

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформацій

Кафедра Радіотехнологій інформаційно-комунікаційних систем

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

ГЮІК.467957.000ПЗ

(позначення документа)

СИСТЕМА ПЕРЕДАЧІ ПАКЕТІВ ДАНИХ В МЕРЕЖІ РАДІОМОДУЛІВ

(тема)

Виконав:

студент II курсу, групи РПСКм -19-1

Шабатура Д. С.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність

172 Телекомунікації та радіотехніка

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми

освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма

Радіоелектронні пристрої, системи та комплекси

(повна назва освітньої програми)

Керівник доцент Бітченко О.М.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри РТІКС

(підпис)

Цопа О.І.

(прізвище, ініціали)

2020 р.

Не містить відомостей заборонених для відкритого публікування.

Студент

Д.С. Шабатура

Керівник

О.М. Бітченко

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет Інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформацій
Кафедра Радіотехнологій інформаційно-комунікаційних систем
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка
Тип програми Освітньо-професійна
Освітня програма Радіoeлектронні пристрої, системи та комплекси

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

«_____» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові ШАБАТУРІ Дмитру Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи СИСТЕМА ПЕРЕДАЧІ ПАКЕТІВ ДАНИХ
В МЕРЕЖІ РАДІОМОДУЛІВ

затверджена наказом по університету від 2 листопада 2020 р. № 1507Ст

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 12 грудня 2020 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

3.1 Швидкість первинного завантаження web контенту не більше ніж 1.5 сек.

3.2 Максимальний розмір одного пакету 4 кб.

3.3 Оновлення параметрів, статусу ПЧ, контроль запису кожні 0.5 сек.

3.4 Можливість використання ПЧ після базового налаштування.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

Реферат. Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.

Вступ. 4.1 Огляд і аналіз протоколів бездротових мереж. 4.2 Розробка структурної схеми. 4.3 Розробка програмного забезпечення. Висновки. Перелік джерел посилання. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри)

Комп'ютерна презентація

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по-батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина	доц. Бітченко Олександр Миколайович		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	5.09-10.09	Виконано
2	Огляд і аналіз протоколів бездротових мереж.	11.09-20.09	Виконано
3	Розробка структурної схеми.	21.09-30.09	Виконано
4	Розробка програмного забезпечення	1.10-20.10	Виконано
5	Реферат	21.10-11.11	Виконано
6	Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	12.11-15.11	Виконано
7	Висновки	16.11-20.11	Виконано
8	Оформлення пояснювальної записки	20.11-30.11	Виконано
9	Оформлення презентації	1.12-11.12	Виконано
10	Подання роботи на кафедру	12.12.2019	Виконано

Дата видачі завдання **4 вересня 2020 р**

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

доц. Бітченко О.М.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка атестаційної роботи містить 84 сторінки тексту, 24 рисунки, 7 таблиць, 10 джерел посилання та 3 додатки.

Мета роботи: Розробка програмного забезпечення користувача для спрощення базового налаштування перетворювача частоти

ПРОГРАМА, ПЕРЕТВОРЮВАЧ, КОРИСТУВАЧ, СИСТЕМА, МІКРОКОНТРОЛЕР, АЛГОРИТМ, ТРАНСИВЕР

У даній кваліфікаційній роботі розроблено програмне забезпечення покрокового гіда для налаштування перетворювачів частоти.

Обмін пакетами даних між користувачем та перетворювачем частоти здійснюється за допомогою мікроконтролера ESP8266 модифікації ESP12E.

Мікроконтролер служить проміжною ланкою між перетворювачем частоти і користувачем та працює у режимі точки доступу WiFi.

Користувач підключається до WiFi трансиверу за допомогою мобільного телефону, але передбачена можливість підключення с ПК.

ABSTRACT

The explanatory note of the attestation work contains 84 pages of text, 24 figures, 7 tables, 10 sources of references and 3 appendices.

Purpose: Development of user software to simplify the basic tuning of the frequency converter

PROGRAM, CONVERTER, USER, SYSTEM, MICROCONTROLLER,
ALGORITHM, TRANSIVER

In this qualification work the software of the step-by-step guide for adjustment of frequency converters is developed.

The exchange of data packets between the user and the frequency converter is carried out using a microcontroller ESP8266 modification ESP12E.

The microcontroller serves as an intermediate link between the frequency converter and the user and operates in WiFi access point mode.

The user connects to the WiFi transceiver via a mobile phone, but it is possible to connect to a PC.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	7
Вступ.....	8
1 Огляд і аналіз протоколів бездротових мереж.....	10
1.1 Види мереж бездротової передачі даних.....	10
1.2 Огляд і аналіз протоколів передачі даних.....	11
1.2.1 Протокол Bluetooth.....	11
1.2.2 Протокол UWB.....	12
1.2.3 Протокол ZigBee.....	12
1.2.4 Протокол INSTEON.....	13
1.2.5 Протокол EnOcean.....	13
1.2.6 Протокол Z-Wave.....	14
1.2.7 Протокол ANT.....	14
1.2.8 Протокол RuBEE.....	15
1.2.9 Протокол RFID.....	15
1.2.10 Протокол X10.....	16
1.2.11 Протокол WI-FI.....	16
1.2.12 Протокол PDC.....	16
1.2.13 Протокол IDEN.....	17
1.2.14 Протокол CDMAOne.....	17
1.2.15 Протокол WIMAX.....	17
1.2.16 Протокол GSM.....	18
1.2.17 Протокол GPRS.....	18
1.2.18 Протокол UMTS.....	19
1.3 Огляд і аналіз топології мереж.....	19
1.4 Методи поділу доступу до радіоканалу.....	21
1.4.1 Метод CDMA.....	21
1.4.2 Метод CSMA.....	22
1.4.3 Метод TDMA.....	23
1.4.4 Метод FDMA.....	24

1.4.5 Метод OFDMA.....	24
1.5 Безпека бездротових мереж.....	25
1.5.1 Шифрування.....	25
1.5.2 Аутентифікація.....	26
2 Розробка структурної схеми системи.....	28
3 Розробка програмного забезпечення.....	34
3.1 Склад програмного забезпечення.....	34
3.2 Меню настроювання «Начало».....	34
3.3 Загальні настроювання: час.....	37
3.4 Загальні настроювання: ШІМ.....	37
3.5 Параметри двигуна.....	38
3.6 Настроювання захисту ПЧ.....	39
3.7 Тип приводного механізму.....	40
3.8 Управління двигуном.....	41
3.9 Налаштування регулювання частоти / швидкості обертання.....	42
3.10 Аналогове джерело задання.....	43
3.11 Дискретне джерело задання.....	44
3.12 Датчик технологічного параметра.....	46
3.13 Налаштування каналу управління.....	47
3.14 Двопровідна схема управління.....	49
3.15 Трипровідна схема управління.....	50
3.16 Блок налаштування додаткових сигналів.....	51
3.17 Блок перевірки роботи двигуна.....	53
3.18 Завершення настроювання.....	54
Висновки.....	56
Перелік джерел посилання.....	57
Додатки.....	58
Додаток А Програмні коди.....	59
Додаток Б Копії слайдів.....	70
Додаток В Відомість атестаційної роботи.....	83

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ,
ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ПЧ – перетворювач частоти;
WiFi - Wireless Fidelity;
RS-485 - Recommended Standard 485;
ФОП – файл опису системи параметрів;
DefVal - дефолтне значення параметру;
Modbus – протокол послідовного зв'язку;
ПО – програмне забезпечення;
ТХ буфер – черга із даних для запису в ПЧ;
КХ буфер – черга із даних для читання із ПЧ;
Об/хв – оберти в хвилину;
Рад/сек – радіани в секунду;
МП – місцевий пульт;
АСУ – автоматична система управління;
Авх – аналоговий вхід;
Авих – аналоговий вихід;
Двх – дискретний вхід;
Двих – дискретний вихід;
АПВ – автоматичне повторне включення;

ВСТУП

В даний час технологія бездротового зв'язку переживає справжній бум свого розвитку. В основному це пов'язано з міцним входом в наше життя смартфонів, планшетних комп'ютерів і нетбуків, які для повноцінного використання вимагають постійний доступ до мережі інтернет.

Крім цього, в промисловості, сільському господарстві і в військовій сфері назріває необхідність в організації надійних систем управління розподіленими об'єктами і об'єднання їх в глобальну мережу. Подібні тенденції спостерігаються в усьому світі і ведуть до неминучого розвитку бездротових технологій зв'язку.

Основою будь-якої бездротової мережі служить її протокол. Як правило, протокол регламентує топологію мережі, маршрутизацію, адресацію, порядок доступу вузлів мережі до каналу передачі даних, формат переданих пакетів, набір керуючих команд для вузлів мережі і систему захисту інформації.

В рамках даної кваліфікаційної роботи розробляється система керування параметрами перетворювача частоти, навантаженням якого можуть бути двигун, вентилятор та інші електромеханічні пристрої.

Обмін пакетами даних між користувачем та перетворювачем частоти забезпечується мікроконтролером.

Метою даної роботи є розробка програмного забезпечення користувача для спрощення базового налаштування перетворювача частоти.

Для досягнення поставленої мети в роботі сформульовані наступні задачі:

- розробити алгоритм базового налаштування перетворювача частоти;
- розробити загальний концепту web контенту;
- збільшити швидкість завантаження web контенту (кешування, розмір контенту, передзавантаження файлів);
- реалізувати алгоритм читання/запису параметрів(формування черги, оновлення параметрів/статуса ПЧ);

- реалізувати алгоритм читання/запису конфігураційних файлів системи;
- реалізувати читання/записи пакета даних по 4кб одним пакетом;
- реалізувати контроль запису параметрів;
- реалізувати алгоритми перевірки, та налаштування додаткових функція для ПЧ.

1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ ПРОТОКОЛІВ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ

1.1 Види мереж бездротової передачі даних

Основою будь-якої бездротової мережі служить її протокол. Як правило, протокол регламентує топологію мережі, маршрутизацію, адресацію, порядок доступу вузлів мережі до каналу передачі даних, формат переданих пакетів, набір керуючих команд для вузлів мережі і систему захисту інформації.

Все різноманіття протоколів бездротової передачі даних можна класифікувати декількома різними шляхами, вибравши в якості основного один з параметрів, наприклад топологію мережі, швидкість роботи або алгоритми безпеки. Найбільш поширений метод класифікації в технічній літературі виходить з максимального радіусу дії бездротової мережі.

WWAN (Wireless Wide area network) – в основному це мережі стільникового зв'язку, їх радіус дії складає десятки кілометрів. До цих мереж відносяться такі протоколи: GSM, CDMAone, iDEN, PDC, GPRS и UMTS.

WMAN (Wireless Metropolitan Area Networks) – це бездротові мережі масштабу міста. Радіус дії таких мереж кілька кілометрів. Прикладом протоколу цієї мережі служить WiMAX.

Wireless LAN (Wireless Local Area Network; WLAN) – це бездротова локальна обчислювальна мережа. Радіус дії цього класу мереж - кілька сотень метрів. До них належать такі протоколи: UWB, ZigBee, Wi-Fi.

WPAN застосовуються для зв'язку різних пристроїв, включаючи комп'ютери, побутові прилади та оргтехніку, засоби зв'язку і т. д. Радіус дії WPAN становить від кількох метрів до кількох десятків метрів. WPAN використовується як для об'єднання окремих пристроїв між собою, так і для зв'язку їх з мережами більш високого рівня. Прикладом таких мереж можуть служити протоколи RuBee, X10, Insteon, Bluetooth, Z-Wave, ANT, RFID.

Крім радіусу дії мереж, роль протоколів важлива при визначенні рівнів в моделі OSI. Еталонна модель OSI, іноді звана стеком OSI, передбачає 7 - рівне-

ву мережеву ієрархію, розроблену Міжнародною організацією за стандартами (International Standardization Organization - ISO). У таблиці 1.1 представлено розподіл рівнів і завдання які можуть бути вирішені на цих рівнях.

Таблиця 1.1 – Мережева ієрархія моделі OSI

1	Фізичний	Власне кабель або фізичний носій
2	Канальний	Передача і прийом пакетів, визначення апарат-них адрес
3	Мережевий	Маршрутизація і ведення обліку
4	Транспортний	Забезпечення коректної наскрізної пересилки даних
5	Сеансовий	Аутентифікація і перевірка повноважень
6	Подання даних	Інтерпретація і стиснення даних
7	Прикладний	Надання послуг на рівні кінцевого користувача: пошта, реєстрація і т.д.

Слід зазначити, що багато хто з розглянутих нижче протоколів були розроблені IEEE. Група протоколів IEEE 802.X містить опис мережевих специфікацій і дає стандарти, рекомендації та інформаційні документи для мереж і телекомунікацій. Рекомендації IEEE пов'язані головним чином з двома нижніми рівнями моделі OSI - фізичним і канальним. Ці рекомендації ділять канальний рівень на два підрівні: нижній - MAC (управління доступом до середовища) і верхній - LLC (управління логічним каналом).

1.2 Огляд і аналіз протоколів передачі даних

1.2.1 Протокол Bluetooth

Протокол передачі інформації за допомогою бездротової технології Bluetooth був розроблений групою компаній Ericsson, IBM, Intel, Toshiba і Nokia.

Bluetooth забезпечує обмін інформацією між такими пристроями, як кишенькові і звичайні персональні комп'ютери, мобільні телефони, ноутбуки, принтери, цифрові фотоапарати, мишки, клавіатури, джойстики, навушники, гарнітури на надійній, недорогій, повсюдно доступною радіо-частоті для ближ-

нього зв'язку. Зв'язок цих пристроїв може здійснюватися в заради-усе від 10 до 100 метрів один від одного навіть в різних приміщеннях.

Специфікація радіозв'язку малого радіусу дії в діапазоні частот вільному від ліцензування (ISM-діапазоні: 2,4-2,4835 ГГц). В основу протоколу Bluetooth покладено алгоритм FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) забезпечує перебудову частот 1600 разів в секунду. Для перебудови є 79 робочих частот в діапазоні 1 МГц.

1.2.2 Протокол UWB

Протокол UWB був розроблений альянсом компаній WiMedia, а в 2007 році цей протокол був затверджений в якості міжнародного стандарту ISO / IEC 26907.

WiMedia UWB є стандартом широкосмугового бездротового зв'язку на коротких відстанях (до 10 метрів). Протокол зачіпає аспекти взаємодії між пристроями на фізичному рівні (PHY) і підрівні доступу до середовища (MAC). Максимальна швидкість передачі даних між пристроями WiMedia UWB становить 480 Мбіт / с (як і у проводового USB), пристрої працюють в діапазоні частот від 3,1 до 10,6 ГГц. Протокол UWB конкурує з протоколом Bluetooth.

1.2.3 Протокол ZigBee

Протокол ZigBee - це стандарт для недорогих, малопотужних безпроводних мереж з комірчастою топологією.

Технологія забезпечує невисоке споживання енергії та передачу даних на нелецензійованій частоті 2.4 ГГц (для різних країн частота може відрізнитися) зі швидкістю до 250 Кб / с, на відстань до 75 метрів в умовах прямої видимості.

Низька вартість дозволяє широко застосовувати дану технологію для бездротового контролю і спостереження, а завдяки малій потужності сенсори мережі здатні працювати довгий час, використовуючи автономні джерела живлення.

Протокол був розроблений альянсом компаній ZigBee. Цей альянс служить органом, що визначає для ZigBee стандарти високих рівнів; він також публікує профілі додатків, що дозволяє виробникам вихідних комплектуючих випускати сумісні продукти. Нижні рівні для даного стандарту розроблені IEEE і визначаються стандартами IEEE 802.15.4-2006.

Мережі Zigbee використовуються як для комутації окремих пристроїв, наприклад, бездротових навушників або колонок з комп'ютером або смартфоном, так і для організації складних мереж по автоматизації управління будинком і офісом.

1.2.4 Протокол INSTEON

Протокол INSTEON розроблений для управління бездротовими пристроями, призначеними для «розумного будинку». У протоколі передбачена об'ємна сумісність з більш старим протоколом X10.

Швидкість передачі сигналу управління за новим стандартом набагато вище, використовується радіосигнал на частоті 902-924 МГц, що забезпечує передачу даних на дальності до 45 метрів в умовах прямої видимості з середовищній швидкістю 180 біт / с. Передбачаються вбудовані засоби виявлення помилок і повторної передачі сигналу, а для передачі використовується гібридний канал - радіозв'язку і мережу електроживлення. Однак на відміну від X10 специфікації INSTEON захищені патентами і використовуються тільки його розробниками - компанією Smarthome Technology.

1.2.5 Протокол EnOcean

Технологія організації бездротових сенсорних мереж, що використовує надмініатюрні датчики з генераторами електроенергії, мікроконтролерами і приймально передавач. Використання генераторів електроенергії і елементів з наднизьким енергоспоживанням, дозволяє елементам мережі EnOcean працювати автономно, практично без елементів живлення, дуже великий період часу.

Мережі EnOcean в основному використовуються для автоматизації будинків і офісів. Технологія EnOcean дозволяє передавати дані на частоті 868 МГц (для Європи, в інших країнах частота може відрізнятись, так як це ліцензований діапазон частот) зі швидкістю 120 Кбіт / с на відстані до 300 метрів в межах прямого бачення. Природно, в приміщеннях цей показник значно менше і залежить від матеріалів стін і планування будівлі. Кожен елемент мережі має свій 32-х розрядний ідентифікаційний номер і протокол обміну, що захищає від взаємних перешкод сусідні датчики, що дозволяє встановлювати до 4 мільярдів пристроїв в безпосередній близькості один від одного (за даними з сайту розробників технології) без взаємної інтерференції.

1.2.6 Протокол Z-Wave

Осередкова мережа Z-Wave з функціями самоорганізації і самовідновлення в поєднанні з гнучкими інсталяційними процедурами є просте у використанні мережеве рішення. Протокол Z-Wave і чіп високого ступеня інтеграції забезпечує невисоку вартість без компромісу в відносній надійності або універсальності.

Z-Wave підтримує повний спектр пристроїв, включаючи пристрої, які живляться від мережі змінного струму, від батарей, пристрої з фіксованим розташуванням і переміщувани пристрої, а також пристрої, що виконують роль мостів з іншими протоколами. В технології Z-Wave вузли діляться на три типи: контролери (Controllers), маршрутизовані виконавчі механізми (Routing Slaves) і виконавчі механізми (Slaves). У мережі всі типи пристроїв можуть працювати в будь-якій комбінації.

1.2.7 Протокол ANT

Протокол передачі даних ANT був розроблений компанією Dynastream Innovations. Даний протокол насамперед розрахований на компактні пристрої з автономним живленням (трансивери, що використовують цей протокол, відрі-

няються виключно малим струмом споживання) для передачі невеликих пакетів даних. Протокол передбачає організацію відкритих і приватних бездротових мереж, в тому числі складного типу з динамічною конфігурацією. Він створений на основі технології PAN (Personal Area Network) і підтримує шари 1-4 стека OSI (Open Systems Interconnection network model).

Типове застосування такого протоколу - бездротові датчики. Несуща частота по протоколу ANT - 2,4 ГГц, кількість частотних каналів при цьому 125 (крок 1 МГц в діапазоні 2400... 2524 МГц). Швидкість передачі даних по радіоканалу (включаючи протокол) може становити до 1 Мбіт / с.

1.2.8 Протокол RuBEE

RuBee (IEEE P1902.1) - протокол двосторонньої бездротового зв'язку в місцевій регіональній мережі з використанням довгохвильового діапазону (LW) і пакетів даних не більше 128 байт. Протокол RuBee подібний протоколам серії IEEE 802, також відомим як Wi-Fi (IEEE 802.11), WPAN (IEEE 802.15.4) і Bluetooth (IEEE 802.15.1). RuBee networked, працює за принципом точка-точка і є розвитком стандартів RFID. RuBee передбачає роботу на несущій частоті (131 кГц), дозволяючи використовувати вузли мережі з малим споживання енергії.

1.2.9 Протокол RFID

RFID Radio Frequency IDentification. Радіочастотна ідентифікація з'явилася понад тридцять років тому. У 1973 році Маріо Кардулло і його співавтори опублікували патент US 3713148, що описує перший пасивний транспондер RFID. Розвиток і широке впровадження радіочастотної ідентифікації довго стримувалося відсутністю стандартизації. Але в 90-х роках минулого століття Міжнародна Організація Стандартизації (ISO) прийняла ряд стандартів в області RFID (серія стандартів ISO 18000-6).

1.2.10 Протокол X10

X10 - це міжнародний відкритий індустріальний стандарт, застосований для зв'язку електронних пристроїв в системах домашньої автоматизації. Стандарт X10 визначає методи і протокол передачі сигналів управління електронними модулями, до яких підключені побутові прилади, з використанням звичайної електропроводки або бездротових каналів. Стандарт X10 розроблений в 1975 році компанією Pico Electronics (Шотландія) для управління домашніми електроприладами. Вважається, що це перший стандарт для домашньої автоматизації.

1.2.11 Протокол WI-FI

Wi-Fi створений в 1991 році NCR Corporation / AT & T (згодом - Lucent Technologies і Agere Systems) в Нідерландах. Wireless Fidelity - «безпроводна точність» - торгова марка Wi-Fi Alliance для бездротових мереж на базі стандарту IEEE 802.11.

Залежно від стандарту, Wi-Fi використовує для передачі даних діапазон частот в районі 2,4 ГГц або 5 ГГц і забезпечує швидкість передачі даних від 2 Мбіт / с на відстанях до 200 метрів. Wi-Fi використовується для організації бездротових локальних мереж і безпроводного підключення до Інтернету. Wi-Fi одна з найпопулярніших груп стандартів і повсюдно використовується для організації домашніх і офісних мереж, публічного доступу до інтернету в готелях, кафе, магазинах і в інших публічних місцях.

1.2.12 Протокол PDC

PDC (Personal Digital Cellular) - стандарт стільникового зв'язку покоління 2G. Розроблено асоціацією ARIB (Association of Radio Industries and Business) в ап-реле 2001 року. Використовується виключно на території Японії. PDC іспомагає частотні канали по 25 кГц з модуляцією pi / 4-DQPSK з трьома часови-

ми слотами, які забезпечують передачу зі швидкістю 11.2 кбіт / с або 6 тимчасовими слотами зі швидкістю передачі 5.6 кбіт / с. PDC використовує два діапазони частот - 800 МГц і 1,5 ГГц.

1.2.13 Протокол IDEN

IDEN (Integrated Digital Enhanced Networks) - технологія для мереж транкінгової і стільникового зв'язку, розроблена компанією MOTOROLA в 1994 році. В основі технології iDEN архітектура GSM, при передачі використовують частотні канали по 25 кГц, при цьому для передачі даних використовується частина каналу шириною 20 кГц, інше призначене для захисту каналу. Протокол отримав широке поширення в усьому світі. Діапазон частот - 821-825 МГц.

1.2.14 Протокол CDMAOne

Стандарт CDMAOne розроблений в 1995 році як технологічний стандарт групи ANSI. CDMAOne заснований на використанні CDMA (множинного доступу з кодовим поділом). Система CDMA IS-95 фірми Qualcomm розрахована на роботу в діапазоні частот 800 МГц, виділеному для стільникових систем стандартів AMPS, N-AMPS і D-AMPS. (Стандарти TIA IS-19, IS-20; IS-54; IS-55, IS-56, IS-88, IS-89, IS-90, (S-553). Подальший розвиток технології CDMA відбувається в рамках технології CDMA2000. При побудові системи мобільного зв'язку на основі технології CDMA2000 1X перша фаза забезпечую передачу даних зі швидкістю до 153 кбіт / с, що дозволяє надавати послуги голосового зв'язку, передачу коротких повідомлень, роботу з електронною поштою, Інтернетом, базами даних, передачу даних і нерухомих зображень.

1.2.15 Протокол WiMAX

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) - телекомунікаційний технологія, розроблена з метою надання універсального бездротового

зв'язку на великих відстанях для широкого спектру пристроїв (від робочих станцій і портативних комп'ютерів до мобільних телефонів). Заснована на стандарті IEEE 802.16, який також називають Wireless MAN.

Назва «WiMAX» було запропоновано WiMAX Forum - організацією, заснованою в червні 2001 року для просування і розвитку WiMAX. Форум описує WiMAX як «засновану на стандарті технологію, яка надає високошвидкісний бездротовий доступ до мережі» Максимальна швидкість - до 1 Гбіт / с.

1.2.16 Протокол GSM

GSM (від назви групи Groupe Special Mobile, пізніше перейменований в Global System for Mobile Communications) - глобальний цифровий стандарт для мобільного стільникового зв'язку з розділенням частотного каналу за принципом TDMA та середнім ступенем безпеки. Розроблено під егідою Європейського інститута стандартизації електрозв'язку (ETSI) наприкінці 1980-х років. Комерційне використання стандарту почалося в середині 1991 року, а до 1993 було організовано 36 мереж GSM в 22 країнах.

Термін GSM є скороченням від Global System for Mobile telecommunications - глобальна система мобільних телекомунікацій. GSM відноситься до мереж другого покоління (2 Generation), хоча на 2010 рік умовно знаходиться у фазі 2,75G завдяки численним розширень (1G - аналоговий стільниковий зв'язок, 2G - цифровий стільниковий зв'язок, 3G - широкосмуговий цифровий стільниковий зв'язок, комутує багатоцільовими комп'ютерними мережами, включаючи Інтернет). Стільникові телефони випускаються для 4 діапазонів частот: 850 МГц, 900 МГц, 1800 МГц, 1900 МГц.

1.2.17 Протокол GPRS

GPRS (General Packet Radio Service - пакетна радіозв'язок загального користування) - надбудова над технологією мобільного зв'язку GSM, що здійснює

пакетну передачу даних. GPRS дозволяє користувачеві мережі стільникового зв'язку здійснювати обмін даними з іншими пристроями в мережі GSM і з зовнішніми мережами, включаючи Інтернет. Передача даних розділяється за напрямками «вниз» (downlink, DL) - від мережі до абонента і «вгору» (uplink, UL) - від абонента до мережі. Мобільні термінали поділяються на класи за кількістю одночасного використання таймслотів для передачі і прийому даних. За даними за червень 2006 р, телефони підтримують до 4-х таймслотів одно-тимчасово для прийому по лінії «вниз» (тобто можуть приймати 85 кбіт / с по кодової схемою CS-4) і до 2-х - для передачі по лінії «вгору» (class 10 або 4 + 2).

1.2.18 Протокол UMTS

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System - Універсальна Мобільна Телекомунікаційна Система) - технологія стільникового зв'язку розробити конструкцію Європейським Інститутом Стандартів Телекомунікацій (ETSI) для впровадження 3G у Європі. Як спосіб передачі даних через повітряний простір використовується технологія WCDMA, стандартизована відповідно до проекту 3GPP як відповідь європейських вчених і виробників на вимогу ІМТ-2000, опубліковане Міжнародним союзом електрозв'язку як набір мінімальних критеріїв для мережі стільникового зв'язку третього покоління.

Згідно специфікаціям стандарту, UMTS використовує спектри частот: 1885-2025 МГц для передачі даних в режимі «від мобільного терміналу до базової станції» і 2110-2200 МГц для передачі даних в режимі «від станції до терміналу». У США через зайнятість спектра частот в діапазоні 1900 МГц мережами GSM виділені діапазони 1710-1755 МГц і 2110-2155 МГц.

1.3 Огляд і аналіз топології мереж

Всі перераховані бездротові мережі працюють в одному або декількох варіантах топології. На рисунку 1.1 наведені топології бездротових мереж різних конфігурацій.

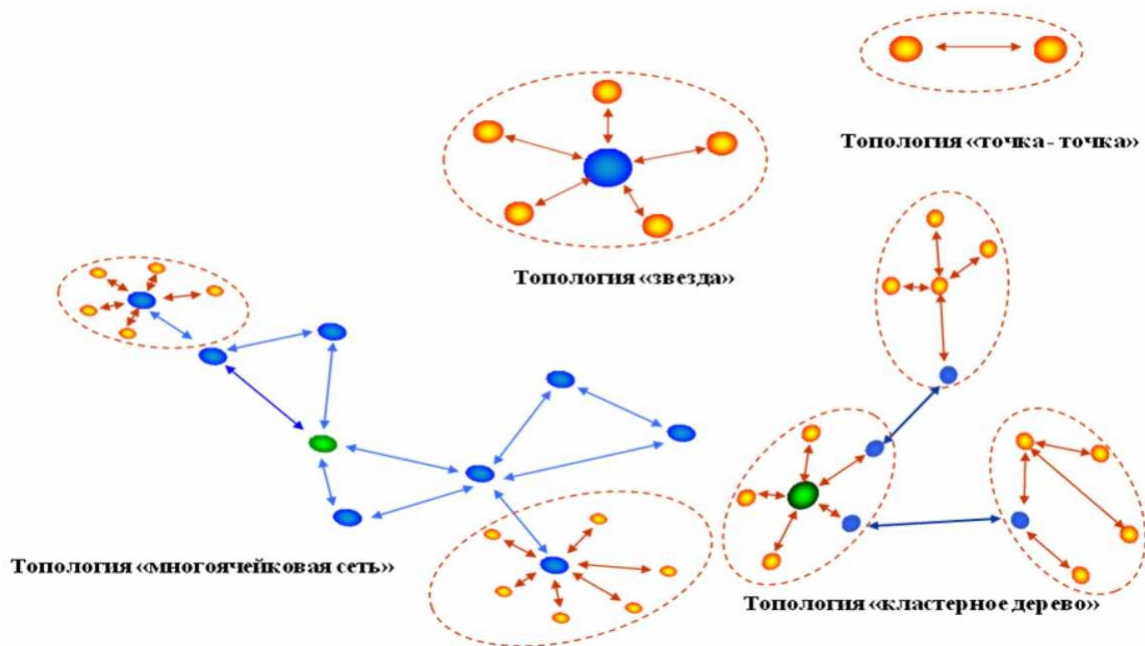


Рисунок 1.1 - Топології бездротових мереж

Топологія точка-точка - найпростіший варіант організації мережі з двох пристроїв. Як правило, вузли цієї мережі є рівноправними, тобто мережа однорангова. Ця топологія характерна для Bluetooth, ANT, RFID, RuBee, PDC, WI-FI, Insteon, UWB, ZigBee та інших.

Топологія «Зірка» є основою організації всіх сучасних мереж зв'язку та обчислювальних мереж. Дану топологію використовують протоколи WI-FI, Insteon, ZigBee, UWB, IDEN, CDMAOne, WIMAX, GSM, GPRS, UTMS.

Осередкова мережа - базова топологія комп'ютерних мереж і мереж зв'язку, в якій кожна робоча станція мережі з'єднується з іншими робочими станціями цієї ж мережі. Характеризується високою відмовостійкістю, складністю налаштування і надмірною витратою кабелю в провідних мережах. Кожен вузол має кілька можливих шляхів сполучення з іншими вузлами, за рахунок цього така топологія дуже стійка. Так як зникнення одного з каналів не призводить до втрати з'єднання між двома комп'ютерами. Ця топологія допускає з'єднання великої кількості вузлів і характерна, як правило, для великих мереж. Топологія може бути застосована для мереж з використанням протоколів UWB, WI-FI, Insteon, ZigBee, UWB, IDEN, CDMAOne, WIMAX, GSM, GPRS, UTMS.

Топологія «Кластерний дерево» утворюється в основному у вигляді комбінацій вищеназваних топологій обчислювальних мереж. Підстава дерева обчислюваної мережі розташовується в точці (корінь), в якій збираються комунікаційні лінії інформації (гілки дерева).

Обчислювальні мережі з деревоподібної структурою будуються там, де неможливе можна безпосереднє застосування базових мережних структур в чистому вигляді.

1.4 Методи поділу доступу до радіоканалу

У цьому розділі описані основні методи поділу доступу до радіоканалу. Використання цих методів доступу в сучасних протоколах передачі інформації по бездротових каналах зв'язку викликано необхідністю передавати великі обсяги інформації за короткий проміжок часу, підтримувати зв'язок з декількома абонентами в вузьких діапазонах частот. У сучасних протоколах передачі даних передбачається три основні методи поділу доступу пристроїв зв'язку до радіоканалу - CDMA, FDMA, TDMA. Також існує ряд їх модифікацій.

1.4.1 Метод CDMA

Code Division Multiple Access (CDMA) - це метод доступу до каналу, який використовується в мобільній телефонії третього покоління (3G). CDMA являється розширенням декількох технологій доступу, що використовують унікальну схему кодування, що дозволяє декільком користувачам одночасно спілкуватися по одному фізичному каналу. Таким чином, кожній групі користувачів надається унікальний загальний код, причому не може бути, щоб в одному і тому ж каналі працювали кілька користувачів з різними кодами, і спілкуватися і розуміти один одного може єдина група користувачів, що мають один і той же код.

Основна особливість цієї технології в тому, що вона дозволила збільшити кількість сигналів для заданої частотної смуги. Початковий стандарт CDMA, відомий також як IS-95 або cdmaOne, до сих пір використовується в мережах мобільного телефонії 2G. CDMA забезпечує більш високу в порівнянні з іншими методами доступу швидкість передачі даних.

Щоб продемонструвати відмінності в роботі трьох методів розділення доступу до каналу, припустимо, що в одній кімнаті знаходиться дві групи абонентів (рисунок 1.2). Використовуючи FDMA, члени кожної групи мають у своєму розпорядженні частотні смуги голосового зв'язку, тобто здійснюється розподіл по частоті. В системі TDMA кожній групі відводиться для розмови свій часовий інтервал, тобто здійснюється поділ за часом. І, нарешті, CDMA надає обом групам можливість спілкуватися на різних мовах на однакових частотах в один і той же час, тобто реалізується поділ за кодом.

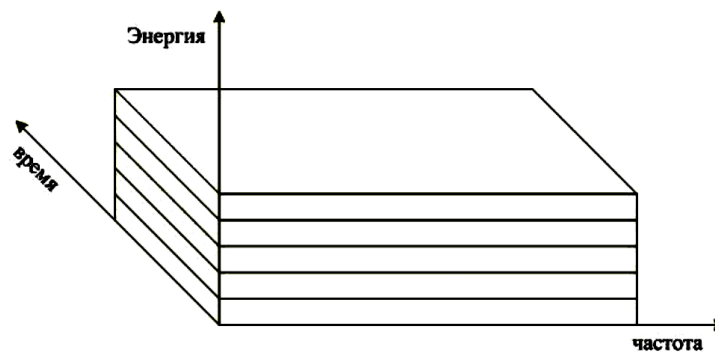


Рисунок 1.2 – Розподіл каналу в CDMA

1.4.2 Метод CSMA

Carrier Sense Multiple Access (CSMA) - імовірнісний мережевий протокол канального (MAC) рівня. Вузол, якому потрібно передати пакет даних, виконує процедуру оцінки чистоти каналу, тобто протягом заздалегідь заданого часу визначає рівень шуму в передавальній середовищі. Якщо передавальна середу оцінюється як чиста, вузол може передати пакет даних.

В іншому випадку, якщо виконується інша передача, вузол «відсторонюється», тобто, перш ніж знову почати процедуру відправки пакета, вузол чекає певний час. На практиці більш поширена модифікація цієї технології - CSMA /

CD, що передбачає контроль колізій. Існує також технологія CSMA / CA, в якій вживаються заходи по виключенню колізій. На рисунку 1.3 представлений один кадр для методу доступу пристроїв в мережу CSMA.



Рисунок 1.3 – Система синхронізації доступу до каналу CSMA

1.4.3 Метод TDMA

TDMA Time Division Multiple Access - множинний доступ з розподілом за часом - спосіб використання радіочастот, коли в одному частотному інтервалі знаходиться декілька абонентів, причому для передачі різним абонентам відведені різні часові інтервали (слоти) (рисунок 1.4). Це додаток методу тимчасового мультиплексування (TDM - Time Division Multiplexing) до радіозв'язку. Таким чином, TDMA надає кожному користувачеві повний доступ до частотного інтервалу протягом короткого про-проміжки часу (в GSM один частотний інтервал ділиться на 8 тимчасових слотів). В даний час TDMA є домінуючою технологією для мобільних стільникових мереж і використовується в стандартах GSM, TDMA (ANSI-136), PDC.

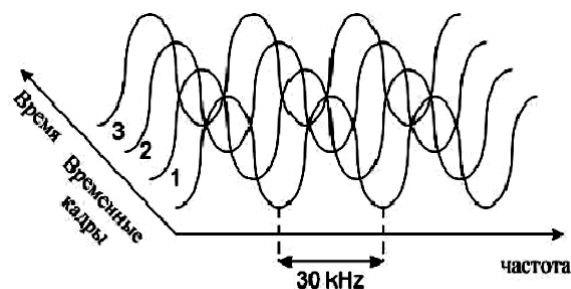


Рисунок 1.4 –розподіл каналів в TDMA

1.4.4 Метод FDMA

FDMA Frequency Division Multiple Access - множинний доступ з розподілом каналів по частоті - спосіб використання радіочастот, коли в о-ном частотному діапазоні знаходиться тільки один абонент, а різні абоненти в межах стільники використовують різні частоти. Є додатком частотного мультиплексування (FDM) у радіозв'язку. Поки початковий запит не закінчений, канал для інших сеансів зв'язку закритий. При повному дуплексному режимі (Full-Duplex) за методом FDMA потрібно два канали - один для передачі, а інший для прийому. FDMA використовувався в аналоговій зв'язку першого покоління (1G): цей принцип реалізований в стандартах AMPS, N-AMPS, NMT, ETACS.

На рисунку 1.5 проводиться сравнение методів розделення каналу TDMA и FDMA. Можно заметить зависимость появления сигналов в канале от времени и частоты для каждого из методів розделення. В случае TDMA основной служит ось времени, в случае FDMA – ось частоты.

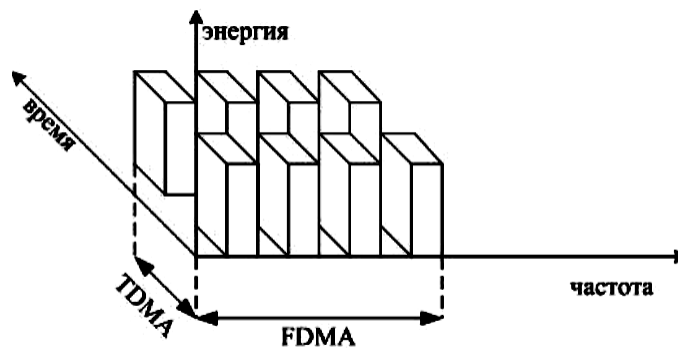


Рисунок 1.5 – Сравнение методів розделення радиоканала

1.4.5 Метод OFDMA

OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing) - є цифровій схемній модуляції, яка використовує велику кількість близько розташованих ортогональних піднесучих. Кожна піднесуцая модулюється за звичайною схемою модуляції (наприклад, квадратурна амплітудна модуляція) на низькій символній

швидкості, зберігаючи загальну швидкість передачі даних, як і у звичайних схем модуляції однієї несучої в тій же смузі пропускання. На практиці сигнали OFDM виходять шляхом використання ШПФ (швидке перетворення Фур'є). Всі наведені методи поділу доступу до каналу застосовуються в бездротових мережах з множинним доступом. При цьому мережі можуть мати різну топологію.

1.5 Безпека бездротових мереж

Безпека бездротових мереж залежить від використання ряду технологій: шифрування, цифрового підпису, паролів, зміни ключів і іншого. Те, як використовуються ці технології сильно впливає на рівень захищеності мережі. Іноді, методика використання раніше перерахованих технологій така, що вони ніяк не впливають на рівень захищеності мережі.

1.5.1 Шифрування

Нижче перераховані алгоритми шифрування, які застосовуються в кожній з технологій, в переліку вказана технологія, стандарт шифрування і його режим:

- Bluetooth – E0 – ECB;
- UWB – AES – CBC;
- ZigBee – AES – CBC;
- Insteon – Rolling code system – потокове;
- Z-Wave – 3DES тільки в 100 серії – ECB;
- ANT – ні;
- RuBee – AES;
- RFID – Crypto1, DES – асиметричний;
- X10 – ні;
- WI-FI – RC4,
- AES – CBC;
- PDC – A5 – потокове;

- IDEN – A5 – потокове;
- CDMA – CMEA – ECB;
- WIMAX – 3DES, AES – ECB;
- GSM – A5 (COMP-128) – потокове;
- GPRS – GEA1, GEA2 – потокове;
- UMTS – A5 (COMP-128) KASUMI MILENAGE – потокове.

1.5.2 Аутентифікація

У таблиці 1.2 представлені узагальнені дані по використанню процедур аутентифікації в розглянутих протоколах. В якості найбільш значущих параметрів були визначені наступні:

- аутентифікація пристроїв - процедура аутентифікації пристроїв служить основним засобом визначення периметра бездротової мережі і легальності підключення вузлів;

- аутентифікація процесів - процедура, яка дає змогу підтвердити, що на вузлі мережі використовується довірений (легальний) вихідний код;

- аутентифікація пакетів - процедура, що дозволяє визначити автора переданого пакета даних. Ця процедура необхідна для захисту від атаки «людина посередині»;

- аутентифікація користувачів - процедура аутентифікації.

Таблиця 1.2 – Аутентифікації протоколів.

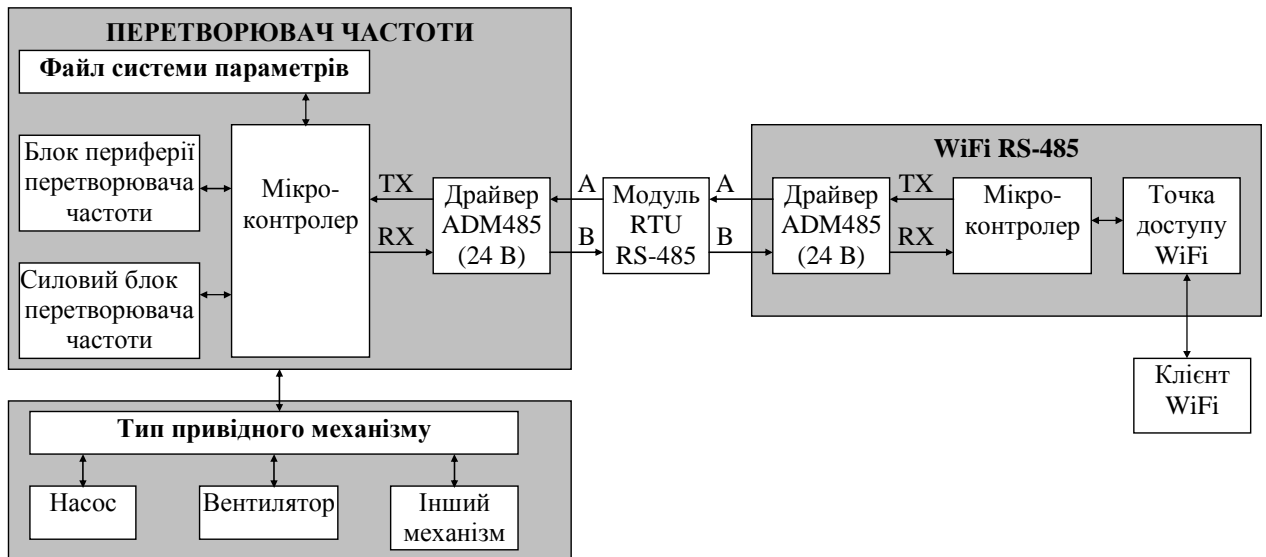
Назва технології	Аутентифікації			
	пристрій	процеси	пакети	користувачі
Bluetooth	По PIN	ні	ні	ні
UWB	По MAC і SSID	ні	ні	ні
ZigBee	По MAC і SSID	ні	МІС-64	ні
Insteon	XOR	ні	так	ні
Z-Wave	По MAC і SSID	ні		
ANT	По ключу	ні	ні	ні
RuBee	По ключу AES	ні		
RFID	Crypto1	ні	ні	ні
X10	XOR	ні		

Продовження таблиці 1.2

Назва технології	Аутифікації			
	пристрій	процеси	пакети	користувачі
WI-FI	CCMP	ні	так	ні
PDC	A3	ні	TKIP	TKIP
IDEN	По ключу	ні	A3	PIN
CDMAOn	CAVE	ні	По ключу	PIN
WIMAX	AES	EAP-TLS, PEAP	так	PIN
GSM	A3	-	AES	Parol
GPRS	A3/A8	-	A3/A8	PIN
UMTS	IMSI	AKA	MAC-I(F9)	USIM

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

Структурна схема системи, на прикладі обміну пакетами даних між клієнтом і перетворювачем частоти, наведена на рисунку 2.1.



Рисунк 2.1 – Структурна схема системи

Схему системи можливо розділити на 3 частини:

- блок перетворювача частоти (ПЧ);
- блок плати WiFi RS-485;
- клієнт.

Перетворювач частоти цей пристрій (система управління), що використовується для контролю швидкості або моменту двигунів змінного струму шляхом зміни частоти і напруги живлення електродвигуна [8, с.7]. У даній кваліфіційній роботі магістра не буде детально розглядатися принцип роботи ПЧ, а тільки принцип взаємодії різних блоків ПЧ, при обміні даними.

ПЧ включає в себе такі блоки:

- мікроконтролер;
- файл опису системи параметрів (ФОП);
- блок периферії ПЧ;

- блок силової частини;
- блок драйвера AMD485.

Мікроконтролер є пристроєм збору, і обробки даних. Опрацьовані дані мікроконтролером зберігаються в певній галузі в пам'яті файл у системи параметрів (ФОП) згідно [3, с.19].

Силовий блок ПЧ складається з таких основних структурних елементів:

- діодний силовий випрямляч;
- конденсатор фільтра;
- дросель;
- інвертор.

Блок периферії ПЧ складається з:

- дискретних входів;
- релейних виходів;
- аналогових входів;
- аналогового виходу.

Розглянемо загальну структуру ФОПа на прикладі параметра «Захист Ud вкл. моста» тобто це напруга включення силового випрямного моста.

Кожен параметр класифікується за такими критеріями [3, с.44]:

- адреса;
- тип параметра UST / ТЕК (UST - редагований параметр, ТЕК - не редагований параметр);
- найменування;
- Мін / Макс межа (Значення яке повинно бути в рамках Мін / Макс межі);
- розмірність (Одиниці виміру Гц, В, А і т.д.);
- ступінь;
- номер бази;
- незалежна в пам'ять (Увімкнути / Вимкнути);
- змінні межі (Увімкнути / Вимкнути);

- тип редагування (Редагування завжди / В зупинці / Заборонено);
- тип даних параметра;
- DefVal (дефолтні значення параметра);
- Help (Опис даного параметра);
- номер групи / параметра;
- видимість параметра під паролем Майстер / Технолог / Користувач;
- функціональне призначення (При якій конфігурації даний параметр буде відображатися Общепром / Ліфт / Насос і т.д.).

Блок Драйвера ADM485 по суті є зовнішньою системою управління, яка працює по протоколу Modbus RTU. Modbus - це протокол послідовного зв'язку. Обмін даними виконується в напівдуплексному режимі в конфігурації «один ведучий пристрій і одне або кілька відомих пристроїв» згідно [9, с.4]. Для зв'язку одного ведучого і одного відомого пристрою можна використовувати інтерфейс RS232, однак частіше застосовується багато вузлову мережу RS485 з одним ведучим пристроєм, який управляє декількома відомими пристроями. Протокол визначає формат і розміщення інформації в повідомлення ведучого:

- адреса веденого (або ширококомовної адреси «0»);
- коду функції, виконання якої пропонується повідомленням;
- будь-яких даних, необхідних для виконання веденим запропонованої функції;
- контрольної суми, що дозволяє виявити помилку при обміні даними.

Протокол також визначає формат і розміщення в повідомлення веденого:

- інформації про те, що запит від ведучого нормально сприйнятий адресою пристроєм;
- даних, наявність яких у відповіді передбачає запит ведучого;
- контрольної суми, що дозволяє виявити помилку при обміні даними.

Розглянемо формат типового повідомлення протоколу Modbus представлений в таблиці 2.1, і формування адреси регістрів в протоколі обміну [4, с.45].

Таблиця 2.1 - Формат повідомлення

Старт	Адреса	Функція	Дані	Код CRC	Стоп
T1-T2-T3-T4	8 біт	8 біт	N*8 біт	16 біт	T1-T2-T3-T4

Адреса регістра формується за наступним правилом

$$\text{Адреса регістра} = \text{NG} * 128 + \text{NP},$$

де NG - номер групи, в номері групи можливі значення від 0 до 99;

NP - номер параметра в групі, в номері параметра також можливо значення від 0 до 99. Адреси для отримання розширеного значення параметра формується по наступному правилу

$$\text{Адреса регістра} = 0x8000 + \text{NG} * 128 + \text{NP}.$$

Перелік підтримуваних функцій протоколу Modbus наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Перелік підтримуваних функцій протоколу Modbus

Код функції	Опис
0x03	Читання поточних значень уставок контролера
0x04	Читання поточних значень параметрів роботи електроприводу
0x05	Запис значення команд «ПУСК», «СТОП»
0x06	Запис одиночних регістрів, для реалізації записи уставок в контролер електропривод
0x10	Запис регістрів в зазначеному діапазоні адрес, для реалізації групового запису уставок в контролер електроприводу
0x2B	Запит ідентифікатора пристрою
0x68	Файлове читання, для реалізації читання системи параметрів контролера електроприводу
0x41	Зарезервована як функція виробника
0x67	Отримання інформації про поточні одиниці виміру й скlopenі (кількість знаків після десяткової точка) для параметри
0x69	Зарезервована як функція виробника

Код функції однозначно визначає розташування, утримання і обсяг інформації як в наступному далі поле даних повідомлення ведучого пристрою, так і у відповіді веденого.

У таблиці 2.3 надані швидкості обміну драйвера, з мікроконтроллером ESP8266 згідно [2, 34 с].

Таблиця 2.3 – Швидкість обміну RS-485

Значення швидкості обміну в мережі Modbus RTU
1200 Біт/с
2400 Біт/с
4800 Біт/с
9600 Біт/с
14400 Біт/с
19200 Біт/с
38400 Біт/с
56000 Біт/с
57600 Біт/с
115200 Біт/с

Після отримання запиту, по каналу обміну електропривод починає передачу відповіді не раніше, ніж через 2 мс.

Блок WiFi трансивера є проміжною ланкою між електроприводом і користувачем. Де користувач за допомогою свого телефону підключається до точки доступу і виконує покрокове налаштування приводу.

Блок WiFi RS 485 складається з таких елементів [1, с.55]:

- драйвер ADM485 (Аналогічний як і в ПЧ);
- мікроконтролер ESP8266 модифікації ESP12E.

Розглянемо загальний ланцюжок передачі пакета даних на прикладі параметра «Частота ШИМ». Клієнт за допомогою web контенту формує HTTP запит на серверну частину (мікроконтролер ESP8266), що необхідно змінити «Частота ШИМ» передавши в запиті номер групи, номер параметра, кількість байт, і нове значення параметра. Мікроконтролер в свою ж чергу формує пакет повідомлення для веденого пристрою, з кодом функції 0x10 (одиначний запис параметра) і відправляє пакет через драйвер ADM485 який погоджує рівень сигналу з 3.3 В до 24В.

Мікроконтролер в ПЧ отримавши запит від ведучого про готовність передачі даних сигналізує про готовність прийняття повідомлення, і очікує на лінії. Через драйвер ADM485 відбувається зворотне узгодження рівнів 24 В до +3.3. Отримавши повідомлення, контролер за кодом функції, адресою, зберігає дані в ФОП [4, с.124].

На рисунку 2.2 наведено алгоритм передачі пакета даних.

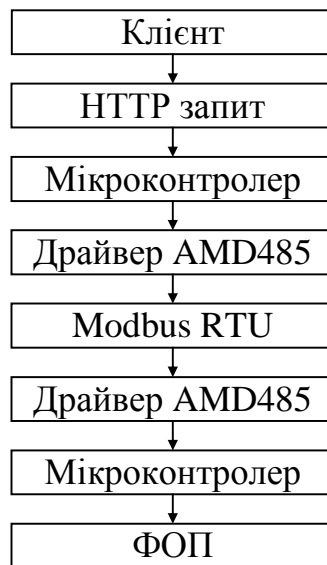


Рисунок 2.2 - Алгоритм передачі пакета даних

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Склад програмного забезпечення

Програмне забезпечення мікроконтролера (ПО) можна розділити на дві частини:

- серверна частина;
- Web оболонка.

Серверна частина відповідає за ініціалізацію точки доступу, обробку запитів сервера, читання/запису даних по Modbus RTU, і кешування даних. Більш докладний огляд описаний в розділі опис структурної схеми.

Web оболонка представляє собою інтерфейс для взаємодії з користувачем. Налаштування перетворювача частоти (ПЧ) складається з 30 html сторінок, які реагують на вибір користувача, і відповідно відбувається розгалуження подальших дій. Контент налаштований в .bin файлі з розміром порядку 1.2 Мб. Прошивка web оболонки відбувається за допомогою завантажувача серверної частини, або ж допоміжним ПО, який завантажує контент в файлову систему мікроконтролера SPIFFS за адресою 0x800000.

3.2 Меню налаштування «Начало»

Блок «Начало» функціонально ділиться на 3 частини (рисунок 3.1):

- короткий опис актуальних пультів по продуктивій політиці ПЧ АТ24;
- завантажити конфігураційний файл в систему ПЧ;
- почату нову настройку ПЧ.



Рисунок 3.1 - Меню настройки «Начало»

Функціонал короткого опису пультів, по суті є короткою інструкцією з експлуатації пультів як на індукційному живленні, так і провідних (RS-485). Файл конфігураційної системи (заводські уставки), виконує функцію ініціалізації системи ПЧ, в залежності від номінальної потужності приводу.

Розглянемо додаткові файли для коректної, і швидкою роботою з даними ФОПа. Файл Queue.js є об'єктом, який утворює чергу читання/запису параметрів по Modbus. Розглянемо блок схему запису параметра «Частота ШІМ» в ПЧ.

Клієнт робить запит на запис параметра, який потрапляє в буфер TX_Queue, алгоритм запису параметрів дивиться чи є запит даного параметра на читання, якщо ж є то тимчасово прибираємо його з черги на читання, і робимо запис параметра по Modbus (рисунок 3.2) [9, с.34].



Рисунок 3.2 - Алгоритм запису параметра в ПЧ

Обробка черги параметрів на читання відбувається аналогічно, тільки якщо цей параметр стоїть у черзі на запис, ми почекаємо поки він запишеться і тільки тоді читаємо параметр (рисунок 3.3) [9, с.35].

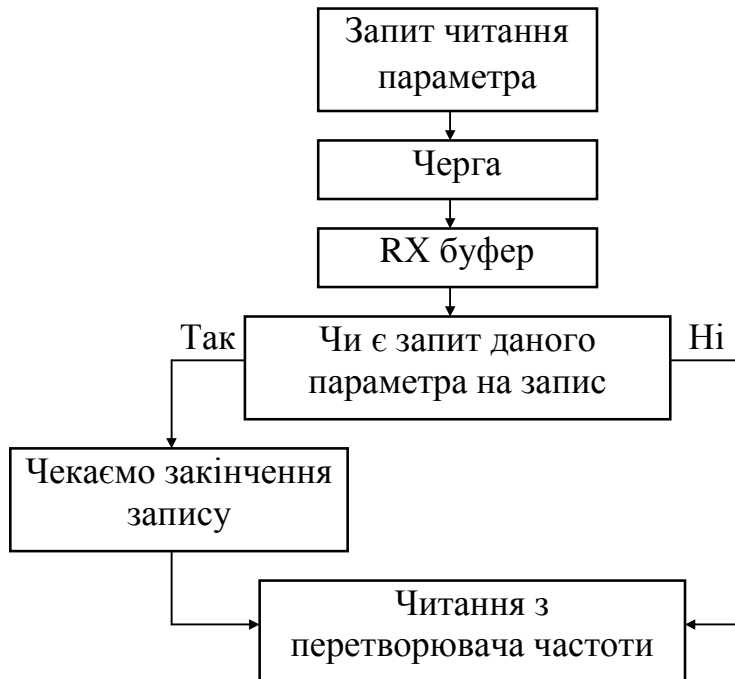


Рисунок 3.3 - Алгоритм чтєния параметра из ПЧ

Даний алгоритм читання / запису використовується постійно, оскільки все зав'язано на обміні даними.

3.3 Загальні налаштування: час

Початок налаштування починається з первинної ініціалізації система читанням 350 розширених параметрів з приставкою до адресою 0x8000, завантаження всього контенту, і кешування даних для більш швидкого завантаження сторінок. На даній сторінці можна автоматично підтягнути час в форматі Unix time з пристрою користувача, або ж налаштувати дату та час вручну (рисунок 3.4).

Рисунок 3.4 - Загальні налаштування: час

3.4 Загальні налаштування: ШІМ

Дана сторінка (рисунок 3.5) відповідає за налаштування частоти ШІМ, залежно від температури навколишнього середовища. Тобто якщо температура буде більше, ніж 40 градусів, то частота ШІМ буде знижуватися пропорційно температурі.



Рисунок 3.5 - Загальні налаштування: ШІМ

3.5 Параметри двигуна

Дана сторінка (рисунок 3.6) є однією з основних, на якій має бути вказано паспортні дані двигуна, такі як [10, с.12]:

- номінальний струм;
- номінальна напруга;
- номінальна частота;
- номінальна швидкість обертання;
- кількість пар полюсів;
- одиниці виміру частоти (Гц, Об / хв, Рад / сек).

Також якщо двигун працює в зв'язці з енкодером, то можна вибрати його тип, і налаштувати кількість імпульсів на поворот.



Параметры привода

Номинальный ток (полный): А

Нужно ли настроить энкодер?

Укажите паспортные данные двигателя

Номинальный ток: А

Номинальное напряжение: В

Номин. частота напряжения: Гц

Номин. скорость вращения: Гц

Количество пар полюсов:

Рисунок 3.6 - Параметры двигателя

3.6 Настроювання захисту ПЧ

На даній сторінці (рисунок 3.7) можливо налаштувати такі групи параметрів як:

- захист обриву вхідних фаз;
- захист від дисбалансу струмів;
- захист від перевантаження двигуна;
- захист від недовантаження двигуна.

Дані захисту є базовими, і спрацюють при аварійній ситуації. Дана ситуація виникає, коли привід здійснює захист власних пристроїв і вимагає фізичного

втручання, наприклад при виникненні короткого замикання.

The screenshot shows a control panel with the following elements:

- Buttons: "Выбор языка" (Language selection) and "Готов" (Ready).
- Section: "Защиты двигателя/механизма" (Engine/mechanism protection).
- Setting: "Защита обрыва входных фаз:" (Phase break protection) with a red "off" toggle.
- Section: "Настройка защиты при работе двигателя с пониженной нагрузкой (неисправность механизма, обрыв ремня)" (Engine protection at low load).
- Setting: "Защита по недогрузу:" (Underload protection) with a red "off" toggle.
- Setting: "Защита по перегрузу:" (Overload protection) with a green "On" toggle.
- Section: "Реакция на срабатывание защиты перегруза двигателя:" (Reaction to engine overload protection).
- Options: "Блок" (Blocked) - selected with a blue radio button, and "АПВ" (Automatic restart).
- Section: "Алгоритм перегруза:" (Overload algorithm).
- Options: "ТРМ по значению" (TRM by value) and "ТРМ по %" (TRM by %) - selected with a blue radio button.

Рисунок 3.7 - Настроювання захисту ПЧ

3.7 Тип приводного механізму

На даній сторінці (рисунок 3.8) необхідно зробити вибір типу при-водного механізму. Всі механізми можуть працювати або з датчиком технологічного параметра, або ж без зворотного зв'язку. Скрипт настройка механізмів «Вентилятор» і «Насос» відрізняється тільки тим, що в конструктиві «Вентиля-тора» може бути встановлений гальмівний резистор, який необхідний для розсіювання енергії при гальмуванні двигуна.

Конфігурація «Інший механізм» може представляти абсолютно будь-який механізм, який можна налаштувати на роботу з реверсом двигуна, роботу по ПД, і встановити тип гальмування двигуном (Гальмування вибігом / Частотне гальмування).



Рисунок 3.8 - Тип приводного механізму

3.8 Тип управління двигуном

Залежно від вибору приводного механізму, на даній сторінці (рисунок 3.9) можуть бути автоматично встановлені такі параметри [9, с.64]:

- напрямку обертання двигуном;
- тип гальмування;
- тип управління двигуном;
- характеристику U / F ;
- тип генератора темпу;
- час розгону / гальмування двигуна.

Выбор языка Готов

Настройки параметров управления двигателем

Согласно конфигурации Вашей системы автоматически выбраны следующие значения основных параметров управления, которые обеспечат работу в большинстве случаев. Ознакомьтесь с ними. При необходимости Вы имеете возможность их изменить:

Тип управления двигателем:

Скалярный без компенсации мертвого времени

Скалярный

ВУ АД с ОС

ВУ АД без ОС

ВУ ВД с ОС

ВУ ВД без ОС

Направление вращения двигателя:

Прямое

Обратное

Зависимость выходного напряжения от частоты:

Заводской параметр (№1)

Рисунок 3.9 - Тип управління двигуном

3.9 Настроювання регулювання частоти / швидкості обертання

На даній сторінці (рисунок 3.10) необхідно встановити джерело задання частоти / швидкості обертання двигуном:

- місцевий пульт. Завдання виконується з МП управлінням параметра «Завдання Частоти»;
- АСУ. Завдання виконується за допомогою параметра «Частота зад. АСУ» згідно протоколу обміну;
- аналоговий вхід. Завдання виконується за значення по Авх;
- дискретний вхід. Завдання виконується подачею сигналів на дискретні входи;
- канал WiFi. Завдання виконується за допомогою цього пристрою.

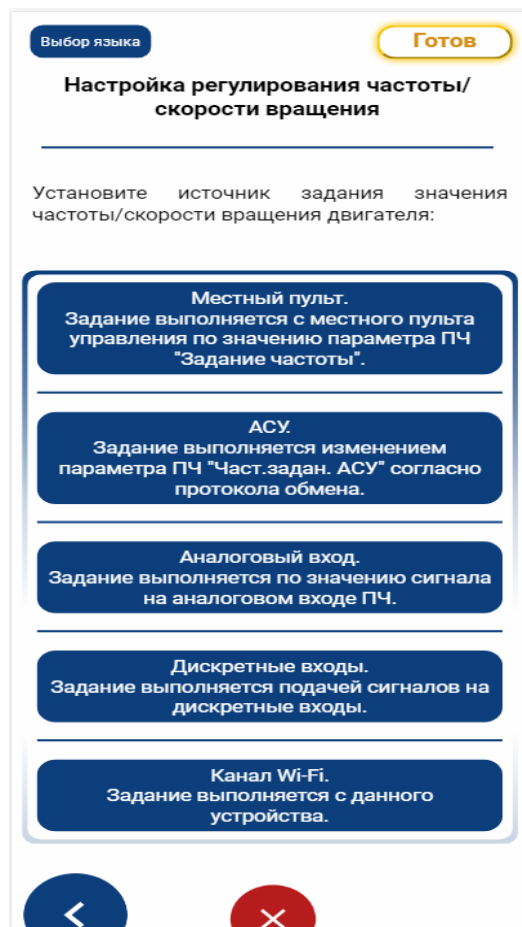


Рисунок 3.10 - Настроювання регулювання частоти / швидкості обертання

3.10 Аналогове джерело задання

Для настройки аналогового джерела завдання необхідно вибрати аналоговий вхід 1/2. Після чого можна налаштувати такі параметри (рисунок 3.12) [4, с.34]:

- тип джерела сигналу (4 ... 20 мА, 0 ... 10 В);
- мін / макс значення вимірювання Авх;
- реакція системи на Аварію (Відключення, Блокування, АПВ);
- рівень спрацьовування аварії;
- степінь, од. виміру;
- вибрати джерело сигналу (Потенціометр / Зовнішнє джерело).

Выбор языка Готов

Настройка аналогового источника задания

Аналоговый вход 1

Укажите тип источника сигнала:

4-20 мА

0-10 В

Минимальное значение физической величины, измеряемой датчиком: Гц

Максимальное значение физической величины, измеряемой датчиком: Гц

Укажите реакцию системы на аварию сигнала:

Не реагировать (Отключено)

Блокировка

АПВ

Уровень сигнала срабатывания аварии минимума:

Рисунок 3.12 - Аналоговое джерело задания

Для підключення обраного джерела аналогового сигналу, надається схема підключення [10, 134 с]. Якщо джерело було підключено вірно, то на даному Авх ми зможемо побачити рівень сигналу в кодах АЦП, або в фізичних величинах в залежності від обраних одиниць виміру.

3.11 Дискретне джерело завдання

Дискретне завдання частоти / швидкості (рисунок 3.13) може бути:

- регулювання вихідної частоти за допомогою 2-сигналів (кнопок) Більше /

Менше;

- фіксовані частоти.

The image displays two side-by-side screenshots of a control interface for discrete frequency setting. Both screens have a title bar with 'Выбор языка' (Language selection) on the left and a 'Готов' (Ready) button on the right.

Left Screenshot: 'Настройка задания частоты/скорости вращения по дискретным входам' (Frequency/Speed setting by discrete inputs)

- Instruction: 'Выберите источник сигнала для дискретных функций Больше/Меньше.' (Select the signal source for discrete More/Less functions.)
- 'Больше F:' (More F) is set to 'Отключено' (Off).
- 'Меньше F:' (Less F) is set to 'Отключено' (Off).
- Instruction: 'Выберете темп приращения/убывания частоты задания, при подаче сигнала Больше/Меньше.' (Select the rate of frequency increase/decrease when the More/Less signal is received.)
- 'Темп Fup Din+:' (Temp Fup Din+) is set to 1,0.
- 'Темп Fdown Din-:' (Temp Fdown Din-) is set to 1,0.
- Bottom button: 'Вернуться к выбору задания частоты по дискретным входам' (Return to selection of frequency setting by discrete inputs).

Right Screenshot: 'Настройка задания частоты/скорости вращения по дискретным входам' (Frequency/Speed setting by discrete inputs)

- Instruction: 'Выберите источник сигнала для дискретных функций фиксированная частота(скорость).' (Select the signal source for discrete fixed frequency (speed) functions.)
- 'Фиксированная частота 1:' (Fixed frequency 1) is set to 'Отключено' (Off).
- 'Фиксированная частота 2:' (Fixed frequency 2) is set to 'Отключено' (Off).
- 'Фиксированная частота 3:' (Fixed frequency 3) is set to 'Отключено' (Off).
- 'Фиксированная частота 4:' (Fixed frequency 4) is set to 'Отключено' (Off).
- Instruction: 'Настройте фиксированные частоты задания по дискретному сигналу.' (Set fixed frequencies by discrete signal.)
- 'Частота 1:' (Frequency 1) is set to 10,0.
- 'Частота 2:' (Frequency 2) is set to 20,0.
- 'Частота 3:' (Frequency 3) is set to 30,0.

Both screenshots feature navigation buttons at the bottom: a blue left arrow, a red 'X' button, and a blue right arrow.

Рисунок 3.13 - Дискретне джерело задання

Параметри Більше F, і Менше F призначається на вільні дискретні входи 1-8. Для яких можливо вибрати темп приросту / зменшення частоти при подачі сигналів.

При фіксованих частотах, користувач вручну встановлює необхідні частоти в параметри Частота 1-4, на вибрані дискретні входи для подачі сигналів.

3.12 Датчик технологічного параметра

Щоб настроїти датчик необхідно вибрати вільний Авх, сама настройка аналогічна з налаштуванням «Аналогового джерела завдання». Різниця лише в тому, що присутні інші схеми підключень для двох/трьох проводних датчиків, і є можливість налаштувати роботу двох датчиків в комбінації (рисунок 3.14).

Выбор языка Готов

Настройка датчика технологического параметра

Назад к датчику №1 Аin 2

Укажите тип выходного сигнала датчика:

4-20 мА

0-10 В

Минимальное значение физической величины, измеряемой датчиком: мА

Максимальное значение физической величины, измеряемой датчиком: мА

Укажите реакцию системы на аварию сигнала:

Не реагировать (Отключено)

Блокировка

АПВ

Уровень сигнала срабатывания аварии минимума:

Уровень сигнала срабатывания аварии максимума:

Рисунок 3.14 - Датчик технологічного параметра

Якщо в системі присутній другий датчик необхідно встановити метод обробки сигналів для формування значення зворотного зв'язку регулювання [10, с.134]:

- сума сигналів;
- різниця сигналів;
- середнє значення сигналів;
- найменше значення датчиків;
- найбільше значення датчик.

Наступним етапом необхідно налаштувати регулювання технологічного параметра. Завдання може відбуватися за двома критеріями:

- ручне завдання / АСУ. Завдання виконується по параметру Завдання ПД;
- аналог. вхід. Завдання виконується за значенням сигналу Авх.

ПД-регулятор може підтримувати на заданому рівні необхідний фізичний параметр об'єкта управління (швидкість, тиску і т.д) якщо цей параметр залежить від зміни вихідної частоти.

Для настройки ПД користувач може змінити наступні параметри:

- Кпроп, Кинт, Кдіф;
- знак характеристики ПД (Пряма / Зворотня);
- розмірність часу (ms / s).

3.13 Настроювання каналу управління

Даний блок виконує функцію вибору джерела управління пуском / стопом системи (рисунок 3.15):

- місцевий пульт (Управління виконується кнопками місцевого пульта);
- АСУ (Управління виконується командами згідно протоколу обміну);
- дискретні входи (Управління виконується подачею сигналів на дискретні входи);
- канал WiFi (Управління виконується за допомогою цього пристрою).



Рисунок 3.15 - Настройка канала управления

Джерела каналу управління МП, АСУ, Канал WiFi не вимагають додаткового-них налаштувань, як з дискретними входами. Управління по дискретним входам виконується по макросу двухпроводной / трехпроводной схеми управління.

Для успішної настройки надається схема підключення дискретов, так само можна вибрати необхідний дискретний вхід і налаштувати інверсія даного входу.

3.14 Двопровідна схема управління

На рисунку 3.16 показано підключення ланцюгів управління до плати керування електроприводом Triol NVSA [4, с.71].

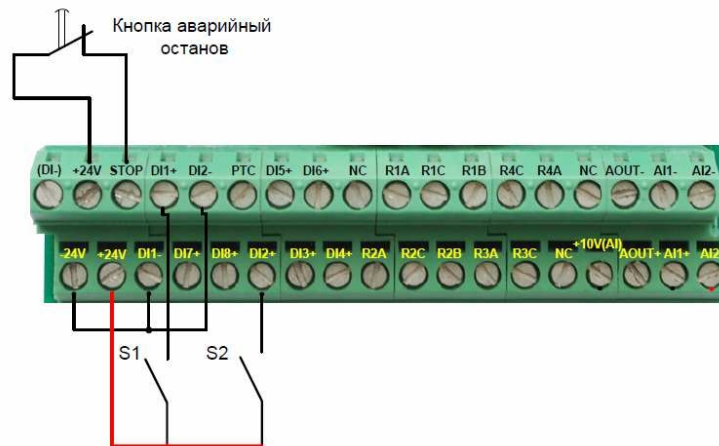


Рисунок 3.16 - Двопровідна схема управління

У таблиці 3.1 представлений алгоритм роботи даного типу управління [4, с.72].

В даному режимі роботи при подачі високого рівня на «Дискр. Вх 1» відбувається пуск двигуна в прямому напрямку, при пропажі високого рівня відбувається зупинка двигуна. При подачі високого рівня сигналу на «Дискр. Вх 2» відбувається пуск двигуна в зворотному напрямку, при низькому рівню сигналу відбувається зупинка.

Таблиця 3.1 - Алгоритм роботи

Вимикачі		Двигун
S1	S2	
Викл.	Викл.	Зупинено
Вкл.	Викл.	Пуск в прямому напрямку
Викл.	Вкл.	Пуск в зворотному напрямку
Вкл.	Вкл.	Пуск у напрямку, якщо уст. пріоритет «Вперед»
Вкл.	Вкл.	Пуск у напрямку, якщо уст. пріоритет «Назад»

3.15 Трипровідна схема управління

На рисунку 3.17 показано підключення ланцюгів управління до плати керування електроприводом Trio1 NVSA при трипровідному управлінні електроприводом [4, с.74].

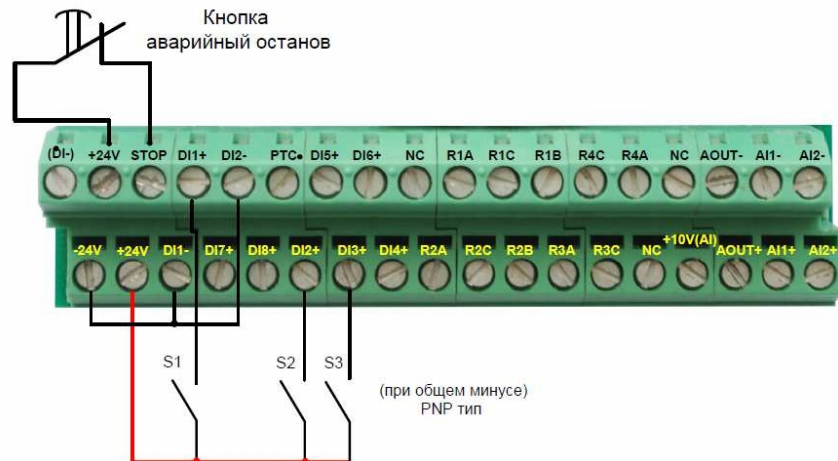


Рисунок 3.17 - Трипровідна схема управління

У таблиці 3.2 представлений алгоритм роботи цього управління [4, 75 с].

Таблица 3.2 - Алгоритм работы

Вимикачі			Двигун
S1	S2	S3	
Викл.	Викл.	Викл.	Зупинено
Вкл.	Викл.	Викл.	Пуск у прямому напрямі
Викл.	Викл.	Викл.	Робота в прямому напрямі
Викл.	Вкл.	Викл.	Пуск в зворотному напрямі
Викл.	Викл.	Викл.	Робота в зворотному напрямі
Викл.	Викл.	Вкл.	Зупинено

В даному режимі роботи при подачі високого рівня на «Діскр. Вх 1» відбувається пуск двигуна в прямому напрямку, при пропажі високого рівня двигун залишається в роботі. При подачі високого рівня на «Діскр. Вх 2» відбувається

ється пуск двигуна в зворотному напрямку, при пропажі двигун залишається в роботі. При подачі високого рівня на «Діскр. Вх 3 »відбувається зупинка двигуна.

3.16 Блок настройки додаткових сигналів

Даний блок розширює можливості налаштування додатковими сигналів периферії (рисунок 3.18):

- Авх (Показання датчиків, настройка аварій і т.д);
- Авих (Трансляція поточних параметрів);
- ДВХ (Зовнішні блокування, скидання напрацювання, вибір пріоритету завдання і т.д);
- Двих (Індикація стану системи на посаді оператора і т.д).

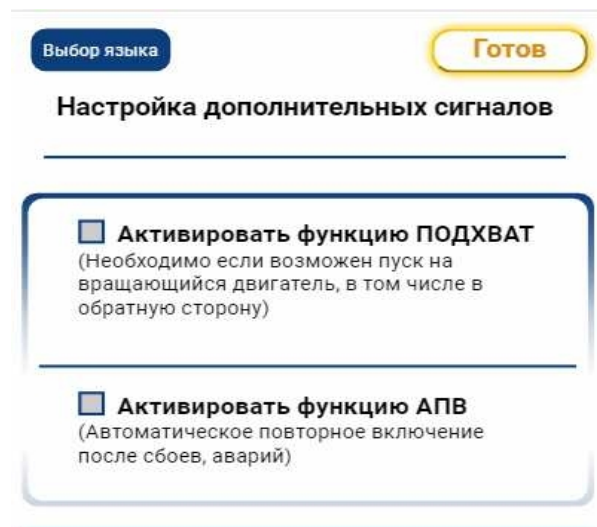


Рисунок 3.18 - Блок настройки додаткових сигналів

Так само даний блок включає в себе такі режими як «Підхоплення» і «АПВ». Режим «АПВ» - автоматичне повторне включення після збоїв (аварій). Ця функція необхідна для оперативного запуску системи після збоїв без втручання обслуговуючого персоналу.

Режим «Підхоплення» призначений для ненаголошеного включення ПЧ на обертовий двигун. Якщо повторне включення (АПВ) буде про-винищені до зупинки двигуна без даного режиму, то може виникнути сильний струмовий удар в обмотках двигуна. Режим підхоплення автоматично визначає поточного частоти обертання двигуна і формує вихідну напруги таким чином, щоб не виникало струмових перевантажень, - іншими словами підхоплює двигун. Після двигун плавно виводиться на задану робочу частоту.

Для режиму «Підхоплення» реалізований алгоритм перевірки (рисунок 3.19) [4, 99 с]. ПЧ розганяє двигун до максимальної частоти, після двигун починає гальмувати, і за розрахованим часу розгону/гальмування подається повторна команда пуску двигуна для початку сканування частоти обертання двигуна від нуля до максимальної частоти. Після чого відбувається підхоплення двигуна і вихід на завдання.

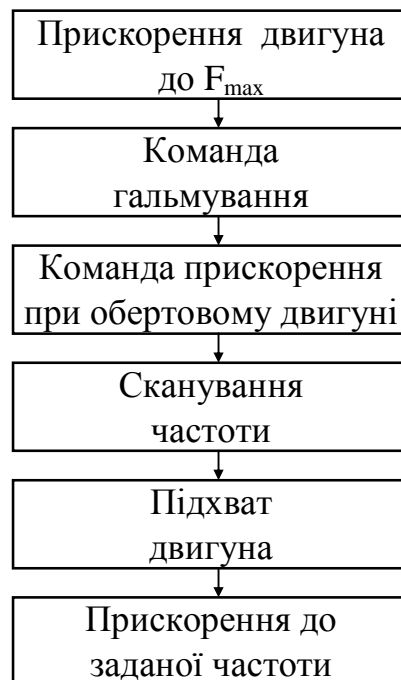


Рисунок 3.19 - Алгоритм перевірки режима «Підхват»

3.17 Блок перевірки роботи двигуна

В даному блоці відбувається перевірка настройки двигуна, які зробив користувач. Алгоритм складається з даних перевірок:

- перевірка прямого обертання двигуна;
- перевірка в повному діапазоні регулювання;
- перевірка роботи по ПІД регулятору.

Алгоритм перевірки роботи в повному діапазоні регулювання (рисунок 3.20) має на увазі перевірку роботи системи на спрацьовування захистів, аварій. Перевірка полягає в розгоні двигуна до максимальної частоти, роботі, і гальмування з налаштуваннями користувача. При фіксуванні системою аварії, буде запропонований перехід для усунення даного збою [8, с.72].

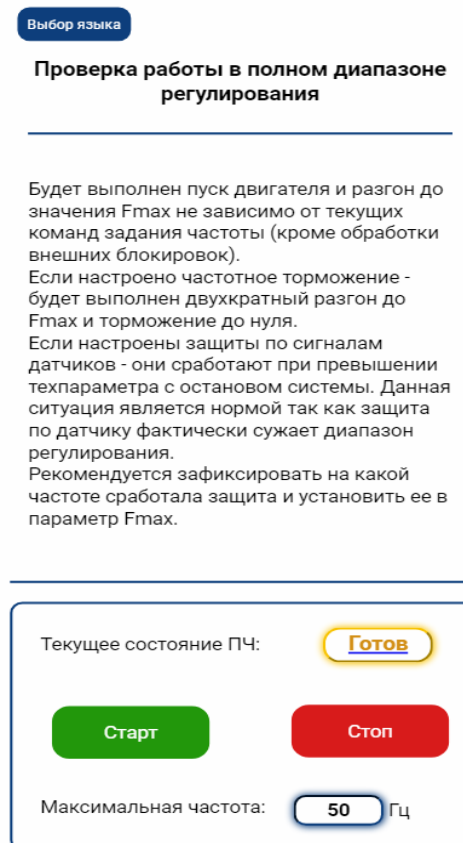


Рисунок 3.20 - Перевірка роботи в повному діапазоні регулювання

Алгоритм перевірки роботи по ПД наведено на рисунку 3.21. Для точної настройки перерегулювання необхідно виконати пуск двигуна і зняти перехідні процеси. Підлаштувати коефіцієнти або настройки і повторити пуск двигуна, а при спрацьовуванні збою буде запропонований перехід для його усунення.

Выбор языка

**Проверка работы в режиме
автоматического поддержания
технологического параметра по
датчику**

Временно будет установлен источник управления АСУ/WIFI.

При работе измените задания технологического параметра - если реакция системы слишком быстрая и наблюдается колебания(неустойчивость), следует снизить коэффициенты регулятора и наблюдать изменения работы системы. В большинстве случаев пропорциональный коэффициент должен быть в 10 раз больше интегрального.

В случае слишком медленной реакции системы на отклонения параметра датчика - следует изменить знак характеристики регулятора.

Текущее состояние ПЧ: Готов

Старт

Стоп

Кп регулятора: 1,0 %

Рисунок 3.21 - Перевірка роботи по ПД

3.18 Завершення настройки

Дана сторінка (рисунок 3.22) дозволяє виконати збереження налаштувань системи, і власне завершити настройку.



Рисунок 3.22 - Завершения настраивания

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі було розроблено програмне забезпечення для покрокового налаштування перетворювача частоти за допомогою протоколу WiFi.

Дане програмне забезпечення було протестовано на перетворювачі частоти потужністю 11кВт, і був перевірений кожен функціональний блок алгоритму.

Результати випробувань підтвердили, що за допомогою гіда можливо реалізувати базову настройку ПЧ.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Catalin Batrinu. ESP8266 Home Automation Projects. 1st Publisher, 2018 – 130 с.
2. Dogan Ibrahim, Ahmet Ibrahim. The Official ESP32 Book. 1st Publisher, 2019 – 90 с.
3. РПП_АТ24_С_v.1.2. TriolCorp, 2019 – 384 с.
4. А. И. Колыбельников. Обзор технологий беспроводных сетей. МФТИ, 2012 – 27 с.
5. Трофимов А. С. Современные беспроводные технологии. МАИ, 2017 – 18 с.
6. Jon Duckett. JavaScript & JQuery: Interactive Front-End Web Development. Wiley, 2017 – 322 с.
7. David Flanagan. JavaScript: The Definitive Guide. O'Reilly, 2019 – 273 с.
8. А. В. Клевцов. Преобразователи частоты. Гриф и Ко, 2008 – 267 с.
9. Джордж Томас. Введения в протокол Modbus. СТА, 2007 – 55 с.
10. Троцкий А. В. Преобразователи частоты. СТА, 2009 – 214 с.