

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)

« »

2020 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 163 Біомедична інженерія

(шифр і назва спеціальності)

студенту Заверусі Андрію Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізований прилад для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів

Керівник роботи Хвостівський Микола Орестович, к.т.н., доц.

(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 _____

3. Вихідні дані до роботи Базовий прототип приладу для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів

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

1. Аналітична частина

2. Основна частина

3. Науково-дослідна частина

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

1. Актуальність роботи; 2. Математична модель приладу та її експериментальне дослідження;

3. Схема структурна електрична базового приладу; 4. Схема структурна електрична

модернізованого приладу; 5. Схема електрична принципова модернізованого приладу; 6. Блок-

схема роботи мікроконтролера; 7. Друкований вузол модернізованого приладу; 8. Друкована

плата модернізованого приладу; 9. Техніко-економічні показники модернізованого приладу;

10. Висновки

АНОТАЦІЯ

Theme of qualification work: «Модернізований прилад для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів» // Кваліфікаційна робота // Заверуха Андрій Володимирович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РБм-61 // Тернопіль, 2020 // с. – 115, рис. – 49, табл. – 12, додат. – 9, бібліогр. –38.

Ключові слова: ПРИЛАД ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ЗА ТЕМПЕРАТУРОЮ ВІДДАЛЕНИХ МЕДИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ, ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, СХЕМА СТРУКТУРНА, СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА, КОНСТРУЮВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА, ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ.

Кваліфікаційну роботу присвячено модернізації приладу для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів з метою покращення техніко-економічних показників, що є актуальною роботою в галузі розробок медичних приладів.

Знайдено шляхи модернізації приладу на підставі огляду відомих приладів. Для експериментального дослідження функціональності приладу розроблено його математичну модель у вигляді перетворювача з температури в електричну величину та модулятора з амплітудно-балансною модуляцією. Експериментальне дослідження проведено в середовищі MATLAB.

На підставі аналізу схеми структурної та електричної принципової базового приладу знайдено шляхи щодо його модернізації. Модернізовано схеми структурну та електричну принципову базового приладу, що забезпечило покращення його техніко-економічних параметрів. Здійснено процедуру параметричного синтезу модернізованого приладу та оцінено його експлуатаційні характеристики.

ANNOTATION

The theme of the thesis: "Upgraded device for remote monitoring of the remote medical facilities temperature" // Qualification work // Zaverukha Andriy Volodymyrovych // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, group RBm-61 // Ternopil, 2020 // p. – 115, fig. – 49, tab. – 12, Add – 9, Ref. – 38.

KEYWORDS: DEVICE FOR REMOTE MONITORING AT A TEMPERATURE OF REMOTE MEDICAL OBJECTS, SPECIFICATION, MATHEMATICAL MODEL, SCHEMATICS STRUCTURAL SCHEME ELECTRIC CONCEPT, DESIGN, PRODUCTION PROCESSES, PERFORMANCE, ECONOMIC CALCULATIONS.

Qualification work is devoted to the modernization of the device for remote monitoring of the temperature of remote medical facilities in order to improve the technical and economic indicators, which is relevant in the field of development of medical devices.

Ways to modernize the device are found on the basis of a review of known devices. For experimental research of functionality of the device its mathematical model in the form of the converter from temperature in electric size and the modulator with amplitude-balance modulation is developed. The experimental study was performed in MATLAB.

On the basis of the analysis of the scheme of the structural and electrical principle of the basic device the ways of its modernization are found. The structural and electrical schematics of the basic device were modernized, which ensured the improvement of its technical and economic parameters. The procedure of parametric synthesis of the modernized device is carried out and its operational characteristics are estimated.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	11
1.1. Аналіз технічного завдання.....	11
1.2. Огляд відомих рішень.....	13
1.2.1. Аналіз відомих приладів.....	13
1.2.2. Актуальність модернізації приладу.....	23
1.3. Висновки до розділу 1.....	24
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	25
2.1. Конструкторська частина.....	25
2.1.1. Конструкторський аналіз схемо-технічних рішень приладу.....	25
2.1.1.1 Аналіз структурної схеми базового приладу.....	25
2.1.1.2. Модернізація структурної схеми базового приладу.....	26
2.1.1.3. Аналіз схеми електричної принципової базового приладу.....	28
2.1.1.4. Модернізація схеми електричної принципової приладу.....	33
2.1.1.5. Синтез роботи мікроконтролера.....	36
2.1.2. Параметричний синтез приладу.....	38
2.1.2.1. Розрахунок вузла індикації.....	38
2.1.2.2. Розрахунок низькочастотного трансформатора блоку живлення.....	40
2.1.2.3. Розрахунок точності мікроконтролера ATMEGA32.....	46
2.1.2.4. Обґрунтування та вибір елементів.....	48
2.1.3. Розробка конструкції приладу.....	56
2.1.3.1. Вибір типу корпусу.....	56
2.1.3.2. Розрахунок механічної міцності та вібростійкості приладу.....	59
2.1.3.3. Електромагнітна сумісність.....	63
2.1.3.4. Розрахунок режимів тепломасопереносу та оптимізація теплових режимів.....	64
2.2. Технологічна частина.....	68
2.2.1. Адаптація до типу виробництва.....	68
2.2.2. Проектування технологічного процесу.....	71

	7
2.3. Висновки до розділу 2.....	74
РОЗДІЛ 3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	75
3.1. Математична модель приладу як ядро теоретичного дослідження.....	75
3.2. Експериментальна верифікація теоретичних результатів.....	79
3.3. Економічні розрахунки.....	82
3.4. Висновки до розділу 3.....	85
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	87
4.1. Охорона праці.....	87
4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	90
4.3. Висновки до розділу 4.....	93
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	94
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	95
ДОДАТОК А. Технічне завдання.....	99
ДОДАТОК Б. Схема структурна електрична базового приладу.....	102
ДОДАТОК В. Схема структурна електрична модернізованого приладу.....	103
ДОДАТОК Г. Схема електрична принципова модернізованого приладу.....	104
ДОДАТОК Д. Перелік елементів до схеми електрична принципова модернізованого приладу.....	105
ДОДАТОК Е. Друкований вузол модернізованого приладу.....	108
ДОДАТОК Є. Специфікація до друкованого вузла модернізованого приладу.....	109
ДОДАТОК Ж. Друкована плата модернізованого приладу.....	113
ДОДАТОК З. Копія тези конференції.....	114

ВСТУП

Актуальність роботи. Автоматичне контролювання є першою ланкою процесу автоматизації, без коректного функціонування якого не є можливим створення техніко-ефективних автоматизованих систем керування. Важливу ланку при контролюванні займає процедура отримання інформації про числові показники температури у різних локальних місцях медичного приміщення (лікарні, поліклініці, санаторії і т.д.). Наприклад в лікарні при лікуванні хворих в палатах є потреба отримання інформації про показники температури тіла пацієнта, оточуючого середовища, теплоносія, води, та інші, що має визначальний вплив на якість діагностики.

Для того, щоб контролювати рівень температури обслуговуючий медичний персонал, має час від часу обійти всі об'єкти і перевірити числові показники температури. Оскільки така методика перевірки температури займає багато часу, тому доцільним є використати дистанційний контроль температури медичних об'єктів, в основі якого лежить вимірювання та передача температури через радіоканал. Крім того, даний засіб телеметрії є значно безпечніший ніж ртутні термометри і підвищує загальний рівень санітарно-гігієнічних норм.

На сьогодні відомі прилади для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів, такі як КВАНТ-1000М1 (фірма КВАНТ) [36], МТ-3 (фірма МегаТел) [37], ИТ-2 (фірма ЦКБ ГМП) [38] та ряд інших, які уможливають оперативне отримання показників температури від відокремлених відстанню приміщень або кімнат в лікарнях, поліклінік, і т.д. Проте ці прилади характеризуються високою вартістю і є недоступними більшості споживачів, тому модернізація дешевого базового приладу є актуальною науково-інженерною задачею.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є модернізація базового варіанту приладу для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів з метою покращення техніко-економічних показників.

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести аналіз відомих приладів для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів для обґрунтування напрямку дослідження.

2. Розробити математичну модель приладу для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів для дослідження функціональності його роботи.

3. Дослідити математичну модель приладу для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів засобами комп'ютерного моделювання.

3. Проаналізувати схеми структурну та електричну принципового базового приладу для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів з метою пошуку шляхів його модернізації.

4. Здійснити процедуру модернізації схеми структурної та електричної принципової базового приладу для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів з метою покращення його техніко-економічних показників.

5. Здійснити параметричний синтез модернізованого приладу для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів.

6. Розробити конструкцію та структуру технологічного процесу виробництва та модернізованого приладу для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів.

Об'єкт дослідження: процес модернізації приладу для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів.

Предмет дослідження: інженерні схемотехнічні та конструкторські рішення з області розробок приладів медичного призначення.

Методи дослідження: аналогова та цифрова схемотехніка, мікропроцесорна техніка.

Практичне значення. Модернізований прилад дає змогу на практиці здійснити дистанційний моніторинг за значеннями температури від віддалених медичних об'єктів.

Публікації.

Викладені в роботі результати доповідалися та обговорюватися на III-ій Міжнародній студентській науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“ (23-24 квітня 2020 р.).

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз технічного завдання

Метою роботи є модернізація приладу для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів (надалі приладу).

Прилад повинен відповідати технічним вимогам із урахуванням аналізу потреб ринку:

- Напруга живлення 5 В;
- Потужність споживання не більше 0,5 Вт;
- Робочий діапазон частот 310 МГц – 800 МГц;
- Швидкість передачі даних до 76,5 біт/с;
- Час встановлення робочого режиму не перевищує 3с;
- Температурний діапазон від -10° С до +125° С;
- Точність вимірювання температур 0,1°С;
- Час встановлення робочого режиму не перевищує 2 с;
- Захист від перевантаження по струму повинен бути автоматичний;
- Режим перепрограмування мікропроцесорного блоку приладу;
- Можливість підключення до ПК із інтерфейсом RS-232С;
- Дистанційне керування роботою приладу.

Аналізуючи технічне завдання можна зробити висновок, що прилад «ДКТ-01» для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів відноситься до наземного класу радіоапаратури. Група використання переносна, підгрупа професійна. Згідно цієї класифікації модернізуючий прилад можна буде експлуатувати в закритих приміщеннях з природною вентиляцією без кондиціонера, тобто в приміщеннях, які не регулярно опалюються а й в приміщеннях з штучним кліматом.

Згідно технічного завдання, відносній стійкості до кліматичних впливів розроблюваний прилад відноситься до виконання УХЛ 4.2 згідно ГОСТ 20790-82, виходячи звідки випливають наступні умови експлуатації:

- межі зміни температури $-55\dots+125^{\circ}\text{C}$;
- межі зміни вологості повітря до 80% при температурі $+25^{\circ}\text{C}$;
- межі зміни атмосферного тиску $80\text{кПа}\dots100\text{кПа}$;
- механічні навантаження повинні бути незначні і відповідати ГОСТ 20790-82.

Аналізуючи технічне завдання слід зауважити, що прилад який потрібно розробити по електробезпеці повинен відповідати ГОСТ 5044-92 і бути виконаним згідно вимог I класу захисту. По ступеню захисту від ураження електричним струмом прилад для телеметричного вимірювання температури відноситься до класу В. При експлуатації приладу заземлення не потрібне.

Конструкція приладу повинна мати прямокутну форму, розмірами не більше $192\times120\times50\text{мм}$. Принципова електрична схема повинна бути реалізована на друкованій платі, яка може бути поміщена в корпусі.

Маса приладу не повинна перевищувати 1 кг. Конструкція повинна бути виконана в настільному варіанті.

З точки зору надійності електрорадіоелементи повинні бути підібрані з максимальними терміном служби (мінімальною інтенсивністю відмов) з метою підвищення надійності виробу в цілому.

Відносно вимог до ергономіки та естетики конструкція приладу повинна відповідати силовим, швидкісним і рецепторним можливостям людини. Особливу увагу потрібно звернути на кількість і розміри написів на передній панелі приладу.

Аналізуючи технічне завдання з точки зору конструкції слід зауважити, що конструкція повинна мати прямокутну форму, всі елементи індикації, а також органи управління повинні бути винесені на передню панель і чітко відображати той чи інший режим роботи

1.2. Огляд відомих рішень

1.2.1. Аналіз відомих приладів. Фірма КВАНТ випускає систему „КВАНТ-1000М1” [36], яка призначена за функціональністю для збору інформації телеметричного характеру від технічної апаратури об'єктів віддалених засобами радіозв'язку. Комплект системи оснащений вхідними шлейфами (10 шт.) „струмова петля”, яка дає змогу контролювати цілісність будь-якого вхідного шлейфу. Інформаційним джерелом вхідних шлейфів можуть виступати релейні контакти, перемикачі або видалені тумблера. Назва або призначення вхідного шлейфу передусім визначається користувачем для окремо взятого віддаленого об'єкта із використанням програмного забезпечення, що є складовою комплексу. При від'єднанні вхідного шлейфу на видаленому об'єкті комплект системи відразу передає дане інформаційне повідомлення по радіоканалу на станцію центрального спостереження (СЦС). Системою також передбачено кнопку виклику екстреної служби на видалений об'єкт у випадку від'єднання вхідного шлейфу.

Перевірка коректності роботи апаратури віддаленого досліджуваного об'єкта здійснюється як в ручному режимі шляхом натиснення кнопки так і шляхом цілодобового автоматичного режиму. Під час надходження сигналу від апаратури досліджуваного віддаленого об'єкта СЦС розпочинає фіксацію поступаючих сигналів та їх запам'ятовує або в незалежній пам'яті, або на накопичувачі ПК. Також усі поступаючі сигнали візуалізуються на екрані ПК, а екстрені сигнали виклику, спрацьовування шлейфу, сигнал розряду акумуляторів друкуються на принтері, який підключено до ПК. Система використовує коди з надмірним кодуванням вхідної/вихідної інформації і надійним ступенем захисту.

Розрахункові числові показники ймовірнісні характеристик приймання СЦС тестових контрольних сигналів «Автоматизована перевірка зв'язку», а також інших сигналів телеметричних від віддалених досліджуваних об'єктів засобами радіозв'язку наведено в таблиці 1.1.

Характеристики прийому контрольних тестових сигналів

Кількість віддалених досліджуваних об'єктів	Термін контролю тестових повідомлень від об'єкта	Ймовірність прийому СЦС повідомлення
6000	24 год.	0,999999
3000	12 год.	0,999999
1500	6 год.	0,999999
750	3 години	0,999999
250	1 год.	0,999999

За числовими показниками таблиці 1.1 встановлено, що при пропорційній зміні загальної кількості досліджуваних об'єктів в системі і повтору автоматизованого контролювання тестових сигналів, ймовірнісні числові характеристики системи не варіюють. В залежно від вимог та потреб замовника до складу системи, часу повторень контролю тестових повідомлень і загальних числових ймовірнісних показників системи.

Середній числовий показник «зайнятість» каналу радіозв'язку у виділеному радіочастотному автоматичному надсиланні від досліджуваних об'єктових комплектів апаратури до СЦС для приведеного розрахунку числові показники ймовірнісних характеристик, які наведено в таблиці 1.1, не перевищує 33–35% від загального часу для максимального числа віддалених досліджуваних об'єктів.

Радіоканальний умовний час «вільний», який в середньому рівний 65–67% від часу загального, є зарезервованим для передавання сигналів спрацьовування та виклику екстреного будь-якого шлейфу на об'єктах віддаленої системи, і котрі є рідкісними у порівнянні із сигналами автоматичної ідентифікації зв'язку, що приймаються від віддалених об'єктів на СЦС в режимі повного автоматизму. Будова, інформаційна надлишковість сигналів виклику екстреного типу або сигналів аварійного спрацьовування від будь-якого шлейфу на об'єктах віддаленої системи, і котрі є рідкісними у порівнянні із сигналами автоматичної ідентифікації зв'язку, що приймаються від віддалених

об'єктів на СЦС, що формує вищі показники достовірності їх одержання апаратурою СЦС на відміну від сигналів автоматизованої ідентифікації зв'язку.

Блок апаратури об'єкта віддаленого системи «КВАНТ-1000М.1» є вмонтований в корпус пластиковий із класом захисту IP-65. Всередині корпусу комплекту апаратури локалізується радіопередавач. Із використанням РК-проводів радіопередавач підключається до антени передавальної, яку встановлено в місці зручному. Оскільки система працює в виділеному частотному діапазоні від 146 МГц до 174 МГц, тому загальна довжина РК-кабелю типу RG-58 може сягати від 20 м до 30 м без втрат потужності сигналу корисного в даному типі кабелю. Конструктивна особливість комплекту «КВАНТ-1000М.1» дає змогу щодо його експлуатацію в умовах з підвищеною вологістю середовища навколишнього та в умовах відповідної експлуатації згідно класу захисту IP 65.

Прилади центральної диспетчерської відстеження складається з 3-ох складових:

- Радіоприймальний модуль сигналів від радіопередавальних приладів об'єктів віддалених;
- мікропроцесорний блок опрацювання сигналів приймання;
- - ПК класу IBM-PC з ПЗ.

Мікропроцесорний блок опрацювання сигналів приймальних від приймача виконує такі функції:

- Виділення сигналів з сукупності шумів та сигналів, які передаються об'єктами віддаленими системи «ССТИ КВАНТ-1000М.1»;
- запам'ятовування сигналів переданих в пам'яті і їх вивід на дисплей вбудований у мікропроцесорному блоці;
- трансляція сигналів прийнятих на ПК з метою їх подальшого опрацювання, виводу на принтер і запам'ятовування диску ПК.

При виході з ладу ПК мікропроцесорний блок забезпечує нормальну роботи системи під час обробки, прийому та виводу на дисплей сигналів поступаючих від об'єктів віддаленої системи. В такому випадку оператор СЦС має за виведеним номером об'єкта віддаленого на дисплеї блоку

мікропроцесорного і зафіксувати адрес об'єкта віддаленого від якого поступили сигнали під час виходу ПК з ладу. На дисплеї мікропроцесорного блоку також виводиться функціональний стан шлейфів або результат натиснення кнопки виклику екстреного. Відповідні сигнали в автоматичному режимі запам'ятовуються в пам'яті незалежного типу. Службові сигнали від приладів об'єктів віддалених «Автоматичне тестування зв'язку» і «Ручне тестування зв'язку» відображаються лише на дисплеї мікропроцесорного блоку без запам'ятовування в пам'яті. Пам'ять мікропроцесорного блоку дає змогу зберігати двісті останніх сигналів виклику екстреного або спрацьовування будь-якого шлейфу приладів об'єктів віддалених.

Мікропроцесорний блок СЦС забезпечує автоматизований контроль лінії зв'язку між блоком та ПК. У разі непрацездатності лінії зв'язку між мікропроцесорним блоком та ПК, ПК формує на дисплеї інформацію, а мікропроцесорний блок активує вмонтовану сирену.

У СЦС застосовується ПК класом IBM-PC із спеціалізованим ПЗ. ПЗ ПК здійснює контролює п риходу посилок контролю від приладів об'єктів віддалених, відображає на дисплеї сигнали поступлення, зберігає у пам'яті hdd сигнали спрацьовування від усіх шлейфів і викликів екстрених, сигнали “Акумулятор розряджений” на об'єкті, роздруковує поступаючі сигналів з процедурою розшифрування адресу об'єкта, відповідного найменування шлейфу або найменування кнопки виклику екстреного.

Основні технічні параметри каналу передачі системи «ССТИ КВАНТ-1000M1»:

1. Робочі частоти: 145-174 МГц.
2. Передавача потужність: 2,81 Вт.
3. Модуляції типу F1D та швидкість передачі сигналів 4,81 кБод.
4. Відхилення частоти 5 кГц.
5. Частотні відхилення передавача не перевищують $10 \cdot 10^{-6}$.
6. Чутливість приймального блоку: не менше 0,51 мкВ.
7. Вибірковість:

-по каналу сусідньому складає 80 дБ;

-по каналу побічному 80 дБ;

8. Крок зміни частоти складає 25 кГц.
9. Дальність зв'язку складає до 30 км.

Фірма МегаТел випускає вимірювач температури і вологості повітря МТ-3 [37].

Автоматизований вимірювач температури і вологості повітря МТ-3 призначений для вимірювання температури і вологості повітря, обробки результатів вимірювання і передачі їх по радіоканалу, на частоті 433 МГц.

По функціональних можливостях вимірювач МТ-3 замінює метеорологічні прилади встановлювані в метеорологічній будці типу БП.

Вимірювач МТ-3 може бути використаний як автономний датчик температури і вологості, а також у складі автоматичних метеорологічних станцій і інших вимірювальних систем. Зовнішній вигляд пристрою зображено на рисунку 1.2.



Рис. 1.2. Вимірювач температури і вологості повітря МТ-3

Основні характеристики вимірювача:

- Висока точність: температура ± 0.25 ; вологість $\pm 5\%$;
- Широкий діапазон робочих температур $-45 +50$
- Довготривала стабільність даних

- Зберігання в пам'яті більше 1000 вимірювань (7 діб, при інтервалі опитування 1 година)
- Передача даних по радіозв'язку (дальність зв'язку до 200м)
- Можливість роботи з GSM мостом
- Мікроспоживання, середнє енергоспоживання $< 10\text{мкА}$ від стандартного комплекту батарей 4xAA вимірювач працює більше 1 року.

Принцип дії МТ-3 базується на перетворенні метеорологічних параметрів температури і вологості повітря в електричні сигнали.

При вимірюванні температури повітря, використано властивість платиногового термометра опору реагувати на температурні зміни навколишнього середовища, зміною електричного опору.

Для вимірювання відносної вологості повітря використовується залежність лінійних розмірів людського волоса від вологості. Зміна лінійних розмірів волоса сприймається індуктивним перетворювачем.

Для визначення параметрів вологості повітря психрометрическим методом, коли по значеннях температури повітря і температури змоченого термометра обчислюються величини що характеризують вологість повітря, використовуються платинові термометри опору.

Вид одержуваної інформації відповідає прийнятим в метеорології стандартам, включаючи графічну.

Вимірювач МТ-3 забезпечує:

- Запис і зберігання даних вимірювань температури і вологості повітря.
- Передачу інформації по радіоканалу зв'язку.
- Розрахунок зміряних значень температури і відносної вологості повітря в одиницях фізичних величин.
- Розрахунок психометричних параметрів: відносної і абсолютної вологості, недоліку насичення і температури точки роси в одиницях фізичних величин.

- Визначення максимального і мінімального значень температур повітря між термінами вимірювання.
- Авто калібрування свідчень волосяного гігрометра розрахунковим шляхом на основі даних психометричних вимірювань за заданий період часу.
- Виведення метеорологічної інформації і інформації про стан джерела живлення в цифровому і графічному вигляді.

Підприємство ЦКБ ГМП випускає радіо термометр АМТ-2 [38], який призначений для вимірювання температури ґрунту, сипких, газоподібних і рідких середовищ, та інших об'єктів. Загальний вигляд пристрою зображено на рисунку 1.3.



Рис. 1.3. Загальний вигляд термометра АМТ-2

Технічні характеристики пристрою:

- Діапазон вимірюваних температур °С від -50 до +60
- Погрішність вимірювання температури °С, не более ±0,1
- Ціна одиниці молодшого розряду коду °С.....0,01

В якості давачів інформації використовується платиновий термометр опору, який забезпечує герметичність при тиску до 1 МПа (100м) та дистанційність датчиків до 100 метрів.

Можливості термометра АМТ-2:

- Почергове підключення до 10 датчиків, встановлених стаціонарно.
- Запис інформації в незалежну пам'ять з подальшим зчитуванням в ПЕОМ або на цифрове табло.

- Цифрова індикація інформації у реальному часі або передача в ПЕОМ по інтерфейсу Rs232.

Для польових агрометеорологічних спостережень дане підприємство виготовляє радіотермометр АМ-34, що дозволяє вимірювати поточні і екстремальні величини температури ґрунту на глибині вузла кушення озимих культур. Загальний вигляд приладу зображено на рисунку 1.4.



Рис. 1.4. Загальний вигляд приладу АМ-34

Технічні характеристики:

- діапазон вимірюваних температур °с від -50 до $+60$;
- погрішність вимірювання температури °с, не більше $\pm 0,2$;
- ціна одиниці молодшого розряду коду °с $0,01$;
- датчик температури стаціонарний платиновий мікроплівковий термометр опору;
- тип корпусу брызгозахисний;
- робочі умови експлуатації пси °с від -40 до $+40$
- термін автономної роботи не менше, рік 1

Можливості термометра АМ-34:

- Реєстрація мінімальної, термінової і максимальної температур ґрунту на глибині вузла кушення озимих зернових культур.

- Температурний контроль умов зберігання і транспортування продуктів харчування і медикаментів.
- Запам'ятовування мінімальної і максимальної температур в період між термінами спостереження.
- Запам'ятовування змінних значень в ПСИ з подальшим зчитуванням їх в ПЕОМ або оператором.
- ПСИ може обслуговувати від 1 до 9 БИР.
- Радіоканал для передачі інформації з блоку БИР в ПСИ, дистанційність до 3 м.

Для вимірювання напруги (мВ), щільності теплового потоку (Вт/м²) або температури (°С) по 16,32,48,64,80,96 каналах підприємство пропонує прилад ИТ-2 [41]. Результати вимірювання в мВ, Вт/м² або °С виводяться на монітор ПК у вигляді таблиці. Загальний вигляд багатоканального вимірювача температури зображено на рисунку 1.5.



Рис. 1.5. Загальний вигляд багатоканального вимірювача температури ИТ-2

Прилад дозволяє автоматично проводити вимірювання з датчиків температури (термопари) по 16,32,48,64,80,96 каналам залежно від виконання приладу з подальшою передачею даних на ЕОМ.

ИТ-2 може використовуватися як пристрій автоматизованого збору і обробки інформації різних телеметричних систем.

Прилад ИТ-2 в комплекті з перетворювачами щільності теплового потоку і термоелектричними перетворювачами може використовуватися у складі системи вимірювання термічного опору захищаючих конструкцій будівель і споруд.

Крім того, ИТ-2 можна використовувати для вимірювання теплових потоків в складній калориметричній системі, для вимірювання теплопровідності, теплоємності і т.д.

Функції, що виконуються приладом:

- Вимірювання напруги, щільність теплового потоку або температури по 16,32,48,64,80,96 каналам залежно від виконання приладу;
- Вимірювання температури холодних кінців термопар;
- Відображення результатів вимірювання на екрані монітора персонального комп'ютера;

Функції програмного забезпечення:

- зчитування вимірних значень в реальному масштабі часу з можливістю подальшої обробки;
- вибір режиму вимірювань: безперервне вимірювання або задана кількість циклів вимірювань (від 1 до 1000);
- вибір інтервалу часу між циклами вимірювань (0.60 хвилини);
- вибір опитуваних каналів (від 1 до 16, від 1 до 32, від 1 до 48 від 1 до 64, від 1 до 80, від 1 до 96);
- висновок в таблицю температури холодних кінців термопар;
- можливість висновку в таблицю часу або номера поточного вимірювання;
- збереження даних у файлі, який може бути оброблений як за допомогою програми обслуговування, так і будь-якими стандартними засобами, що дозволяють працювати з текстовими файлами. Також передбачена обробка засобами Microsoft Excel;
- проведення підстроювання приладу.

Технічні характеристики приладу наведені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2

Технічні характеристики приладу ИТ-2

Параметр	Значення
Кількість вимірювальних каналів	16, 32, 48, 64, 80, 96 залежно від виконання приладу
Діапазон вимірювання напруги з виходів датчиків, мВ	-99,999.+99,999
Межа абсолютної основної похибки, що припускається, мкВ	$\pm (5 + 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U_{зм})$, де $U_{зм}$ – значення модуля зміряної напруги, мкВ
Погрішність вимірювання температури холодних кінців термопар °С	$\pm 0,5$
Керування роботою здійснюється через IBM PC 486 і вище	
Зв'язок з комп'ютером	RS 232
Ступінь захисту від попадання всередину твердих тіл і води	IP20 по ГОСТ 14254-96
Живлення	220 В; 50 Гц
Струм споживання, не більше, мА	50
Габаритні розміри приладу, мм	250x110x355
Габаритні розміри пристрою компенсації УК-4, мм	190x40x80
Маса приладу, не більше, кг;	3,5
Напрацювання повністю, ч	25000
Середній термін служби, років.	8

1.2.2. Актуальність модернізації приладу. Згідно до проведеного аналізу сучасних розробок в області систем дистанційного вимірювання температури можна зробити висновок, що не зважаючи на високі технічні характеристики дані розробки не завжди відповідають специфіці українського ринку та не дозволяють повною мірою охопити певні області застосувань.

Такий висновок пояснюється тим, що продукція багатьох фірм та компаній, що мають багаторічний досвід роботи в даній області, продукція

яких хоча й має високі технічні характеристики, все ж таки недоступна переважачій більшості українських підприємств в зв'язку з високою вартістю цих систем або окремих їх компонентів.

Стрімкий розвиток мікропроцесорної техніки дозволяє створювати нові пристрої з високими технікоекономічними показниками. Так поява на рику модуля трансивера СС1000 дозволяє на його базі створювати недорогу та якісну прийомо-передавальну апаратуру.

Вимірювання такого параметру, як температура на великих відстанях вимагає прокладання кабельних мереж значної довжини, що не завжди є економічно доцільним.

Тому виникає необхідність модернізації відомих приладів для вимірювання температури з організацією безпроводної передачі інформації. Причому даний прилад повинен забезпечувати просте під'єднання до комп'ютера та можливість роботи в режимі ретрансляції сигналів від сусідніх вимірювачів температури, що дозволить підвищити дальність роботи системи.

1.3. Висновки до розділу 1

У розділі проаналізовано технічне завдання, проаналізовано відомі прилади та сформульовано актуальність модернізації приладу.

Зокрема встановлено, що відомі прилади для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів, такі як КВАНТ-1000М1 (фірма КВАНТ), МТ-3 (фірма МегаТел), АМТ-2 (фірма ЦКБ ГМП) та ряд інших, уможливають оперативне отримання показників температури від відокремлених відстанню приміщень або кімнат в лікарнях, поліклінік, і т.д. Проте ці прилади характеризуються високою вартістю і є недоступними більшості споживачів, тому модернізація дешевого базового приладу є актуальною інженерною задачею.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1. Конструкторська частина

2.1.1. Конструкторський аналіз схемо-технічних рішень приладу

2.1.1.1 Аналіз структурної схеми базового приладу. Одним з перших кроків для модернізації схеми електричної принципової є аналіз структурної схеми приладу, який є базою для модернізації. Аналіз структурної схеми є важливим етапом, оскільки саме після аналізу структури ми будемо модернізувати вузли приладу та забезпечувати зв'язки між ними, визначати об'єми та вигляд представлених проблем та способи і шляхи їх реалізації, особливості задання, генерування, передача, вимірювання сигналу впливу між блоками, а також питання узгодженої роботи блоків, засоби і методи досягнення при цьому необхідної швидкодії та точності. Слід зауважити, що на цій стадії формується кінцева структурна прилад «ДКТ-01» для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів (графічний результат проектування). Детально структурну схему приладу зображено на рисунку 2.1, яка включає в себе такі основні функціональні вузли, а саме: 1 – Термодавач, 2 - Вузол індикації, 3 – Мікроконтролер, 4 – Радіомодем, 5 - Формувач рівня сигналу, 6 – Фільтр, 7 – ПЕОМ та 8 – Антена.

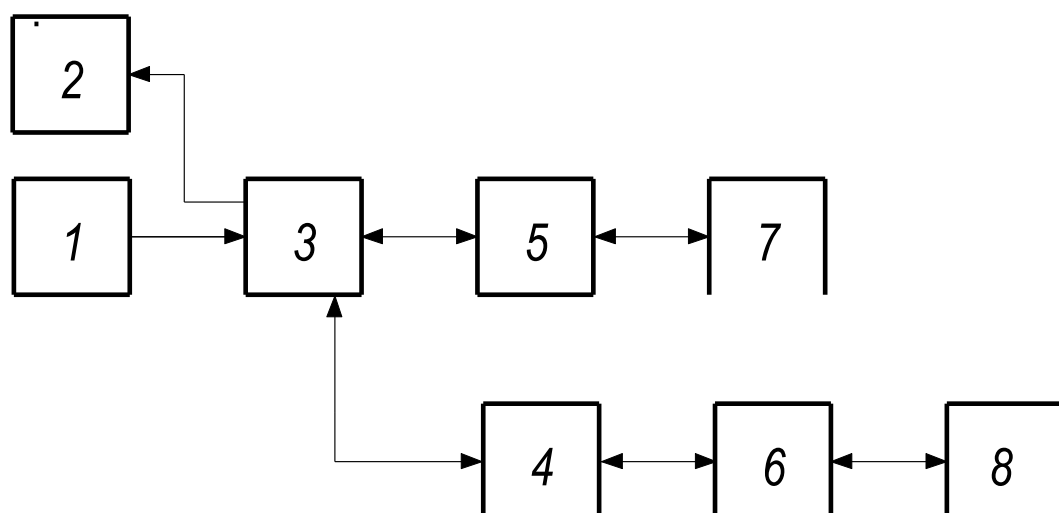


Рис. 2.1. Структурна схема базового приладу

Прилад працює в двох режимах: прийом та передача температурних даних через радіоканал.

В режимі передачі з виходу термодавача 1 напруга поступає на вхід мікроконтролера 3, звідки температурні дані поступають на ComPort ПЕОМ 7, через формувач рівня сигналу 5. В процесі передачі даних на відстань по радіоканалу з виходу мікроконтролера температурні дані поступають на вхід радіомодему 4, який їх пакує, моделює та подає на антену 8, через фільтр 6.

В режимі прийому (збір температурних даних) сигнал прийнятий антеною 8, поступає на вхід вхідного фільтра 6, який вибирає необхідний частотний діапазон, в якому температурні дані передаються і приймаються. З виходу фільтра 6 сигнал поступає на вхід радіомодему 4, де відбувається процес демодуляції. З виходу радіомодему 4 сигнал поступає на вхід мікроконтролера 3, де сигнал обробляється і подається на вхід Com-порту ПЕОМ 7 через формувач рівня сигналу 6. В режимі прийому мікроконтролер програмно припиняє вимір температури (моніторинг), даний контроль здійснюється користувачем ПЕОМ 8, який з виходу Com-порту ПЕОМ 8 подає керуючий сигнал на вхід мікроконтролеру 4 через формувач рівня сигналу 5.

2.1.1.2. Модернізація структурної схеми базового приладу. Аналізом структури приладу встановлено, що йому притаманний ряд недоліків, а саме:

- відсутня можливість перепрограмування мікроконтролера, оскільки від алгоритму його роботи залежить уся робота приладу;
- відсутність елементів керування приладом;
- відсутність збільшення передачі температурних даних на більшу відстань шляхом підключення зовнішнього радіомодему.

Враховуючи вище сформульовано недоліки модернізовано схему базового приладу шляхом внесення у його структуру нових структурних одиниць, які зображено на рис.2.2.

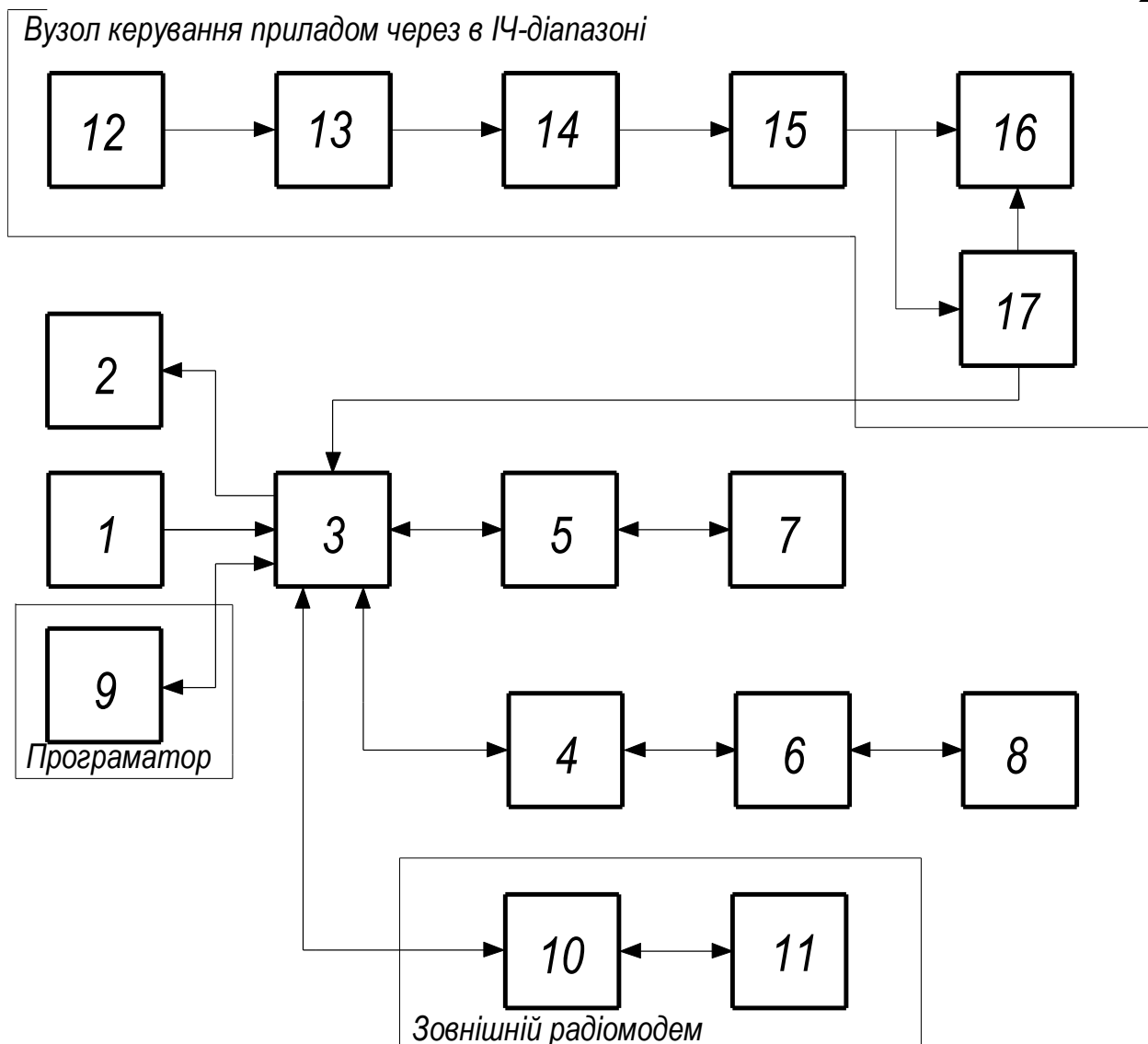


Рис. 2.2. Модернізована структурна схема приладу

На рисунку 2.2 позначено: 1 – Термодавач, 2 - Вузол індикації, 3 – Мікроконтролер, 4 – Радіомодем, 5 - Формувач рівня сигналу, 6 – Фільтр, 7 – ПЕОМ, 8 – Антена, 9 – програматор, 10 - Формувач рівня сигналу, 11 - Зовнішній радіомодем, 12 – Фотодавач, 13 – Підсилювач, 14 – Демодулятор, 15 – Тригер, 16 - Лічильник-декодер та 17 - Часо-затримувач.

Процес підключення зовнішнього радіомодему забезпечується через формувач рівень сигналу 10, який узгоджує вихід мікроконтролера 3 з входом зовнішнього радіомодему 11, і наоборот.

До входу портів мікронтролера 3 підключено програматор 9, який уможливорює процес його перепрограмування.

Процес дистанційного керування роботою приладу реалізований наступним чином. З виходу мультивібратора передавача (пульта керування) модульований сигнал керування широко-імпульсною модуляцією через мигання світлодіода в інфрачервоному діапазоні постає на вхід фототранзистора приймача 12. З виходу фототранзистора 12 сигнал поступає на вхід блоку 13 підсилення (збільшення амплітуди сигналу керування по амплітуді) та демодуляції 14. Після підсилення і демодуляції сигнал поступає на вхід тригера 15, який формує імпульси для запуску лічильника-декодера 16. Для скидання лічильника в початковий стан (обнуління лічильника) використано блок часо-затримувача 17.

2.1.1.3. Аналіз схеми електричної принципової базового приладу. В якості термодавача, який підключається до роз'єму X1 (рисунок 2.3), застосовуємо цифровий датчик температури з програмуючою роздільною здатністю і 4-розрядним ID.

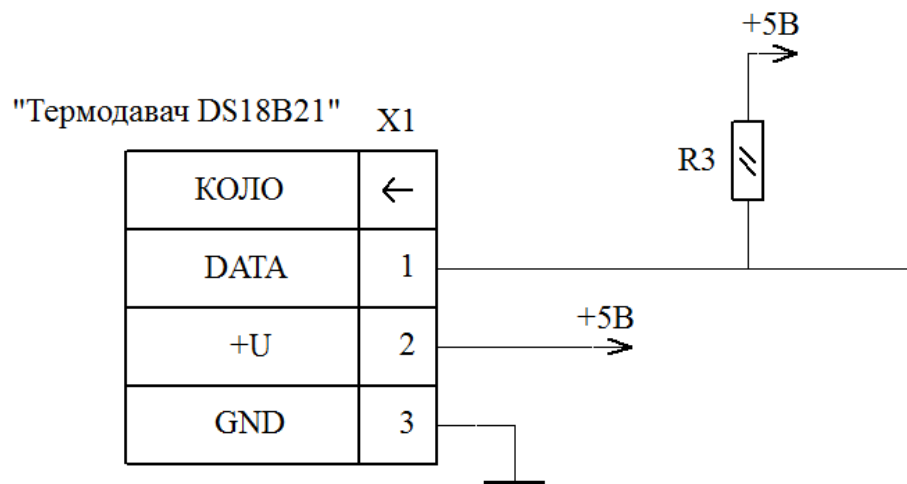


Рис. 2.3. Роз'єм для підключення термодавача

DS 1825, який дає можливість настройки для 9-12 розрядного вимірювання температури від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$, при цьому при змінні в діапазоні від -10°C до $+85^{\circ}\text{C}$ з максимальною похибкою $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

З виходу термодавача напруга поступає на вхід порта PA0.1 мікроконтролера DD1 (рисунок 2.4).

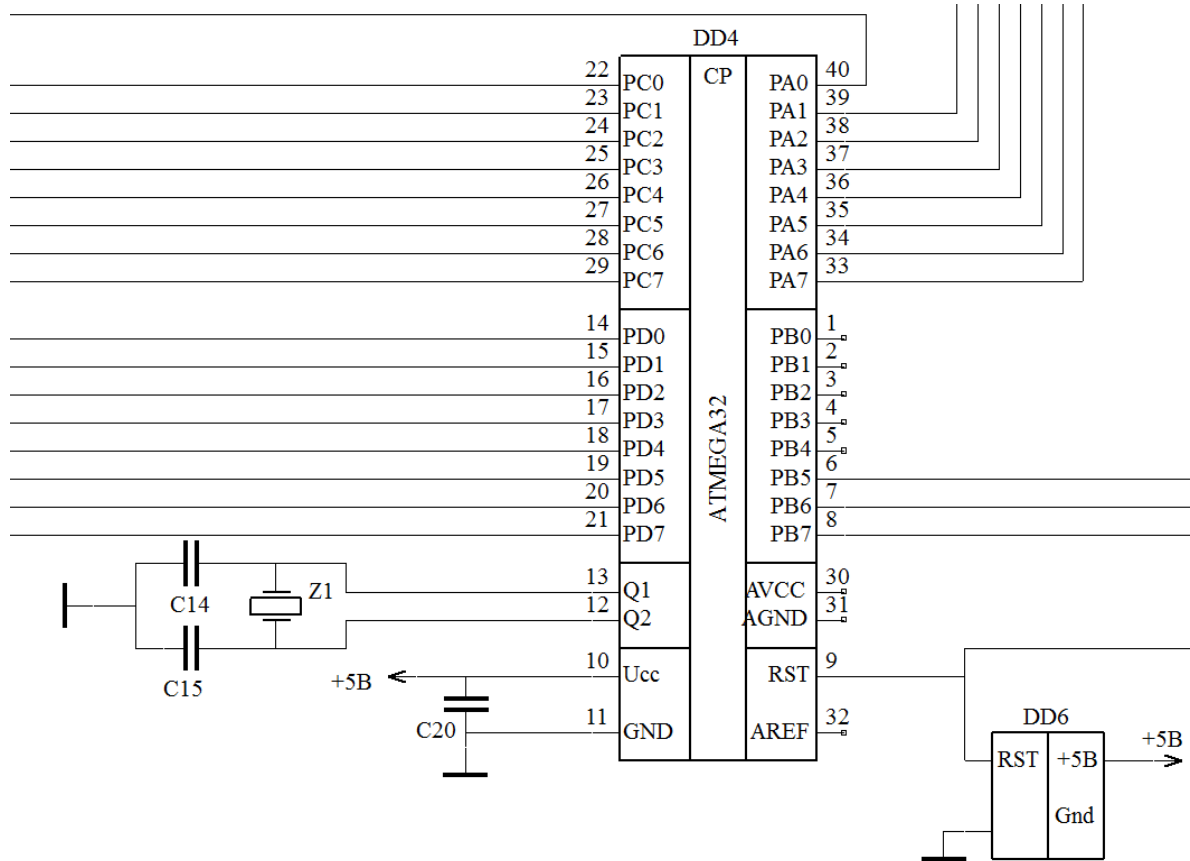


Рис. 2.4. Мікроконтролер

Процес перезавантаження мікроконтролера DD4 забезпечується мікросхемою рестарту DD6.

Сигнал, який містить температурні дані, з виходу порту PC0 поступає на вхід ComPort ПК входу RxD (підключений до роз'єму X3), через формувач рівня сигналу, який реалізовано на елементі гальванічного розв'язування DD2 MAX232 (рисунок 2.5).

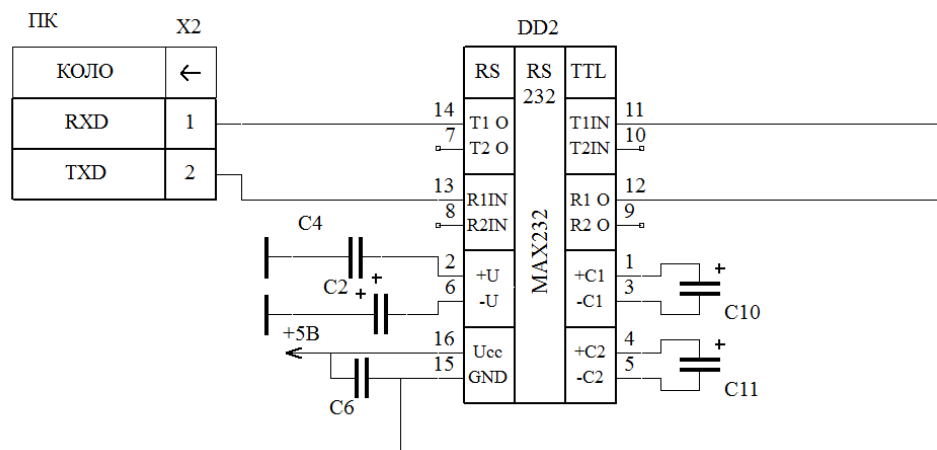


Рис. 2.5. Формувач рівня сигналу (МК-ПК)

Також з виходу мікроконтролера сигнал поступає на вхід радіомодему DD5 (рис.1.10), який його пакує, моделює і подає на антену (підключена до роз'єму X5), через фільтр (реалізований на C34, C36 і L4) (рис.2.6).

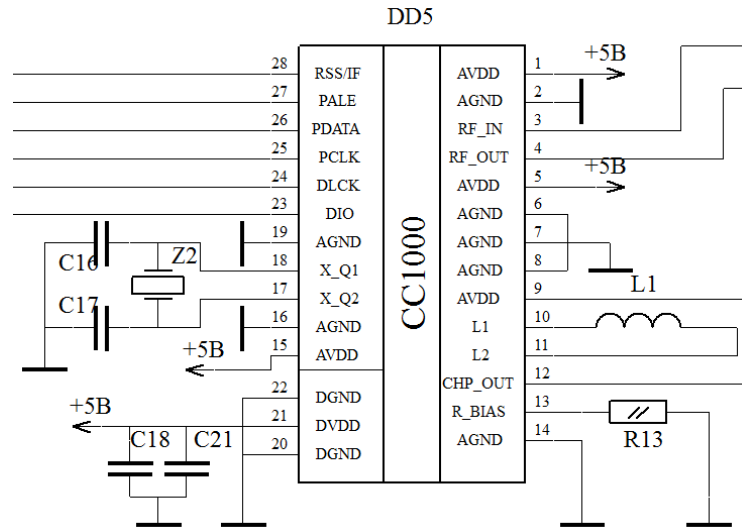


Рис. 2.6. Радіомодем

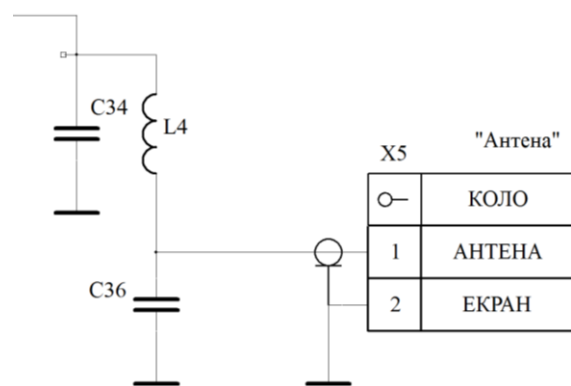


Рис.2.7. LC-Фільтр

В режимі прийому сигнал прийнятий антенною, поступає на вхід вхідного LC-фільтра (рисунок 2.7), який вибирає необхідний частотний діапазон, в якому дані передаються і приймаються.

З виходу вхідного фільтра сигнал поступає на вхід RF_IN радіомодему DD5, через вузол узгодження (рисунок 2.8), який узгоджує вихід фільтра (рисунок 2.7) з входом модему (рисунок 2.6).

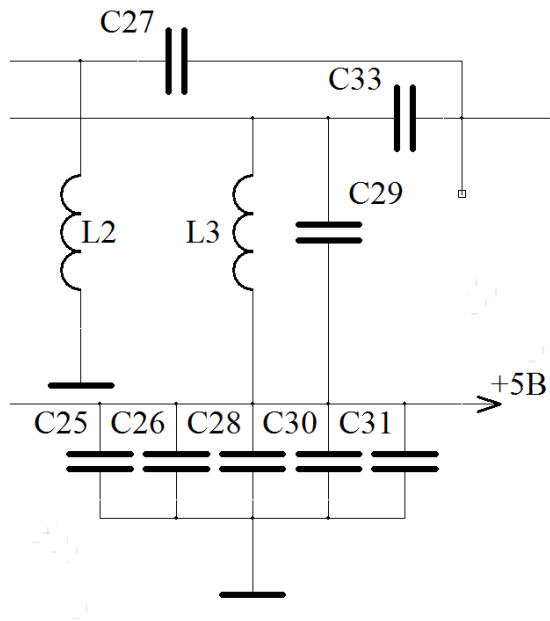


Рис. 2.8. Вузол узгодження

В режимі читання даних регістри радіомодему знаходяться в станах, які показані на рисунку 2.9, а в режимі запису – на рисунку 2.10.

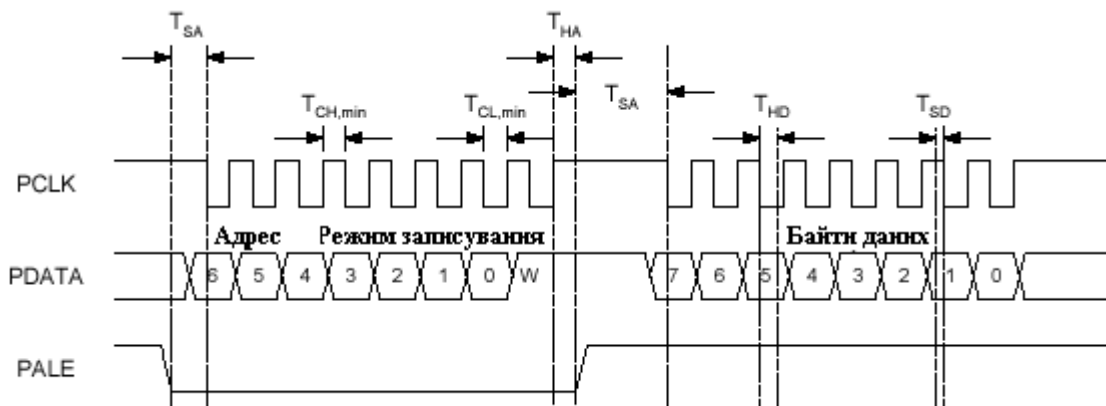


Рис.2.10. Конфігурація реєстрів при записуванні

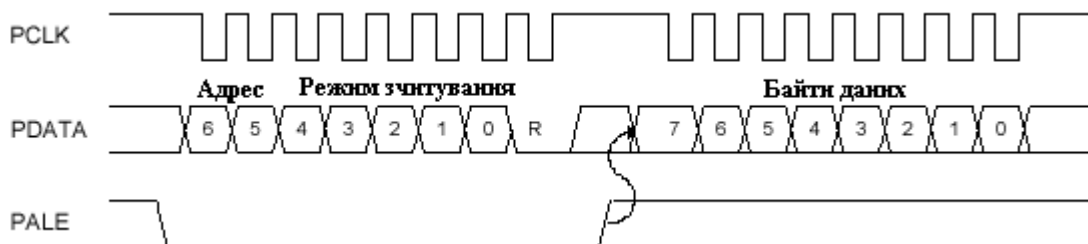


Рис. 2.11. Конфігурація реєстрів при зчитуванні

З виходу радіомодему DD5 сигнал поступає на вхід мікроконтролера DD4. Оброблений сигнал поступає на вхід Com-порту ПК RxD через формувач рівня сигналу, в основі якого лежить оптопара DD2 (рисунк 2.12).

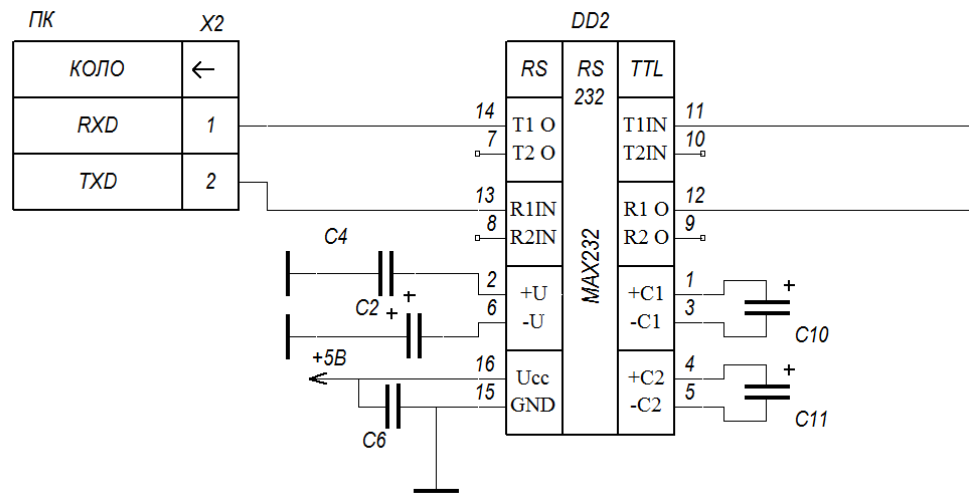


Рис.2.12. Формувач рівня сигналу (МК-ПК)

В режим прийому мікроконтролер DD4 програмно припиняє вимір температури, даний контроль здійснюється користувачем ПР, який з виходу Com-порту ПР TxD подає керуючий сигнал на вхід мікроконтролеру DD4 через формувач рівня сигналу (рисунк 2.12).

Передача та прийом даних відображається вузлом індикації, який зображено на рисунку 2.13.

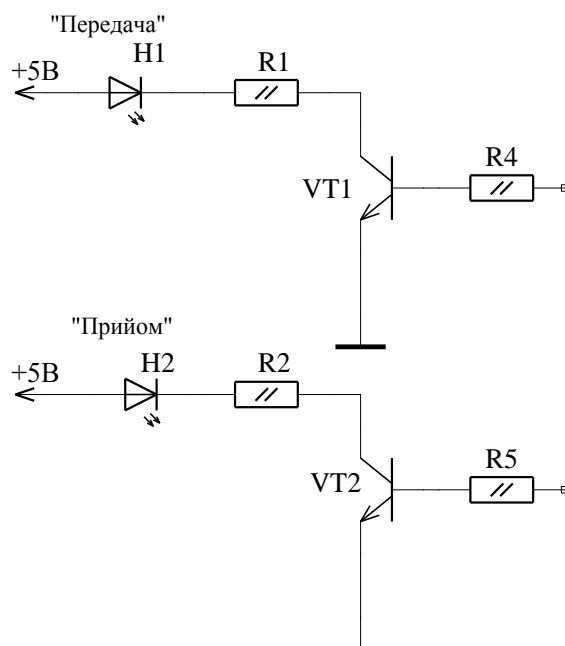


Рис. 2.13. Вузол індикації передачі даних

Процес підключення зовнішнього радіомодему забезпечується через формувач рівень сигналу (в основі якого лежить мікросхема гальванічного розв'язування DD1) (рисунок 2.14), який узгоджує вихід мікроконтролера з входом зовнішнього радіомодему, і на оборот.

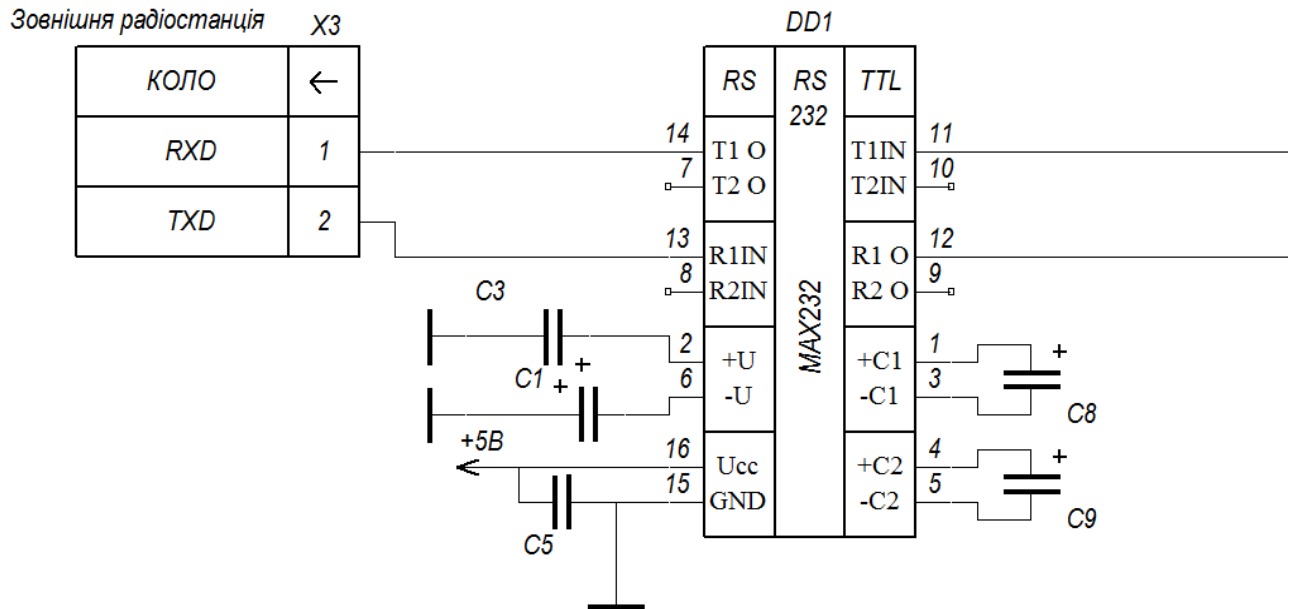


Рис.2.14. Формувач рівня сигналу (МК-зовнішній радіомодем)

2.1.1.4. Модернізація схеми електричної принципової приладу. Процес перепрограмування мікроконтролера DD4 організовано шляхом підключення програматора до портів мікроконтролера через роз'єм X6 (рисунок 2.15).

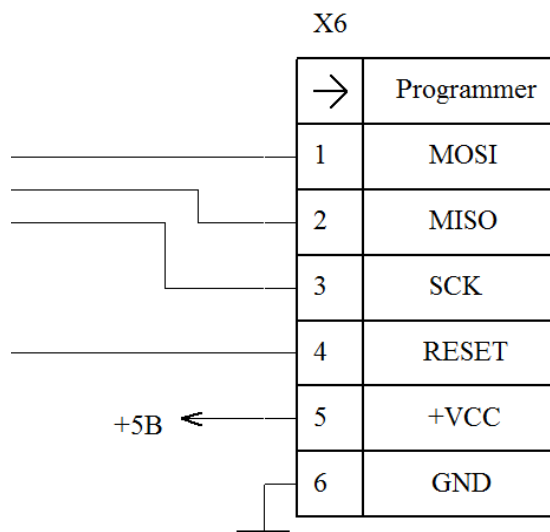


Рис. 2.15. Роз'єм для підключення програматора

Схему керування роботою приладу через інфрачервоне випромінювання із застосування пульта дистанційного керування, зображено на рисунку 2.16.

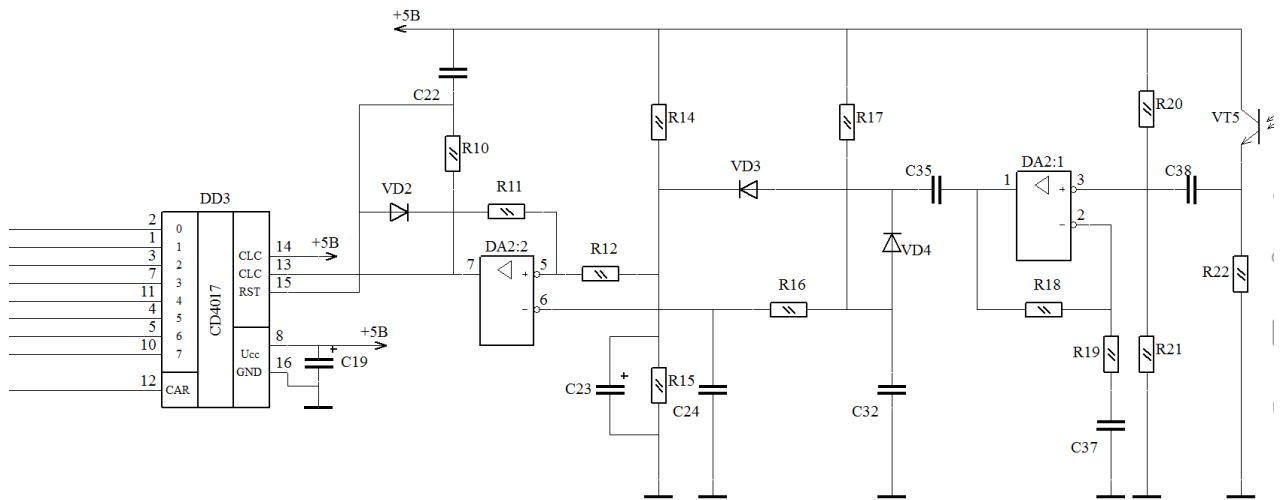


Рис.2.16. Схему керування роботою прилад через інфрачервоне випромінювання із застосування пульта дистанційного керування

В схемі прийому інфрачервоних променів від пульта дистанційного керування за фототранзистором VT5 (рис.2.17) розміщений операційний підсилювач DA2.

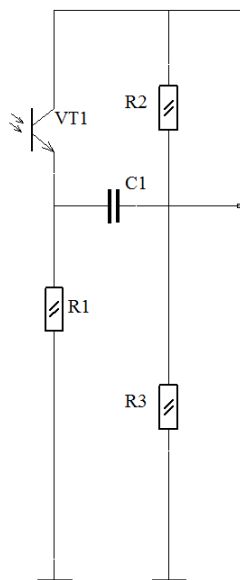


Рис. 2.17. Вхідне коло фототранзистора

На першому операційному підсилювачі DA2:1 зібраний активний смуговий фільтр, який налаштований на 5 кГц (рис.2.18).

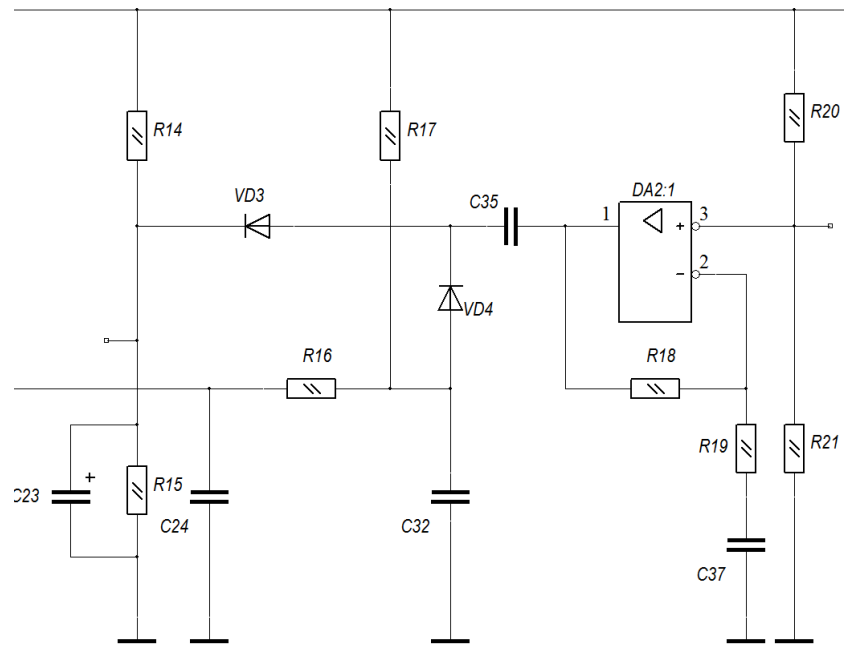


Рис. 2.18. Активний смуговий фільтр

Після демодуляції і фільтрації другий операційний підсилювач DA2:2 вступає в дію в якості тригера Шмідта (рис.2.19), який формує імпульси для запуску лічильника (рис.2.20).

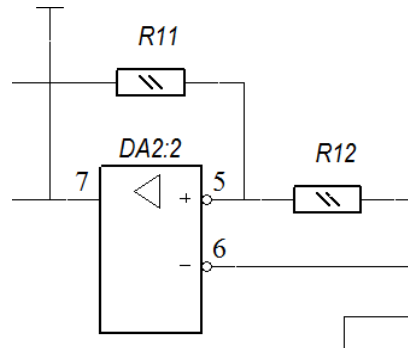


Рис. 2.19. Тригера Шмідта

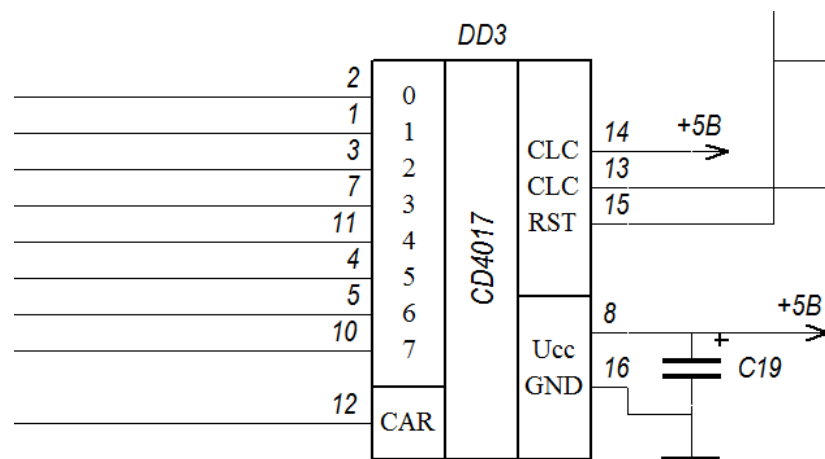


Рис. 2.20. Лічильник

Коло часової затримки складається з діода VD2, конденсатора C22 і резистора R10 (рис.2.21).

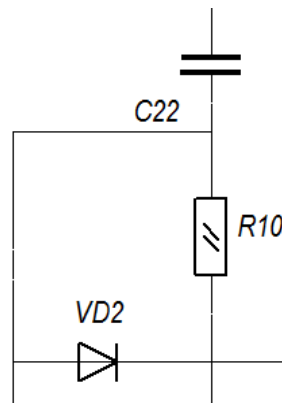


Рис. 2.21. Коло часової затримки

Діод VD2, який підключений до виводів R10, працює так, щоб згадувана затримка мала місце тільки на підйомі сигналу. Проте коли вихід тригера повертається в нульовий стан, конденсатор C22 миттєво заряджається діодом VD2 так, що команда «перезапуск» (reset) інтегральній мікросхемі DD3 незабаром знімається.

Фонове засвідчення визиває в фототранзисторі VT5 електричну напругу завад, яка обмежує корисну чутливість приймача. Тому краще всього розмістити приймач таким чином, щоб звести до мінімуму зовнішнє засвічення його від джерела світла або денного освітлення. В іншому випадку ймовірно, що із-за завад лічильник буде продовжувати відлік хаотично, якщо тільки такі умови роботи не приведуть до постійного обнуління. Якщо ні відповідна орієнтація приладу, ні конус із чорного паперу, який розміщений над фототранзистором, не врятують положення, можна зменшити опір резистор R22 (при необхідності до 2 кОм), але в цьому випадку зменшується чутливість приймача і дальність дії зводиться до відстані 2-3 м. І на оборот, працюючи при достатньому затемненні, можна збільшити чутливість і дальність дії, збільшуючи опір резистора R22 до 47 або 100 кОм.

2.1.1.5. Синтез роботи мікроконтролера. Мікроконтролер DD4 виконує функції керування роботою радіомодему, дистанційної роботи через

інфрачервоний канал та відповідає за обмін даними з ПЕОМ. Прилад може працювати в 4-ох режимах:

- вимірювання температури та передавання її значень по радіоканалу;
- ретрансляція даних інших приладів (вимірювачів температури);
- вимірювання температури, прийом даних від інших приладів (вимірювачів температури) та передача цієї інформації в ПЕОМ;
- Змінювати режими роботи в залежності від прийнятих сигналів з пульта дистанційного керування через канал ІЧ-випромінювання.

Блок-схему роботи мікроконтролера DD4 зображено на рисунку 2.22.

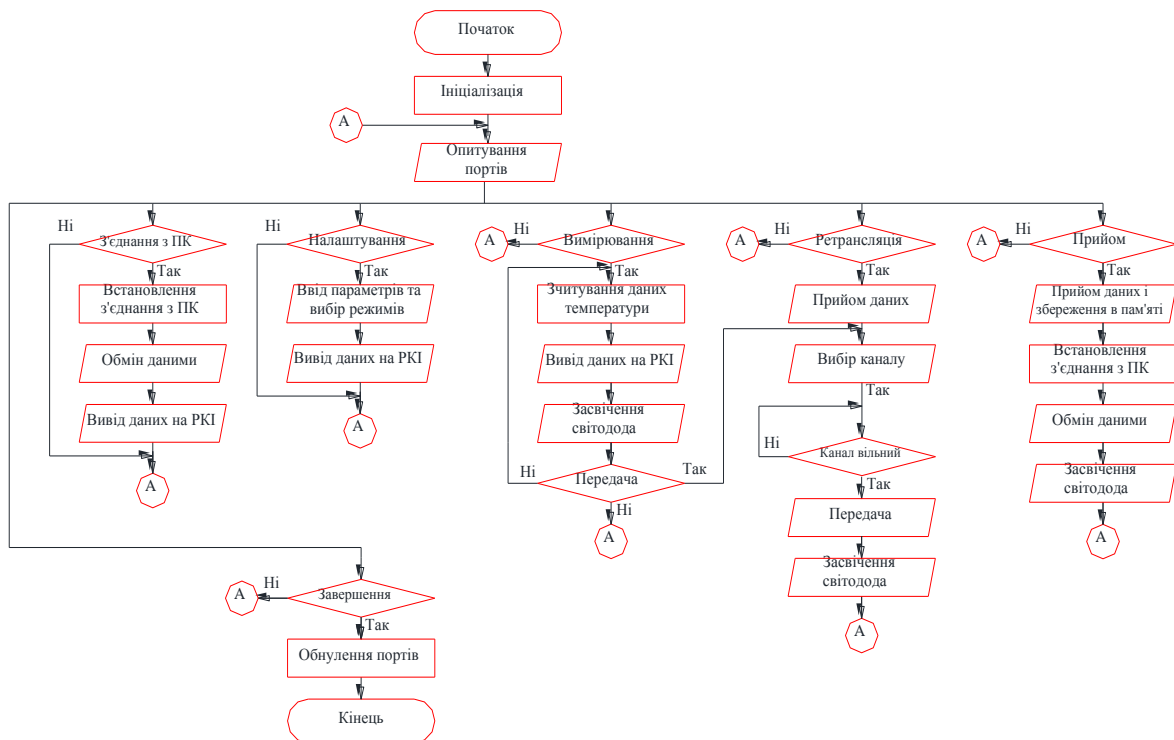


Рис. 2.22. Блок-схема роботи мікроконтролера

Налаштування режимів роботи приладу задається з ПЕОМ або через пульт дистанційного керування перед його встановленням в систему. Окрім режиму роботи задаються також номера приладу дані з яких потрібно передавати, приймати чи ретранслювати.

Після ввімкнення живлення проводиться ініціалізація портів мікроконтролера вводу/виводу, потім здійснюється зчитування даних з ПЕОМ або ІЧ-приймача та перевірка наявності даних якщо дані не отримані, або

зв'язок з ПЕОМ не знайдено прилад працює в залежності від раніше встановленого режиму роботи. Якщо встановлено з'єднання з ПЕОМ на контролер передаються дані, що визначають чи він буде працювати як ведучий чи просто будуть запрограмовані нові параметри. При роботі контролера в якості ведучого він зчитує дані з портів, а також приймає інформацій з всіх визначених приладу та через послідовний інтерфейс передає їх на ПЕОМ.

При роботі контролера в одному з перших двох режимів (без під'єднання до ПЕОМ) контролер зчитує дані, здійснює перевірку чи вільний канал для передавання інформації. Якщо канал зайнятий у випадку передачі даних, то при необхідності їх ретрансляції дані очікують на звільнення каналу та при звільненні каналу зв'язку передає їх радіомодему, а також передає результат свого вимірювання.

2.1.2. Параметричний синтез приладу

2.1.2.1. Розрахунок вузла індикації. В електричній схемі наведено чотири вузла індикації, які працюють в ключовому режимі на транзисторах VT1-VT4, які включені по схемі із спільним емітером, в коло навантаження яких включено світлодіоди H1-H4 (рис.2.23). Оскільки в даній схемі чотири вузла індикації однакові, то розрахуємо один вузол, який складається з таких елементів: резисторів R1 і R4, транзистора VT1 і світлодіода H1.

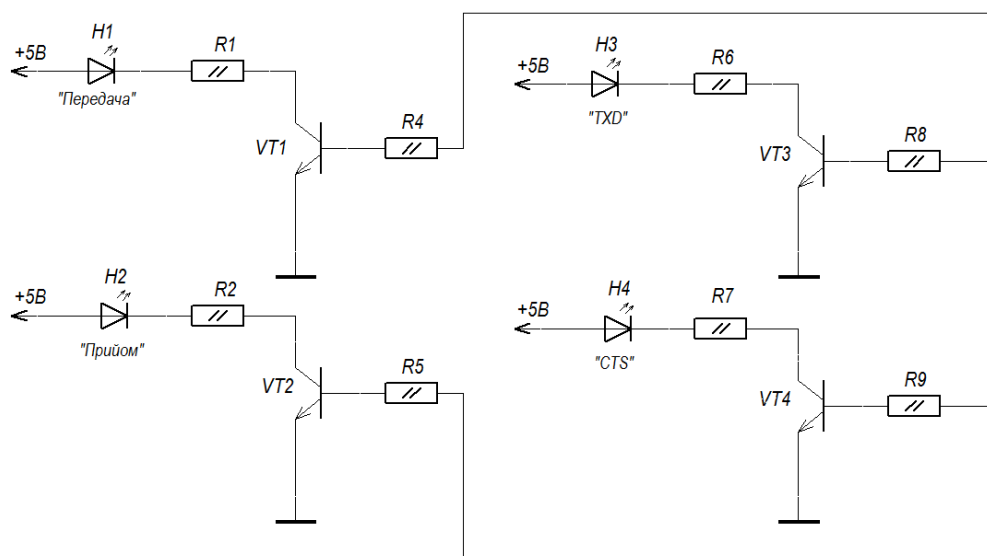


Рис. 2.23. Вузол індикації

Струм світлодіода повинен складати близько 5мА, то при напрузі живлення 5В спад напруги на ключі (VT1) рівний 0,4В та спаді напруги на світлодіоді рівний 2В, то згідно формули опір резистора R1 повинен дорівнювати:

$$R1 = \frac{U_{жс} - U_{світлодіод} - U_{VT1}}{I_{світлодіод}}, \quad (2.1)$$

де $U_{жс}$ – напруга живлення;

$I_{світлодіод}$ – необхідний струм світлодіода;

$U_{світлодіод}$ – спад напруги на світлодіоді,

$$R1 = \frac{5B - 2B - 0,4B}{0,010A} = 260 \text{ Ом}.$$

Прийmemo $R1 = 270$ Ом з ряду стандартних значень.

Розрахуємо резистор R4, для цього розрахуємо струм бази транзистора VT1 за формулою:

$$I_{бVT1} = \frac{I_{к.VT1}}{\beta_{VT1}}, \quad (2.2)$$

де $I_{к.VT1}$ – струм в колі колектора транзистора VT4

$$I_{к.VT1} = I_{світлодіод} = 10 \text{ мА}$$

β_{VT1} – коефіцієнт підсилення транзистора по струму, $\beta_{VT1} = 600$,

$$I_{бVT1} = \frac{0,010A}{600} = 16,6 \text{ мкА}.$$

Оскільки струм бази для надійної роботи транзистора в ключовому режимі рекомендується вибирати вдвічі більшим від розрахованого, то

прийmemo значення струму бази рівним $I_{бVT1} = 33,2 \text{ мкА}$. За формулою розрахуємо номінал резистора R4:

$$R4 = \frac{U_{\text{ВИХ.МК}}}{I_{бVT1}}, \quad (2.3)$$

де $U_{\text{ВИХ.МК}}$ – вихідна напруга порту мікроконтролера при струмі 33,2 мкА згідно технічної документації складає близько 3 В,

$$R4 = \frac{3}{33,2 \cdot 10^{-6}} = 90,4 \text{ кОм};$$

Прийнято $R4 = 91 \text{ кОм}$ з ряду стандартних значень.

З вище проведених розрахунків прийнято наступні номінали:

- Транзистори VT1-VT4 прийнято типу BC546B;
- Резистори R1, R2, R6 і R7 – номіналом 270 Ом, а резистори R4, R5, R8 і R9 – номіналом 91 кОм.

2.1.2.2. Розрахунок низькочастотного трансформатора блоку живлення. Приведено розрахунок трансформатора T1 блоку живлення, який зображений на рисунку 2.24.

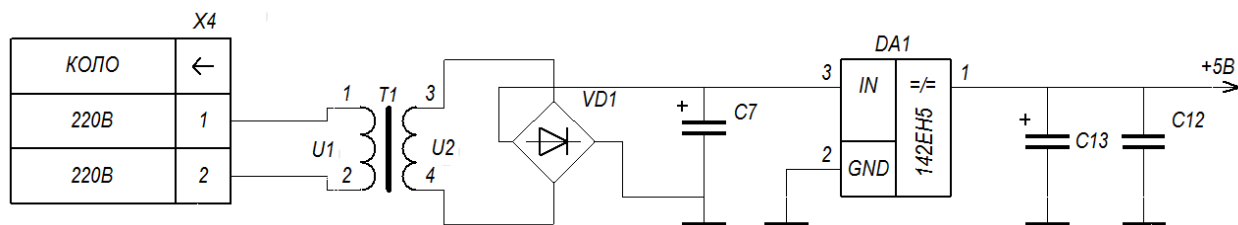


Рис. 2.24. Схема блока живлення

Вхідні дані для розрахунку: $U_1 = 220 \text{ В}$; $U_2 = 7 \text{ В}$; $I_2 = 0,1 \text{ А}$; $f = 50 \text{ Гц}$.

У відповідності до умов експлуатації та режиму роботи, ТБЖ може бути відкритим, закритим чи захисним. Для частоти $f_0 = 50 \text{ Гц}$ доцільно застосувати

тороїдальну конструкцію магнітопроводу. Розрахуємо ТБЖ для тороїдальної конструкції магнітопроводу. Для таких конструкцій магнітопроводу допускається перегрів обмоток 50-55 С при температурі навколишнього середовища 20 С.

Габаритна потужність залежить від електричної схеми виконання

$$P_G = \frac{\sum P_2}{2 \times \psi} (\sqrt{2+1}), \quad (2.4)$$

де P_G – габаритна потужність (Вт);
 $\sum P_2$ - сумарна потужність на виході (Вт);
 ψ - коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$\psi = \cos \varphi \times \eta . \quad (2.5)$$

Для ТБЖ беруть $\psi = \eta$, де η – коефіцієнт корисної дії БЖ вибирається в залежності від $\sum P_2$.

Сумарна потужність на виході визначається за формулою:

$$\sum P_2 = U_2 I_2 + U_3 I_3 . \quad (2.6)$$

Підставляючи у формулу вихідні значення U_2, I_2 отримано:

$$\sum P_2 = 7 \times 0,1 = 0,7 \text{ Вт.}$$

Вибрано к.к.д. ТБЖ, задавшись, що магнітопровід виготовлений зі сталі Э360 (3423) з товщиною стрічки $\delta = 0.08$ мм, отримаємо: $\eta \approx 0.9$

Тоді габаритна потужність рівна:

$$P_{\Gamma} = \frac{\Sigma P_2}{\eta} (\sqrt{2} + 1) = \frac{0,7}{0,9} (\sqrt{2} + 1) = 1,87 \text{ Вт},$$

Вибрано магнітопровід марки ОЛ32/50-25 з наступними характеристиками:

$$B_m = 0,35 \text{ Т};$$

$$j = 3,2 \text{ А/мм}^2;$$

$$k_H = 1,1 ;$$

$$k_c = 0,85;$$

$$l_c = 12,9 \text{ см}^2;$$

$$S_c k_c = 0,575 \text{ см}^2;$$

$$S_o = 8,0 \text{ см}^2;$$

$$S_o S_c = 5,7 \text{ см}^4;$$

$$G_c = 339 \text{ г};$$

$$k_o = 0,20;$$

$$k_{cx} = 2,08.$$

Кількість витків на вольт ЕРС, індукованої в обмотці трансформатора обчислюється за формулою:

$$W_o = \frac{10^4}{4 B_m f S_c k_c} = \frac{10^4}{4 \cdot 0,35 \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 0,575} = 2,48447209.$$

Втрати напруги в обмотках визначається по формулі:

$$u_{k.a} = 0,01 j \rho k_{cx} W_o l_w, \quad (2.7)$$

де ρ - питома густина опору міді; $\rho = 0,02 \text{ Ом м/мм}^2$;

k_{cx} - коефіцієнт конструктивного виконання трансформатора;

$$u_{k.a} = 0.01 \cdot 3,2 \cdot 2,08 \cdot 2,5 \cdot 0,02 \cdot 0,1 = 0,0003328 \text{ мВ}, u_k = u_{k.a}.$$

Для первинної та вторинної обмоток число витків:

$$W_1 = W_0 U_1 \left(1 - \frac{u_k}{2} \right), \quad (2.8)$$

$$W_2 = W_0 U_2 \left(1 + \frac{u_k}{2} \right). \quad (2.9)$$

Підставляючи значення отримано:

$$W_1 = W_0 U_1 \left(1 - \frac{u_k}{2} \right) = 275 \text{ витків},$$

$$W_{21} = W_0 U_{31} \left(1 + \frac{u_k}{2} \right) = 25004 \text{ витка}.$$

Активна складова струму холостого ходу визначається за формулою

$$I_{oa} = \frac{P_c}{U_1}, \quad (2.10)$$

де $P_c \approx P_{y0} G_c$;

$$P_{y0} = 1.33 \text{ Вт/кг},$$

$$P_c \approx P_{y0} G_c = 1.33 \cdot 0.339 = 0.454 \text{ Вт},$$

$$I_{oa} = \frac{P_c}{U_1} = \frac{0.454}{110} = 0.0041 \text{ А}.$$

Реактивна складова струму холостого ходу визначається за формулою

$$I_{op} = \frac{H_m l_c}{W_1}, \quad (2.11)$$

де H_m - напруженість магнітного поля:

$$I_{op} = \frac{H_m l_c}{W_1} = 0.023 \text{ A.}$$

Струм холостого ходу визначається за формулою:

$$I_{ox} = \sqrt{I_{0a}^2 + I_{0p}^2} = 0.0233 \text{ A.}$$

Струм первинної обмотки трансформатора:

$$I_1 = k_{np1} \sqrt{\left(\frac{\sum P_2}{\eta U_1}\right)^2 + I_{ox}^2}, \quad (2.12)$$

де $k_{np1} = 1,1$,

$$I_1 = 1 \sqrt{\left(\frac{10}{0.9 \times 110}\right)^2 + 0,0233^2} = 0,103658 \text{ A.}$$

Переріз і діаметр дроту i - тої обмотки визначається за формулами:

$$q_i = \frac{I_i}{j}, \quad (2.13)$$

$$d_i = 1.13 \sqrt{q_i}. \quad (2.14)$$

Для первинної обмотки:

$$q_1 = \frac{I_1}{j} = \frac{0.10365}{3,2} = 0,0323 \text{ мм}^2 \quad d_1 = 1.13 \sqrt{0.0323} = 0.2030 \text{ мм.}$$

Для вторинної обмотки:

$$q_2 = \frac{I_2}{j} = \frac{0,023326465}{3,2} = 0,007 \text{ мм}^2 \quad d_2 = 1.13 \sqrt{0.007} = 0.0945 \text{ мм.}$$

Для первинної обмотки марку дроту ПЭВ - 2 з наступною характеристикою $q_1 = 0.03464 \text{ mm}^2$, $d_1 = 0.21 \text{ mm}$ і $d_{i31} = 0,25 \text{ mm}$.

Для вторинних обмоток марку дроту ПЭВ - 2 з характеристиками $q_2 = 0.00785 \text{ mm}^2$, $d_2 = 0.09 \text{ mm}$ і $d_{i32} = 0.12 \text{ mm}$.

При розрахунку ТМП на магнітопроводі уніфікованого ряду ζ використанням розрахункових таблиць виконується перевірочний тепловий розрахунок ТМП. Перегрів котушок ТМП тороїдальної конструкції розраховують за формулою:

$$\Delta T_k = \frac{P_c + P_k}{\alpha_m n_h \left[1 + \frac{n_-}{n_h} \sqrt{\frac{\nu + 0.6}{1 + 0.2\nu \frac{n_-}{n_h}}} \right]}, \quad (2.15)$$

де

$$\nu = \frac{P_c}{P} = \frac{0.454}{10} = 0.0454,$$

α_m - коефіцієнт тепловіддачі, може бути представлений як сума коефіцієнтів тепловіддачі конвекцією α_k $\text{Вт/см}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ і променевипускання α , $\text{Вт/см}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\alpha_m = \alpha_k + \alpha, \quad (2.16)$$

де

$$\alpha = 0.9A \left(\frac{T_{\text{п}} - T_{\text{с}}}{h} \right) \sqrt{\frac{H}{Hm}} \times 10^{-4} = 1.8 \times 10^{-4} \text{ Вт/см}^2 \text{ } ^\circ\text{C},$$

де $T_{\text{п}}$ - температура поверхні котушки;

$T_{\text{с}}$ - температура навколишнього середовища;

A - коефіцієнт, що залежить від фізичних параметрів навколишнього середовища $A \div 0.7 \dots 0.9 \text{ Вт/м}^{7/4} \text{ } ^\circ\text{C}$;

H і H_m - напруженість магнітного поля, при нормованій напрузі мережі
 $H=H_m$,

$$\alpha = \frac{\varepsilon_0 \left[\left(\frac{T_{II} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_C + 273}{100} \right)^4 \right]}{T_{II} - T_C} = 1.5 \times 10^{-4} \text{ Вт/см}^2 \text{ } ^\circ\text{C},$$

де ε_0 - ступінь чорноти тіла;

$C_0 = 5.67$ - коефіцієнт променевипускання абсолютного чорного тіла,

$$\Delta T_k = \frac{P_c + P_k}{\alpha_m n_j \left[1 + \frac{n_-}{n_j} \sqrt{\frac{\nu + 0.6}{1 + 0.2\nu \frac{n_-}{n_j}}} \right]} = 12.27 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Одержані значення температури перегріву не повинні перевищувати допустимого значення.

2.1.2.3. Розрахунок точності мікроконтролера ATMEGA32. При опрацюванні даних в мікроконтролері використовуються представлення чисел з фіксованою точкою (довжина бітів є фіксованою), тому досить довгі значення чисел можуть відсікатися за рахунок обмеженої кількості бітів, внаслідок чого будуть виникати надлишкові похибки числень даних.

Представлення даних за допомогою фіксованої точки зображено на рисунку 2.25.

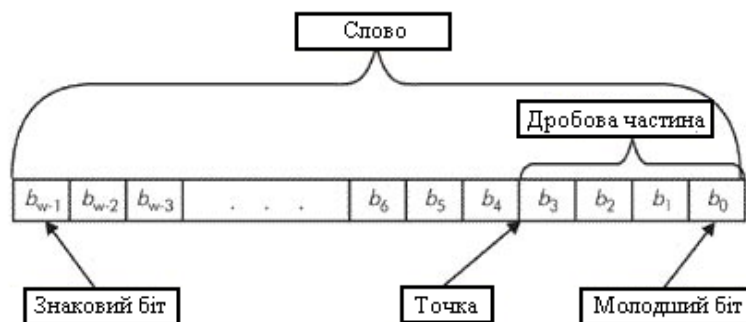


Рис. 2.25. Представлення числа бітами з фіксованою точкою

Оскільки в мікроконтролері АТМЕГА32 довжина слова, тобто кількість біт числа, складає 8 біт. Наведемо рисунок 2.26, на якому умовно зображено суть фіксованої точки з 8 бітами, і відповідними можливими значеннями при певних точностях числення.

На рисунку 2.26 видно, що точність значень залежить від довжини мантиси (дробової частини) співвідношенням:

$$q = 2^{-n}, \quad (2.17)$$

де n – довжина мантиси.

Максимальне число, яке ми можемо отримати при використанні даного методу рівне:

$$\max = 2^m - 1 + \sum_{i=1}^q 2^{-q}, \quad (2.18)$$

де m – довжина цілої частини.

Відповідно похибка, яка виникає під час кодування даних з фіксованою точкою, і під час числення даних (додавання, віднімання), буде числитися, як різниця між дійсним числом і квантова ним:

$$\delta = U - U_{\text{КВАНТОВАНЕ}}, \quad (2.19)$$

де U – дійсне число;

$U_{\text{КВАНТОВАНЕ}}$ - квантоване число.

Оскільки максимальне число, яке буде на входах і виходах мікроконтролера буде становити 5В, а мінімальна -5В, тому для представлення цілої частини достатньо 3 біти цілої частини, і 1 біт для знаку числа. Відповідно до вибраних даних для мантиси залишається 4 біти, з чого виходить, що точність даних згідно формули (1.17) становить $q = 2^{-4} = 0.0625В$.

Оскільки точність обмежена, тому згідно формули (1.19), похибка буде різною, яка буде залежати від типу округлення (до більшого чи меншого числа). Наприклад, число 1.34 при квантуванні буде становити округленні до більшого числа 1,375, а при округленні до меншого похибка становитиме 1,31255, в результаті чого похибка при округленні більшого становитиме 0,035, а при – до меншого становитиме 0,02745. Можна сказати, що похибка буде впливати на роботу мікроконтролера ATMEGA32, оскільки при кодуванні лог. „1” і „0” використовуваний діапазон лежить в певних межах, і похибка за межі нього не вийде.

2.1.2.4. Обґрунтування та вибір елементів. З метою розробки конструкції плати друкованої передусім необхідно за результатами параметричного синтезу здійснити вибір корпусів у відповідності до елементів схеми принципової електричної. Вибір елементів може проходити із помилками грубими, які призводять до несправності при першому включенні та помилки, що зменшують термін працездатності апаратури.

Грубі помилки спричиняють збитки і часові затримки в налагодженні приладу, але їх небезпечність не є високою через їх помітність

Для більшої кількості компонентів приладу завод-виробник задає граничні (значення U, I, f, t), які, як правило встановлюються в залежності один від одного. Вміння вибирати електричні компоненти з врахуванням усіх існуючих параметрів це є важлива професійна вимога до людей, які розробляють апаратуру.

Найпростішими з кіл є :

- Резистор
- Конденсатор
- Діод і стабілітрон

Для цих пасивних елементів характерно те, що струм протікання через них залежить від прикладеної напруги. Для блоку першим компонентами було вибрано постійні резистори типу MF-25 з відхилення номіналу $\pm 5\%$ та СПЗ-45б з відхилення номіналу $\pm 20\%$.

При виборі конкретного резистора особливу увагу було приділено одиниці допустимої потужності в залежності від умов роботи.

Також для правильного вибору резисторів було враховано величини, які представляються до блоку, проаналізувавши режим роботи резисторів в середині блока і визначивши:

- Експлуатаційні параметри;
- Параметри режиму;
- Режим роботи електричних навантажень;
- Показник безвідказності і довговічності;
- Допустимі розміри і маса резисторів;
- Конфігурація резисторів;
- Вартість резисторів.

Для приладу використано 22 постійних із параметрами, які наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Параметри резисторів приладу

Резистор	Тип, номінал, відхилення номіналу, потужність
R1, R2	MF-25-0.125-270Ом±5%
R3	MF-25-0.125-1кОм±5%
R4, R5	MF-25-0.125-9,1кОм±5%
R6, R7	MF-25-0.125-270Ом±5%
R8, R9	MF-25-0.125-9,1кОм±5%
R10, R12	MF-25-0.125-4,7кОм±5%
R11, R16	MF-25-0.125-330кОм±5%
R13	MF-25-0.125-5,1кОм±5%
R14, R15	MF-25-0.125-5,6кОм±5%
R17	MF-25-0.125-5,6кОм±5%
R18	MF-25-0.125-330кОм±5%
R19	MF-25-0.125-150Ом±5%
R20	MF-25-0.125-5,1кОм±5%
R21	MF-25-0.125-1МОм±5%
R22	MF-25-0.125-10кОм±5%

Габаритні розміри постійних резисторів типу MF-25 зображено на рис.2.26.

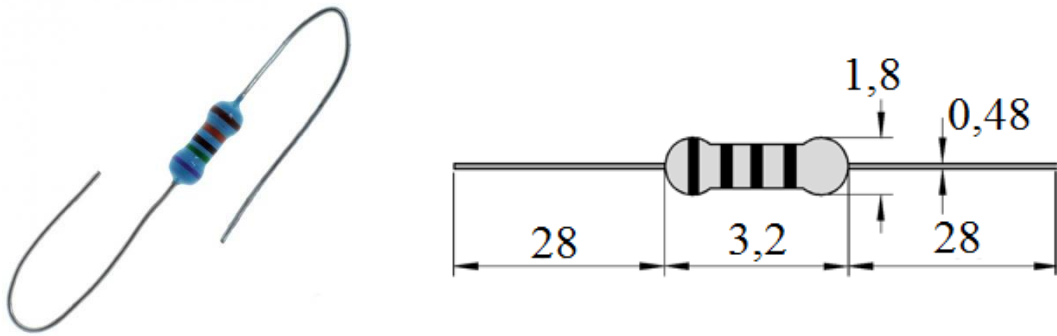


Рис.2.26. Габаритні розміри постійного резистора типу MF-25

Після резисторів було вибрано конденсатори. Перш за все тип конденсаторів вибиралося, виходячи із призначення його в блоці, потім вибирали конкретний екземпляр по електричним параметрам і проводити підбір конденсатора по іншим параметрам. Для блоку було підібрано конденсатори типу К10-17, і електролітичні ЕСАР, з яких 17 керамічних і 8 електролітичних, параметри яких наведено у таблиці 2.2

Таблиця 2.2

Параметри вибраних конденсаторів

Конденсатор	Тип, номінальна напруга, ємність
1	2
C1, C2	ЕСАР-16В-1мкФ
C3, C4	ЕСАР-16В-1мкФ
C5, C6	Y5V-1мкФ
C7, C13	ЕСАР-16В-100мкФ
C8-C11	ЕСАР-16В-1мкФ
C12, C18	ЕСАР-16В-1мкФ
C14-C17	Y5V-27пФ
C19	ЕСАР-16В-1мкФ
C20, C21	Y5V-0,1мкФ
C22	Y5V-100нФ
C23	ЕСАР-16В-22мкФ
C24	Y5V-47нФ
C25, C26	Y5V-220пФ
C27	Y5V-8,2пФ
C28, C30	Y5V-1нФ
C29	Y5V-2,2пФ
C31	Y5V-33нФ
C32	Y5V-10нФ
C33	Y5V-5,6пФ

1	2
C34	Y5V-2,2мкФ
C35	Y5V-22нФ
C36	Y5V-33пФ
C37, C38	Y5V-100нФ

Габаритні розміри конденсаторів типу Y5V зображено на рис.2.27, а типу ЕСАР – на рис.2.28.

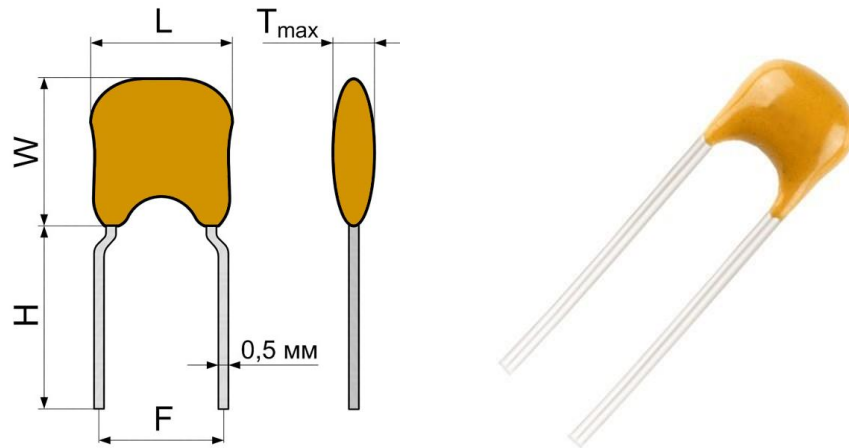


Рис.2.27. Габаритні розміри конденсаторів типу Y5V

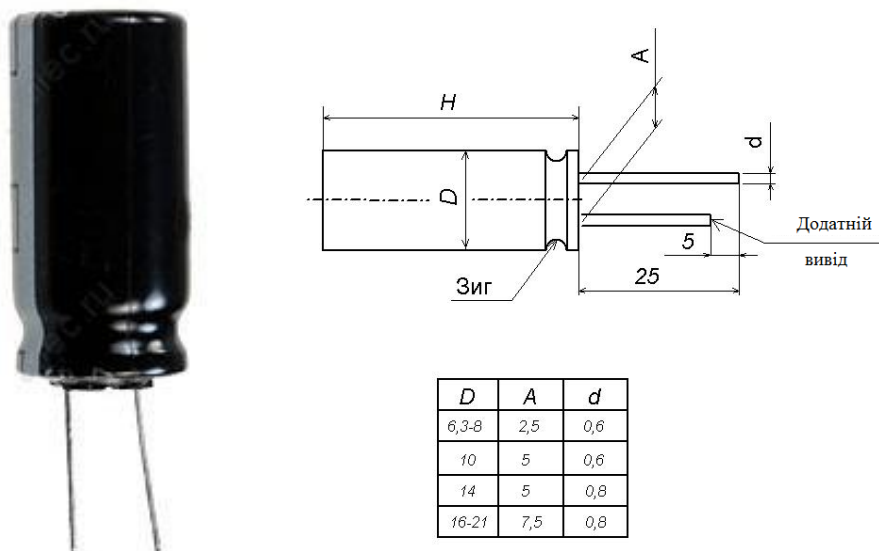


Рис. 2.28. Габаритні розміри конденсаторів типу ЕСАР-16В

Після цього було підібрано 4 діоди типу 1N4148 та 1 діодний міст типу КЦ405 основні параметри яких наведено у таблиці 1.5 та таблиці 16.

Діоди 1N4148 та їх основні параметри

Діод	Тип	$U_{звор.}, В$	$I_{пр. max}, А$	$I_{звор. max}, мкА$	$F_d max, кГц$
VD2	1N4148	50	0,1	5	100000

Таблиця 2.4

Діодний міст КЦ405 та його основні параметри

Діоди	Тип	$U_{звор.}, В$	$I_{пр. max}, А$	$I_{звор. max}, мкА$	$F_d max, кГц$
VD1	КЦ405	600	1	125	5

Габаритні розміри діоду типу 1N4148 зображено на рис.2.29, а діодного моста КЦ405 – на рис.2.30.

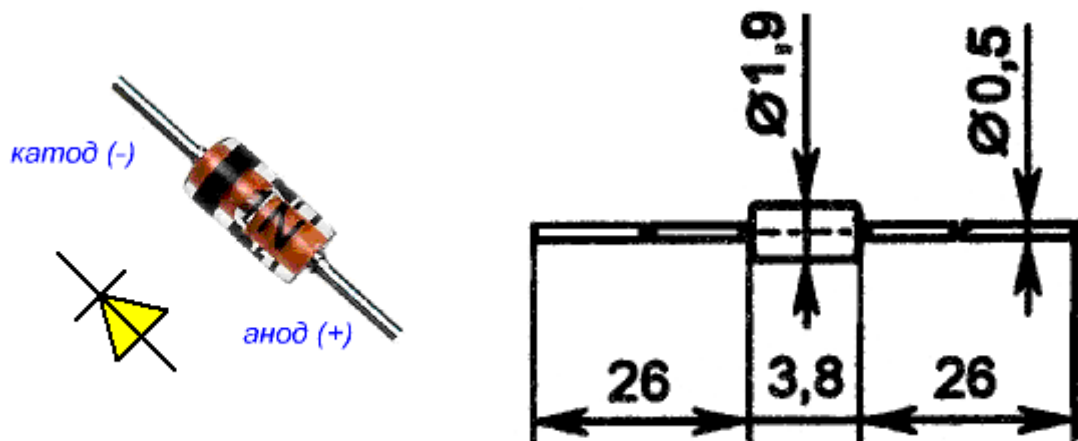


Рис. 2.29. Габаритні розміри діоду типу 1N4148

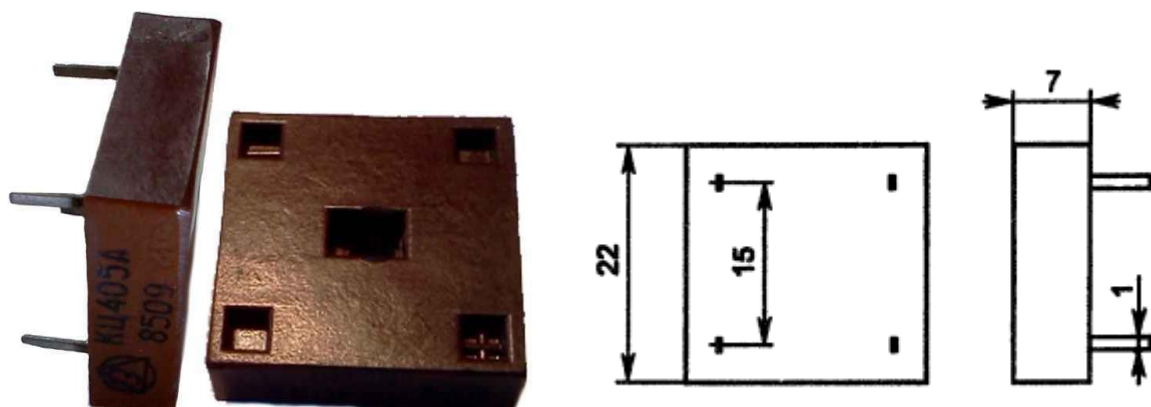


Рисунок 2.30. Габаритні розміри діодного моста КЦ405

Всі ці елементи відносяться до пасивних. Активні елементи володіють здатністю регулювати струм, який протікає через них, не тільки з допомогою

прикладеної напруги, але і при дії керуючого сигналу, який характеризується (I, U , світловим потоком). До числа активних компонентів належать транзистори, оптопари. Для регулятора підбрано біполярні кремнієві транзистори типу BC546B (4 шт) габаритні розміри якого зображено на рис. 2.31.

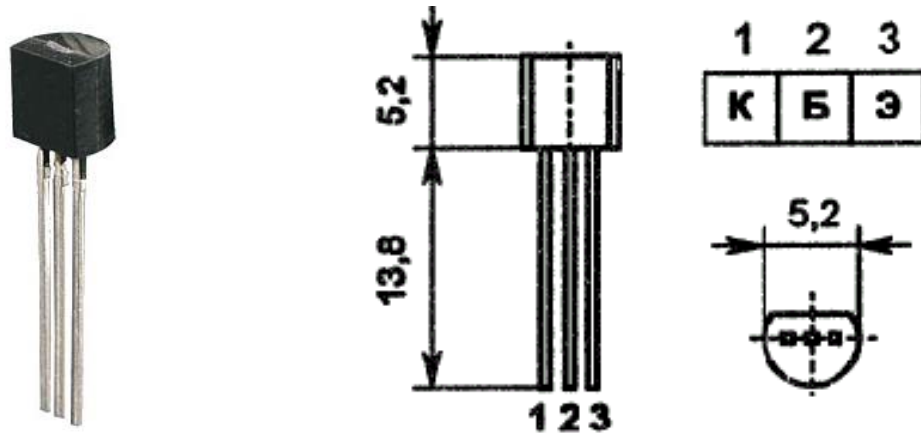


Рис. 2.31. Габаритні розміри транзистора типу BC546B

Останнім етапом був вибір інтегральних мікросхем. Більшість ІМС виконують певну функцію підсилювача чи стабілізатора, модуляції чи демодуляції, а також виконують керувати вхідними і вихідними сигналами, за допомогою внутрішньої пам'яті, в яку можна записати алгоритм роботи даної ІМС за допомогою програмного забезпечення.

Основною мікросхемою в схемі, яка виконує важливу роль є мікроконтролер DD4, тому для його вибору використано дані таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Мікроконтролери та їх основні параметри

Тип процесора	Flash пам'ять, Кбіт	Оперативна пам'ять, Байт	Кількість контактів	Тактова частота, МГц	Напруга живлення, В	Кількість часових таймерів
ATmega16	16	0.5	32	16	2.7-5.5	1
ATmega32	32	1	32	16	2.7-5.5	1
ATmega64	64	2	53	16	2.7-5.5	2
ATmega162	16	0.5	35	16	1.8-5.5	2

Проаналізувавши мікроконтролери, які наведені у таблиці 2.5 встановлено, що процесор фірми Atmel серії ATmega32 з програмним ядром

AVR має достатню довжину бітів для виконання своїй функцій у приладі, є дешевим та задовольняє кількістю входів та виходів портів, що є важливим при ефективному використанні мікроконтролера.

ATMEGA32 - 8-розрядний високошвидкісний AVR мікроконтролер з RISC архітектурою - 130 високошвидкісних команд, більша частка команд здатні виконатися в межах одного тактового циклу.

У контролері наявні 8-разрядні робочі регістри призначення загального та регістри керування периферією. Статична робота є наближеною до 16 MIPS. Інтегрований помножувач 2-цикловий, незалежна пам'ять даних та програм, 64 Кбайт Flash пам'ять. Контролер здатен забезпечити до 100000 циклів стирань та записів.

Внутрішнє програмування системне є вмонтованим завантажувальною програмою. Забезпечуються режиму синхронного запису та зчитування. Вмонтований SRAM об'ємом 4 Кбайт, та є наявним 64 Кбайт зовнішньої додаткової пам'яті, присутнє блокування програмоване, що дає змогу захистити програмні засоби користувачів. Інтерфейс SPI для внутрішнього програмування системного. Інтерфейс типу JTAG здатен сканувати периферію у відповідності до JTAG стандарту. Підтримується вмонтоване відлагодження, програмування із застосуванням інтерфейсу JTAG: EEPROM пам'яті, Flash, перемичок і блокуючих бітів. У складі контролера вмонтовано периферію, два таймера з розрядністю 16 з лічильником з більш розширеними здатностями та окремо винесеним подільником і режимами порівняння та захоплення, лічильник реальчасовий з генератором окремим. Наявність здвоєного програмованого послідовного USART, послідовного SPI інтерфейсу. Таймер програмованого типу з окремим генератором та аналоговим компаратором.

Вмонтовано калібруючий генератор-RC, внутрішні та зовнішні джерела переривання, шість режимів споживання з пониженим рівнем. Програмне вказання частоти тактової, 64 контактний TQFP корпус. Напруги споживання складають 4,5-5,5 В з робочою межах 0-16 МГц.

Окрім мікроконтролера серед мікросхема було вибрано мікросхеми, які наведено у табл. 2.6.

Мікросхеми

Позначення на схемі	Назва	Функція
DA1	142EH5A	Стабілізація
DA2	TL081	Підсилення
DD1, DD2	MAX232	Опторозв'язка
DD3	CD4017	Лічення
DD5	CC1000	Модуляція/демодуляція
DD6	DS1812D-5	Скидання зависань мікроконтролера

Наступним кроком було підбрано світлодіод Н1-Н4 типу 5003R4D-EPB-P (рис.2.32), трансформатор типу ТП 121 (рис.2.33), кварцові резонатори Z1, Z2 типу РК-02МД-Г із частотою 4,032МГц (рис.2.34).

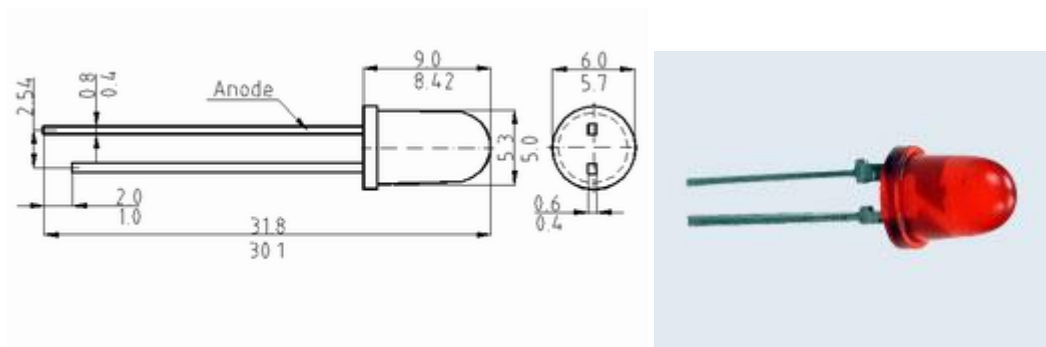


Рис. 2.32. Габаритні розміри світлодіода 5003R4D-EPB-P

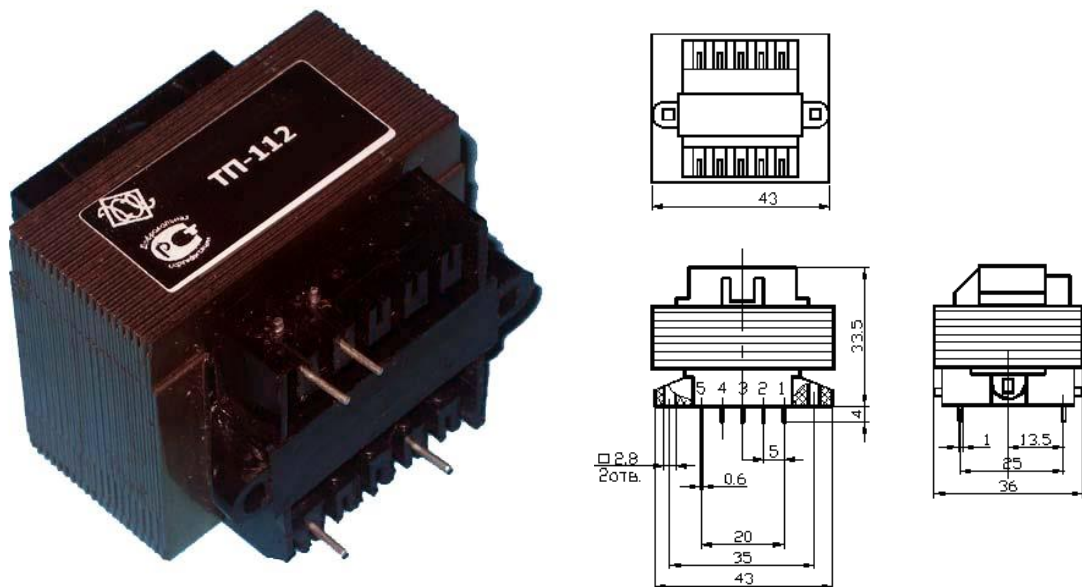


Рис. 2.33. Габаритні розміри трансформатора ТП-121

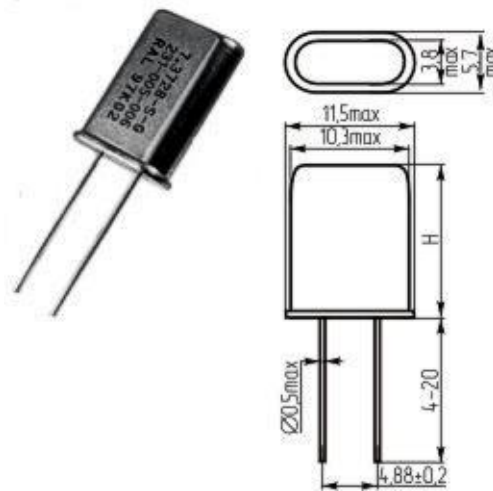


Рис. 2.34. Габаритні розміри резонатора РК-02МД-Г

Кінцевий вибір активних і пасивних елементів носить ітераційний характер, але завжди в першу чергу вибирають пасивні елементи. При виборі елементної бази для даного модему було використано довідники, які дають цілісне представлення про весь арсенал компонентів, також було використано описи серійних виробів і рекламні матеріали.

Також вище вибрані елементи пояснюються їх дешевизною на ряду з їхньою високою надійністю. Малою масою і габаритними розмірами. Крім того, вони стандартизовані і уніфіковані, що спрощує ремонт, заміну.

2.1.3. Розробка конструкції приладу

2.1.3.1. Вибір типу корпусу. Ергономічний аналіз виробу можна виконувати на всіх етапах розробки (технічне завдання, ескізне, технічне і робоче проектування) і в процесі експлуатації виробу. Наслідком такого аналізу є кількісна і якісна оцінка необхідного ступеня пристосування предмету до людини.

В зв'язку з цим створено рекомендації загального характеру щодо ергономічного дизайну при проектуванні елементів керування. Вони повинні відповідати наступним вимогам [2]:

- бути простими для маніпулювання елементами;
- мати видимість для користувача та хорошу досяжність;
- розміщення не повинне мати завади при керуванні між елементами;
- виключати можливість самовключення.

З метою покращення елементів керування, зниженні кількості помилок і загальної тривалості пошуку необхідного елемента керування рекомендовано здійснювати кодування відповідною формою, розміром, способом виконання дії, кольором, етикетуванням. Найбільш ефективно кодування кольором в поєднанні з іншими способами. Рекомендується застосовувати п'ять наступних кольорів: червоний, оранжевий, жовтий, зелений, синій. Зелений колір використовують для органів керування включенням, червоний – для вимикання.

Рекомендаційні вказівки щодо ергономічного дизайну при проектуванні елементів індикації. Проектування засобів візуалізації залежить від характеру сприйняття інформації, що подається індикатором. Розрізняють зорову і слухову індикацію [2].

Принцип функціональної організації означає групування індикаторів і органів керування по їх функціях.

За принципом значимості прилади і органи керування групують в залежності від того, наскільки вирішальними вони являються для певної групи операцій. Принцип оптимального розміщення передбачає розміщення приладів в залежності від особливостей кожного приладу: швидкості сприйняття, зручності маніпулювання органами керування, точності зчитування.

Принцип послідовного використання враховує послідовність операцій при розміщенні приладів і органів керування. По принципу частоти використання найбільш часто застосовувані елементи розміщуються в самих зручних для сприйняття і маніпулювання місцях.

Прилади необхідно розміщати під кутом 90° до зорової лінії оператора. В цьому випадку забезпечується найбільш швидке і безпомилкове сприйняття показників. Індикатори, що несуть саму цінну інформацію необхідно розміщувати в межах зони ефективної видимості.

Як матеріал корпусу вибрано полістирол ударостійкий УПС-825 ТГ тому, що він має ряд переваг над іншими полімерами, такі як висока ударна в'язкість і хороші діелектричні властивості, а також вологостійкість.

Показники технологічності УПС-825 ТГ [7]:

- густина 1040-1060 кг/м³; інтервал робочих температур -30...+65 °С;
- розрахункова усадка 0,4-1,2 %;
- ударна в'язкість: вихідна 30-60 кДж/м², а з надрізом 5,9-9,8 кДж/м².

Вибір ударостійкого полістиролу УПС-825 ТГ як матеріалу корпусу дозволяє використати такий метод виготовлення як лиття під тиском, який є найпоширенішим методом через свою найвищу продуктивність. Він не вимагає періодичного нагрівання і охолодження пресформи. Формування виробів здійснюється у холодній пресформі, в якій відсутня завантажувальна камера. Гранули полістиролу завантажуються із бункера у циліндр, що нагрівається. В ньому матеріал розплавляють і через сопло витискають у холодну пресформу.

Корпус складається з двох частин, основи і кришки, які з'єднуються між собою шурупами та передньої панелі. На передній панелі приладу розміщені 4 світлодіоди і роз'єм (DBR) для підключення модему до ПЕОМ, роз'єм під антену та фотодавач, а на задній стороні розташовані роз'єм (DBR) для підключення термодавача, роз'єм для підключення шнура 220В та роз'єм для підключення антени (рис.2.35).

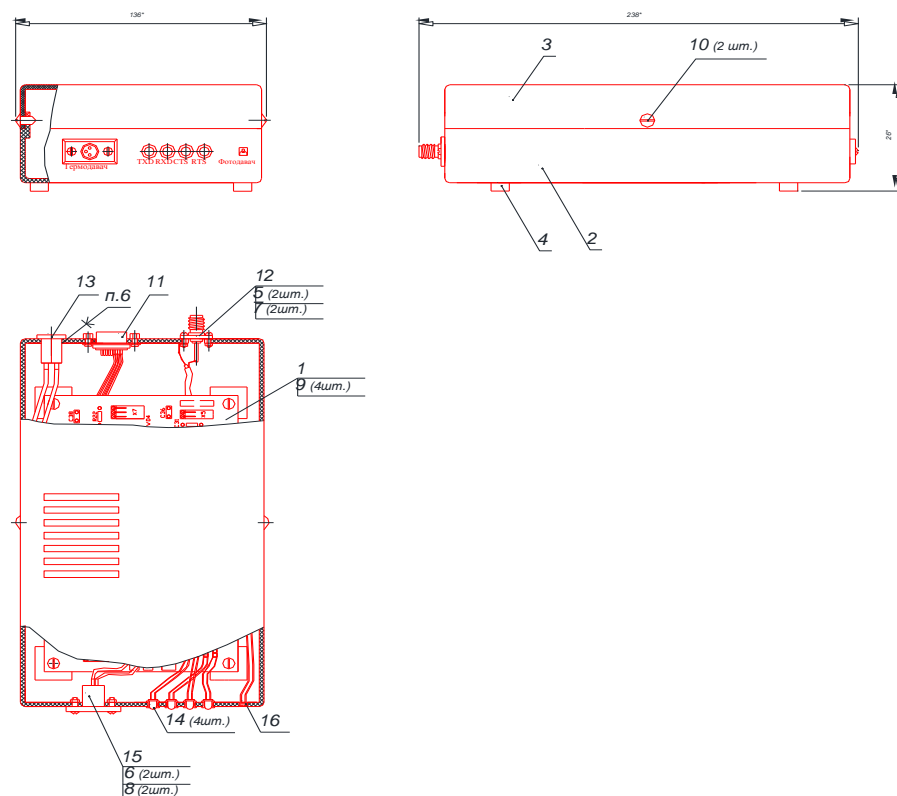


Рис. 2.35. Корпус приладу (умовні позначення виносок розписані в специфікації, яка розташована в додатку)

Корпус виконаний з ударостійкого полістиролу УПС-825 ТГ, який володіє великим значенням теплоємності і теплопровідності.

2.1.3.2. Розрахунок механічної міцності та вібростійкості приладу. Як 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.

Основним способом захисту приладу 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, середньо частотні 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.

Зовнішні навантаження на прилади викликають внутрішні механічні навантаження конструктивних елементів. Під колом навантажень розуміють механічні навантаження системи, викликані коливаннями різних частот і амплітуд в процесі випробувань, транспортування і експлуатації. При цьому власна частота може змінюватись в широких межах .

При захисті приладу від механічних впливів необхідно перш за все забезпечити захист найслабшого його елемента – друкованої плати. З цією метою потрібно, щоб резонансна частота друкованої плати.

$$f_0 = \left(\frac{1}{2\pi}\right) \sqrt{\frac{c}{m}}, \quad (2.20)$$

а також резонансні частоти її елементів:

$$f_{0i} = \left(\frac{1}{2\pi} \right) \sqrt{\frac{c_i}{m_i}}, \quad (2.21)$$

знаходилися за межами частотного діапазону вхідних впливів $f_{0\min} \dots f_{0\max}$, де c, c_i, m, m_i , - жорсткість та маса навантаженої друкованої плати і елементу відповідно.

Резонансну частоту друкованої плати при рівномірно розділеній масі електрорадіоелементів по платі визначають за формулою:

$$f_0 = \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{m_e}{m_n}}} \right) \left(\frac{\pi}{4\sqrt{3}} \right) (1 + \Delta^2)^{\lambda} \left(\frac{\lambda S}{B^2} \right) \sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}}, \quad (2.22)$$

де m_e - маса навісних радіоелементів;

m_n - маса друкованої плати;

Δ - відношення меншої сторони плати до більшої;

S - товщина плати;

B - більша сторона плати;

ε - модуль Юнга матеріалу плати (для фольгового склотекстоліту $\varepsilon = 3.2 \cdot 10^{10} \text{ М}^2$);

ρ - густина матеріалу плати (для склотекстоліту - $2.5 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$);

λ - коефіцієнт, що залежить від способу кріплення друкованої плати (при кріпленні друкованої плати в 4 точках $\lambda=1.2$)

Для знаходження сумарної маси навісних радіоелементів скористаємось табл. 2.7.

Механічні характеристики елементів

Найменування комплектуючих виробів	К-сть, шт.	Вага одиниці, г	Загальна вага, г
Y5V	27	0,5	13,5
ЕСАР	11	1,4	15,4
MF-25-0.125	22	0,15	3,3
KP142EH5A	1	2,51	2,51
TL081	1	2,21	2,21
MAX232	2	20	40
CD4017	1	12	12
ATMEGA32	1	10	10
CC1000	1	10	10
DS1812D-5	1	5	5
5003R4D-EPB-P	4	0,25	1
PTL (індуктивність)	4	0,25	1
KЦ405	1	0,25	0,25
BC546B	4	0,3	1,2
RPM-22PB	1	0,35	0,35
ТП 121-1	1	180	180
PLS-02	1	2	2
PLS-06	1	2	2
PK-02МД	2	18	36
Всього	87	267,17	337,72

Тоді,

$$f_0 = \left(1 + \sqrt{\frac{0,33772}{0,100}}\right) \left(\frac{\pi \cdot \sqrt{3}}{4}\right) (1 + 0,64^2) \left(1,2 \cdot \frac{0,0015}{0,027225}\right) \sqrt{\frac{3,2 \cdot 10^{10}}{2,5 \cdot 10^3}} = 1316,16 \text{ Гц}$$

Згідно ОСТ ГО.010.009, друковані плати без амортизації повинні мати приналежність частоти до 60 Гц. Тому можна зробити висновок, що виріб відповідає ОСТу ($60 \text{ Гц} < 1316,16 \text{ Гц}$).

Ударні впливи на прилад характеризуються формою і параметрами ударного імпульсу. Згідно вимог механічного впливу при транспортуванні прилад повинен витримати ударні імпульси тривалістю 15мс, пікове прискорення $N_y = 10g$. Максимальний вплив на апаратуру має імпульс

прямокутної форми, проведемо розрахунок міцності приладу до дії таких ударів.

Умовна частота ударного імпульсу:

$$\omega = \frac{\pi}{\tau}, \quad (2.23)$$

де τ – тривалість ударного імпульсу, $\tau = 15 \text{ мс}$.

$$\omega = \frac{3,14}{10 \cdot 10^{-3}} = 314 \text{ Гц}.$$

Коефіцієнт передачі при ударі:

$$K_y = 2 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2 \cdot \nu}\right), \quad (2.24)$$

де ν – коефіцієнт розстрочки:

$$\nu = \frac{\omega}{2 \cdot \pi \cdot f_0}. \quad (2.25)$$

Підставивши значення отримано:

$$\nu = \frac{314}{2 \cdot 3,14 \cdot 1316,16} = 0,037,$$

$$K_y = 2 \cdot \sin\left(\frac{3,14}{2 \cdot 0,037}\right) = 1,35.$$

Максимальне відносне прискорення приладу:

$$a_y = H_y \cdot K_y, \quad (2.26)$$

$$a_y = 10g \cdot 1,35 = 13,5g.$$

Максимальне відносне переміщення:

$$Z_{\max} = \frac{2 \cdot H_y}{2 \cdot \pi \cdot f_0} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2 \cdot \nu}\right) = \frac{a_y}{2 \cdot \pi \cdot f_0}, \quad (2.27)$$

$$Z_{\max} = \frac{13,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 1316,16} = 0,0016 \text{ мм.}$$

Умова ударної міцності для радіоелементів має вигляд:

$$a_y < a_{y \text{ доп}},$$

де $a_{y \text{ доп}}$ – допустиме прискорення удару, $a_{y \text{ доп}} = 15g$.

Оскільки $13,5g < 15g$, то умова ударної міцності виконується, а оскільки ця умова виконується, то відповідно пристрій задовольняє вимогам ударної міцності і придатний для роботи і транспортування при дії ударів.

2.1.3.3. Електромагнітна сумісність. Під електромагнітною сумісністю розуміють вплив, як зовнішніх так і внутрішніх електромагнітних шумів на роботу електричної схеми приладу, а також його вплив на роботу інших пристроїв.

Даний прилад призначений для використання в лабораторних умовах, але він мусить працювати з ПЕОМ, що може бути неможливим, адже прилад містить аналоговий сигнал. Для цього нам необхідно використовувати екранований кабель, щоб передавати сигнал з приладу на обробку в ПЕОМ.

В даному випадку використовується електромагнітний вид екранування.

Для визначення глибини проникнення вихрового струму використовують вираз:

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \cdot \mu \cdot \sigma}}, \quad (2.28)$$

де $\omega = 2\pi f$, $\mu = \mu_0 \mu_1$ – магнітна проникність екрану;

σ – питома провідність матеріалу екрану.

Магнітна обмотка заземляється на корпус, і являє собою захисний екран.

По екрану струм наводки протікає в напрямку зворотному напрямку основного струму і знімає електричне і магнітне поле, створене основним струмом. Використовуємо кабель марок: МКШ, РПКЭ та інші.

2.1.3.4. Розрахунок режимів тепломасопереносу та оптимізація теплових режимів. Розраховуючи стандартний тепловий режим приладу при природному конвекційному теплообміні, конструкцію регулятора замінюємо фізичною тепловою моделлю, в якій перегрів представлений в комплексній сумі середньої температури t_{HS} і теплову потужність розсіювання P_{H3} .

Розрахуємо питому поверхневу потужність корпусу приладу:

$$q_K = \frac{P_0}{S_K}, \quad (2.29)$$

де S_K – площа зовнішньої поверхні корпусу приладу:

$$S_K = 2(L_1L_2 + L_2L_3 + L_1L_3), \quad (2.30)$$

де L_1 – ширина приладу, L_2 – глибина приладу, L_3 – висота приладу,

$$S_K = 2(0,136 \cdot 0,238 + 0,328 \cdot 0,026 + 0,136 \cdot 0,026) = 0,089 \text{ м}^2,$$

$$P_0 = 0,125 \text{ Вт},$$

$$q_K = \frac{0,125}{0,089} = 1,405 \text{ Вт/м}^2.$$

За даними графіку, який зображено на рис. 2.36, визначимо числові дані перегріву корпусу приладу в першому наближенні Δt_k :

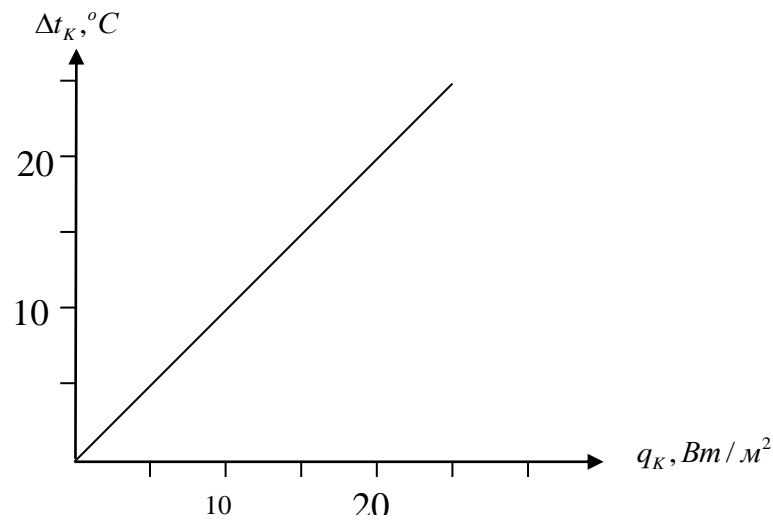


Рис. 2.36. Графік залежності перегріву корпусу від питомої поверхневої потужності

Визначимо коефіцієнти променевипускання для верхньої $\alpha_{л.В}$, бокової $\alpha_{л.б}$ і нижньої $\alpha_{л.Н}$ поверхні корпусу:

$$\alpha_{л.і} = \varepsilon_i \cdot 5,67 \left[\left(\frac{t_0 + \Delta t_k + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_0 + 273}{100} \right)^4 \right] / \Delta t_k. \quad (2.31)$$

$$\alpha_{л.В} = 0,026 \cdot 5,67 \left[\left(\frac{25 + 1,405 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{25 + 273}{100} \right)^4 \right] / 1,23 = 0,65,$$

$$\alpha_{л.Б} = 0,238 \cdot 5,67 \left[\left(\frac{25 + 1,405 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{25 + 273}{100} \right)^4 \right] / 1,23 = 1,3,$$

$$\alpha_{л.Н} = 0,136 \cdot 5,67 \left[\left(\frac{25 + 1,405 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{25 + 273}{100} \right)^4 \right] / 1,23 = 1,37.$$

Для температури t_i розрахуємо число Грегора для кожної поверхні корпусу:

$$t_m = t + \Delta t_K,$$

$$t_m = 20 + 1,405 = 21,405^{\circ}C,$$

$$G_T = \beta_m g \frac{L_{\phi i}^3}{v_m^2} \Delta t_K, \quad (2.32)$$

де $L_{\phi i}$ – визначений розмір i -ої поверхні корпусу;
 g – прискорення вільного падіння;
 β_m – коефіцієнт об'ємного розширення для газів:

$$\beta_m = (t_m + 273)^{-1}, \quad (2.33)$$

$$\beta_m = (21,405 + 273)^{-1} = 3,4 \cdot 10^{-3},$$

$$G_{T.B} = 3,4 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 \frac{0,026^3}{(16 \cdot 10^6)^2} \cdot 1,23 = 0,108 \cdot 10^{-18},$$

$$G_{T.B} = 3,4 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 \frac{0,238^3}{(16 \cdot 10^6)^2} \cdot 1,23 = 9,07 \cdot 10^{-18},$$

$$G_{T.H} = 3,4 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 \frac{0,136^3}{(16 \cdot 10^6)^2} \cdot 1,23 = 2,74 \cdot 10^{-18}.$$

Визначимо число Прандтля для визначеної температури t_m , $P_T=0,8$.

Режим руху газу чи рідини. що обмінюються поверхню корпусу:

$$K = (G_T \cdot P_T) m, \quad (2.34)$$

$$K_B = 0,8 \cdot 0,108 \cdot 10^{-18} = 0,086 \cdot 10^{-18},$$

$$K_H = 0,8 \cdot 2,74 \cdot 10^{-18} = 2,19 \cdot 10^{-18},$$

$$K_B = 0,8 \cdot 9,07 \cdot 10^{-18} = 7,26 \cdot 10^{-19}.$$

За умови, що $K \leq 5 \cdot 10^2$ маємо перехідний до ламірного режиму обтікання поверхні корпусу.

Розрахуємо коефіцієнт теплообміну конвекцією для кожної поверхні приладу корпусу α_K і для перехідного режиму. За допомогою формули:

$$\alpha_{Ki} = 1.18 \frac{t_m}{L_{опi}} (G_r P_r)_m^{1/8} N_i, \quad (2.35)$$

де t_m – теплопровідність газу

N_i – коефіцієнт. Який враховує орієнтацію поверхні корпусу:

$$N_i = \begin{cases} 0.7 - \text{для нижньої поверхні} \\ 1 - \text{для бокової поверхні} \\ 1.3 - \text{для верхньої поверхні} \end{cases},$$

$$\alpha_{K.B} = 1.18 \frac{21,405}{0,026} (0,086 \cdot 10^{-18})^{1/8} \cdot 1,3 = 5,22$$

$$\alpha_{K.Б} = 1.18 \frac{21,405}{0,238} (7,26 \cdot 10^{-18})^{1/8} \cdot 1 = 0,76$$

$$\alpha_{K.H} = 1.18 \frac{21,405}{0,136} (2,19 \cdot 10^{-18})^{1/8} \cdot 0,7 = 0,81$$

Визначимо теплову провідність між поверхнею корпусу і оточуючим середовищем σ_K за формулою:

$$\sigma_K = (\alpha_{K.H} + \alpha_{Л.H})S_H + (\alpha_{K.Б} + \alpha_{Л.Б})S_B + (\alpha_{K.B} + \alpha_{Л.B})S_B, \quad (2.36)$$

де S_H, S_B, S_B – площі нижньої, бокової, верхньої корпусу відповідно:

$$S_H = S_B = L_1 L_2 = 0,136 \cdot 0,238 = 0,032368,$$

$$S_B = 2L_3(L_1 + L_2) = 2 \cdot 0,026(0,136 + 0,238) = 0,019448,$$

$$\sigma_K = (0,81 + 1,37) \cdot 0,032368 + (0,76 + 1,3) \cdot 0,019448 + (5,22 + 0,65) \cdot 0,032368 = 0,28$$

Розглянемо перегрів корпусу приладу в другому наближенні $\Delta t_{K.O.}$:

$$\Delta t_{K.O.} = \left(\frac{P_0}{\sigma_K} \right) K_{Л.Н} \cdot K_{Н1}, \quad (2.37)$$

де $K_{Н1}$ – коефіцієнт, що враховує атмосферний тиск навколишнього середовища:

$$\Delta t_{K.O.} = \left(\frac{0,125}{0,28} \right) \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 0,589^0 C.$$

Визначимо помилку розрахунку за формулою:

$$\delta = |t_{K.O.} - t_H| / t_{K.O.}, \quad (2.38)$$

$$\delta = |0,589 - 25| / 25 = 0,97.$$

Оскільки умова $\delta \leq 1$ виконується, то розрахунок можна вважати завершеним.

2.2. Технологічна частина

2.2.1. Адаптація до типу виробництва. У відповідності з стандартом ГОСТ 14.004-83 та в залежності від номенклатури, стабільності, регулярності та об'єму випуску приладів сучасне виробництво поділяють на такі типи: одиничне, серійне та масове.

Відповідно до ГОСТ 3.1108-74 ЄСТД тип виробництва визначається через коефіцієнт серійності [20]:

$$K_c = \frac{t_e}{T_{шт}}, \quad (2.39)$$

де $K_c = 1$ (виробництво масове);

$K_c = 1 - 10$ (виробництво крупносерійне);

$K_c = 10 - 20$ (виробництво середньосерійне);

$K_c > 20$ (виробництво дрібносерійне).

Такт випуску t_e приладів обчислюється виразом:

$$t_e = \frac{F_o \cdot 60}{N}, \quad (2.40)$$

де N - річна програма випуску приладів;

F_o - в межах зміни одної рівний 2070 хв/шт, в межах двох - 4140;

$T_{ум}$ - штучний інтервал час (1 год):

$$t_e = \frac{4140 \cdot 60}{15000} = 16,56,$$

$$K_c = 16,56.$$

Отже, тип виробництва приладу при річній програмі виробництва 15000 шт є середньосерійним.

Характерним для середньосерійного виробництва є обмеженість випуску асортименту продукції. Елементи приладу в процесі виробництві до місць робочих надходять не малими партіями, що є притаманним для виробництва одиничного, а з певними інтервалами часу певними партіями.

У випадку середньосерійного виробництва приладу характерним є велика номенклатура виробів. У більшості випадків, виготовлення більшої частки виробів в при серійному виробництві з певним інтервалом повторюються протягом року або кілька років, що забезпечує організацію випуску на дільницях технологічно-спеціалізованого типу.

При середньосерійному типі собівартісний рівень приладу зменшується з урахуванням специфіки робочих місць, більш ширшого долучення працівників із середньою кваліфікацією, а також зменшуються витрати на виплату заробітної плати.

Особливостями середньосерійного виробництва є [20, 27]:

- за місцем робочої локалізації закріплюється до 20 техоперацій, які повторюються з певним проміжком часу;
- сукупність продукції не завжди є стабільною, одна і та ж сама продукція виробляється декілька разів;
- частка обладнання є спеціалізованою, яка розташовується за ознаками технологічно-предметного характеру;
- використовується паралельний-послідовний вид транспортування предметів праці;
- акцентоване застосування механізованої праці із низьким рівнем використання праці ручного типу.

Характерною особливістю середньосерійного виробництва є її стандартність.

Плату запропоновано виготовляти позитивним комбінаційним методом.

Уніфіковані техпроцеси дають змогу ефективніше застосовувати максимально прогресивніший підхід до розробки техпроцесів з пошуком найоптимальніших варіантів. Залучення до розробки уніфікованих техпроцесів висококваліфікованих фахівців дає змогу глибше узагальнити, вивчити та впровадити в практику виробництва технологічні та наукові здобутки в галузі вибору методу організації процесів, технологічного оснащення, устаткування та пристосування.

На етапі ТВП приділяється найбільша увага розв'язанню комплексу питань щодо техоснащення у відповідності до ГОСТу 14301-83 і засобів техоснащення належать: устаткування технологічне, технологічне оснащення, засоби автоматизації та механізації виробничих процесів.

До техустаткування відноситься інструменти виробництва, в котрих при виконанні певної частки технологічного процесу розміщують матеріал, засоби впливу і за необхідністю джерела енергії. Знаряддя виробництва, що додають до технологічного устаткування для реалізації заданої частини техпроцесу, становить власне технологічне оснащення, а засоби виробництва де ручна праця частково або повністю замінена машиною, відносять до засобів

механізації. В засобах автоматизації функції керування надають машинам та приладам.

При підготовці виробництва приділяють увагу уніфікації та стандартизації засобів технологічного оснащення, виявляють необхідність в оригінальному оснащенні процесу. Оснащення робочих місць здійснюють у відповідності з розробленими типовими та груповими технологічними процесами. Проводять проектування спеціального інструменту, пристосувань штативів, прес-форм та іншого оснащення з врахуванням останніх досягнень науки.

2.2.2. Проектування технологічного процесу. Проектування технологічного процесу приладу і його деталізація передусім залежать від типу виробництва, в даному випадку від середньосерійного.

Модернізований прилад є цілою низкою технологічних операцій механічного і електричного з'єднання деталей і ЕРЕ у виробі, які виконано в заданій послідовності для забезпечення заданого їх розташування і взаємодії.

Час, який встановлюється для створення організаційно технічних умов і для виконання технологічної операції виражається формулою [20]:

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{обсл} + T_{пер} = T_{оп}(1 + k), \quad (2.41)$$

де $T_o + T_d = T_{оп}$;

T_o – основний час;

T_d – допоміжний час;

$T_{обсл}$ – час обслуговування обладнання;

$T_{пер}$ – час перерви на відпочинок і особисті потреби,

$k = 0,13$.

Послідовність та приблизний час виконання технологічних операцій при виробництві приладу із річною програмою випуску 15000 штук:

001 Комплектувальна – комплектування робочих місць виробництва

$$T_{OP} = 1,77 \text{ хв.} \quad T_{ШП} = 1,77 \cdot (1 + 0,13) = 2 \text{ хв.}$$

005 (Нанесення захисної маски) – нанесення захисної маски на місця не пайки друкованої плати:

$$T_{OP} = 2,9 \text{ хв.} \quad T_{ШП} = 2,9 \cdot (1 + 0,13) = 3,3 \text{ хв.}$$

010 (Сушка) – сушка друкованої плати:

$$T_{OP} = 2,9 \text{ хв.} \quad T_{ШП} = 2,9 \cdot (1 + 0,13) = 3,3 \text{ хв.}$$

015 (Лакувальна) – лакування місць не пайки:

$$T_{OP} = 2,79 \text{ хв.} \quad T_{ШП} = 2,9 \cdot (1 + 0,13) = 3,2 \text{ хв.}$$

020 (Сушка) – сушка місць не пайки:

$$T_{OP} = 2,9 \text{ хв.} \quad T_{ШП} = 2,9 \cdot (1 + 0,13) = 3,3 \text{ хв.}$$

025 (Формувальна) - формування виводу елементів:

$$T_{OP} = 1,91 \text{ хв.} \quad T_{ШП} = 1,91 \cdot (1 + 0,13) = 2,16 \text{ хв.}$$

030 (Формувальна) - формування виводу елементів::

$$T_{OP} = 1 \text{ хв.} \quad T_{ШП} = 1 \cdot (1 + 0,13) = 1,13 \text{ хв.}$$

035 (Лудіння) – лудіння виводу елементів:

$$T_{OP} = 0,95 \text{ хв.} \quad T_{ШП} = 0,95 \cdot (1 + 0,13) = 1,07 \text{ хв.}$$

040 (Монтажна) – встановлення елементів на друковану плату:

$$T_{OP} = 2,01 \text{ хв.} \quad T_{ШП} = 2,01 \cdot (1 + 0,13) = 2,27 \text{ хв.}$$

045 (Автопайка) – пайка хвилею припою із застосуванням автоматизованого пристрою:

$$T_{OP} = 1,2 \text{ хв.} \quad T_{ШП} = 1,2 \cdot (1 + 0,13) = 1,36 \text{ хв.}$$

050 (Контрольна): перевірка неприпаяних з'єднань (час не нормується).

055 (Допайка) – допайка неприпаяних з'єднань :

$$T_{OP} = 2,12 \text{ хв.} \quad T_{ШП} = 2,12 \cdot (1 + 0,13) = 2,4 \text{ хв.}$$

060 (Промивка) – промивка від флюсу:

$$T_{OP} = 2,9 \text{ хв.} \quad T_{ШП} = 2,9 \cdot (1 + 0,13) = 3,3 \text{ хв.}$$

065 (Лакувальна) – лакування місця пайки:

$$T_{OP} = 2,79 \text{ хв.} \quad T_{ШП} = 2,79 \cdot (1 + 0,13) = 3,2 \text{ хв.}$$

070 (Сушка) – сушіння лаку:

$$T_{OP} = 2,7 \text{ хв.} \quad T_{ШП} = 2,7 \cdot (1 + 0,13) = 3,1 \text{ хв.}$$

075 (Монтажна) – монтаж елементів на корпус приладу:

$$T_{OP} = 2,9 \text{ хв.} \quad T_{ШП} = 2,9 \cdot (1 + 0,13) = 3,3 \text{ хв.}$$

080 (Монтажна) – з'єднання роземів друкованої плати із елементами корпусу приладу:

$$T_{OP} = 0,9 \text{ хв.} \quad T_{ШП} = 3,8 \cdot (1 + 0,13) = 4 \text{ хв.}$$

085 (Пайка) – пайка елементів корпусу до елементів друкованого вузла:

$$T_{OP} = 2,2 \text{ хв.} \quad T_{ШП} = 2,1 \cdot (1 + 0,13) = 2,5 \text{ хв.}$$

090 (Монтажна) – складання корпусу приладу:

$$T_{OP} = 1,9 \text{ хв.} \quad T_{ШП} = 1,9 \cdot (1 + 0,13) = 2,1 \text{ хв.}$$

095 (Контрольна): час не нормується – перевірка цілісності з'єднань.

100 (Пакувальна) – пакування приладу в транспортувальну тару:

$$T_{OP} = 2,9 \text{ хв.} \quad T_{ШП} = 2,9 \cdot (1 + 0,13) = 3,3 \text{ хв.}$$

105 (Прийомо-здаточна) – відвантаження на склад:

$$T_{OP} = 2,9 \text{ хв.} \quad T_{ШП} = 2,9 \cdot (1 + 0,13) = 3,3 \text{ хв.}$$

Отже, даний тип виробництва приладу вимагає певної організованості щодо робочих місць розташування дільниць в цеху виробництва, а тому, їхнє розташування планується в процесі техпроцесу, що призводить до зменшення затрати на транспортування.

Для забезпечення нормальної роботи пристрої для лудження і формовки доцільно розмістити по таких місцях, які б мали добрий вихід до решту робочих столів. Місця робіт по монтажну локалізовано біля вікон.

Локалізацію об'єкту промивання, сушіння та лакування передусім необхідно повністю ізолювати від базового приміщення з метою мінімізації впливу випаровування та приросту показників температури. Повністю підготовлений прилад через відділ контролю технічного пересувається на приміщення складу, де прилад зберігають.

2.3. Висновки до розділу 2

У розділі проведено огляд відомих приладів для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів, в результаті чого встановлено, що розробка шляхом модернізації відомого прототипу є актуальною інженерною задачею.

В результаті аналізу схем структурних відомих приладів, зокрема «ДКТ-01», знайдено шляхи щодо удосконалення цього приладу, що уможливило розробити схему електричну принципову. Для вибору елементної бази (резисторів, конденсаторів, діодів, транзисторів, мікросхем, котушок, роз'ємів та кварцу) проведено перевірочний розрахунок схеми електричної принципової.

Оскільки усі елементи із друкованим вузлом необхідно помістити в корпус приладу, тому було вибрано тип корпусу, проведено розрахунки на ударну стійкість, міцність та електромагнітну сумісність.

Розроблено технологічний процес виготовлення приладу, зокрема згідно до аналізу процесу виготовлення визначено, що річній програмі (15000 шт.) тип виробництва є середньосерійним. Описано технологічний процес виготовлення приладу у вигляді послідовності операцій.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1. Математична модель приладу як ядро теоретичного дослідження

Дослідження приладу шляхом створення його математичної моделі і подальше дослідження цієї моделі за допомогою обчислювальних техніки дає змогу проаналізувати детально роботу приладу.

Оскільки прилад працює в режимі вимірювання температури та передачі її по радіоканалу на центр моніторингу, тому здійснено подвійний підхід щодо побудови моделі. На першому етапі розроблено модель приладу як вимірювача температури, а другому етапі – як передавач радіочастотний.

Вимірювання температури полягає в передачі невеликої порції теплової енергії від об'єкту до термодавача, який повинен перетворити цю енергію в електричний сигнал (рисунок 3.1).

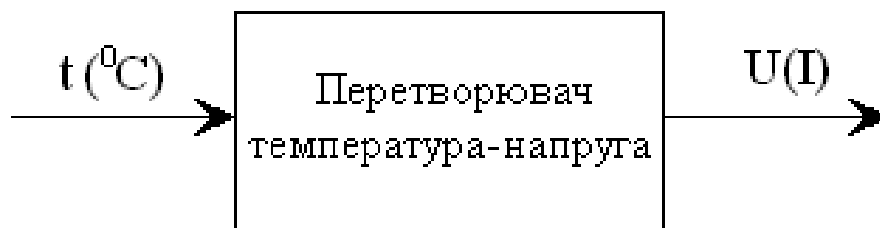


Рис.3.1. Перетворення температура-напруга

Коли контактний зонд поміщається на об'єкт, то між об'єктом і зондом відбувається передача тепла за рахунок теплопровідності. При цьому чутливий елемент, що входить до складу зонда, або розігрівається, або охолоджується.

Характеристики напівпровідникового р-п переходу в діодах і біполярних транзисторах досить сильно залежать від температури. Тому як модель приладу використано математичну модель напівпровідникового р-п переходу. Залежність струму від напруги для р-п переходу в діоді можна виразити через наступний вираз:

$$I = I_0 \exp\left(\frac{qU}{2kT}\right), \quad (3.1)$$

де I_0 – струм насичення, величина якого залежить від напруги.

Враховуючи вираз (1.1) залежність напруги на переході від температури має наступний вигляд:

$$U = \frac{E_q}{q} - \frac{2kT}{q} (\ln K - \ln I), \quad (3.2)$$

де E_q — ширина зони заборонених енергій для кремнію при температурі абсолютного нуля (р-п);

q - величина заряду електрона;

k – константа, незалежна від температури.

Технології передачі інформації, зокрема зміни температури, займають в сучасному світі все більш важливе місце, зокрема і в медицині, роблячи вкрай актуальними питання розрахунку і моделювання систем зв'язку. При створенні систем передачі інформації в більшості випадків виявляється, що спектр початкового сигналу, який підлягає передачі, зосереджений зовсім не на тих частотах, які ефективно пропускає наявний канал зв'язку. Крім того, в багатьох випадках потрібний, щоб передаваний сигнал був вузькосмуговим, тобто ефективна ширина його спектру повинна бути набагато менше центральної частоти. Перераховані причини приводять до необхідності такої трансформації початкового сигналу, щоб вимоги, що пред'являються до займаної сигналом смуги частот, були виконані, а сам початковий сигнал можна було відновити

Вирішення вказаної проблеми досягається шляхом використання модуляції, суть якої полягає в наступному. Формується деяке коливання (найчастіше гармонійне), зване несучим коливанням, і який-небудь з параметрів цього коливання змінюється в часі пропорційно початковому

сигналу. Початковий сигнал називають модулюючим, а результуюче коливання з параметрами, що змінюються в часі, - модульованим сигналом. Зворотний процес - виділення модулюючого сигналу з модульованого коливання - називається демодуляцією

Оскільки щоб передати сигнал з однієї точки в іншу на відстані безпроводно, необхідно вибрати канал зв'язку, вид кодування (модуляції) Тому для передачі на велику відстань є доцільним використання радіозв'язку, з певним типом модуляції. Враховуючи сказане, прилад як передавач зображено у вигляді чорного ящика (рис.1.2) на вході якого поступають температурні дані у вигляді сигналу, а на виході модульований сигнал (амплітудна, фазова, частотна модуляції).

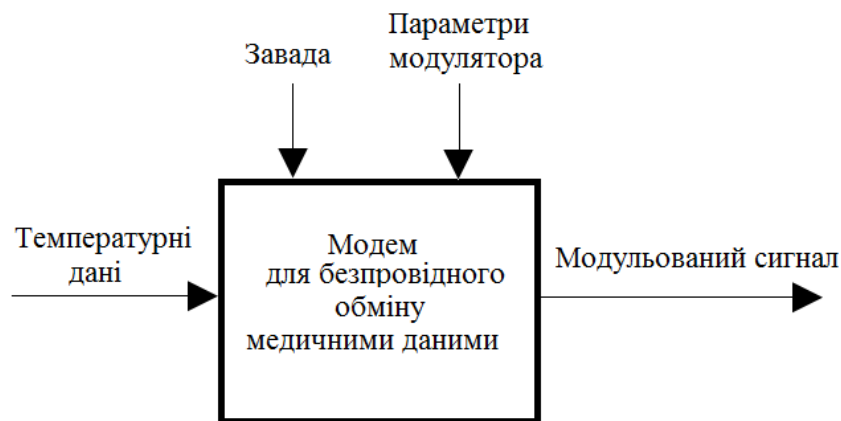


Рис. 3.2. Загальна схема приладу як передавача інформації

Для дослідження даного експерименту візьмемо тип модуляції – амплітудну балансну модуляція.

Амплітудна модуляція приваблива перш за все своєю простотою і, отже, дешевизною, яку забезпечує використання в приймачі діодного детектора. Проте велика частка передаваної потужності доводиться на несучу частоту, тобто витрачається дарма, оскільки що несе сама по собі не несе корисної інформації. З цієї причини були розроблені інші види амплітудної модуляції. В одному з них використовується **балансний (balanced)** модулятор; така модуляція характеризується повним придушенням несучої і наявністю в спектрі тільки бічних частот. Передача за допомогою балансної модуляції отримала

назву передачі з двома бічними і придушенням несучої (double sideband suppressed carrier - DSBSC).

Один з методів здійснення цього виду АМ полягає у використанні модулятора Коуена (Cowan), схема якого приведена на рисунку 3.3.

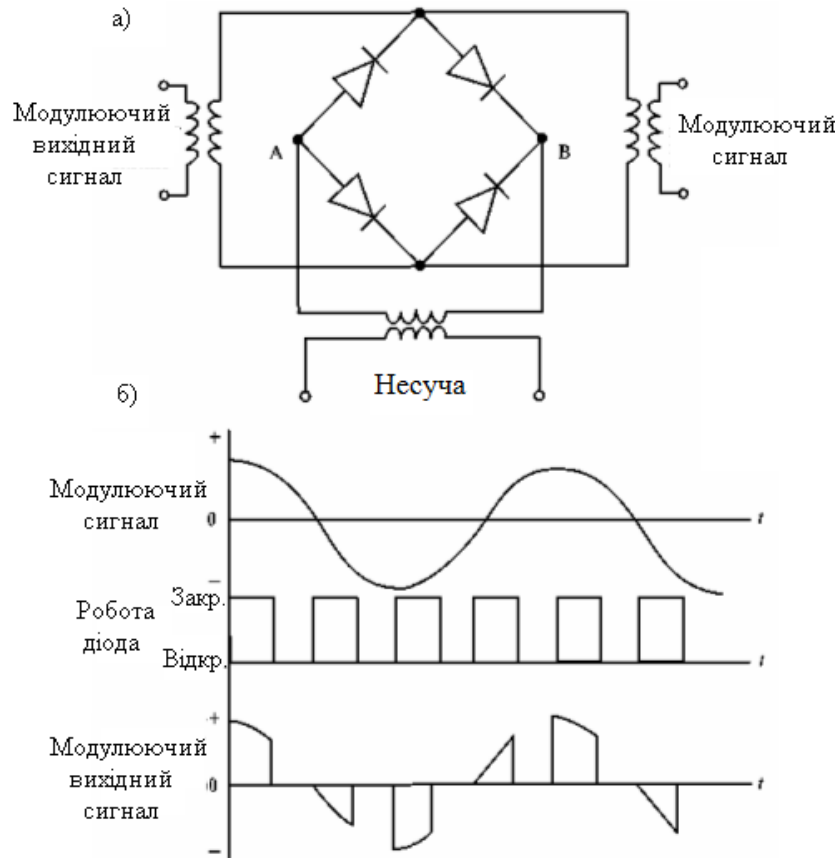


Рис. 3.3. Модулятор Коуена [1]:

а) загальна електрична схема; (б) вихідна функція

Протягом одного на півперіоду несучої в точці А схеми створюється позитивна напруга, а в точці В - негативна, що приводить до зсуву всіх чотирьох діодів. При цьому обмотки двох трансформаторів, підключених до діодного моста, замикаються на коротко, і на виході ми отримуємо нульову напругу. Протягом другого напівперіоду діоди зміщуються у зворотному напрямі, тобто закриваються; діодний міст розмикається, і модулюючий сигнал проходить на вихід схеми. Вихідний сигнал еквівалентний утворення модулюючого сигналу на позитивний період що високочастотною несе, як показано на рисунку 3.3, б.

Для того, щоб проаналізувати роботу модулятора Коуена, розглянемо множення модулюючого сигналу на несучу, яка представляється у вигляді розкладання в ряд Фур'є:

$$g(t) = kV_M \cos \omega_M t \left[\frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \left(\sin \omega_H t + \frac{1}{3} \sin 3\omega_H t + \dots \right) \right] = \quad (3.3)$$

$$\frac{kV_M \cos \omega_M t}{2} + \frac{kV_M}{\pi} [\sin(\omega_H - \omega_M)t + \sin(\omega_H + \omega_M)t] + \dots$$

де k – постійна схеми.

Вираз (3.3), як модель приладу передавача температурних даних, містить початковий сигнал, складові верхньою і нижньою бічних частот, які і представляють сигнал з подавленою несучою, а також частотні компоненти вищих порядків з центрами на частотах непарних гармонік, кратних частоті сон. Як видно, в отриманій функції відсутній компонент з частотою несучою. Після смугової фільтрації в спектрі сигналу залишаються тільки необхідні частотні компоненти, всі інші подавлені.

Слід зазначити, що кожна бічна амплітудно-модулюючого сигналу несе повну інформацію про початковий модулюючий сигнал. Значить, можна досягти задовільного прийому, працюючи з однією бічною (single sideband - SSB). При цьому зменшується смуга частот і потенційно подвоюється інформаційна місткість каналу в заданій смузі, а також зменшується витрата передаваної енергії. Один з методів, використовуваних для організації зв'язку на одній бічній частоті.

3.2. Експериментальна верифікація теоретичних результатів

Проведення експериментальних досліджень з використанням програмного пакету Matlab дозволить оцінити детально математичну модель приладу та роботу процесу передачі температурних даних по радіоканалу з використанням балансної модуляції (амплітудної з подавленою несучою).

Програмне забезпечення для дослідження моделі приладу у середовищі Matlab подано нижче по тексту.

```
% Вивід експериментальних температурних даних зареєстрованих від пацієнта
% з кроком 10 хв.
x=load('d:\data\temperature.txt')      % дані тестові
t=1:length(x); t=t.*10;                % вісь часова
figure(1); plot(t,x);                  % вивід
axis tight;                            % вкл. масштабування
grid on;                                % вкл. сітки
xlabel('t,min');                        % підпис вісі x
ylabel('Temperature,C');                % підпис вісі y
% Аналогова балансна модуляція
Fc = 1; Fs = 350;                      % параметри модуляції
y=ammod(x,Fc,Fs);                      % модуляція ammod
figure(2); plot(t,y);                  % вивід
axis tight;                            % вкл. масштабування
grid on;                                % вкл. сітки
xlabel('t,min');                        % підпис вісі x
ylabel('U,V');                          % підпис вісі y
```

Результати роботи програми подані у вигляді рисунків 3.4-3.5.

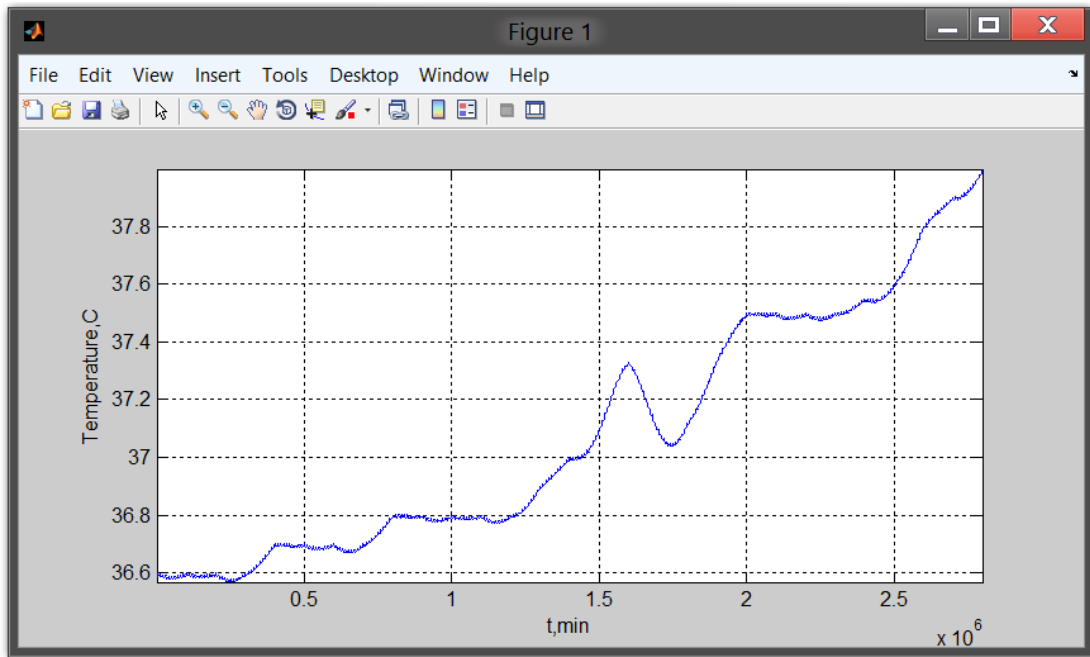


Рис. 3.4. Реалізація зміни температури (температурні дані)

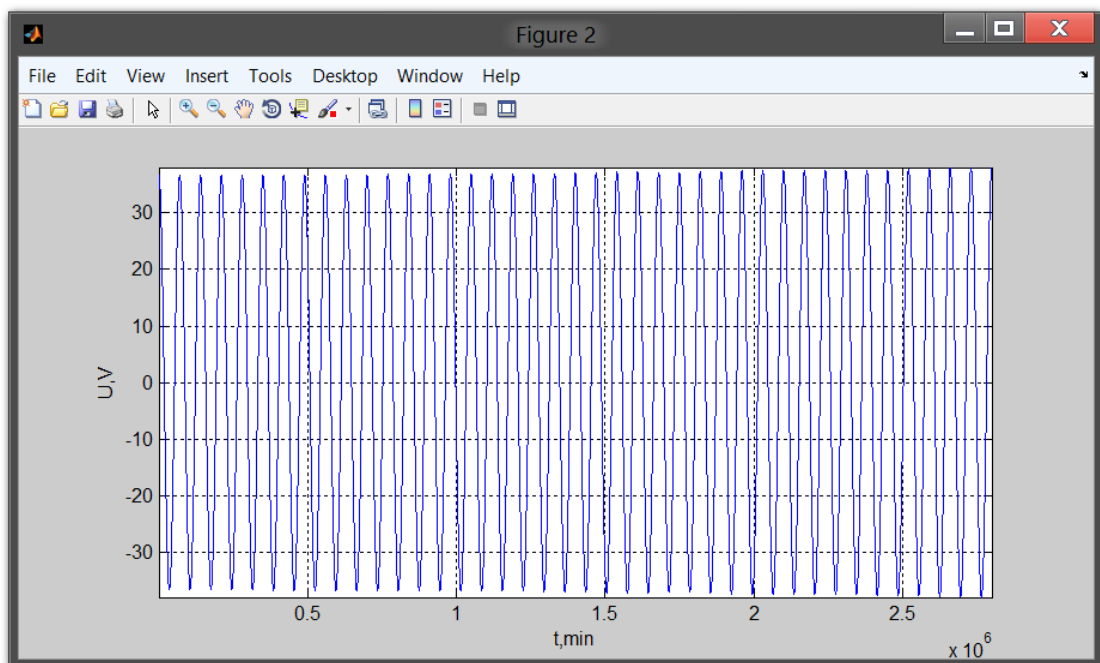


Рис. 3.5. Реалізація балансно-модульованого сигналу зміни температури

Отже, обґрунтована математична модель приладу у вигляді перетворювача з температури в електричну величину та модулятора з амплітудно-балансною модуляцією дає змогу математично описати роботу приладу.

3.3. Економічні розрахунки

Результати розрахунку затрат на сировину і матеріали для виробництва одного приладу зведено в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1

Визначення величини затрат на сировину і матеріали

Назва матеріальних ресурсів	Одиниця виміру	Ціна за одиницю, грн.	Норма витрат на виготовлення одного виробу	Затрати на сировину і матеріал, грн.	Вартість повернутих відходів, грн.	Транспортно-заготівельні затрати, грн.	Фактичні затрати на сировину і матеріали, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8
Припой ПОС-61 ГОСТ 21931-76	кг	450,00	0,3	135,00	4,05	13,50	144,45
Флюс ФКСп ост4.го.033.200	л.	136,00	0,1	13,60	0,27	1,36	14,69
Клей ВК-9 ОСТ 4.ГО.029.204	шт. (0,05г)	13,00	0,4	5,20	0,10	0,52	5,62
Лак ЕП-730-413 ТУ-10-1539-76	кг	80,00	0,3	24,00	0,48	2,40	25,92
Провід МГШВ0,2К ТУ16-505.437-82	м	8,00	5	40,00	0,80	4,00	43,2
Корпус	шт.	50,00	1	50,00	–	5,00	55
Друкована плата СФ2-50Г-1,5 (склотекстоліт)	шт.	12,50	1	12,50	–	1,25	13,75
Всього	–	–	–	280,3	5,70	28,03	302,63

Формула розрахунку вартості деталей та напівфабрикатів [20]:

$$K_{НД} = \sum_{i=1}^n H_i \cdot \dots \cdot C_{ni}, \quad (3.8)$$

де: H_i - кількість i -их деталей та напівфабрикатів, які використано при модернізації;

C_{ni} - оптова вартість одиниці i -их купованих деталей та напівфабрикатів.

Вартість деталей та напівфабрикатів має приріст на величину заготівельно-транспортних витрат розміром 10% від вартості прејскуранту. Результати розрахунків зведено у табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Вартість радіокомпонентів (згідно даних інтернет-магазинів)

Найменування виробів	К-сть на 1 виріб, шт.	Ціна за одиницю, грн.	Загальна сума, грн.	Транспортно-заготівельні витрати, грн.	Загальні витрати на комплектуючі, грн.
1. Конденсатори					
K10-17	27	0,60	16,2	1,62	17,82
ЕСАР	11	0,95	10,45	1,05	11,50
2. Резистори					
MF-25-0.125	22	0,35	7,70	0,77	8,47
3. Мікросхеми					
KP142EH5A	1	6,40	6,40	0,64	7,04
TL081	1	5,00	5,00	0,50	5,50
MAX232	2	31,50	63,00	6,30	69,30
CD4017	1	5,50	5,50	0,55	6,05
ATMEGA32	1	49,50	49,50	4,95	54,45
CC1000	1	55,05	55,05	5,505	60,555
DS1812D-5	1	13,15	13,15	1,315	14,465
4. Світлодіоди					
5003R4D-EPB-P	4	0,70	2,8	0,28	3,08
5. Котушки					
PTL	4	1	4	0,40	4,40
6. Напівпровідникові елементи					
KЦ405	1	5,76	5,76	0,576	6,336
BC546B	4	9,00	36	3,6	39,6
RPM-22PB	1	9,60	9,60	0,96	10,56
7. Трансформатор					
ТП 121-1	1	75	75	7,5	82,50
Роз'єми					
PLS-02	1	0,25	0,25	0,03	0,28
PLS-06	1	0,55	0,25	0,03	0,28
6. Кварцевий резонатор					
PK-02МД	2	3,80	7,6	0,76	8,36
Разом	–	–	373,18	37,32	410,50

Формула розрахунку витрат на паливо для цілей технологічних [20]:

$$Z_n = \sum_{i=1}^n H_{ni} \cdot C_{ni}, \quad (3.9)$$

де H_{ni} - норми витрат i -го виду палива на виробництво однієї одиниці приладу;

n – загальна кількість видів палива.

C_{ni} - оптова вартість за одиницю витрат i -го виду палива;

Для технологічного виробництва приладу використано природній газ. Витрати на паливо при $C_{ni} = 9,01$ грн. за 1 м^3 (станом на червень 2020 р. становить); $H_{ni} = 0,3 \text{ м}^3$:

$$Z_n = 0,3 \cdot 9,01 = 2,70 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію для технологічних цілей та освітлення розраховуються за формулою [20]:

$$Z_e = \sum_{i=1}^n H_{ei} \cdot T_{ei}, \quad (3.10)$$

де: H_{ei} - норма витрат i -го виду енергії на виготовлення одного приладу;

T_{ei} - тариф за одиницю витрат i -их видів енергії;

n - кількість видів енергії

Розраховуємо витрати на електроенергію при: $H_{ei} = 1,49$ грн./кВт (станом на червень 2015 р. становить); $T_{ei} = 1,49$ грн./кВт; $n = 1$:

$$Z_e = 20 \cdot 1,49 = 29,80 \text{ грн.}$$

Витрати на паливо та електроенергію на одиницю виробу становлять:

$$Z_n + Z_e = 2,70 + 29,80 = 32,50 \text{ грн.}$$

Визначаємо фактичні затрати Z_ϕ на сировину та матеріали, купованих напівфабрикатів, палива та електроенергії для одного виробу:

$$Z_\phi = 302,63 + 410,50 + 32,50 = 722,82 \text{ грн.}$$

Розрахунок поточних затрат по виготовленню апарату зводимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3

Калькуляція вартості випуску одиниці продукції

Статті витрат	Вартість
1. Сировина і матеріали за мінусом відходів	302,63
2. Куповані напівфабрикати і комплектуючі вироби	410,50
3. Енергія та паливо (для технологічних цілей)	31,62
Вартість	1999,29

Отримані розрахунки вартості приладу в розмірі 1999,29 грн, вказують на актуальність його проектування зі сторони економічної доцільності при порівнянні із аналогами на ринку медичної техніки.

3.4. Висновки до розділу 3

У розділі обґрунтовано математичну модель приладу як ядро теоретичного дослідження у вигляді перетворювача з температури в електричну величину та модулятора з амплітудно-балансною модуляцією та проведено експериментальну верифікацію теоретичних результатів із застосуванням засобу Matlab.

На підставі економічних розрахунків встановлено, що виробництво модернізованого приладу для дистанційного моніторингу за температурою

віддалених медичних об'єктів є економічно доцільним. Оскільки проєктований прилад має кращі характеристики і технічні показники, тому впровадження його є економічно - (лімітна ціна - 1999,29 грн.) та технічно-обґрунтованим із врахуванням попиту на нову продукцію в умовах ринкових відносин.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

У відповідності до українського законодавства Закону служба, що несе відповідальність за охорону праці, формується роботодавцем щодо процесу організаційного виконання техніко-організаційних, санітарно-гігієнічних, правових, економічно-соціальних, та лікувальних та профілактичних заходів. Ці заходи спрямовані на запобігання випадків нещасного характеру, захворювань професійного характеру та аварій під час праці.

Роботодавець підприємства з урахуванням особливостей виробництва медичної техніки, умов праці та кількості працівників формує і затверджує відповідне Положення про діяльність служби відповідальної за охорону праці певного виробничого підприємства, визначає змістовний склад та чисельність загальну, функції, правові відносини та базові завдання працівників у відповідності до законодавства.

Служба організовується на підприємствах чисельністю не більше 50 осіб. Передбачається також функціональність служби за сумісництвом особою, яка має відповідну кваліфікацію.

На підприємстві чисельністю, що не перевищує 20 осіб усього, до структури служби по охороні праці мають дозвіл щодо долучення спеціалістів сторонніх відповідної підготовки на засадах договірного типу.

Служба є підпорядкована напряму роботодавцю підприємства чи виробничого об'єкту. За своїми посадовими обов'язками спеціалістів служби та керівників прирівнюють з керівниками та спеціалістами базових техніко-виробничих служб відповідного підприємства. Служба в охороні праці залежно від загальної кількості працівників здатна функціонувати самостійно як окрема структурна одиниця або як група спеціалістів або один спеціаліст, з урахуванням сумісництва.

Служба складається із спеціалістів з вищою освітою та стажем праці у відповідності до профіля виробництва як мінімум три роки. Спеціалісти виробництва із спеціально-середнім освітнім рівнем мають право на прийняті їх у склад служби у деяких випадках за винятком. Перевірка, в тому числі основних концепцій охорони праці, службових працівників здійснюється в процесі прийняття їх на роботу тривалістю трьох років з правом подальшого продовження.

Робітники служби мають за своїм призначенням видавати керівництву приписи обов'язкового характеру для усунення виявлених недопрацювань зі сторони охорони праці на виробництві. Щодо скасування приписів працівника служби має право лише керівник підприємства або роботодавець. Працюючі у службі не мають право до залучення щодо виконання функцій, які не є передбаченими у Типовому положенні про службу та Законі України щодо охорони праці. Ліквідацію структурного підрозділу служби допущено лише в такому, коли підприємство ліквідоване.

До службових завдань служби відносять:

- фахова підтримка прийнятих рішень роботодавця по питанню охорони праці;
- безпека будівельних приміщень, споруд, процесів виробничих та відповідного устаткування;
- забезпеченість працюючих відповідними індивідуальними та колективного засобів захисту;
- підвищення кваліфікації працівників та їх профпідготовка по питаннях охорони праці;
- вибір режимів оптимальної праці у поєднанні із відпочинком працівників;
- роз'яснення та інформування працівників по питаннях охорони праці.

До функцій служба відносять:

- опрацювання ефективної цілісності системи охоронного управління праці;

- здійснення методичного та оперативного керівництва працею з питання охорони праці;

- складання спільно із підрозділами структурними відповідного підприємства заходи комплексного характеру з метою досягнення відповідних нормативів з гігієни праці, безпеки і середовища виробничого;

- здійснення вступного інструктажу із з працівниками;

- видавати відповідні розпорядження та накази в рамках охорони праці;

- здійснення процедури оформлення документів із подальшим її зберігання в рамках охорони праці;

- розглядання фактів присутності виробничих ситуацій, які є небезпечними щодо життєдіяльності працівників;

- організація процесу забезпеченості відповідних працівників діючими положеннями, чинними стандартами, правовими нормами та відповідними інструктивними матеріалами по питаннях охорони праці;

- розслідування аварійних ситуацій та випадків нещасного характеру;

- контроль за дотриманням чинного законодавства та виконання працівниками підприємства інструкцій посадових по питанню охорони праці;

Спеціалісти зі служби мають повні права на відвідування виробничих об'єктів, підрозділів підприємства, отримувати від посадовців усіх необхідних відомостей, документів та пояснень по питаннях охорони праці. Також спеціалістів допущено на перевірку стану безпеки, гігієнічного стану виробничого середовища.

Окрім того спеціалісти мають право на вимагання від посадовців на петицію щодо відсторонення робітників без попередньо пройденого медогляду, навчального процесу, вхідного інструктажу, тестування знань по питанню охорони праці.

Отже, коректна організація служби охорони на підприємстві по виготовленню приладу для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів дасть змогу організувати безпечні умови працівників в умовах виробництва.

4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Під час виникнення загрози чи настання ситуацій надзвичайного характеру є необхідним забезпечення надійної роботи об'єктів оснащених приладами для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів.

У відповідності до вимог Державних будівельних норм ДБН В1.2-4-2006 базовими заходами, що спрямовані на підвищення стійкості об'єктів оснащених приладами є:

- захист персоналу зі складу службовців та робітників;
- забезпечення підвищеності умов стійкозахищеності техніко-інженерно комплексу;
- обмеження або виключення прогностичних наслідків впливу ураження вторинних факторів;
- забезпечення організації стійкості зв'язків виробничих та надійності матеріально-технічного забезпечення;
- організаційне проведення заходів щодо зниження рівня можливих втрат і забезпечення прогресування випуску продукції, зокрема медичної техніки;
- забезпечення надійності управління виробництвом;
- завчасна підготовка до відновлення порушеного виробництва.

Захист робітників і службовців досягається:

- укриттям в захисних спорудах;
- евакуацією в заміську зону;
- забезпеченістю засобами індивідуального захисту; надійним та своєчасним оповіщенням про небезпеку;
- розробкою режимів захисту;
- герметизацією приміщень;
- проведенням профілактичних медичних заходів.

Підвищення стійкості інженерно-технічного комплексу досягається:

- заглибленням або розміщенням у незаважуваних приміщеннях устаткування і комунікацій;

- підвищенням міцнісних характеристик споруд;
- базуванням підприємства на декількох джерелах електропостачання;
- передбаченням на мережах газопостачання і теплофікації заходів проти витікання газу, пару, води, а також резервних ліній для переключення енергопостачання від інших магістралей (об'єктів).

Ймовірність виникнення на підприємстві пожеж залежить в основному від ступеня вогнестійкості будинків і споруд, пожежо- і вибухо- небезпечності, щільності забудови будинків і споруд і ступеня їх руйнувань.

При розробці заходів по виключенню або обмеженню дії на об'єкт та його елементи вторинних факторів поразки слід враховувати специфічні властивості об'єктів. Так, на об'єктах нафтопереробної і нафтохімічної промисловості внаслідок руйнування і ушкодження місткостей, трубопроводів і арматури можливе виникнення вибухо-небезпечних газоповітряних сумішей, які можуть вибухнути і призвести до руйнування устаткування, будівельних конструкцій, будинків і споруд.

Виникнення і характер пожеж залежать не тільки від категорії виробництва по пожежній безпеці, але й від ступеня вогнестійкості будинків і споруд. За ступенями вогнестійкості будинки і споруди поділяються на п'ять груп (I, II, III, IV і V).

Лікувальні корпуси психіатричних лікарень і диспансерів мають бути не нижче III ступеня вогнестійкості.

Будинки лікувальних закладів на 60 і менше ліжок та амбулаторно-поліклінічні заклади на 90 відвідувань за зміну дозволяється проектувати IV, V ступеня вогнестійкості з рубленими чи брущатими стінами.

Приміщення лікувальних, амбулаторно-поліклінічних закладів і аптек (крім приміщень медичного персоналу громадських будинків і споруд, аптечних кіосків) в разі розміщення їх в будинках іншого призначення мають бути відокремлені від решти приміщень протипожежними стінами 1-го типу і мати самостійні виходи назовні.

Ступінь вогнестійкості будинків і споруд визначається мінімальними межами вогнестійкості будівельних конструкцій і загоряння матеріалів, із яких ці конструкції збудовані. Вогнестійкість будівельних конструкцій визначається часом згоряння (запалювання) і вимірюється в годинах. Всі будівельні матеріали, як відомо, поділяються на три групи: такі, що згоряють, важко згоряють і не згоряють.

Для виключення або обмеження можливості виникнення і поширення пожеж, отруень та інших вторинних факторів ураження на підприємствах проводяться заходи по протипожежній та інженерно-технічній профілактиці. Вони включають заходи, що запобігають розповсюдженню пожежі (обладнання протипожежних розривів навколо нагрівальних печей і установок, створення і підготовка сил і засобів пожежогасіння, винесення складів паливо-мастильних матеріалів, вибухонебезпечних речовин за територію об'єкта та зниження їх запасів, обвалювання місткостей і складів СДОР, обладнання пристроїв для їх нейтралізації, підготовка резервуарів з водою та прийняття інших необхідних мір захисту).

При оцінці стійкості об'єкта у НС необхідно також враховувати розташування об'єкта відносно меж зон можливого катастрофічного затоплення при зруйнуванні гребель гідровузлів і його наслідків.

На стійкість роботи об'єктів значний вплив може створити радіоактивне забруднення місцевості, тому для захисту робітників розроблюються необхідні режими радіаційного захисту.

Це такі заходи, як зниження запасів (на території підприємства) матеріально-технічних засобів, створення в замиській зоні необхідних запасів і резервів сировини, палива, устаткування, комплектуючих виробів, запасних деталей, будівельних матеріалів, рухомих електричних і компресорних станцій для проведення рятівних і невідкладних робіт: підготовка підприємства до переведення на резервні (автономні) джерела електро-, паро- і водопостачання, завчасне дослідження можливостей використання місцевих джерел сировини, палива, комплектуючих деталей та інших необхідних для виробництва матеріалів.

Важливим заходом є завчасна підготовка до відновлення порушеного виробництва, для чого на об'єкті розробляється план відновлювальних робіт, що дозволить значно скоротити час на проведення робіт у випадку часткового зруйнування об'єкта.

4.3. Висновки до розділу 4

У підрозділі з охорони праці проаналізовано питання організації служби охорони на підприємстві по виготовленню приладу для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів з метою організації безпечних умов працівників в умовах технологічного виробництва.

У підрозділі з безпеки в надзвичайних ситуаціях проаналізовано питання аналізу заходів по підвищенню стійкості об'єктів, що використовують прилади для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломній роботі магістра розв'язано актуальну наукову задачу модернізації базового варіанту приладу для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів з метою покращення техніко-економічних показників.

При цьому отримано такі результати:

1. Проведено аналіз відомих приладів для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів чим обґрунтовано напрямок дослідження.

2. Розроблено математичну модель приладу для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів у вигляді перетворювача з температури в електричну величину та модулятора з амплітудно-балансною модуляцією, що забезпечило процедуру дослідження функціональності його роботи.

3. Досліджено математичну модель приладу для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів засобами комп'ютерного моделювання MATLAB.

3. Проаналізовано схеми структурну та електричну принципового базового приладу для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів, що дало змогу знайти шляхи його модернізації.

4. Здійснено процедуру модернізації схеми структурної та електричної принципової базового приладу для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів з метою покращення його техніко-економічних показників.

5. Здійснено параметричний синтез модернізованого приладу для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів, що дало змогу вибрати елементу базу.

6. Розроблено конструкцію та структуру технологічного процесу виробництва та модернізованого приладу для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Безпека життєдіяльності (забезпечення соціальної, техногенної та природної безпеки): Навч. посібник/ В.В. Бегун, І.М. Науменко. – К.: Видавництво УАННП “Фенікс”, 2004. – 328с.
2. Белинский В.Т. Пособие по учебному конструированию РЕА [Текст] / В.Т. Белинский — К.: Высшая школа, 1992.
3. Биотехнические системы: теория и проектирование / [Ахутин В.М., Немирко А.П., Першин Н.Н., Пожаров А.В., Попечителей Е.П., Романов С.В.]. – Оренбург:ГОУ ОГУ, 2008. – 204 с.
4. Блэк Ю. Сети ЭВМ: протоколы, стандарты, интерфейсы / Ю.Блэк. – М.: Мир, 1995.
5. Геращенко О.А. Тепловые и температурные измерения: Справочное руководство / О.А. Геращенко, В.Г. Федоров .— Киев : Наукова думка, 1965 .— 304 с.
6. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора [Текст] / Р.И. Гжиров. – Л.: Машиностроение, 1983. – 464 с.
7. Справочник по конструированию радиоэлектронной аппаратуры (печатные узлы) [Текст] / [Горобец А.И. и др.]. – К.: Техника, 1985. – 312 с.
8. ГОСТ 2.602-95. Единая система конструкторской документации. Ремонтные документы.
9. ГОСТ 2.701-84 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению
10. ГОСТ 12.1.009-76. «ССБТ. Електробезпека. Терміни і визначення»
11. ДСТУ 2992-95 Вироби електронної техніки. Методи розрахунку надійності.
12. ДСТУ ГОСТ 2.601:2006 Єдина система конструкторської документації. Експлуатаційні документи.
13. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник — Львів: УАД, 2006 – 336 с.
14. Клиническая телемедицина / [Григорьев А.И., Орлов О.И., Логинов

В.А., Дроздов Д.В., та д.р]. –М.: "Слово", 2001. -144 с.

15. Кузьмин И.В. Основы теории информации и кодирования / И.В. Кузьмин, В.А.Кедрус. – Київ: Вища шк., 1997. -280 с

16. Матвійків М.Д. Елементна база електронних апаратів [Текст]: підручник для студентів вищ. навч. закладів/ М.Д.Матвійків, В.М.Когут, О.М.Матвійків.- 2-ге вид.- Львів: Львівська Політехніка, 2007.- 428 с.

17. Мевис А.Ф., Несвижский В.В., Фефер А.И. Допуски и посадки деталей радиолелектронной аппаратуры: Справочник / Под ред. О.А. Луппова. – М.: Радио и связь, 1984. -152с.

18. Методичні вказівки і завдання до курсового проектування з дисципліни "Основи побудови та застосування біотехнічних та медичних електронних апаратів"// Яворський Б.І., Микитин Г.В., Яворська Є.Б.— Тернопіль: ТДТУ імені Івана Пулюя, 2001. – 44 с.

19. Методичні вказівки по виконанню організаційно-економічної частини дипломних проектів науково-дослідницького характеру для студентів спеціальності 7.080401 “Інформаційні управляючі системи та технології” 7.090901 «Прилади точної механіки» - Тернопіль, ТНТУ, 2011.- 39 с.

20. Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни “Елементна база електронних апаратів” для студентів за напрямом підготовки 6.050902 “Радіоелектронні апарати” // Хвостівський М.О. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2012. – 48 с.

21. Хвостівський М.О., Яворська Є.Б. Методичні рекомендації з оформлення кваліфікаційних робіт магістра за спеціальністю 163 Біомедична інженерія. Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. 23 с.

22. Михайлівський Ю. Ергономіка. Основи конструювання: Тексти лекцій / Ю. Михайлівський, Н. Кузан, М. Пагута. – Дрогобич:РВВ ДДПУ, 2008 . – 268 с.

23. Мікропроцесорна техніка: Підручник / Ю.І. Якименко, Т.О. Терещенко, Є.І. Сокол та ін. За ред. Т.О. Терещенко.- 2-ге вид.,- К: ІВЦ «Видавництво «Політехніка»; «Кондор», 2004.- 416 с.

24. Найвельт Г.С. Источники электропитания РЭА / Г.С Найвельт. –

М.: Радио и связь, – 1985.

25. Невлюдов І.Ш. Основи виробництва електронних апаратів: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / І.Ш. Невлюдов. – Харків: ТОВ "Компанія СМІТ", 2006. – 592 с.

26. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання / К.Н.Ткачук, М.О.Халімовський, В.В.Зацарний та ін. – К.: Основа, 2006 – 448 с.

27. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства: справ. радиолюбителя / Р.М. Терещук, К.М. Терещук, С.А. Седов. - 4-е изд. стер.- Киев: Наук, думка, 1988. – 800с.: ил. – Библиогр.: с.765-800.

28. Применение полупроводниковых индикаторов/ Н. Н. Васерин, Н. К. Дадерко, Г.А. Прокофьев; Под ред. Е. С. Липина. — М.: Энергоатомиздат 1991. — 200 с.: ил.

29. Справочник инженера-схемотехника / Р.Корис, Х.Шмидт-Вальтер. – М.: Техносфера, 2008. – 608 с.

30. Справочник разработчика и конструктора РЭА: Элементная база. Книга 2. – М.: ТОО “Прибор“, 1994. – 148 с.

31. Фрумкин Г.Д. Расчёт и конструирование радиоаппаратуры. – М.: Высшая школа, 1989.

32. Хоровиц. П., Хилл У. Искусство схемотехники: пер. с англ. 3-е изд., стереотип., – М.: Мир, 1985

33. Яворський Б.І. Теоретичні основи побудови електронних апаратів та систем [навчальний посібник] / Б.І. Яворський, Є.Б. Яворська. – Тернопіль: ТДТУ імені Івана Пулюя, 2004. – 410 с.

34. Яворська Є.Б. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Експлуатація і ремонт БМА» для студентів спеціальностей 7,8.05090204 «Біотехнічні та медичні апарати і системи» / Є.Б.Яворська. – Тернопіль: ТНТУ, 2013. – 40 с.

35. Ярочкина Г.В. Радиоэлектронная аппаратура и приборы: Монтаж и регулировка / Г.В. Ярочкина. – М.: ИРПО, 2002. – 240 с.

36. КВАНТ 1000М1 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.radioxrana.ru/kvant1000/kvant1000m1.htm> (дата звернення:

12.11.2020). Назва з екрану.

37. МТ-3 - Вимірювачі температури і вологості повітря [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://pp66.ru/katalog/meteorolog/izmereniya/vlazhnosti/> (дата звернення: 12.11.2020). Назва з екрану.

38. Вимірювач температури ИТ-2 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://granat-e.ru/thermometer_it-2.html (дата звернення: 12.11.2020). Назва з екрану.

ДОДАТОК А
Технічне завдання

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри БТ
_____Є.Б.Яворська
“__” _____ 2020р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

Модернізований прилад для дистанційного моніторингу за температурою
віддалених медичних об'єктів

Узгоджено:

Керівник кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц., доц. каф. БТ

Хвостівський М.О. _____

“__” _____ 2020 р.

Виконавець:

Студент групи РБм-61

Заверуха А.В.

“__” _____ 2020 р.

Тернопіль, 2020 р.

1. НАЗВА РОБОТИ І ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

- 1.1. Модернізований прилад для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів
- 1.2. Підставою для виконання роботи є наказ по університету протокол № 4/7-793 від "02" листопада 2020 р

2. ВИКОНАВЕЦЬ

- 2.1. Студент групи РБм-61 кафедри БТ Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Заверуха Андрій Володимирович

3. МЕТА РОБОТИ

- 3.1. Модернізація структурної схеми приладу;
- 3.2. Модернізація схеми електричної принципової приладу;

4. ВИХІДНІ ДАНІ ДО РОБОТИ

- 4.1. Схема структурна базового приладу;
- 4.2. Схема електрична базового принципова приладу;
- 4.3. Собівартість не більше 2400 грн., річна програма випуску 15000 шт.

5. ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ПРИЛАДУ

Виріб повинен відповідати наступним вимогам:

- 5.1 ГОСТ 122025-76 клас захисту 1, тип УХЛ .
- 5.2 Потужність споживання не більше 0,5 Вт;
- 5.3 Робочий діапазон частот 310 МГц – 800 МГц;
- 5.4 Швидкість передачі даних до 76,5 біт/с;
- 5.5 Час встановлення робочого режиму не перевищує 3с;
- 5.6 Температурний діапазон від -10° С до +125° С;
- 5.7 Точність вимірювання температур 0,1°С;
- 5.8 Час встановлення робочого режиму не перевищує 2 с;
- 5.9 Захист від перевантаження по струму повинен бути автоматичний;
- 5.10 **Режим перепрограмування мікропроцесорного блоку приладу**
- 5.11 **Можливість підключення до ПК із інтерфейсом RS-232С;**
- 5.12 **Дистанційне керування роботою приладу;**
- 5.13 Вимоги до умов експлуатації:
- а) Кліматичні умови за ГОСТ 15150-69, УХЛ 4,1;
 - б) Умови експлуатації
 - Температура навколишнього середовища - від +10°С до + 35°С;
 - Відносна вологість повітря - 80 % при $t=25^{\circ}\text{C}$.
- 5.14 Вимоги до надійності:
- а) виріб повинен відповідати вимогам ГОСТ 23256-86;
 - б) час напрацювання на відмову не менше 12000 годин.

Примітка: габаритні розміри приладу уточнюються в процесі розробки конструкції;

6 ПРОЕКТНІ ЗАДАЧІ

- 6.1 Аналіз відомих приладів;
- 6.2 Конструкторський аналіз структурної схеми;
- 6.3 Конструкторський аналіз схеми електричної принципової;
- 6.4 Перевірочний аналіз схеми електричної принципової;
- 6.5 Розробка структури технологічного процесу виробництва та конструкції приладу.

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 електрична базового приладу;
- в) схема структурна електрична модернізованого приладу;
- г) схема електрична принципова базового приладу;
- д) схема електрична принципова модернізованого приладу;
- г) блок-схема роботи мікроконтролера;
- д) складальне креслення друкованого вузла;
- е) креслення друкованої плати;
- ж) складальне креслення приладу;

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.

Додаток Б
Схема структурна електрична базового приладу

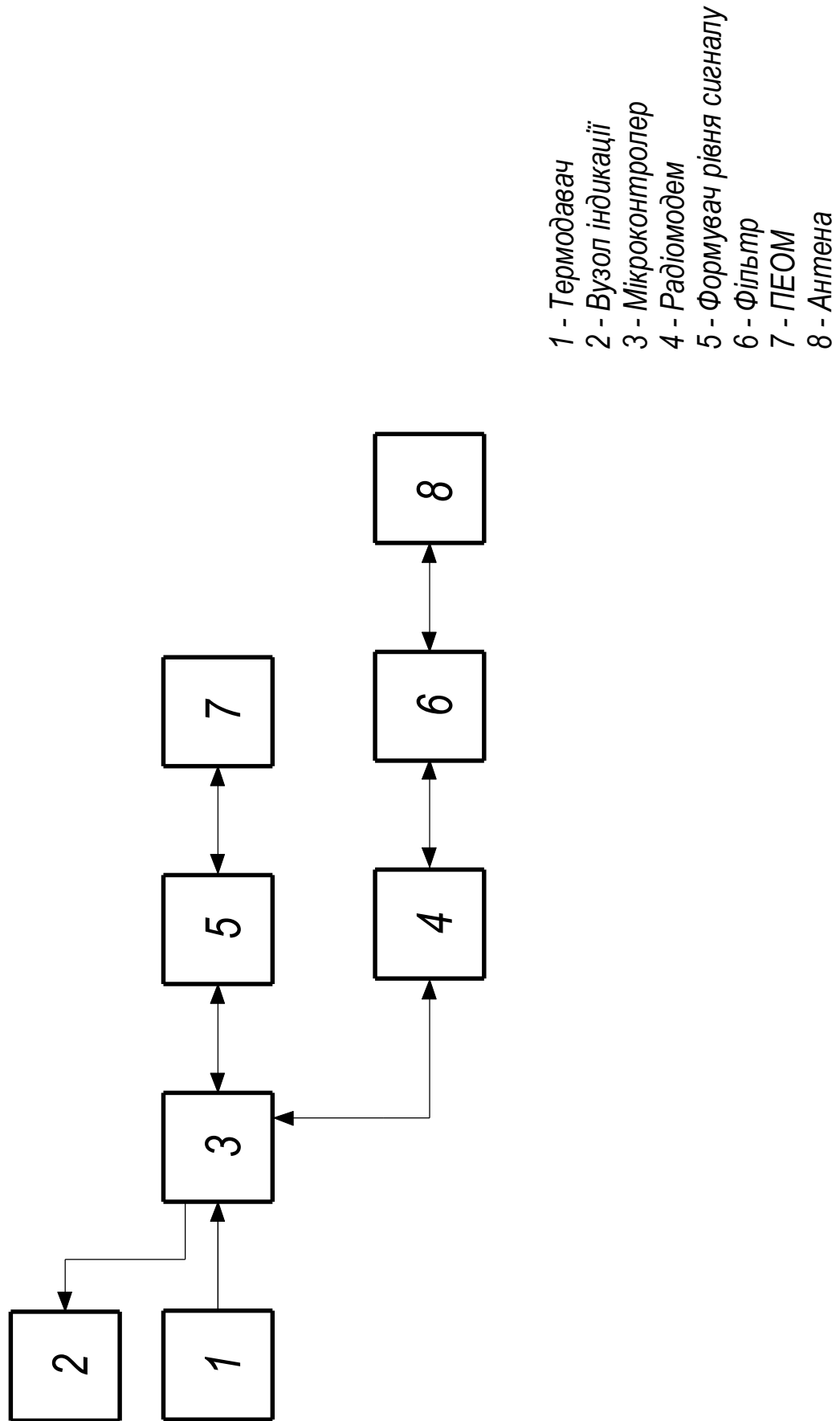


Рис.Б.1. Схема структурна електрична базового приладу

Додаток В

Схема структурна електрична модернізованого приладу

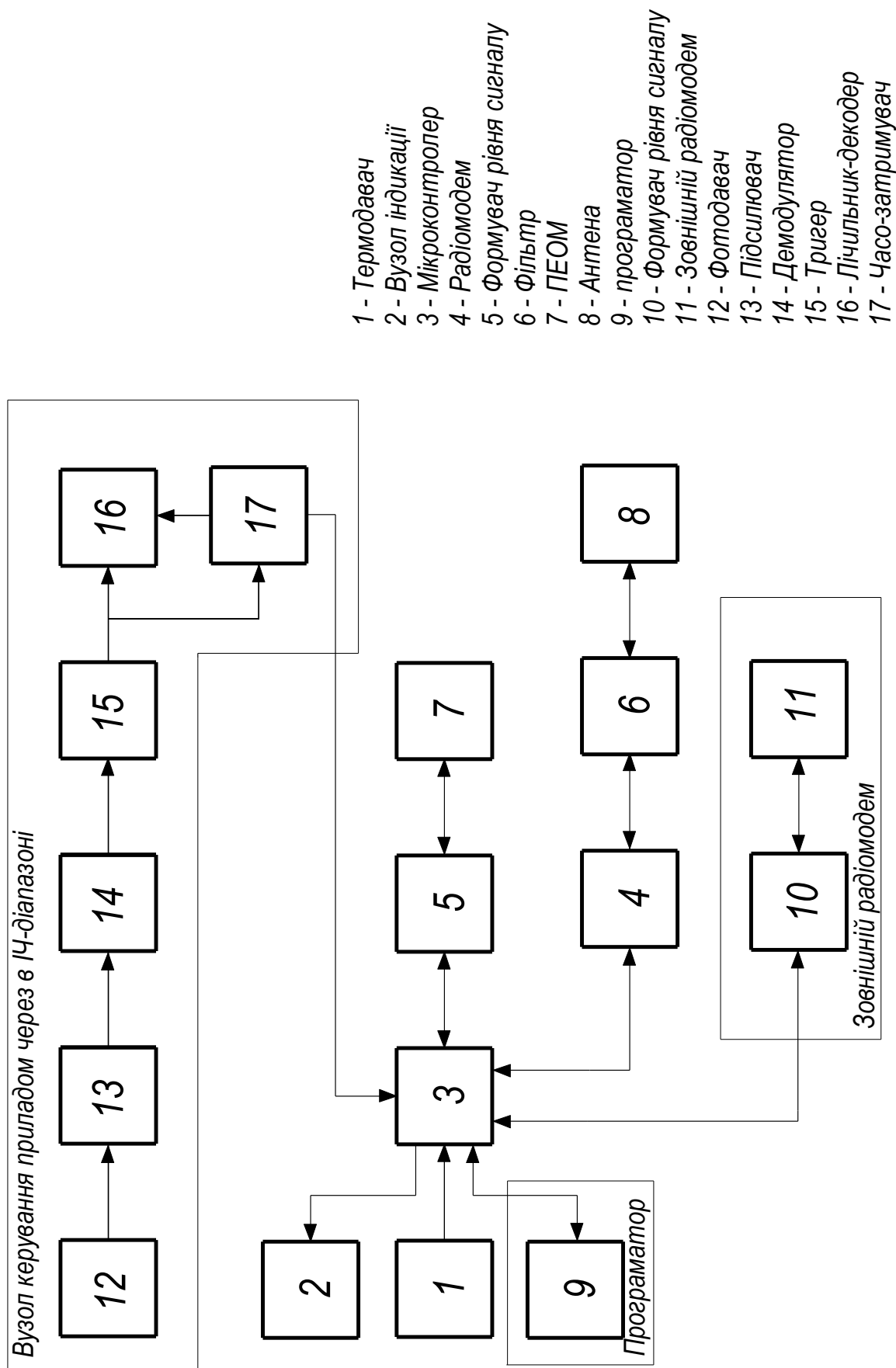


Рис.В.1. Схема структурна електрична модернізованого приладу

Додаток Г

Схема електрична принципова модернізованого приладу

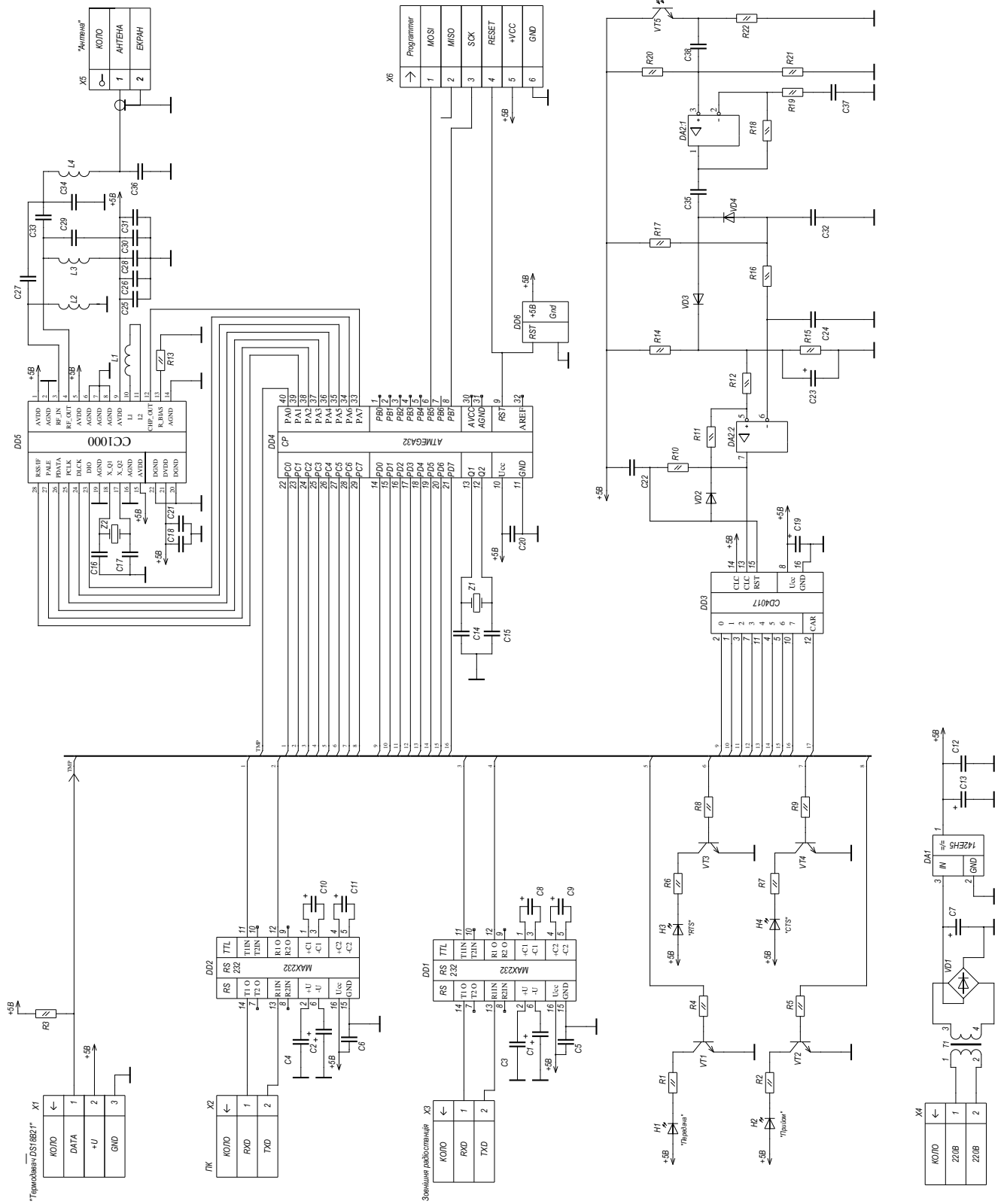


Рис. Г.1. Схема електрична принципова модернізованого приладу

Додаток Д

Перелік елементів до схеми електрична принципова модернізованого приладу

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка					
Конденсатори								
C1, C2	ЕСАР-16В-1мкФ	2						
C3, C4	ЕСАР-16В-1мкФ	2						
C5, C6	У5V-1мкФ	2						
C7, C13	ЕСАР-16В-100мкФ	2						
C8-C11	ЕСАР-16В-1мкФ	4						
C12, C18	ЕСАР-16В-1мкФ	2						
C14-C17	У5V-27пФ	4						
C19	ЕСАР-16В-1мкФ	1						
C20, C21	У5V-0,1мкФ	2						
C22	У5V-100нФ	1						
C23	ЕСАР-16В-22мкФ	1						
C24	У5V-47нФ	1						
C25, C26	У5V-220пФ	1						
C27	У5V-8,2пФ	1						
C28, C30	У5V-1нФ	2						
C29	У5V-2,2пФ	1						
C31, C36	У5V-33нФ	1						
C32	У5V-10нФ	1						
C33	У5V-5,6пФ	1						
C34	У5V-2,2мкФ	1						
C35	У5V-22нФ	1						
ЗАВ 2.000.001 ПЕЗ								
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Прилад для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів Перелік елементів	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	Заверуха А.В.						1	3
<i>Перевір.</i>	Хвостівський					ТНТУ, ФПТ, гр. РБм-61		
<i>Н. Контр.</i>	Паляниця Ю.							
<i>Затверд.</i>	Яворська Є.Б.							
<i>Рецензент</i>	Дедів І.Ю.							

<i>Поз. познач.</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>			
C37, C38	Y5V-100нФ	2				
	Мікросхеми					
DA1	142EH5A 6КО.348.045 ТУ	1				
DA2	TL081	1				
DD1	MAX232	1				
DD2	MAX232	1				
DD3	CD4017	1				
DD4	ATMEGA32	1				
DD5	CC1000	1				
DD6	DS1812D-5	1				
	Світлодіоди					
H1-H4	5003R4D-EPB-P аА0.336.076ТУ/04	4				
	Резистори					
R1, R2	MF-25-0.125-270Ом±5%					
R3	MF-25-0.125-1кОм±5%	2				
R4, R5	MF-25-0.125-9,1кОм±5%	1				
R6, R7	MF-25-0.125-270Ом±5%	2				
R8, R9	MF-25-0.125-9,1кОм±5%	2				
R10, R12	MF-25-0.125-4,7кОм±5%	2				
R11, R16	MF-25-0.125-330кОм±5%	2				
R13, R20	MF-25-0.125-5,1кОм±5%	1				
R14, R15	MF-25-0.125-5,6кОм±5%	1				
R17	MF-25-0.125-5,6кОм±5%	2				
R18	MF-25-0.125-330кОм±5%	1				
R19	MF-25-0.125-150Ом±5%	1				
R21	MF-25-0.125-1МОм±5%	1				
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ЗАВ 2.000.001 ПЕЗ	<i>Арк.</i>
						2

<i>Поз. познач.</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>
R22	MF-25-0.125-10кОм±5%	1	
	Котушки		
L1	PTL-20нГн±10% ГИО.477.005 ТУ	1	
L2-L3	PTL-33нГн±10% ГИО.477.005 ТУ	2	
L4	PTL-18нГн±10% ГИО.477.005 ТУ	1	
	Діодні мости		
VD1	КЦ405 0.336.006 ТУ	1	
	Діоди		
VD2-VD4	1N4148 ДР3.362.060 ТУ	3	
	Транзистори		
VT1-VT4	BC546В аАО.336.122 ТУ/03	4	
	Фототранзистори		
VT5	RPM-22PB	1	
	Трансформатори		
T1	ТП 121-1 ОЮО.472.026 ТУ	2	
	Роз'єми		
X1-X5	PLS-2	1	
X6	PLS-6	1	
	Кварцовий резонатор		
Z1,Z2	РК-02МД-Г-4,032мГц	2	
			<i>Арк.</i>
			3
			ЗАВ 2.000.001 ПЕЗ

Додаток Е

Друкований вузол модернізованого приладу

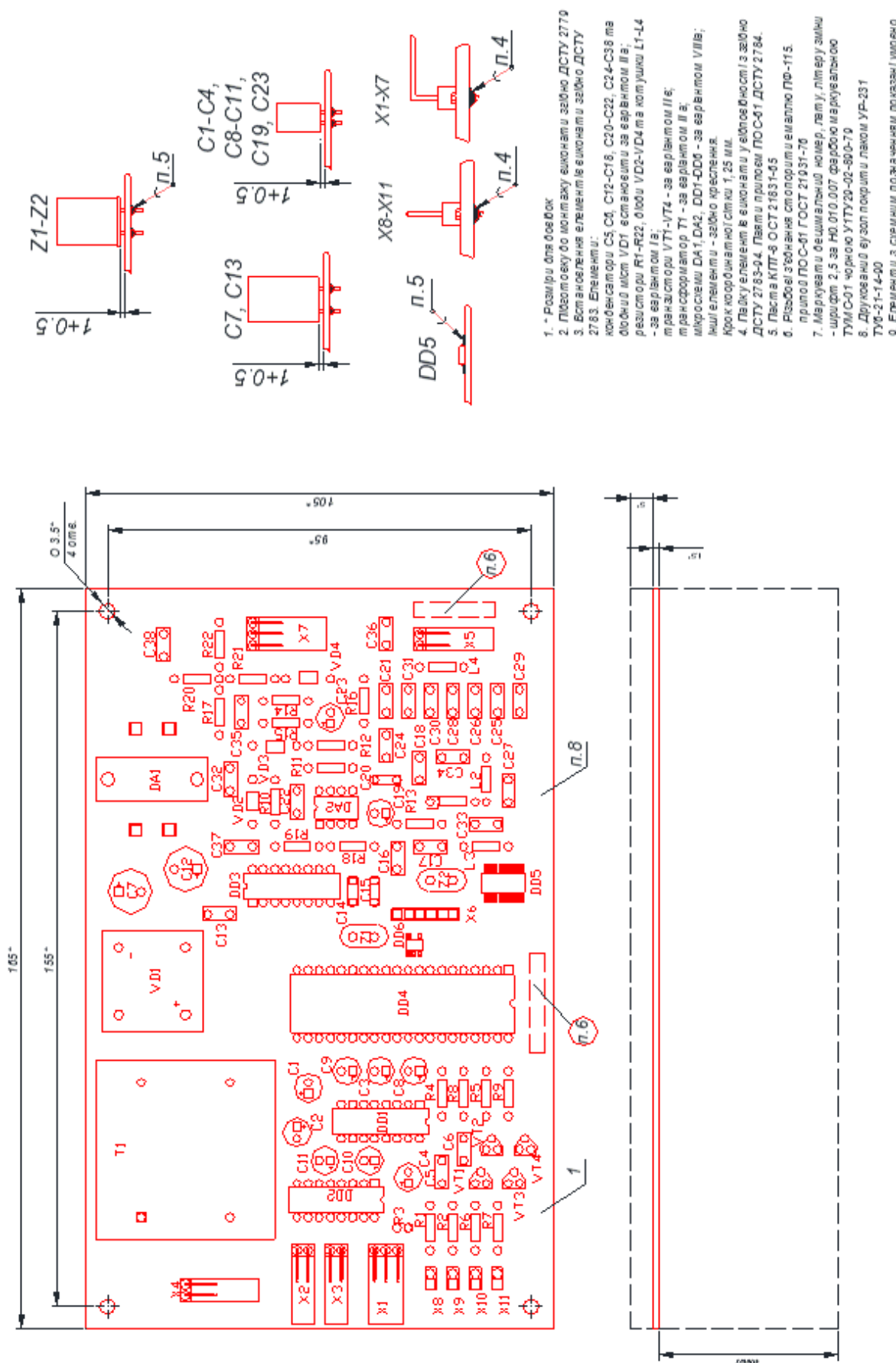


Рис.Е.1. Друкований вузол модернізованого приладу

Додаток Є
Специфікація до друкованого вузла модернізованого приладу

			<i>Позначення</i>		<i>Назва</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>	
					<i>Документація</i>			
A4					Складальне креслення	1		
					<i>Деталі</i>			
A4		1			Плата друкована	1		
					<u>Інші вироби</u>			
					Конденсатори			
		2			ЕСАР-16В-1мкФ	2	C1, C2	
		3			ЕСАР-16В-1мкФ	2	C3, C4	
		4			У5V-1мкФ	2	C5, C6	
		5			ЕСАР-16В-100мкФ	2	C7, C13	
		6			ЕСАР-16В-1мкФ	4	C8-C11	
		7			ЕСАР-16В-1мкФ	2	C12, C18	
		8			У5V-27пФ	4	C14-C17	
		9			ЕСАР-16В-1мкФ	1	C19	
		10			У5V-0,1мкФ	2	C20, C21	
		11			У5V-100нФ	1	C22	
		12			ЕСАР-16В-22мкФ	1	C23	
		13			У5V-47нФ	1	C24	
		14			У5V-220пФ	1	C25, C26	
					ЗАВ 2.000.001			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		Заверхува А.В			Друкований вузол приладу для дистанційного моніторингу за температурою віддалених медичних об'єктів	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Хвостівський					1	3
<i>Н. Контр.</i>		Паляниця Ю.				ТНТУ, ФПТ, гр. РБм-61		
<i>Затверд.</i>		Яворська Є.Б.						
<i>Рецензент</i>		Дедів І.Ю.						

			<i>Позначення</i>	<i>Назва</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>
		15		Y5V-8,2пФ	1	C27
		16		Y5V-1нФ	2	C28, C30
		17		Y5V-2,2пФ	1	C29
		18		Y5V-33нФ	1	C31
		19		Y5V-10нФ	1	C32
		20		Y5V-5,6пФ	1	C33
		21		Y5V-2,2мкФ	1	C34
		22		Y5V-22нФ	1	C35
		23		Y5V-33пФ	1	C36
		24		Y5V-100нФ	2	C37, C38
				Мікросхеми		
		25		142EH5A 6KO.348.045 TY	1	DA1
		26		TL081	1	DA2
		27		MAX232	1	DD1
		28		MAX232	1	DD2
		29		CD4017	1	DD3
		30		ATMEGA32	1	DD4
		31		CC1000	1	DD5
		32		DS1812D-5	1	DD6
				Резистори		
		33		MF-25-0.125-270Ом±5%	2	R1, R2
		34		MF-25-0.125-1кОм±5%	1	R3
		35		MF-25-0.125-9,1кОм±5%	2	R4, R5
		36		MF-25-0.125-270Ом±5%	2	R6, R7
		37		MF-25-0.125-9,1кОм±5%	2	R8, R9
		38		MF-25-0.125-4,7кОм±5%	2	R10, R12
		39		MF-25-0.125-330кОм±5%	1	R11, R16
		40		MF-25-0.125-5,1кОм±5%	1	R13
		41		MF-25-0.125-5,6кОм±5%	2	R14, R15
						<i>Арк.</i>
						2
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ЗАВ 2.000.001	

			<i>Позначення</i>	<i>Назва</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>
		42		MF-25-0.125-5,6кОм±5%	1	R17
		43		MF-25-0.125-330кОм±5%	1	R18
		44		MF-25-0.125-150Ом±5%	1	R19
		45		MF-25-0.125-5,1кОм±5%	1	R20
		46		MF-25-0.125-1МОм±5%	1	R21
		47		MF-25-0.125-10кОм±5%	1	R22
				Котушки		
		48		PTL-20нГн±10%	1	L1
		49		PTL-33нГн±10%	2	L2-L3
		50		PTL-18нГн±10%	1	L4
				Діодні мости		
		51		КЦ405 0.336.006 ТУ	1	VD1
				Діоди		
		52		1N4148 ДР3.362.060 ТУ	3	VD2-VD4
				Транзистори		
		53		BC546B	4	VT1-VT4
				Трансформатори		
		54		ТП 121-1 ОЮО.472.026 ТУ	2	T1
				Роз'єми		
		55		PLS-2	1	X1-X5
		56		PLS-6	1	X6
		57		PLS-3	1	X7
				PLSR-2	4	X8-X11
						<i>Арк.</i>
					ЗАВ 2.000.001	3

			Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
				Кварцовий резонатор		
				РК-02МД-Г-4,032мГц	2	Z1,Z2
						<i>Арк.</i>
						4
				ЗАВ 2.000.001		

Додаток Ж
Друківана плата модернізованого приладу

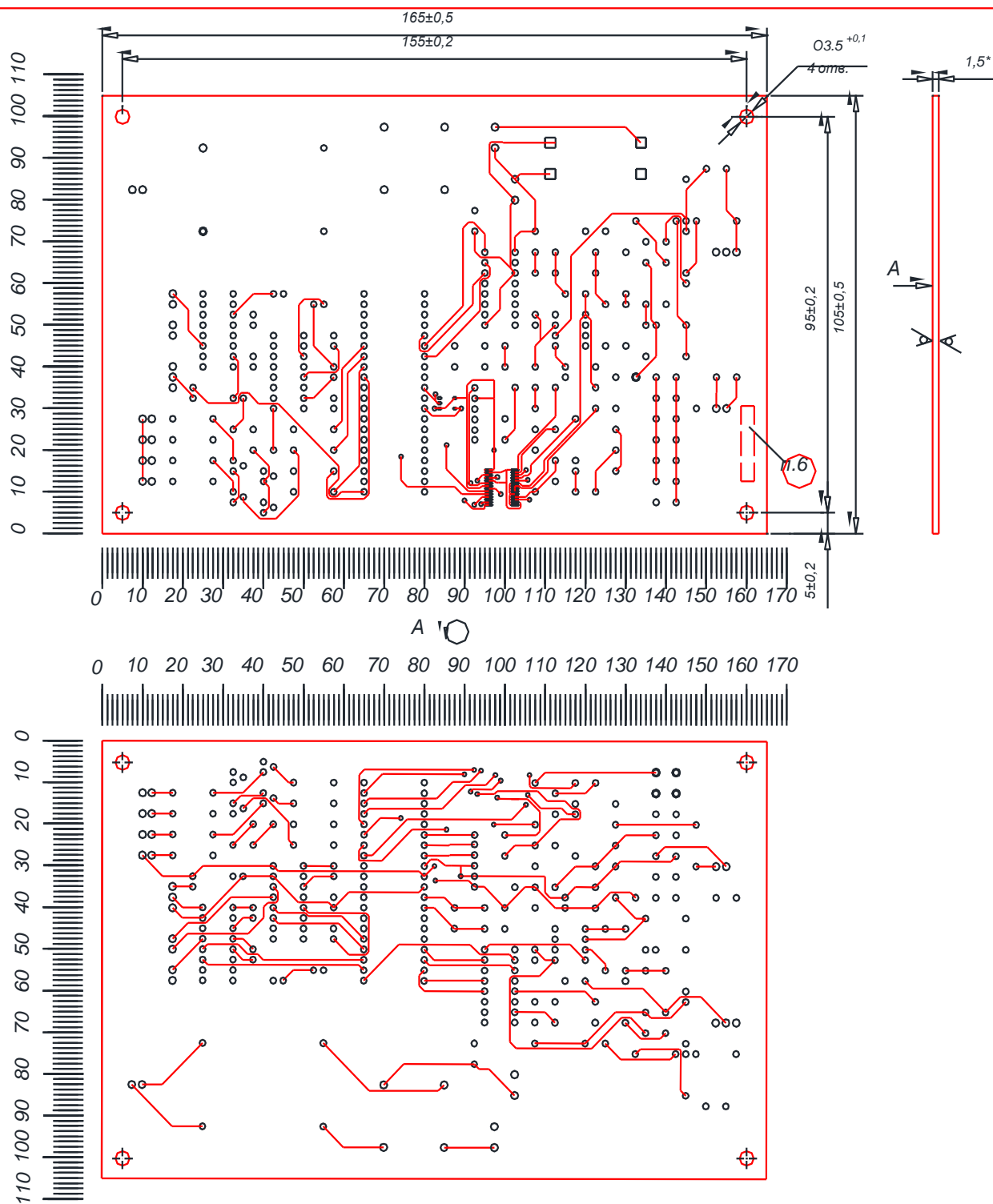


Рис.Ж.1. Друківана плата модернізованого приладу

Додаток 3

Копія тези конференції

*III Міжнародна студентська науково - технічна конференція
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ НАУКИ. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"*

УДК 612:004.312:519.21

Заверуха А. – ст.гр. РБм-51, Уніят С. – ст.гр. РБм-51

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МАТЕМАТИЧНО-АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ БІОСИГНАЛІВ НА ФОНІ ЗАВАД

Науковий керівник: к.т.н., доцент Хвостівський М.О.

Zaveruha A., Uniyat S.

Тernopil Ivan Puluj National Technical University

MATHEMATICAL AND ALGORITHMIC SOFTWARE OF TECHNICAL SYSTEM FOR DETECTION OF BIOSIGNALS ON THE BACKGROUND NOISE

Supervisor: Hvostivskyy M.

Ключові слова: біосигнал, математично-алгоритмічне забезпечення, завада, виділення
Keywords: biosignal, mathematical and algorithmic software, noise, detection

Стрімке спрямування розвитку неінвазивних методик медико-біологічного дослідження (ММБД) стану систем людини (СЛ) напряму пов'язано з проектуванням технічних засобів реєстрації та аналізу низьких за амплітудою біосигналів.

Наявність надійних технічних засобів забезпечують процедуру коректного діагностування стану СЛ, своєчасного контролю ефективності лікування СЛ та прогнозу патологічних змін у СЛ.

Підвищений рівень стохастичних завад при проведенні ММБД ускладнює процедуру проведення вимірювання амплітудних та часових параметрів біосигналів при будь-якому масштабі відображення зареєстрованого процесу.

На рис.1 зображено деякі з реалізацій зареєстрованих біосигналів без попередньої обробки та фільтрації щодо усунення завад.

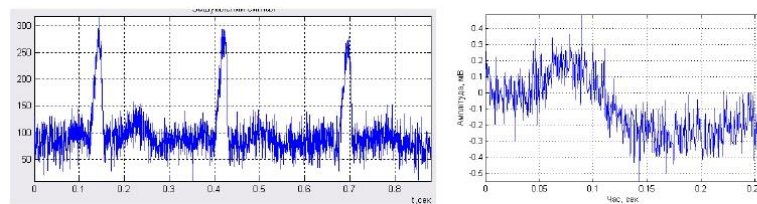


Рис.1. Реалізації зареєстрованих біосигналів на фоні завад

Як видно на рис.1 амплітудно-часові параметри біосигналів набувають випадкових значень під впливом різноманітного виду завад, що суттєво впливає в подальшому на результату точності діагностування стану СЛ.

Тому, підвищення показників діагностування стану СЛ за реалізаціями біосигналів шляхом розроблення ефективних методів, алгоритмів та програмного забезпечення для виділення їх на фоні завад є актуальною задачею в сфері біомедичної інженерії.

За модель як базової ланки «метод-алгоритм-ПЗ» використано адитивну суміш біосигналу та завади з параметрами білого шуму, який є найбільш вживаний при розв'язанні задач виявлення у засобах технічного характеру.

III Міжнародна студентська науково - технічна конференція
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ НАУКИ. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"

$$\xi(t) = s(t) + n(t), \quad t \in \mathbb{R}, \quad (1)$$

де $s(t)$ - біосигнал без завад; $n(t)$ - завада з параметрами шуму Гауса.

Найоптимальнішим способом виділення біосигналів на фоні завад (1) є узгоджена фільтрація [1], яка забезпечує на своєму виході максимальне відношення сигнал/шум з комплексно-частотною характеристикою:

$$K(j\omega) = cS(j\omega) = c \sum_{t=0}^{T-1} s(t) \exp(-j\omega t), \quad (2)$$

де c - коефіцієнт підсилення фільтру $c = 1/|s_{\max}|$; T - тривалість біосигналу.

Імпульсна характеристика узгодженого фільтру (2) цілком визначається формою біосигналу («узгоджена» з біосигналом). Узгоджений фільтр виразу 2 на своєму виході формує в просторі часу сигнал вигляду:

$$q(j) = \sum_{i=0}^j h(t_i) \xi(t_i) = \sum_{i=0}^j v_i \xi(t_i), \quad j = \overline{0, N}, \quad t = t_0, t_1, \dots, t_{\max} \quad (3)$$

де $v_i = s(t_{\max} - t_i) / |s_{\max}|$ - нормовані коефіцієнти.

Алгоритм виділення біосигналу на фоні завад зображено на рис.2.

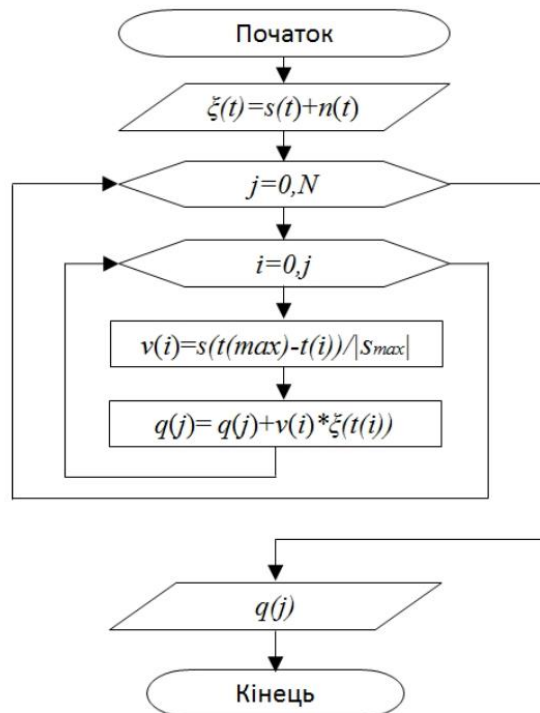


Рис. 2. Алгоритм виділення біосигналів на фоні завад

Розроблений алгоритм (рис.2) на базі математичних виразів (1-3) дає змогу розробити програмне забезпечення в різному середовищі (Java, C++, Matlab або інші) для комп'ютерних технічних систем при виділенні біосигналів на фоні завад.

Література

1. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов / В.И.Тихонов. – М.: Радио и связь, 1983. – 320 с.