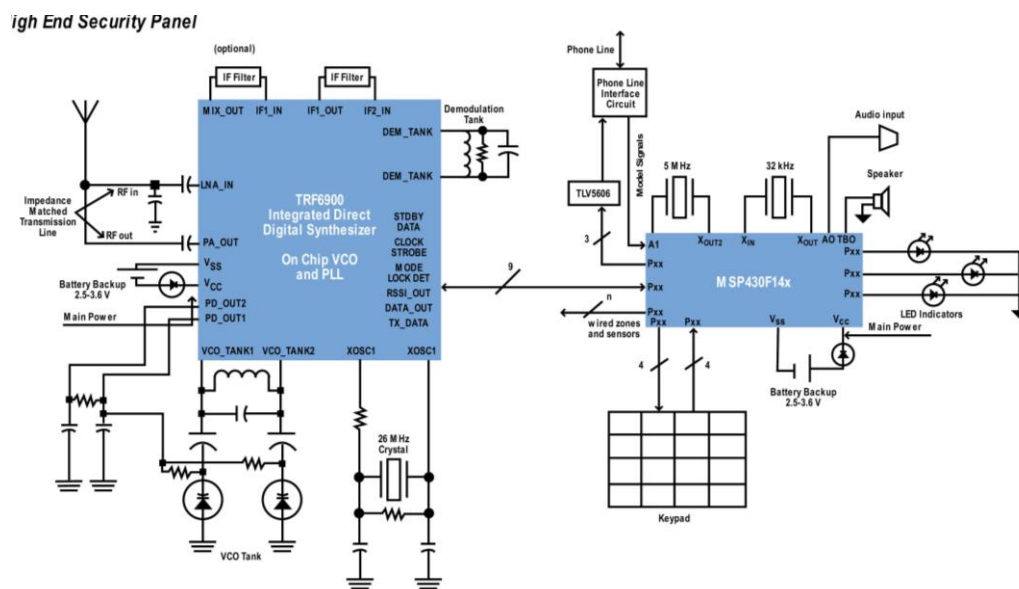
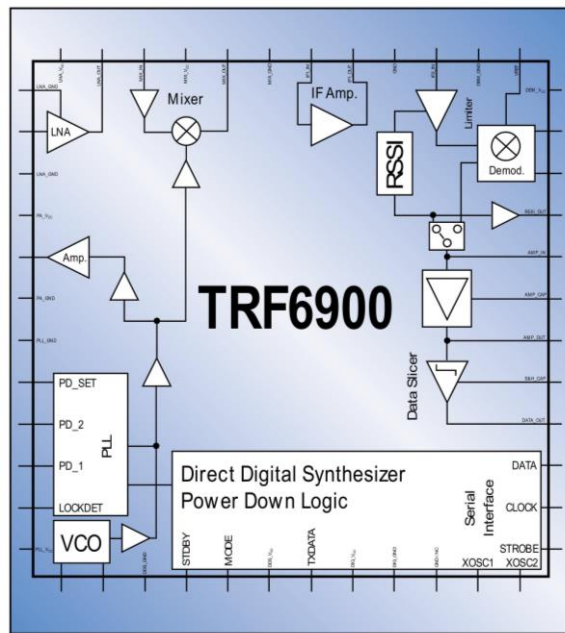


Рис. 2.5. спосіб реалізації каналу прийому та передачі даних на основі трансивера TRF6900 [14]



TRF6900 internal block diagram

Рис. 2.6. Блок-схема трансивера TRF6900 [14]

Основні переваги TRF6900:

- Високопродуктивна каналізована система, що пропонує двонаправлений радіочастотний канал передачі даних у надійному діапазоні частот
- Можливий режим модуляції FSK
- Одночіпова інтеграція трансивера знижує загальну вартість системи, підвищує надійність та спрощує дизайн
- Вбудовані VCO та підсилювач потужності
- Швидкість передачі даних до 200 Кбіт / с
- Прямий цифровий синтезатор на чіпі забезпечує точне регулювання частоти та швидкий стрибок каналів (розширений спектр)
- Надшвидкий час увімкнення та вимкнення системи забезпечує швидкий час відгуку та низьке споживання енергії, оскільки пристрій може довше залишатися в режимі очікування
- Відсутність точок регулювання, що знижує виробничі витрати

На основі типової схеми включення трансивера TRF6900 розроблено схему електричну принципову пристрою прийому та передавання біомедичних сигналів. Вона наведена на рис. 2.7.

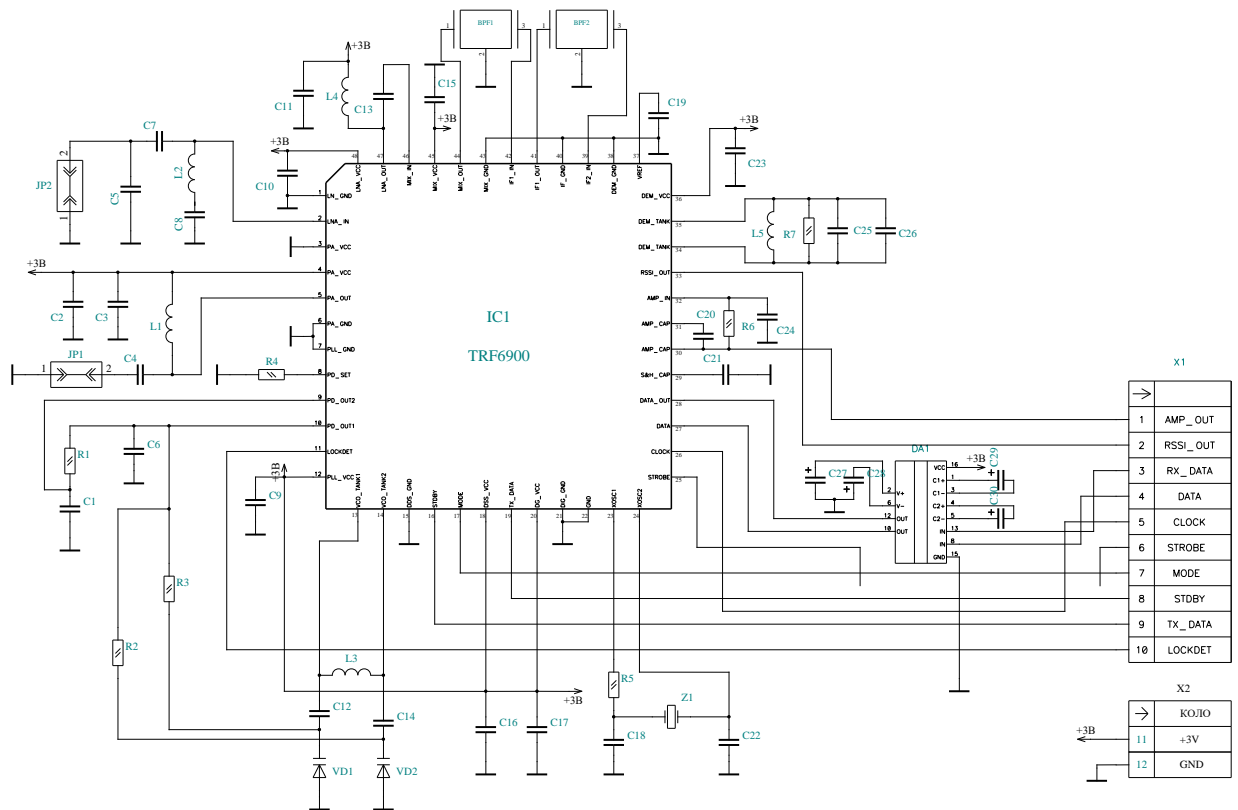


Рис. 2.7. Схема електрична принципова пристрою прийому-передачі біомедичних сигналів по радіоканалу

В схемі сигнал, який попередньо одержується за допомогою вузлів відбору біомедичних сигналів, поступає спочатку на «Serial interface» де у цифровому вигляді формується інформація для передачі. Потім через відповідні зв'язки ця інформація поступає на субблок – установка цифрового синтезатора (Direct Digital Synthesizer), на виході якого одержується аналоговий сигнал профільований фільтром низьких частот. Після цього отриманий сигнал проходячи через підсилювач потужності за допомогою антени передається на центральний приймач клініки.

Для можливості підключення різних джерел сигналу на вході прийомо-передавача стоїть інтерфейсна мікросхема DA1, яка утворює інтерфейс RS232.

Однак, більш практичним є реалізація можливості передачі даних через USB-порт. Як варіант, пропонується використати мікросхему інтерфейсу FT232RL [15]. Схема включення її наведена на рис. 2.8.

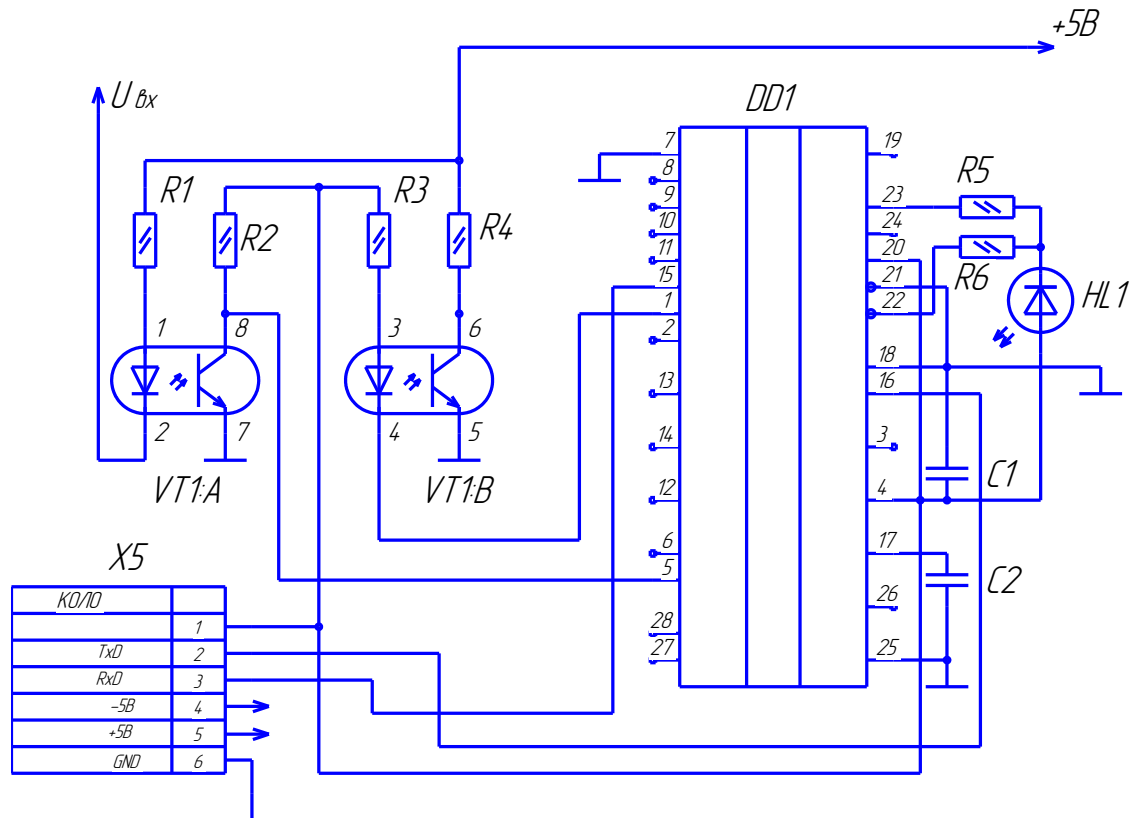


Рис. 2.8. Схемна реалізація USB-порта

На мікросхемі DD1 виконано контролер інтерфейсу, на оптрарах VT1:A, VT1:B виконано гальванічну розв'язку між USB-портом і мікросхемою передавача. Індикатор HL1 індикуює процес обміну даних.

Всі елементи обв'язки мікросхеми прийомо-передавача та мікросхеми інтерфейсу вибрано стандартними, згідно рекомендацій фірм-виробників даних мікросхем. Так типові значення номіналів елементів для мікросхеми прийомо-передавача, налаштованої на частоту передачі, порядку 900 МГц, що є рекомендованою виробником для країн Європи.

Щодо розрахунків схеми електричної принципової, то метою їх є визначення та уточнення номіналів елементів схеми електричної принципової. Більшість елементів і їх номінали були вибрані виходячи з рекомендацій, що надаються фірмою-виробником в паспорті на мікросхему TRF6900. При цьому номінали вибирались для європейського варіанту виконання передавача, що розрахований на частоту передачі – 900 МГц. Паспорт наведений в додатках

2.1.3. Вибір конкретних типів елементів. Основним елементом даного пристрою є трансивер, чи прийомо-передавач, виконаний на мікросхемі фірми «Texas Instruments» TRF6900. Його можливості були детально описані вище.

Для реалізації інтерфейсу RS232 використано мікросхему MAX3232 [16].

Для даного пристрою було вибрано резистори С2-23.

Резистори С2–23 – постійні з металодіелектричним провідним шаром, загального призначення, неізольовані.

Призначені для роботи в електричних колах постійного, змінного і імпульсного струмів.

Рівень шумів 1; 5 мкВ/В. Ряд Е96.

Основні технічні характеристики резисторів типу С2-23-0,125:

- номінальна потужність: 0,125 Вт
- діапазон номінальних опорів: 1 –  $3,01 \cdot 10^6$  Ом (проміжні значення номінальних опорів для допуску  $\pm 0,5\% \div \pm 5\%$  відповідають ряду Е96);
- діапазон робочих температур: від  $-60^\circ\text{C}$  до  $+70^\circ\text{C}$ ;
- рівень власних шумів: 5 мкВ/В;
- гранична робоча напруга постійного та змінного струму: 100 В;
- мінімальне напрацювання на відмову: 15000 год.;
- маса: не більше 0,05 г.

Після резисторів було вибрано конденсатори. Перш за все тип конденсаторів вибирався, виходячи із призначення його в приладі, потім вибирали конкретний екземпляр за електричними параметрами і проводили підбір конденсатора за іншими параметрами. Для даного приладу було підібрано конденсатори типу К53-4.

Конденсатори К53-4 призначені для роботи в колах постійного і пульсуючого струму.

Виготовляються в тропічному виконанні і виконанні для помірною і холодного клімату. Конструкція герметична.

Номинальна напруга 6,3-20 В

Номинальна ємність 0,47-100 мкФ

Допустимі відхилення ємності ( $t = 20$  оС,  $f = 50$  Гц)  $\pm 10\%$ ;  $\pm 20\%$ ;  $\pm 30\%$

Інтервал робочих температур -60 .. +85 С

Строк збереження 20 років

Мінімальне напруження при  $U_{ном}$   $t = +85$  оС 10 000 годин

Повний опір на частоті 10 кГц 2,5-57 Ом

Після цього, враховуючи режими роботи та рекомендації з паспорта на трансивер TRF6900, було підібрано варакторні діоди SMV1247-079 в корпусі SC-79.

Також в структурі трансивера використано уніфіковані керамічні фільтри серій SFE10.7/SFT10.7/CDA10.7. Зокрема, відповідно до паспортних даних рекомендовано використати фільтри SFECV10.7H-A [17]. Однак ці фільтри призначені для SMD монтажу. В роботі використано фільтри SFE10.7, які є мініатюрними керамічними фільтрами з можливістю монтажу в отвори.

Ефективність FM-приймачів сильно залежить від характеристик фільтра проміжної частоти (вбірковість, симетрія форми сигналу, час затримки тощо).

Керамічні фільтри Murata SFE10.7 для FM-приймачів - це керамічні фільтри монолітного типу, які використовують енергозберігаючий вібраційний режим п'єзоелектричної кераміки.

Керамічні фільтри компактні та прості структури, з високою селективністю, чудовими температурними та екологічними характеристиками та сприятливою симетрією форми сигналу. Завдяки цим характеристикам керамічний фільтр Murata має стабільну ефективність прийому.

Ці мініатюрні фільтри мають високу механічну міцність. Низькі втрати, сприятлива симетрія сигналу та висока селективність. Доступні для використання різні ширини смуг від широких до вузьких смуг. Мала дисперсія та стабільні характеристики. Висока надійність. Вигляд типових частотних характеристик наведено на рис. 2.9.

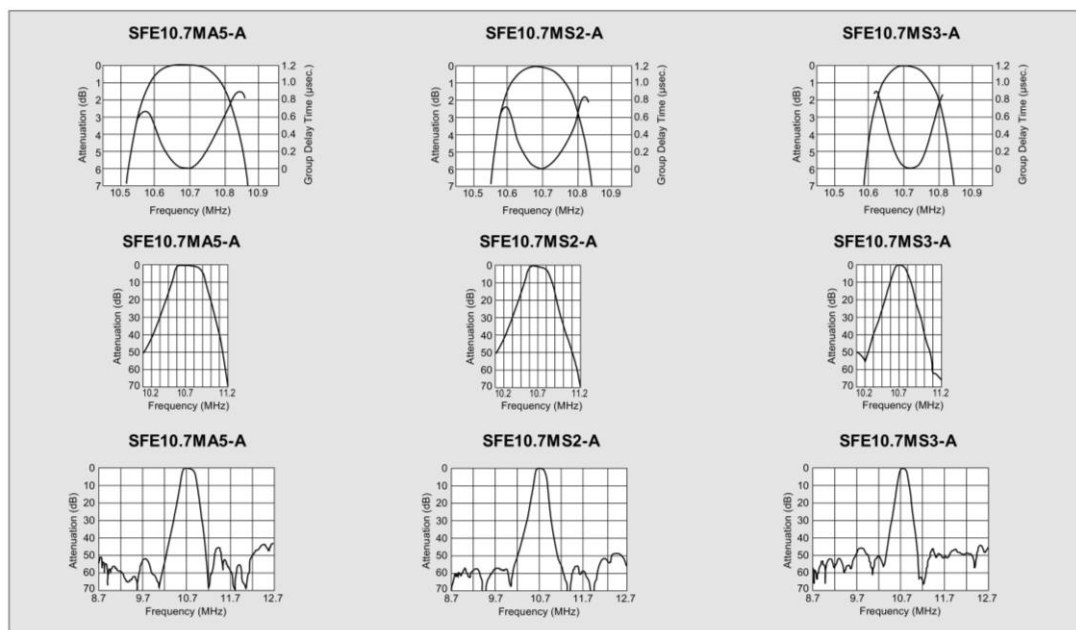


Рис. 2.9. Вигляд частотних характеристик фільтрів Murata SFE10.7

Після вибору елементної бази можливим стає розроблення друкованої плати та друкованого вузла пристрою.

2.1.4. Розроблення конструкції пристрою. Всі елементи конструкції пристрою розміщуються на друкованій платі, що являє собою двосторонньо



фольгова ний склотекстоліт. В конструкції друкованого вузла використані радіоелементи з штирьовими виводами та SMD елементи.

Все розмаїття конструкцій електронних модулів зводиться до шести типів збирання. Кожному типу відповідає певна послідовність операцій, реалізована технологічними лініями. Така різноманітність обумовлена тим, що не завжди розробник модуля враховує необхідність оптимізації збірки з метою мінімізації числа операцій та зменшення виробничих витрат. Але в ряді випадків це виправдано необхідністю максимальної щільності компоновки електронних виробів, там де мініатюризація – головне завдання проектування.

В роботі використано тип 1С компоновки, відповідно до якого на одній стороні основи встановлені і SMD-, і PTH-компоненти (рис. 2.10)

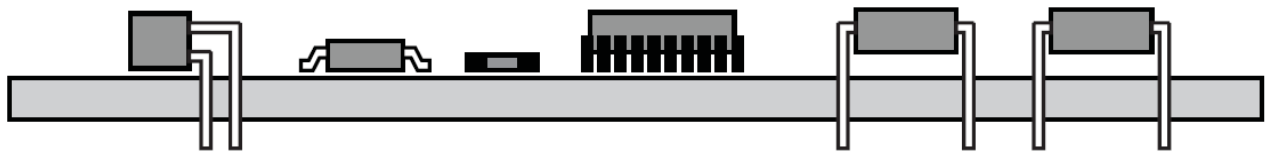


Рис. 2.10. Компоновка типу 1С

Для розрахунку елементів провідників друкованої плати використано рекомендації [5]. Відповідно до значень номінальних діаметрів виводів штирьових елементів (для резисторів С2–23, мікросхеми інтерфейсу та роз'ємів  $d_e = 0,6$  мм, для низьковольтних керамічних та електролітичних конденсаторів а також керамічних фільтрів  $d_e = 0,5$  мм. Отримуємо наступні значення номінальних діаметрів монтажних отворів: для резисторів С2–23, мікросхеми інтерфейсу та роз'ємів  $d_1 = 1$  мм;, для низьковольтних керамічних та електролітичних конденсаторів а також керамічних фільтрів  $d_2 = 0,8$  мм.

Діаметри контактних площадок навколо монтажного отвору діаметром  $d = 0,8$  мм становитимуть  $D_1 = 1,8$  мм, а для отворів діаметром  $d = 1$  мм становитимуть  $D_2 = 2$  мм.

Номинальна ширина провідника становить 0,55 мм.

Номинальна відстань між сусідніми елементами провідного рисунка становить 0,65 мм.

Для трасування друкованої плати використано систему P-Cad модуль Spectra.

2.1.5 Механічні розрахунки стійкості та міцності. Відомо, що в приладах, не захищених від впливу вібрації та ударів, вузли чутливі до динамічних перевантажень виходять з ладу.

Виготовляти ці вузли потрібно настільки міцними, щоб вони витримували максимальні динамічні перевантаження, недоцільно, так як із збільшенням міцності в кінцевому результаті приводить до збільшення маси, а внаслідок цього до збільшення динамічних перевантажень. Тому вважають більш доцільним використовувати інші засоби для зниження впливу вібрацій та ударів.

Основним способом захисту РЕМА від вібрацій та ударів є установка її на пружні опори. В якості таких опор можуть використовуватись гумові, металогумові, та металопружні амортизатори. Амортизатори поділяються на низькочастотні, середньочастотні та високочастотні. В низькочастотних амортизаторах частота власних коливань в навантаженому стані не перевищує 4 Гц, для середньочастотних знаходиться в межах 8–12 Гц, а у високочастотних в межах 20–30 Гц. Низькочастотні амортизатори амортизують частоти власних коливань, що лежать в діапазоні 5 – 600 Гц, середньочастотні – 15 – 600 Гц, а високочастотні – 35 – 2000 Гц.

#### 2.1.6 Розрахунок надійності друкованого вузла пристрою

Надійність елементів являється одним із факторів, які впливають на інтенсивність відмов апаратури в цілому. Інтенсивність відмов залежить від конструкції, якості виготовлення, від умов експлуатації і від електричних навантажень в схемі. Вплив зовнішніх факторів на надійність елементів можна оцінити за допомогою коефіцієнтів навантаження. Коефіцієнтом

навантаження називають відношення фактичного значення до номінального. При збільшенні коефіцієнта навантаження інтенсивність відмов елементів збільшується.

Інтенсивність відмов визначається за формулою:

$$\lambda_0 = \lambda_{0_i} k_1 k_2 k_3 k_4 a_i(T, k_n), \quad (2.3)$$

де  $\lambda_{0_i}$  – номінальна інтенсивність відмов;

$k_1, k_2$  – коефіцієнти впливу механічних факторів;  $k_1 = 1,04$ ,  $k_2 = 1,03$

$k_3$  – коефіцієнт вологості і температури;  $k_3 = 1,5$

$k_4$  – коефіцієнти тиску;  $k_4 = 1$

$a_i(T, k_n)$  – коефіцієнти температури поверхні елемента і навантаженості.

Результати розрахунку інтенсивності відмов елементів приводять у вигляді таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Інтенсивність відмов

Назва	К-ть	$\lambda_0$ , 1/год	$\lambda_0'$
Роз'єм	1	$0,05 \cdot 10^{-6}$	$0,05 \cdot 10^{-6}$
Конденсатор керамічний	25	$1,2 \cdot 10^{-6}$	$30 \cdot 10^{-6}$
Резистор постійний	7	$0,8 \cdot 10^{-6}$	$5,6 \cdot 10^{-6}$
Діоди	2	$0,7 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$
ІМС	2	$5 \cdot 10^{-6}$	$50 \cdot 10^{-6}$
Котушка індуктивності	5	$3 \cdot 10^{-6}$	$15 \cdot 10^{-6}$
Пайки	154	$0,01 \cdot 10^{-6}$	$1,54 \cdot 10^{-6}$
Друкована плата	1	$0,1 \cdot 10^{-6}$	$0,1 \cdot 10^{-6}$

Інтенсивність відмов елементів схеми становить:

$$\lambda = \sum \lambda_0^i = 103.69 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{год}}$$

Середнє напрацювання на відмову:

$$T_{\text{СЕР}} = \frac{1}{\lambda} \quad (2.4)$$

$$T_{\text{СЕР}} = \frac{1}{\lambda} \approx 10000 \text{ год.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи крім, фізичних властивостей. Залежить від часу  $t_p$  на протязі якого виріб повинен працювати безвідмовно

$$P(t) = e^{-\lambda t_p} \quad (2.5)$$

$$P(t) = e^{-\lambda t_p} = e^{-103.69 \cdot 10^{-6} \cdot 5000} = 0,5703$$

Ймовірність безвідмовної роботи показує, яка частина виробу буде працювати безвідмовно на протязі заданого часу  $t_p$ .

Надійність апарату визначається надійністю і кількістю використаних елементів. Так як надійність являється одним із основних параметрів виробу, то проектуючи апаратуру, її необхідно оцінювати поряд із іншими параметрами і на основі цих розрахунків робити висновки про правильність вибраної схеми і конструкції виробу. На етапі проектування, коли ще точно не визначені режими роботи схеми, роблять орієнтовний розрахунок, задаючись орієнтовними даними, які визначають умови роботи. Розглянемо питання про те, в яких випадках резервування дозволяє ефективно підвищити надійність

апаратури. В залежності із завданням ймовірність  $P(t)$  безвідмовної роботи виробу за  $t_p = 5000$  год. повинна бути не менша 0,5703.

На основі даних про кількість і надійність елементів по формулі одержано:

$$\lambda = 103,69 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{год}} \quad T_{\text{сер}} = 8000 \text{ год}$$

Розглянемо як зміниться надійність виробу, якщо застосувати заміщення навантаженим або не навантаженим резервом із кратністю  $m=1$ .

При кратності  $m=1 \rightarrow P(t)_{\text{НАВАНТ.}} = 1 - (1 - P(t))^2$

$$P(t)_{\text{НАВАНТ.}} = 1 - (1 - 0,5703^2) = 0,2856 \quad (2.6)$$

При кратності  $m=1 \rightarrow P(t)_{\text{НЕНАВАН.}} = P(t)(1 + t_p / T_{\text{сер}})$

$$P(t)_{\text{НЕНАВАН.}} = 0,8684 \quad (2.7)$$

Підвищення надійності можна досягнути без збільшення маси і габаритів апарату за рахунок зниження інтенсивності відмов виробу, для чого необхідно полегшити режим і замінити менш надійні елементи. Надійність апаратури залежить від правильного спостереження і дотримання заданих умов експлуатації; від своєчасного і якісного проведення профілактичного огляду і ремонту. Високу надійність може мати та апаратура, при виробництві якої застосовується автоматизація і механізація виробничих процесів. В зв'язку з цим найбільшу надійність має РЕА, в якій застосовуються мікросхеми і мікроборки.

### 2.1.7 Розрахунок ремонтпридатності

Вхідними даними при розрахунку ремонтпридатності є інтенсивність відмов елементів кожного типоміналу і час ремонту відповідних елементів. Слід зауважити, що час ремонту для кожного елемента є різним, оскільки залежить від місця елемента на принциповій схемі, величини і складності схеми, розміщення елемента у корпусі приладу. На практиці користуються усередненим часом ремонту відповідних елементів у галузі для конкретного виду апаратури. В результаті розрахунку необхідно отримати час ремонту апаратури  $T_p$  і коефіцієнт готовності апаратури.

Розрахунок ремонтпридатності може бути наступним:

1. Знаходять умовну імовірність відмови елементів  $i$ -го типоміналу

$$q_i = \lambda_i \cdot m_i / \sum_{i=1}^n (\lambda_i \cdot m_i) \quad (2.8)$$

$$q_1 = 0,05 \cdot 10^{-6} / 103,69 \cdot 10^{-6} = 0,0004 \text{ (од.)}$$

$$q_2 = 30 \cdot 10^{-6} / 103,69 \cdot 10^{-6} = 0,2893 \text{ (од.)}$$

$$q_3 = 5,6 \cdot 10^{-6} / 103,69 \cdot 10^{-6} = 0,0540 \text{ (од.)}$$

$$q_4 = 1,4 \cdot 10^{-6} / 103,69 \cdot 10^{-6} = 0,0135 \text{ (од.)}$$

$$q_5 = 50 \cdot 10^{-6} / 103,69 \cdot 10^{-6} = 0,4822 \text{ (од.)}$$

$$q_6 = 15 \cdot 10^{-6} / 103,69 \cdot 10^{-6} = 0,1447 \text{ (од.)}$$

$$q_7 = 1,54 \cdot 10^{-6} / 103,69 \cdot 10^{-6} = 0,0149 \text{ (од.)}$$

де:  $n$  - кількість типоміналів елементів;

$m_i$  — кількість елементів  $i$ -го типоміналу

2. Знаходять активний час ремонту приладу:

$$T_{PA} = \sum_{i=1}^n (q_i \cdot T_{Pi}) \quad (2.9)$$

$$T_{PA} = 0,0004 + 0,2893 + 0,0540 + 0,0135 + 0,4822 + 0,1447 + 0,0149 = 0,999 \quad (2.10)$$

де:  $T_{pi}$  - усереднений активний час ремонту елементів і-го типоміналу (табл.2.2);

Таблиця 2.2

## Активний час ремонту радіоелектронної апаратури

Тип елемента, який відмовив	Час
Роз'єми	1.2
Конденсатори	0.7
Резистори	0.6
Діоди	1,0
Мікросхеми	0.5
Пайки	1,0

## 3. Час відновлення апаратури:

$$T_e = T_{pa} + T_{ad} + T_n \quad (2.11)$$

$$T_e = 0,999 + 0,999 + 0 = 1,998 \text{ год} \quad (2.12)$$

де:  $T_n$  — час постачання. Оскільки у комплектацію приладу входить ЗІП, то можна прийняти  $T_n = 0$ ;

$T_{ad}$  — адміністративний час ремонту.  $T_{ad}$  залежить від умов експлуатації приладу, проте у більшості випадків можна прийняти що  $T_{ad} \leq T_n$

Коефіцієнт готовності апаратури:

$$K_z = \frac{T}{T + T_v} \quad (2.13)$$

де:  $T$  — час напрацювання на відмову;

$T_e$  — час відновлення апаратури.

$$Kz = 10000/10000+1,998 = 0,9998 \quad (2.14)$$

### 2.1.8 Розрахунок комплекту запасних частин

Розрахунок складу комплекту запасних частин проводиться з метою оптимізації співвідношення між часом ремонту апаратури, обумовленим відсутністю запасних елементів у комплекті ЗП, і вартістю цього комплекту.

Вхідними даними для розрахунку інтенсивності відмов для кожної групи елементів  $\lambda_i$ , час ремонту елементів кожної групи  $t_{pi}$ , час експлуатації апаратури  $t$ , допустима ймовірність простою апаратури в очікуванні ремонту  $P_n(t)$ . В результаті розрахунку отримують кількість запасних елементів кожного типоміналу у комплекті ЗП  $n_i$ .

Необхідний розрахунок можна провести за наступною методикою:

а) знаходимо потік відмов елементів кожного типоміналу:

$$\Lambda_i = \lambda_i \cdot m_i, \quad (2.15)$$

де  $\lambda_i$  — інтенсивність відмов елементів;

$m_i$  — кількість елементів  $i$ -го типоміналу.

б) знаходимо необхідну кількість  $n_i$  елементів  $i$ -го типоміналу у комплекті ЗП. Спрощено  $n_i$  можна знайти за формулою:

$$n_i = n_{cp_i} \cdot k_3, \quad (2.16)$$

де  $k_3$  - коефіцієнт запасу;



$n_{cp_i}$  — математичне сподівання кількості запасних елементів  $i$ -го типоміналу, використаних за весь час експлуатації:

$$n_{cp_i} = \Lambda_i \cdot t, \quad (2.17)$$

де  $t$  — час експлуатації апаратури  $t=T=5000$  год.

Коефіцієнт запасу  $k_3$  можна визначити з умов, що подані у системі (2.18). Приймаючи імовірність простою в очікуванні ремонту  $P_n(t)=0,05$  система (1.16) набуде вигляду:

$$\begin{cases} k_3(4 < n_{cp} \leq 20) = (2 + 1,24 \cdot n_{cp}) / n_{cp} \\ k_3(20 < n_{cp} \leq 70) = (5 + 1,12 \cdot n_{cp}) / n_{cp} \\ k_3(70 < n_{cp}) = (10 + 1,06 \cdot n_{cp}) / n_{cp} \end{cases} \quad (2.18)$$

Результати розрахунку приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Потік відмов елементів і математичне сподівання запасних елементів

Типономінал	Кільк. $m_i$	$\lambda_i, 1/\text{год.}$	$\Lambda_i \cdot 10^{-6}$	$n_{cp_i}$
Роз'єм	1	$0,05 \cdot 10^{-6}$	0,05	0,0003
Конденсатор керамічний	25	$1,2 \cdot 10^{-6}$	30	0,1500
Резистор постійний	7	$0,8 \cdot 10^{-6}$	5,6	0,0280
Діоди	2	$0,7 \cdot 10^{-6}$	1,4	0,0070
ІМС	2	$5 \cdot 10^{-6}$	50	0,2500
Котушка індуктивності	5	$3 \cdot 10^{-6}$	15	0,0750
Пайки	154	$0,01 \cdot 10^{-6}$	1,54	0,0077

Як видно з розрахунку, значення  $n_{cp_i}$  є меншими від мінімального значення, для якого ще проводиться розрахунок. Це означає, що жоден елемент приладу не потребує запасу, і на цьому розрахунок завершується.

## 2.2 Технологічна частина

### 2.2.1 Аналіз технологічності конструкції приладу

Оцінюють технологічність на початку проектування, вибирають краще рішення з різних варіантів конструкції.

Показники технологічності є конструкторськими та технологічними.

Показник технологічності  $K$  визначається за формулою:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{i=S} K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^{i=S} \varphi_i} = \frac{K_1 \varphi_1 + K_2 \varphi_2 + K_i \varphi_i}{\varphi_1 + \varphi_2 + K + \varphi_i} \quad (2.19)$$

Таблиця 2.4

Склад базових показників технологічності

Показники технологічності	Позначення	$\varphi_i$
Коефіцієнт використання мікросхем і мікрозборок	$K_{\text{вик. ІМС}}$	1,000
Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу	$K_{\text{а.м.}}$	1,000
Коефіцієнт автоматизації і механізації підготовки ЕРЕ	$K_{\text{м.п.ЕРЕ}}$	0,750
Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ	$K_{\text{повт.ЕРЕ}}$	0,500
Коефіцієнт застосовуваності ЕРЕ	$K_{\text{засг.ЕРЕ}}$	0,310
Коефіцієнт установочних розмірів ЕРЕ	$K_{\text{вст.р.}}$	0,187
Коефіцієнт прогресивності формоутворення	$K_{\text{ф}}$	0,110

Коефіцієнт використання МС:

$$K_{\text{вик}IMC} = \frac{H_{IMC}}{H_{IMC} + H_{EPE}} \quad (2.20)$$

$$K_{\text{вик}IMC} = \frac{2}{2 + 52} = 0,037$$

Коефіцієнт автоматизації підготовки радіокомпонентів:

$$K_{\text{м.н.}IMC} = \frac{H_{\text{м.н.}EPE}}{H_{EPE}} \quad (2.21)$$

$$K_{\text{м.н.}IMC} = \frac{44}{52} = 0,85$$

Коефіцієнт повторюваності компонентів:

$$K_{\text{новт.}EPE} = 1 - \frac{H_{\text{м.}EPE}}{H_{EPE}} \quad (2.22)$$

$$K_{\text{новт.}EPE} = 1 - \frac{8}{52} = 0,84$$

Коефіцієнт застосовуваності компонентів:

$$K_{\text{заст.}EPE} = 1 - \frac{H_{\text{м.оп.}EPE}}{H_{\text{м.}EPE}} \quad (2.23)$$

$$K_{\text{заст.}EPE} = 1 - \frac{0}{8} = 1$$

Коефіцієнт монтажних розмірів компонентів:

$$K_{\text{вст.р}} = 1 - \frac{H_{\text{вст.р}}}{H_{EPE}} \quad (2.24)$$

$$K_{\text{ст.р}} = 1 - \frac{8}{52} = 0,84$$

Таблиця 2.5

## Комплексні нормативи технологічності

Найменування класу блоків	СТАДІЇ РОЗРОБКИ РОБОЧОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ		
	Дослідний взірець	Установочна серія	Серійне виробництво
Електронні	0,40-0,70	0,45-0,75	0,50-0,80
Радіотехнічні	0,40 - 0,60	0,75-0,80	0,80-0,85
Електромеханічні	0,30-0,50	0,40-0,55	0,45-0,60

$$K = \frac{0.037 \cdot 1 + 0.85 \cdot 1 + 0.84 \cdot 0.75 + 1 \cdot 0.31 + 0.84 \cdot 0.187}{1 + 1 + 0.75 + 0.31 + 0.187} = 0.6$$

Прийmemo:  $K_n = 0,5$ , тоді

$$\frac{0.6}{0.5} = 1.2 \geq 1$$

Умова задовольняється, отже можна вважати, що наша конструкція є технологічною.

При виробництві такого типу ми будемо використовувати наступне устаткування:

1. Пристрій для лудіння ГГ 0867-4016. Продуктивність - 500 од./год., температура нагріву припою 190 °С, флюсу - 100 °С.

2. Пристрій для підготовки виводів радіоелементів ГТ-2420. Продуктивність - 3000 од./год. Габаритні розміри 600\*500\*800 мм.

3. Пристрій для підготовки виводів мікросхем ГГ-1875. Продуктивність - 250 од./год. Габаритні розміри 345\*205\*325 мм.

4. Ванна для знежирення, флюсування і відмивки флюсу ГГ 0867-4021. Габаритні розміри 310\*360\*320 мм.

5. Шафа витяжна 2Ш-НЖ. Застосовується для прискорення процесу сушки матеріалів після промивки та нанесення різних рідких речовин за рахунок одночасного завантаження партії друкованих плат, регулюється доступ повітря.

6. Піч ДЛДН-2 - для сушки лаку.

7. Паяльник електричний малогабаритний ПСН28-6 ЕГ2.983.013 Призначений для пайки радіоелементів та мікромодулів на друковані плати. В комплект входить блок живлення (ОЦ3.222.003). Потужність - 28 Вт. Час нагріву - 3 хв. Маса - 0,1кг.

8. Гострогубці бокові ОБ-1-125 ГТ 7814-1020

9. Плоскогубці ПУГ-150 ГТ 7814-1020

10. Пінцет ПГТД-120 ОСТ 4.ГО.060.013.

11. Лупа ГОСТ 25706-83.

12. Кісточка ТУУ 1.280.315.

13. Викрутка ГОСТ 17199-89.

14. Викрутка регулювальника ГОСТ 812113-73.

15. Стіл монтажника КПМ4.135.010 - володіє всіма зручностями які необхідні для проведення монтажних робіт.

16. Візок.

Для регулювання виробу використовують набір контрольно-вимірювальної апаратури: порівнювач напруги Р3003, імітатор електродної системи И-02, блок живлення  $\pm 12 \dots 14$ В.

2.2.2 Техніко-економічне обґрунтування вибору технологічного процесу

При проектуванні технологічного процесу, аналіз структурних схем виготовлення РЕА та її компонентів показує, що в залежності від типу виробництва, особливостей конструкції і вимог до параметрів виробу можливі різні варіанти побудови техпроцесу. Вибір із них єдиного варіанту, оптимального за деяким результируючим критерієм, становить мету аналізу ТП.

Всі технологічні операції і процеси є типовими і добре відпрацьованими на виробництві. Важливим фактором у вирішенні питання вибору технічного устаткування являється річна програма випуску (тип виробництва) виробу. Враховуючи, що в даному випадку має місце дрібносерійне виробництво (річна програма випуску 800 одиниць), то вибір дорогого автоматичного устаткування є економічно не вигідним.

Для лудіння застосовуємо пристрій ГГ 0867-4016, а також пристрої для підготовки виводів радіоелементів ГГ-2420 та пристрій для підготовки виводів мікросхем ГГ-1875 ці пристрої є відносно недорогими і водночас значно полегшують процес підготовки РЕК до монтажу.

Для промивки плат використовуємо технологічну ванну ГГ 0867-4021, для сушки - піч ДЛДН-2.

Для знежирення плат використовуємо шафу витяжку 2Ш-НЖ.

Пайка основних РЕК здійснюється вручну, оскільки плати що використовуються в даному приладі не є досить важкі (не високий коефіцієнт друкованої плати) і тому використання автоматичної пайки є недоцільним, бо автомат для пайки РЕК потребує значних затрат і окупиться нескоро.

Вибір варіантів технологічного процесу здійснюється на основі аналізу існуючих технологічних процесів та технологічного обладнання, що дозволяють виготовити даний вузол у відповідності з технічними вимогами.

Для складально-монтажних робіт можливе ручне, автоматизоване чи комбіноване встановлення компонентів на плату на конвеєрі або на робочому місці.

Автоматизоване виробництво дозволяє збільшити величину випуску приладу, але у даному випадку зростає собівартість за рахунок вартості обладнання та відрахування на амортизаційні витрати.

При комбінованому виробництві собівартість дещо зменшується, але залишається досить високою, що призводить до не конкурентноздатності на ринку, або при зниженні ціни до не окупності.

Тому для даного вузла при дрібносерійному виробництві доцільний ручний метод, оскільки він є дешевим і може забезпечитись обслуговуванням 12-ма працівниками з невисокою кваліфікацією.

З вищесказаного можна зробити висновок, що при дрібносерійному виробництві з річною програмою випуску 800 штук доцільно використовувати останній варіант технологічного процесу.

2.2.3 Аналіз запропонованого технологічного процесу і обґрунтування режимів роботи обладнання

Вибираючи режими роботи обладнання необхідно відмітити, що режими роботи задаються з врахуванням критичних температур перегріву радіоелементів, тобто так підібрати режими, щоб радіоелементи (наприклад при пайці) не перегрівались при довготривалому контакті, тим самим не виходячи з ладу.

Лудження елементів слід проводити при температурі розплавленого припою  $190^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Режими пайки резисторів та конденсаторів при монтажі електричним паяльником передбачають температуру контакту  $190 - 200^{\circ}\text{C}$  та час контакту 1-5с. Режими пайки транзисторів також передбачають температуру контактів  $190^{\circ}\text{C}$  при тривалості контакту не більше 4с.

Режим роботи витяжної шафи 2Ш-НЖ залежить від матеріалів які висушуються, тобто їх властивостей.

Для наступних режимів матимемо:

- сушка, температура сушки не повинна перевищувати робочу температуру електрорадіоелементів. Отже вибираємо температуру сушки  $t=60^{\circ}\text{C}$ .

- лакування, ефективна сушка після лакування відбувається при підвищеній температурі. Виходячи з цього ми вибираємо температуру  $t=40^{\circ}\text{C}$ , яка може регулюватися до  $\max t=80^{\circ}\text{C}$ .

При виготовленні апарату широко використовуються групові ТП. Для

таких операцій як пайка, формування, сушка, лудіння, лакування. В наслідок використання групових ТП достатньо завантажується високопродуктивне обладнання, що робить його використання економічно вигідним.

Розроблений ТП монтажу розбитий на операції таким чином, що їх трудомісткість рівна або кратна такту поточної лінії. Це дає можливість забезпечити ритмічне і безперервне виготовлення апарату. Запропонований тип ТП скорочує виробничий цикл, зменшує трудомісткість робіт. Дана структура ТП дає можливість використання паралельного складання, що зменшує тривалість виробничого циклу. Режим роботи обладнання було вибрано таким чином, щоб була досягнута максимальна продуктивність праці при мінімальній собівартості даної технологічної операції.

Крім перерахованого обладнання використовується наступний інструмент:

- Гострогубці бокові ОБ-1-125 ГТ 7814-1020;
- Плоскогубці ПУГ-150 ГТ 7814-1020;
- Пінцет ПГТД-120 ОСТ 4.ГО.060.013;
- Лупа ГОСТ 25706-83;
- Кісточка ТУУ 1.280.315;
- Викрутка ГОСТ 17199-89;
- Викрутка регулювальника ГОСТ 812113-73;
- Візок.

Крім цього використовується технологічне устаткування, яке дозволяє підвищити продуктивність праці та зменшити трудомісткість робіт.

### 2.3 Висновки до розділу 2

В розділі проаналізовано спосіб математичного опису формування частотно модульованих сигналів, запропоновано структурну схему проєктованого пристрою прийому та передачі біомедичних сигналів по



радіоканалу зв'язку. За основу використано спеціалізовану мікросхему TRF6900, яка являє собою трансивер, тобто прийомо-передавач, сигналів на основі вузько смугової частотної модуляції. Цей трансивер може працювати спільно із спеціалізованими мікроконтролерами та сигнальними процесорами.

Розроблено схему електричну пристрою із врахуванням рекомендацій, які наведені в паспорті на мікросхему TRF6900.

Проведено вибір компонентів та розраховано елементи провідного рисунка друкованої плати. Враховуючи те, що в структурі пристрою присутні як елементи з штирьовими виводами так і елементи SMD монтажу, використано тип компоновки 1С, що характеризується встановленням компонентів з однієї сторони друкованої плати.

Проведено розрахунки експлуатаційної надійності та ремонтпридатності розробленого пристрою.

Розглянуто питання технології виготовлення пристрою, зокрема оцінювання його технологічності та запропоновано варіанти обладнання, яке може бути використане при виготовленні пристрою при дрібносерійному виробництві.

## РОЗДІЛ 3

### НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Математичне та алгоритмічно-програмне забезпечення пристрою прийому та передачі біомедичних сигналів

Розглянемо особливості отримання амплітудно-модульованих сигналів та сигналів кутової модуляції, одним із різновидів якої є сигнали частотної модуляції. Моделювання процесу отримання таких сигналів проведемо в середовищі Matlab.

В АМ-сигналах амплітуда коливань несучої модулюється повідомленням  $f(t)$ , і, отже, інформація, що міститься в  $f(t)$ , передається шляхом зміни амплітуди несучої. Оскільки синусоїдальні коливання залежать від трьох змінних - амплітуди, частоти та фази, можна передавати одну і ту ж інформацію шляхом зміни амплітуди частоти або фази несучої.

Використаємо середовище Matlab для моделювання процесу отримання амплітудно-модульованого сигналу з подавленою несучою. Для цього сформуємо сигнал повідомлення. Ми розглянемо сигнали повідомлення та несучий сигнал у вигляді гармонічних функцій синуса та косинуса. Таку функцію можна записати у вигляді  $y = A \sin(2\pi ft + \varphi)$ , де  $A$  - амплітуда функції,  $f$  - частота функції,  $\varphi$  - фаза.

Техай сигнал повідомлення буде сумою двох синусоїд:  $s = s_1 + s_2$ , де  $s_1 = A_1 \sin(2\pi f_1 t + \varphi)$ ,  $s_2 = A_2 \sin(2\pi f_2 t + \varphi)$

У Matlab текст програми для генерації такого повідомлення буде виглядати так:

```
A1 = 5; f1 = 100; f2 = 20; Fi = pi / 2; % значення амплітуд, частот і фаз
двох синусоїд
```

```
Fs = 10000; % значення частоти дискретизації сигналу
```

```

t = 0: 1 / Fs: 0,2; % час обчислення значень сигналу s
s1 = sin (2 * pi * f1 * t + Fi0); % генерація першої синусоїди
s2 = A1 * sin (2 * pi * f2 * t); % генерація другої синусоїди
s = s1 + s2; % генерація сигналу повідомлення
figure (1);
plot (t, s); % графік сигналу повідомлення (рис. 3.1)
grid on;

```

В результаті отримаємо сигнал, наведений на рис. 3.1.

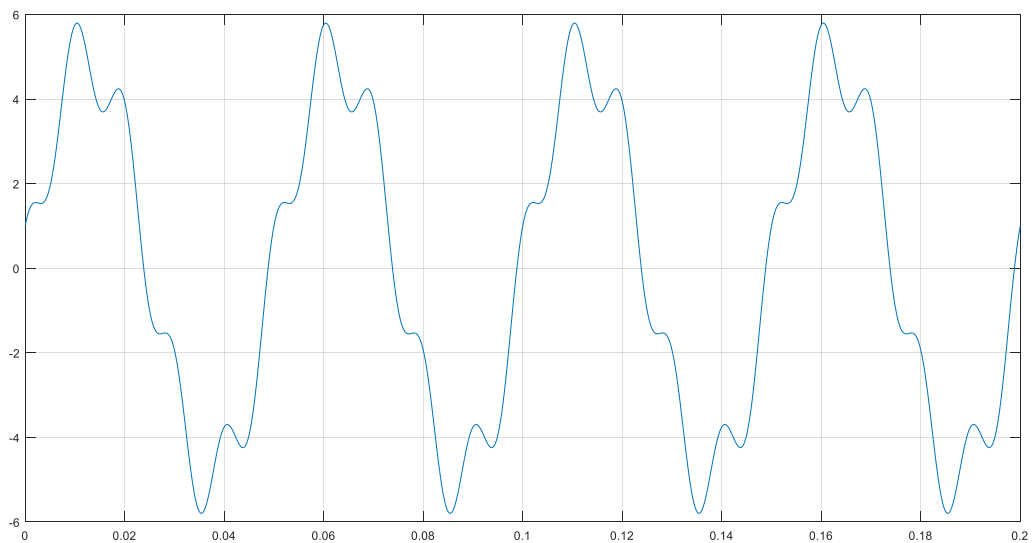


Рис. 3.1. Графік сигналу  $s = s1 + s2$

Тепер сформуємо амплітудно-модульований сигнал. Для цього помножимо сигнал повідомлення на синусоїду з набагато вищою частотою.

Текст програми буде виглядати так:

```

f3 = 1000; % несуча частота
s3 = гріх (2 * pi * f3 * t); % несучий сигнал
p = s. * s3; % амплітудно-модульований сигнал
figure (2);
plot (t, p); % графік амплітудно-модульованого сигналу з подавленою
несучою (рис. 32)

```

grid on;

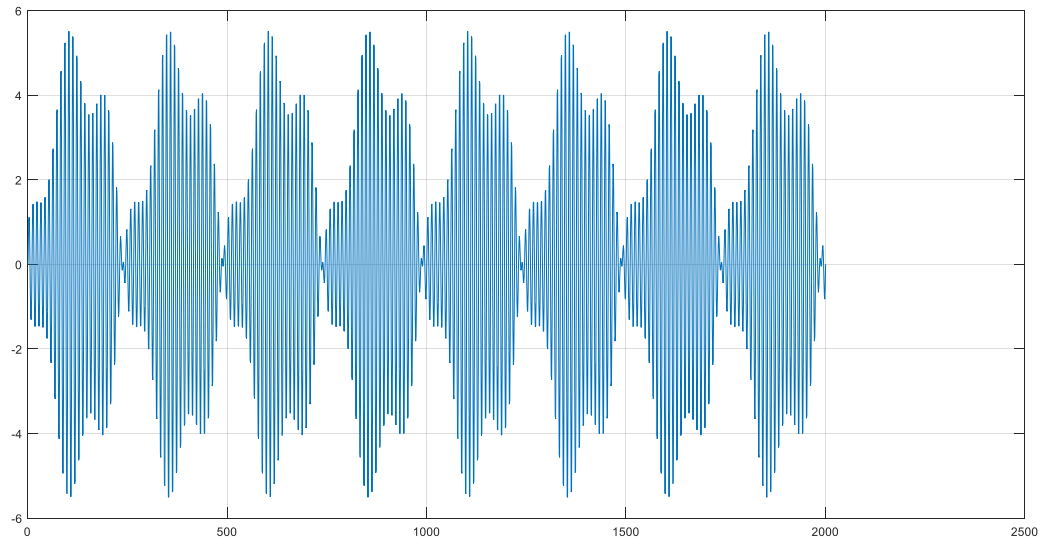


Рис. 3.2. Графік амплітудно-модульованого сигналу

Тепер розглянемо процес отримання сигналів фазової та частотної модуляції, які є подібними.

Якщо сигнали  $\varphi_{PM}(t)$  та  $\varphi_{FM}(t)$  позначені відповідно і, тоді

$$\varphi_{PM}(t) = A \sin[\omega_0 t + k_p f(t)] \quad (3.1)$$

$$\varphi_{FM}(t) = A \sin[\omega_0 t + k_f \int f(t)] \quad (3.2)$$

де  $f(t)$  - модулююче повідомлення,  $k_p$  - деяка константа.

Викорисаємо середовище Matlab для моделювання процесу отримання сигналу кутової модуляціїю

Сформуємо сигнал повідомлення. Ми розглянемо сигнали повідомлення та сигнал несучої у вигляді гармонічної функції синуса. Таку функцію можна записати у вигляді  $y(t) = A \sin(2\pi f t + \varphi)$ , де  $A$  - амплітуда функції,  $f$  - частота функції,  $\varphi$  - фаза.

Сигналом повідомлення буде синусоїда  $x = A_1 \sin(2\pi f_1 t)$

У Matlab текст програми для генерації такого повідомлення буде виглядати так:

```

A1 = 1; f1 = 2; % значення амплітуди та частоти синусоїди
Fs = 10000; % значення частоти дискретизації сигналу
t = 0: 1 / Fs: 1; % час обчислення значень сигналу s
x = A1 * sin (2 * pi * f1 * t); % генерація синусоїди повідомлення
figure (1);
plot (t, x); % графік сигналу повідомлення (рис. 3.3)
grid on;
xlabel ('Час, сек')% назви осі
ylabel ('Амплітуда')% назви осі

```

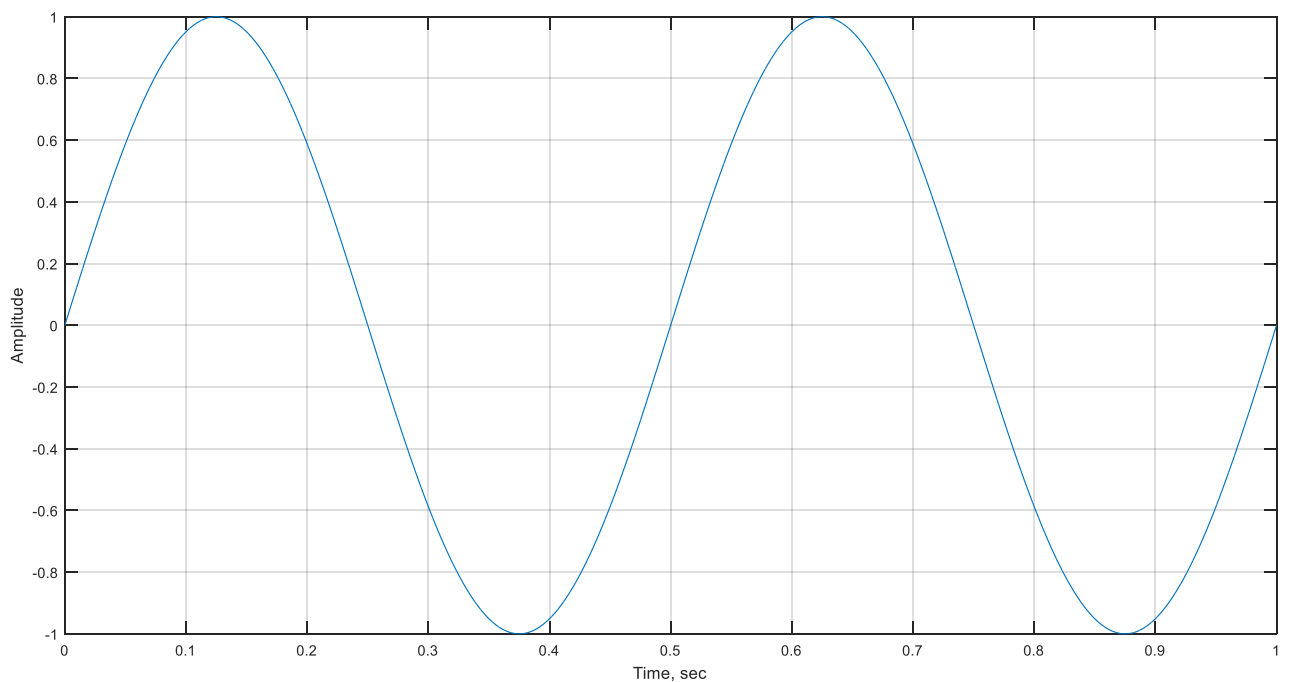


Рис. 3.3. Графік сигналу повідомлення  $x$

Сформуємо несучий сигнал.

Сигнал несучої буде синусоїдою  $y = A2 \sin (2\pi f2t)$

У Matlab текст програми для генерації такого сигналу буде виглядати

так:

```

A2 = 1; f2 = 80; % значення амплітуди та частоти синусоїди
Fs = 10000; % значення частоти дискретизації сигналу
t = 0: 1 / Fs: 1; % час обчислення значень сигналу s

```

```

y = A2 * sin (2 * pi * f2 * t); % генерація носія синусоїди
figure (2);
plot (t, y); % графік несучого сигналу (рис. 3.4)
сітка на;
xlabel ('Час, сек')% назви осі
ylabel ('Амплітуда')% назви осі

```

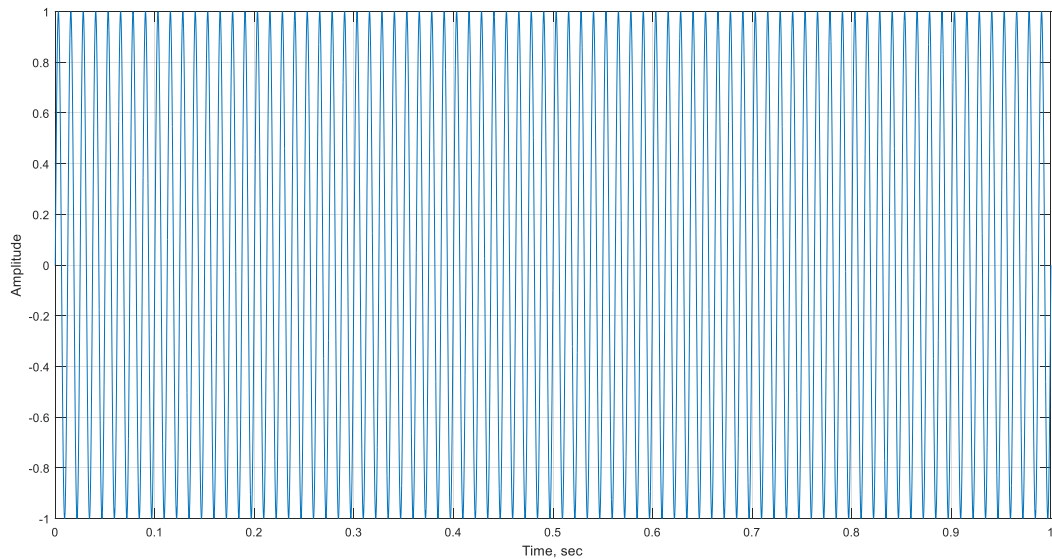


Рис. 3.4. Графік несучого сигналу  $y$

Сформуємо тепер фазово-модульований сигнал  $u_{PM}$

Для отримання сигналу фазової модуляції використовуємо вираз (3.1).

Текст програми буде виглядати так:

```
k = 30; % значення коефіцієнта
```

```
uPM = sin (2 * pi * f2 * t + k * x); % отримання фазово-модульованого
```

сигналу

```
plot (t, uPM)% графік сигналу повідомлення (рис. 3.5)
```

```
grid on
```

```
xlabel ('Час, сек')
```

```
ylabel ('Амплітуда')
```

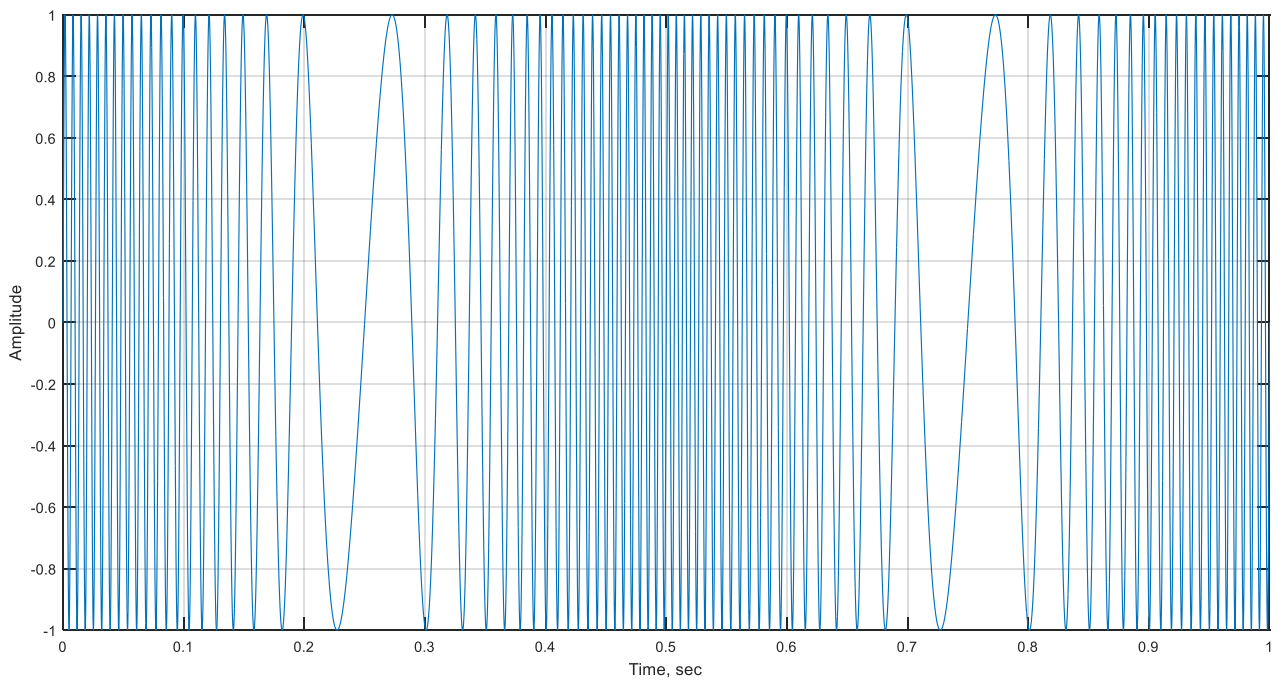


Рис. 3.5. Графік фазово-модульованого сигналу  $u_{PM}$

Повна програма отримання сигналу фазової модуляції має такий вигляд:

$A1 = 1; A2 = 1; f1 = 2; f2 = 80;$

$k = 35;$

$Fs = 10000;$

$t = 0: 1 / Fs: 1;$

$x = \sin(2 * \pi * f1 * t);$

$y_{PM} = \sin(2 * \pi * f2 * t + k * x);$

`plot(t, x)`

`grid on`

`xlabel('Час, сек')`

`ylabel('Амплітуда')`

`figure(2);`

`plot(t, yPM)`

`grid on`

`xlabel('Час, сек')`

`ylabel('Амплітуда')`

### 3.2 Висновки до розділу 3

В розділі розглянуто питання отримання сигналу кутової модуляції в середовищі Matlab. Розроблено тексти програм для цього.



## РОЗДІЛ 4

## ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

## 4.1 Охорона праці

Вірно спроектоване та раціонально влаштоване освітлення виробничих приміщень справляє позитивний психофізіологічний вплив на працюючих, підвищує ефективність та безпеку праці, знижує втому та травматизм, забезпечує високу працездатність.

Зір у всій системі органів відчуттів людини посідає чільне місце. Відомо, що на органи зору припадає 90% всієї інформації, котру отримує людина. Відчуття зору відбувається під впливом видимого випромінювання (світла), котре є електромагнітним випромінюванням з довжиною хвилі 0,38...0,76 мкм. Чутливість зору максимальна до електромагнітного випромінювання з довжиною хвилі 0,555 мкм (жовто-зелений колір) та зменшується до границь видимого спектру.

## Класифікація освітлення

При освітленні виробничих приміщень використовують:

- природне освітлення, котре створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу і яке змінюється залежно від географічної широти, пори року, доби, ступеня хмарності та прозорості атмосфери;
- штучне освітлення, створюване електричними джерелами світла;
- сумісне освітлення, при котрому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Природне освітлення поділяється на бічне (одно- або двостороннє), здійснюване через світлові отвори в зовнішніх стінах; верхнє, що здійснюється через аераційні та захисні ліхтарі, отвори в дахах та перекриттях; комбіноване поєднання верхнього та бічного освітлення.

Штучне освітлення за конструктивним виконанням поділяється на два види - загальне та комбіноване. Система загального освітлення використовується в приміщеннях, де по всій площі виконуються однотипні роботи. Розрізняють загальне рівномірне освітлення, при котрому світловий потік розподіляється рівномірно по всій площі приміщення без урахування розташування робочих місць і загальне локалізоване освітлення (з врахуванням розташування робочих місць).

При виконанні точних зорових робіт (слюсарні, токарні, фрезерні, контрольні тощо) в місцях, де обладнання створює глибокі, різкі тіні або робочі поверхні розташовані вертикально, поряд з загальним освітленням застосовується місцеве освітлення. Сукупність місцевого та загального освітлення називається комбінованим. Застосування лише місцевого освітлення не допускається з огляду на небезпеку виробничого травматизму.

За функціональним призначенням штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне і спеціальне, котре в свою чергу класифікується як охоронне, чергове, евакуаційне, бактерицидне, еритемне тощо.

Робоче освітлення призначене для забезпечення виробничого процесу, проходу людей, руху транспорту та є обов'язковим для всіх виробничих приміщень.

Аварійне освітлення влаштовується для продовження роботи у випадках, коли раптове відключення робочого освітлення та пов'язане з цим порушення нормального обслуговування обладнання може викликати вибух, пожежу, отруєння людей, порушення технологічного процесу тощо. Мінімальна освітленість робочих поверхонь при аварійному освітленні повинна складати 5% від нормованої освітленості робочого освітлення, але не менше 2 лк.

Евакуаційне освітлення призначене для забезпечення евакуації людей з виробничого приміщення при аваріях та вимкненні робочого освітлення і влаштовується в місцях, небезпечних для проходу з виробничих приміщень, в

котрих працює більше 50 чол. Мінімальна освітленість на підлозі основних проходів та на сходах при евакуаційному освітленні повинна бути не менше 0,5лк, а на відкритих майданчиках - не менше 0,2 лк.

Охоронне освітлення влаштовується вздовж границь території, котра охороняється спеціальним персоналом. Найменша освітленість у нічний час - 0,5лк. Сигнальне освітлення застосовується для фіксації границь небезпечних зон, вказує на наявність небезпеки, або безпечний шлях евакуації.

До виробничого освітлення можна віднести бактерицидне та еритемне освітлення. Бактерицидне освітлення створюється для знезараження повітря, питної води, продуктів харчування. Найбільшу бактерицидну здатність мають ультрафіолетові промені з довжиною хвилі 0,254...0,257мкм. Еритемне опромінювання влаштовується у виробничих приміщеннях, де недостатньо сонячного світла. Максимальний еритемний вплив справляють електромагнітні промені з довжиною хвилі 0,297мкм.

Гігієна праці вимагає в першу чергу максимального використання природного освітлення, оскільки денне світло краще сприймається органами зору.

Правильна організація освітлення передбачає не лише дотримання норм освітленості, котрі регламентують мінімальну освітленість для кожного виду робіт, але й дотримання гігієнічних вимог до якості освітлення, таких як рівномірність освітлення робочої поверхні, обмеження надмірної яскравості, блиску, осліплюючої дії, різких тіней та контрасту.

#### 4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

##### *Дії персоналу підприємства при виникненні надзвичайних ситуацій*

##### 1. Загальні положення

Типова Інструкція розроблена згідно з Кодексом цивільного захисту та інших нормативно-правових документів.

Усі працівники підприємства, не залежно від займаних посад, повинні знати і суворо виконувати вимоги Типової Інструкції щодо дій персоналу при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій природного або техногенного характеру. За невиконання вимог Інструкції персонал підприємства може бути притягнутий до адміністративної відповідальності.

2. Характеристика можливої обстановки в районі підприємства при виникненні надзвичайної ситуації

У розділі перелічуються можливі джерела потенційної небезпеки на території самого підприємства або поблизу від нього, додається характеристика можливої обстановки при виникненні надзвичайних ситуацій, яка пов'язана з руйнуванням або іншим негативним впливом.

Відомості про джерела і характер їх дії на підприємство надають районні державні адміністрації, міські ради.

3. Порядок оповіщення адміністрації та персоналу про загрозу виникнення надзвичайних ситуацій

Оповіщення адміністрації, робітників та службовців підприємства щодо надзвичайних ситуацій проводиться по завчасно розробленій схемі.

Адміністрація у неробочий час оповіщається по телефону (вказується відповідальний виконавець). У залежності від обстановки, оповіщається і решта персоналу.

У робочий час персонал підприємства оповіщається про надзвичайну ситуацію (вказується яким способом).

При отриманні відповідної інформації вмикають сирени, інші звукові та світлові засоби, що буде означати подання попереджувального сигналу "Увага всім", після чого негайно приводяться у готовність гучномовці, радіотрансляційні та телевізійні приймачі для прослуховування початкового повідомлення.

Кожний працівник підприємства повинен знати сигнали оповіщення цивільного захисту та вміти правильно діяти в умовах загрози та виникнення надзвичайних ситуацій.

#### 4. Порядок укриття персоналу у захисних спорудах цивільного захисту

На випадок виникнення надзвичайної ситуації, яка пов'язана із загрозою або початком забруднення повітря хімічно небезпечною, радіоактивною речовиною всі працівники підприємства підлягають укриттю у захисних спорудах цивільного захисту (вказується адреса, кому належить).

Для термінового укриття працівників у разі забруднення хімічно небезпечною речовиною використовуються власні загерметизовані приміщення (вказується адреса), забезпечується перебування у ньому осіб, без подачі повітря протягом години.

При отриманні інформації щодо радіоактивної небезпеки працівники укриваються (вказується приміщення, адреса), яке забезпечує захист осіб, що переходять від ураження іонізуючим випромінюванням при радіоактивному зараженні.

#### 5. Порядок видачі персоналу засобів індивідуального захисту

Засоби індивідуального захисту (вказуються які) видаються після отримання відповідного розпорядження або за рішенням керівника підприємства (вказується місце видачі).

Працівники, які отримали такі засоби, повинні перевірити їх стан, провести підбір та мати постійно при собі або на робочому місці.

Протигази переводяться у бойовий стан за командою або самостійно, при наявності небезпеки забруднення повітря.

#### 6. Порядок виділення автомобільного транспорту для проведення евакуаційних заходів

При проведенні негайної евакуації персоналу з небезпечних зон залучається увесь наявний службовий, а також особистий транспорт працівників підприємства, які повинні надавати його у розпорядження адміністрації для

негайної евакуації із небезпечної зони працівників та відвідувачів підприємства (вказується вид та тип транспортних засобів, місця посадки на транспорт та маршрут руху).

7. Вимоги до персоналу щодо додержання протиепідемічних заходів при загрозі розповсюдження особливо небезпечних інфекційних захворювань

Якщо на території підприємства або поблизу його виникла небезпека розповсюдження особливо небезпечних інфекційних захворювань, усі працівники повинні суворо дотримуватись вимог санітарно-епідеміологічної служби щодо проведення термінової профілактики та імунізації, ізоляції і лікування виявлених хворих, дотримуватися режиму, який запобігає розповсюдженню інфекції. При необхідності працівники, які прибули на роботу, повинні проходити санітарну обробку (проводити дезинфекцію або зміну одягу) (вказується місце її проведення), а водії транспортних засобів - здійснювати спеціальну обробку автотранспорту (вказується місце її проведення), а також виконувати інші вимоги та заходи, які перешкоджають розповсюдженню особливо небезпечних інфекційних захворювань.

8. Заходи щодо зберігання матеріальних цінностей у період загрози та виникнення надзвичайних ситуацій

Усі працівники підприємства повинні вжити необхідних заходів щодо зберігання матеріальних цінностей при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій.

У період виконання заходів захисту від надзвичайних ситуацій або при ліквідації їх наслідків необхідно вживати заходи, які направлені на попередження або зменшення можливих збитків підприємству від надзвичайних ситуацій, на забезпечення охорони майна та обладнання.

Відповідальність за організацію охорони покладається на (вказується посада, прізвище).

9. Особливості дій працівників при деяких надзвичайних ситуаціях

При загрозі ураження хімічно небезпечною речовиною оповіщаються усі працівники та відвідувачі, які знаходяться на території підприємства.

Вентиляційні установки та кондиціонери терміново вимикаються, зачиняються вікна, двері, квартирки, приміщення герметизується. Вихід із будівлі й вхід до неї припиняється до особливого розпорядження адміністрації.

Працівникам видаються засоби індивідуального захисту, одночасно приймаються заходи щодо забезпечення відвідувачів ватно-марлевими пов'язками.

Відповідальними призначаються за:

- забезпечення герметизації приміщень (посада, прізвище);
- забезпечення працівників та відвідувачів засобами індивідуального захисту (посада, прізвище).

При виявленні у приміщенні, де укриваються працівники, хімічно небезпечної речовини, працівники повинні вийти (вказати куди) або з дозволу адміністрації залишити зону забруднення. Виходити з неї необхідно тільки у засобах індивідуального захисту і рухатися в напрямку, перпендикулярному напрямку вітру.

При виникненні пожежі на підприємстві всі працівники зобов'язані суворо виконувати вимоги Інструкції з пожежної безпеки, евакуацію проводити згідно з Планом евакуації (вказується покажчик напрямку руху).

Відповідальність за дотриманням заходів пожежної безпеки та організацію дій персоналу при загрозі або виникненні пожежі покладається на (посада, прізвище).

При радіоактивному забрудненні території підприємства або при загрозі забруднення всі працівники повинні уважно слідкувати за мовним повідомленням управління з питань надзвичайних ситуацій, яке передається за допомогою радіо і телебачення після попереджувального сигналу "Увага всім", за інформацією інших засобів масової інформації про обстановку в місті, і суворо виконувати рекомендації по захисту від радіоактивного зараження.

Працівник (посада, прізвище) організовує на території підприємства контроль за радіаційною обстановкою за допомогою побутового дозиметру (називається тип приладу) і постійно інформує про результати вимірювань адміністрацію підприємства, управління з питань надзвичайних ситуацій.

При перевищенні гранично допустимих норм опромінення організується облік доз опромінювання. Відповідальний за виконання цього заходу (посада, прізвище).

Скорочується до мінімуму вхід у будівлю та вихід із неї. Контроль за дотриманням режиму поведінки й роботи працівників, який дозволяє максимально понизити наслідки радіоактивного опромінення покладається на (посада, прізвище).

При загрозі або виникненні катастрофічних стихійних лих призначений працівник підприємства за розпорядженням адміністрації повинен зупинити виробництво, виконати необхідні протипожежні заходи, відімкнути від електромережі електрообладнання, підготуватися до евакуації або вивезення у безпечні місця найбільш цінних матеріальних засобів.

Контроль за обстановкою на території підприємства при стихійних лихах і за прийнятими заходами захисту персоналу покладається на (посада, прізвище).

Якщо з'явилися постраждалі - надається перша медична допомога.

Залучаються санітарні дружини підприємства або санітарні пости, які створені. Приймаються заходи щодо госпіталізації постраждалих до спеціалізованих медичних закладів.

Працівник (посада, прізвище) постійно слідкує за інформацією, яку надає управління з питань надзвичайних ситуацій, про обстановку у місті та доводить її до адміністрації і персоналу підприємства.

При надходженні анонімної інформації про загрозу на території підприємства або поблизу нього терористичного акту, працівник, який прийняв її, повинен терміново доповісти керівнику підприємства й у правоохоронні органи, і діяти згідно з розпорядженнями і рекомендаціями.



### 4.3 Висновки до розділу

В розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано освітлення виробничого приміщення та дії персоналу підприємства при виникненні надзвичайних ситуацій.

## ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розроблено пристрій прийому та передачі біомедичних сигналів по радіоканалу зв'язку. При цьому отримано наступні результати.

Проаналізовано особливості реалізації принципів телемедицини, розглянуто актуальність задачі забезпечення можливості обміну біомедичних сигналів між автономними переносними системами збору біомедичної інформації (портативні кардіографи, вимірювачі тиску, частоти серцевих скорочень) та медпрацівниками (лікарями, медичними консультантами) для оперативного та швидкого прийняття рішень чи надання медичних рекомендацій.

З цією метою можуть бути використані системи передачі даних по каналам радіозв'язку. Так, у випадку біомедичних систем контролю функціонального стану організму людини чи виявлення або попередження критичних станів важливим є відбір та оцінювання окремих груп біосигналів, які характеризуються наявністю коливної структури. В цьому випадку проводиться відбір біомедичних сигналів, попереднє їх опрацювання та передача на базовий засіб опрацювання та прийняття рішення, формування цього рішення та зворотня передача на електронний пристрій пацієнта.

Для обміну такими даними використано радіоканал та проаналізовано особливості застосування методу частотної та фазової модуляції для прийому і передавання біомедичних сигналів.

Проаналізовано технічне завдання та сформульовано вимоги до пристрою прийому та передачі біомедичних сигналів по радіоканалу зв'язку.

Проаналізовано спосіб математичного опису формування частотно модульованих сигналів, запропоновано структурну схему проектованого пристрою прийому та передачі біомедичних сигналів по радіоканалу зв'язку. За основу використано спеціалізовану мікросхему TRF6900, яка являє собою

трансивер, тобто прийомо-передавач, сигналів на основі вузько смугової частотної модуляції. Цей трансивер може працювати спільно із спеціалізованими мікроконтролерами та сигнальними процесорами.

Розроблено схему електричну пристрою із врахуванням рекомендацій, які наведені в паспорті на мікросхему TRF6900.

Проведено вибір компонентів та розраховано елементи провідного рисунка друкованої плати. Враховуючи те, що в структурі пристрою присутні як елементи з штирьовими виводами так і елементи SMD монтажу, використано тип компоновки 1С, що характеризується встановленням компонентів з однієї сторони друкованої плати.

Проведено розрахунки експлуатаційної надійності та ремонтпридатності розробленого пристрою.

Розглянуто питання технології виготовлення пристрою, зокрема оцінювання його технологічності та запропоновано варіанти обладнання, яке може бути використане при виготовленні пристрою при дрібносерійному виробництві.

Розглянуто питання отримання сигналу кутової модуляції в середовищі Matlab. Розроблено тексти програм для цього.

Також виконано розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Коваль Ю.О. Основи теорії кіл : Підручник для вищих навчальних закладів. У 2-х Ч. / Ю.О. Коваль, Л.В. Гринченко, О.І.Милютченко, О.І.Рибін. – Харків: Компанія СМІТ, 2008.
2. Стахів П.Г. Основи теорії електронних кіл : Підручник / П.Г. Стахів. – Львів: Магнолія 2006, 2008.
3. Гумен М.Б. Основи теорії електричних кіл : У 3 кн. Підручник / М.Б. Гумен. – К.:Вища школа, 2004.
4. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. Учебник для вузов. – М.: «Сов. Радио», 1977. – 608 с.
5. Каяцкас А.А. Основы радиоэлектроники. Учеб. пособие для студентов вузов по спец. «Констр. И производство радиоаппаратуры». – М.: Высш. шк., 1988. – 464 с.
6. Ремизов А.Н., Максина А.Г., Потапенко А.Я. Медицинская и биологическая физика. Учеб. для вузов. 4-е изд., перераб. и дополн. Дрофа, 2003. 560 с.
7. Абакумов В.Г., Рибін О.І., Сватош Й. Біомедичні сигнали. Генезис, обробка, моніторинг. Нора-прінт, 2001. 516с.
8. Башарин С.А. Теоретические основы электротехники: Теория электрических цепей и магнитного поля. Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 304 с.
9. Васильев В.А., Романовский Ю.М., Яхно В.Г. Автоволновые процессы. - М.: Наука, 1977.
10. Радиотехнические системы / Под ред. Ю.М.Казаринова - М.: Высшая школа, 1990..

11. Радиопередающее устройства : Учебник для вузов. / Л. А. Белов, М. В. Благовещенский, В. М. Богачев и др.; Под ред. М. В. Благовещенского, Г. М. Уткин. – М.: «Радио и связь», 1982. – 408 с., ил.
12. Радиопередающие и радиоприемные устройства / В. Г. Левичев. – М., «Воениздат», 1974. – 510 с.
13. Радиопередающее устройства : Учебник для техникумов / М. С. Шумилин, В. П. Севальнев, Э. А. Шевцов. – М.: «Высш. Школа», 1981.-293 с., ил.
14. <https://www.ti.com/sc/docs/products/rf/trf6900.pdf>
15. <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/144591/FTDI/FT232RL.html>
16. [https://www.ti.com/lit/ds/symlink/max3232.pdf?ts=1607996471670&ref\\_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com.hk%252F](https://www.ti.com/lit/ds/symlink/max3232.pdf?ts=1607996471670&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com.hk%252F)
17. <http://www.quartz1.com/price/PIC/446N0025600.pdf>
18. У. Титце, К. Шенк. Полупроводниковая схемотехника (пер. сангл.)- М.: Мир, 1982, 512с.
19. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства: Справ, радиолобителя/ Р.М. Терещук, К.М. Терещук, С.А. Седов. - 4-е изд., стер.- Киев: Наук. думка, 1988,-800с.: ил.-Библиогр.: с. 765-800.
20. П. Хоровиц, У. Хилл. Искусство схемотехники. 2.М: Мир, 1986. - -590 с.
21. Технологія і автоматизація виробництва радіоелектронної апаратури-М.: Радіо і зв'язок, 1989 - 263 с.: Іл.
22. Проектирование радиопередающих устройств: Учебник для вузов. / В. В. Шахгильдян, И. А. Попов и др.: Под редакцией В. В. Шахгильдяна. – М., «Радио и связь», 1984. – 424 с., ил.
23. Радиопередающие устройства связи и вещания: Учебник для техникумов. / О. Л. Муравьев – М., «Радио и связь», 1983. – 352 с., ил.

24. Проектирование радиопередающих устройств малой и средней мощности. / М. В. Верзунов, Е.Г. Лапицкий, А.М. Семеновский, Л.Н. Сосновский. - Л., «Энергия», 1967. – 376 с. с ил.

25. Справочник по акустике / Под ред. М. А. Сапожкова ; – М., «Связь», 1983. – 352 с., ил.

## ДОДАТКИ

Додаток А  
Технічне завдання

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедру БТ  
Є.Б. Яворська  
“ ” \_\_\_\_\_ 2020р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

до кваліфікаційної роботи магістра на тему:

**ПРИСТРІЙ ПРИЙОМУ ТА ПЕРЕДАЧІ БІОМЕДИЧНИХ  
СИГНАЛІВ ПО РАДІОКАНАЛУ ЗВ’ЯЗКУ**

Узгоджено:  
Керівник дипломної роботи

\_\_\_\_\_ Дедів Л.Є.  
“ ” \_\_\_\_\_ 2020р.  
\_\_\_\_\_ 2020р.

Виконавець:  
студент групи РБм-61

\_\_\_\_\_ Стасюк В.Б.  
“ ” \_\_\_\_\_

Тернопіль 2020р.



## 1 НАЗВА РОБОТИ І ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Пристрій прийому та передачі біомедичних сигналів по радіоканалу зв'язку (далі виробу).

1.2 Підставою для виконання роботи є затверджена на засіданні кафедри тема дипломної роботи

## 2 ВИКОНАВЕЦЬ

2.1 Студент групи РБм-61 кафедри БТ Тернопільського національного технічного університету ім. Івана Пулюя Стасюк В.Б.

## 3 МЕТА РОБОТИ

3.1 Метою роботи є розроблення пристрою прийому та передачі біомедичних сигналів по радіоканалу зв'язку.

## 4 ВИХІДНІ ДАНІ ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

4.1 Схема структурна виробу;

4.2 Схема електрична принципова виробу;

4.3 Вузли і блоки радіоелектронної апаратури.

4.4 ГОСТ 15150-82, ГОСТ 20790-82 виконання електронної апаратури відповідно до умов експлуатації.

## 5 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ВИРОБУ

Виріб повинен відповідати наступним вимогам:

5.1.ГОСТ 122025-76 клас захисту 1,тип УХЛ .

5.2 Виріб повинен забезпечувати ряд характеристик, а саме:

- амплітуда вхідного сигналу, в межах..... $U_{вх} = -0.6 \div 4.5$  мВ
- частота передачі сигналу..... $f = 900 \pm 2$  мГц;
- вихідна потужність сигналу..... $P_{с.вих} = 4,5$  дВ;
- девіація частоти, не більше..... $\Delta f = 3 \pm 0.1$  кГц;
- споживана потужність, не більше.....5 Вт;
- живитися пристрій повинен від акумуляторних батарей, напругою до.....4,5 В

5.4 Умови експлуатації по ГОСТ 15150-82:

а) температура навколишнього середовища  $0 \dots +40^{\circ}\text{C}$ ;

б) відносна вологість повітря до 85% при  $+25^{\circ}\text{C}$ ;

в) атмосферний тиск  $101,3 \pm 4$  кПа ( $760 \pm 30$ ) мм.рт.ст.

### 5.6 Вимоги до надійності:

- а) виріб повинен відповідати вимогам ГОСТ 23256-86;
- б) час напрацювання на відмову не менше 5000 годин.

## 6 ПРОЕКТНІ ЗАДАЧІ

### 6.1 Аналіз технічного завдання

### 6.2 Аналіз структурної схеми.

### 6.3 Аналіз схеми електричної принципової.

### 6.4 Вибір елементної бази.

### 6.5 Розрахунки:

а) розрахунок частотозадаючих кіл пристрою для забезпечення ним генерування робочої частоти передачі сигналу, що повинна становити  $900 \pm 2$  мГц;

б) розрахунок друкованого монтажу.

### 6.6 Компоновка друкованої плати виробу.

### 6.7 Розробка конструкції виробу.

### 6.8 Розрахунок надійності.

## 7 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ

7.1 Конструкторська документація повинна відповідати вимогам ЄСКД, ДСТУ, ЄСТД.

7.2 Комплект конструкторської документації повинен складатися з:

- а) пояснювальна записка;
- б) схема структурна виробу;
- в) схема електрична принципова виробу;
- г) креслення друкованої плати;
- д) складальне креслення друкованого вузла;

8 Виконавець зобов'язаний представляти результати роботи згідно календарного плану.

9 Під час виконання дипломного проекту в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення по узгодженні сторін.

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка <sup>75</sup>					
Конденсатори								
K53-4 ОЖ0.464.096 ТУ								
C1	K53-4-15В-4,7 нФ	1						
C2,C8	K53-4-15В-1 нФ	2						
C3,C9...C11,C15,C17,C19	K53-4-15В-0,1 мкФ	7						
C21,C23	K53-4-15В-0,1 мкФ	2						
C4	K53-4-15В-3,3 пФ	1						
C5	K53-4-15В-4,7 пФ	1						
C6	K53-4-15В-470 пФ	3						
C7,C20,C25	K53-4-15В-100 пФ	2						
C12,C14	K53-4-15В-2,7 пФ	1						
C13	K53-4-15В-1 пФ	1						
C16	K53-4-15В-150 пФ	1						
C18,C22	K53-4-15В-10 пФ	2						
C24	K53-4-15В-330 пФ	1						
C25	K53-4-15В-3 пФ	1						
Мікросхеми								
DA1	TRF6900	1						
DA2	MAX3232	1	Maxim					
Котушки індуктивності								
L1	LQW1608-4,7	1	Murata					
L2,L3	LQW1608-10	2	Murata					
L4	LQW1608-8,2	1	Murata					
L5	LQH1N2RZJ0-4 2,	1	Murata					
ФПТ 6.110.012.000 ПЕЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Стасюк В.Б.				Друкований вузол Перелік елементів	Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Дедів Л.Є.							
Н. Контр.						ФПТ, гр. РБм-61		
Реценз.								
Затверд.								



Форма	Зона.	Поз.	Найменування	Найменування	Кіл.	Примітка	
				<u>Документація</u>			
A1			ФПТ 6.110.012.000 ПЕЗ	Складальне креслення			
A2			ФПТ 3.110.012.000 ЕЗ	Схема електрична			
				<u>Деталі</u>			
		1	ФПТ 7.110.012.000	Плата друкована	1		
		2	ФПТ 6.110.012.001	Прокладка	1		
		3	ФПТ 6.110.012.002	Прокладка	1		
				<u>Стандартні вироби</u>			
				<u>Інші вироби</u>			
				Діоди			
		4		SMV1247-079	2	VD1,	
				Конденсатори			
				K53-4 ОЖО.464.096 ТУ			
		5		K53-4-15В-4,7 нФ	1	C1	
		6		K53-4-15В-1 нФ	2	C2,C8	
		7		K53-4-15В-0,1 мкФ	7	C3,C9...C11,C15, C17,C19	
		8		K53-4-15В-0,1 мкФ	2	C21,C23	
		9		K53-4-15В-3,3 пФ	1	C4	
		10		K53-4-15В-4,7 пФ	1	C5	
		11		K53-4-15В-470 пФ	1	C6	
			ФПТ 6.110.012.000				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			
Розроб.		Стасюк В.Б			Лім.	Арк.	
Перевір.		Дедів Л.Є.				Аркушів	
Н. Контр.					ФПТ, гр. РБм-61		
Затверд.							
Рецензент							
Друкований вузол							

Форма	Зона.	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
		12		K53-4-15B-100 пФ	3	C7,C20,C25
		13		K53-4-15B-2,7 пФ	2	C12,C14
		14		K53-4-15B-1 пФ	1	C13
		15		K53-4-15B-150 пФ	1	C16
		16		K53-4-15B-10 пФ	2	C18,C22
		17		K53-4-15B-330 пФ	1	C24
		18		K53-4-15B-3 пФ	1	C25
				Резистори		
				C2-23-0,125 ОЖО.464.080		
		19		C2-23-0,125-6,2 кОм $\pm 10\%$	1	R1
		20		C2-23-0,125-10 кОм $\pm 10\%$	3	R2,R3,R7
		21		C2-23-0,125-100 кОм $\pm 10\%$	1	R4
		22		C2-23-0,125-100 Ом $\pm 10\%$	1	R5
		23		C2-23-0,125-39 кОм $\pm 10\%$	1	R6
				Мікросхеми		
		24		TRF6900	1	DA1
		25		MAX3232	1	DA2
				Котушки індуктивності		
		26		LQW1608-4,7	1	L1
		27		LQW1608-10	2	L2,L3
		28		LQW1608-8,2	1	L4
		29		LQH1N2RZJ0-4 2,	1	L5
		30		Фільтри SFECV10.7H-A	2	BPF1, BPF2
				Резонатор		
		31		РК-02МД-11,0592МГц	1	Z1
ФПТ 6.110.012.000						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

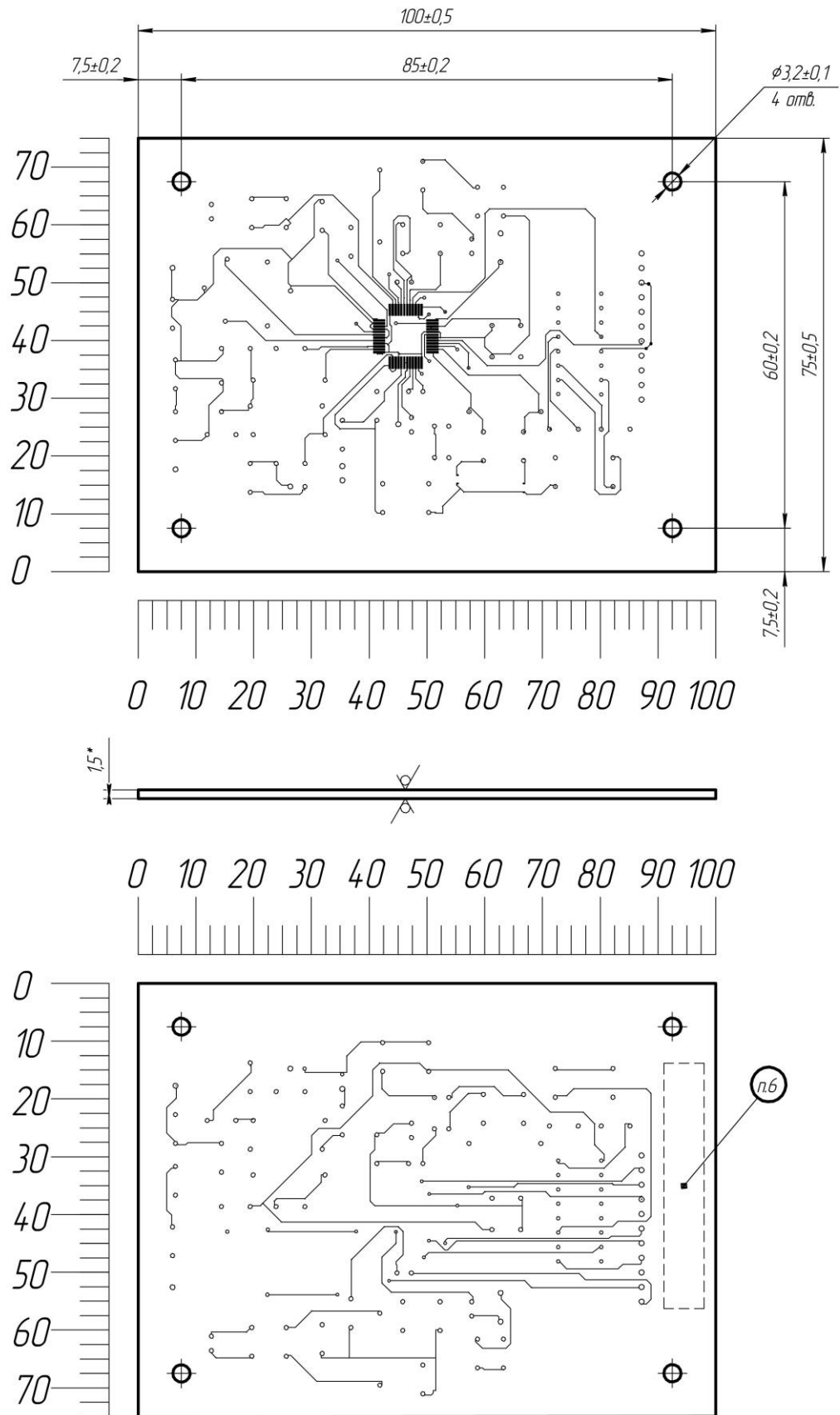


Рис. 1.Г. Топологія друкованої плати

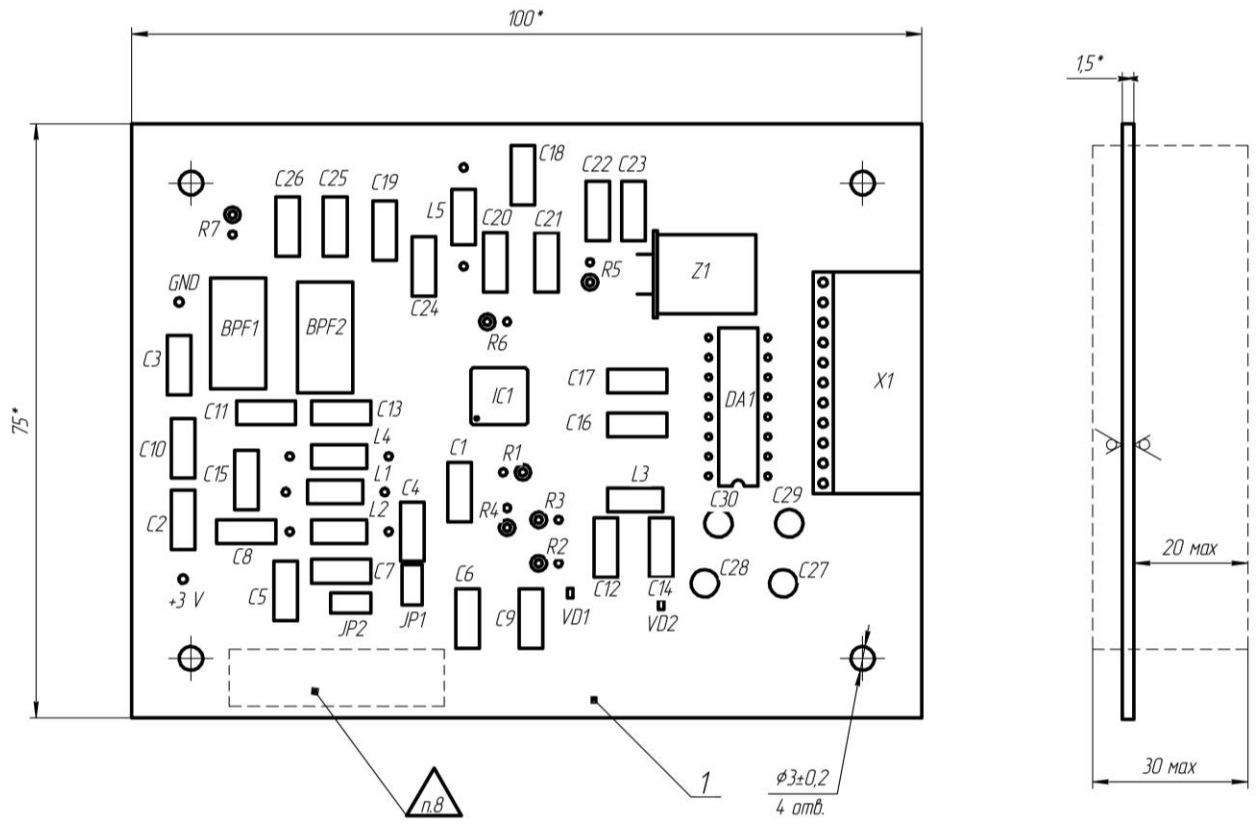


Рис. 2.Г. Компоновка друкованого вузла



Додаток Д  
Тези конференції

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

МАТЕРІАЛИ

VIII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,  
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



9–10 грудня 2020 року

ТЕРНОПІЛЬ  
2020

УДК 621.396.44

**В.Б. Стасюк, Л.Є. Дедів, к.т.н., доц.**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

### **ПРИЙОМ ТА ПЕРЕДАЧА БІОМЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ ПО РАДІОКАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ**

UDC 621.396.44

**V.B. Stasyuk, L.Ye. Dediv, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **RECEPTION AND TRANSMISSION OF BIOMEDICAL SIGNALS ON THE RADIO CHANNEL**

Враховуючи сучасний рівень розвитку науки і техніки важливим в області розроблення медичних експертних діагностичних систем є забезпечення можливості накопичення медико-біологічної інформації, доступу до неї лікарів та експертів та інформування пацієнтів. При цьому актуальним є питання прийому та передачі біомедичної інформації між пацієнтами та лікарями (медичними консультантами) при реалізації принципів дистанційної медицини та телемедицини.

Якщо мова йде про забезпечення обміну інформацією між пацієнтом та лікарем в межах одного приміщення чи лікарні, можливим є застосування наявних ресурсів та мереж, зокрема наявних інтернет-мереж, безпроводних WiFi мереж, мереж електроживлення, телефонних кабельних мереж. Однак в усіх цих випадках виникає складність технічної організації обміну даними, оскільки це потребуватиме додаткових технічних пристроїв.

У випадку неможливості використання наявних мереж обміну даними можливим є розроблення системи передачі даних по каналам радіозв'язку. Так, у випадку біомедичних систем контролю функціонального стану організму людини чи виявлення або попередження критичних станів важливим є відбір та оцінювання окремих груп біосигналів, які характеризуються наявністю коливної структури. В цьому випадку проводиться відбір біомедичних сигналів, попереднє їх опрацювання та передача на базовий засіб опрацювання та прийняття рішення, формування цього рішення та зворотня передача на електронний пристрій пацієнта. Таким чином може виконуватись дистанційний контроль тиску, частоти серцевих скорочень, електрокардіограми та багатьох інших фізіологічних параметрів та біомедичних сигналів пацієнта з можливістю прогнозування та попередження патологічних станів дистанційно.

Для обміну ж даними можливим є використання відомих методів перетворення біомедичних сигналів, що ґрунтуються на методах часового та частотного ущільнення, перенесення спектрів, кодування та прийому/передачі цифрових сигналів. У випадку аналогових біомедичних сигналів методи часового та частотного ущільнення можуть бути реалізовані у вигляді так званих технологій TDM (Time Division Multiplexing) та FDM (Frequency-Division Multiplexing). В першому випадку йдеться про використання мультиплексування з поділом в часі а в другому випадку – мультиплексування кількох потоків даних в один спільний простір. Як канал передачі даних може бути використаний радіоканал.

При цьому актуальним технічним завданням є розроблення таких технічних засобів прийому та передачі біомедичних сигналів по каналу радіозв'язку із врахуванням структури та параметрів таких сигналів і способів їх кодування для мінімізації втрати інформації а процесі такого прийому/передачі.

<b>Т. Лечаченко</b> ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ ВАРТОСТІ НАВЧАННЯ В СИСТЕМІ ДУАЛЬНОЇ ФОРМИ ОСВІТИ	
<b>T. Lechachenko</b> FORMULATION OF THE OPTIMIZATION COST PROBLEM OF TRAINING IN THE SYSTEM OF DUAL FORM OF EDUCATION	178
<b>А. П'єх, Л. Дедів</b> ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОСНУ	
<b>A. Pieh, L. Dediv</b> TECHNICAL MEANS FOR ELECTRIC SLEEP	179
<b>М. Пласконь</b> ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВЛАШТУВАННЯ ПОКРІВЕЛЬ ІЗ ПВХ МЕМБРАНИ	
<b>M. Plaskon</b> TECHNOLOGICAL FEATURES OF ARRANGEMENT OF ROOFS FROM PVC MEMBRANE	180
<b>А. Рішко, В. Ігнатська</b> МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ РЕБРИСТО-КІЛЬЦЕВОГО КУПОЛА	
<b>A. Rishko, V. Ihnatieva</b> MODELING OF RIBBED-CIRCULAR DOME	181
<b>О. Сікора, Р. Макогін</b> СИСТЕМА «ЕЛЕКТРОННИЙ РОЗКЛАД ЗАНЯТЬ» ЯК СКЛАДОВА ВІРТУАЛЬНОГО ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ЗАКЛАДУ ОСВІТИ	
<b>O. Sikora, R. Makogin</b> SYSTEM «ELECTRONIC TIMETABLE» AS A PART VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENT OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS	182
<b>В. Стасюк, Л. Дедів</b> ПРИЙОМ ТА ПЕРЕДАЧА БІОМЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ ПО РАДІОКАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ	
<b>V. Stasyuk, L. Dediv</b> RECEPTION AND TRANSMISSION OF BIOMEDICAL SIGNALS ON THE RADIO CHANNEL	183
<b>О. Біланчук, І.І Гоч, В. Білун, В. Мендзяк</b> АНАЛІЗ ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ	
<b>O. Bilanchuk, I. Hoch, V. Bilun, V. Mendziak</b> ANALYSIS OF THE OPTIMAL OPERATING MODES FOR RECTIFICATION COL	184
<b>В. Дорогій, В. Литовка, В. Пирха</b> АНАЛІЗ МЕТОДИКИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ ПОЛИВУ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ	
<b>V. Dorohii, V. Lytovka, V. Pyrkha</b> ANALYSIS OF METHODS FOR CONSTRUCTION GREENHOUSE IRRIGATION SYSTEMS	185
<b>Н. Супрун, Ю. Юркевич, Т. Бариш, М. Гльос</b> ОСОБЛИВОСТІ ВАКУУМНОЇ РЕКТИФІКАЦІЇ	
<b>N. Suprun, Yu. Yurkevych, T. Barysh, M. Hlos</b> FEATURES OF VACUUM RECTIFICATION	186
<b>О. Фіялка, А. Хильський, Т. Хомик, Ю. Черв'яков</b> ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ БАШТОВО-РОЗПИЛЮВАЛЬНОЇ СУШАРКИ	
<b>O. Fiialka, A. Khylskyi, T. Khomyk, Yu. Cherviakov</b> FEATURES OF THE WORK OF THE TOWER-SPRAY DRYER	187