

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ

## Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему: **РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ  
МІКРОПРОЦЕСОРНОГО ПРИСТРОЮ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ  
МРЗС-05Д**

*Development of the computer system for diagnostics of MRZS-05D microprocessor-based motor  
protection device*

Виконав: студент IV курсу, групи 4КСМ  
спеціальності

123 – Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Коцюбан А.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Козел В.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Захарченко Р.М.

(прізвище та ініціали)

Хмельницький - 2024 р.

## ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут, факультет, відділення інформаційних технологій та дизайну  
Кафедра, циклова комісія комп'ютерних систем та мереж  
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр  
Напрямок підготовки -  
(шифр і назва)  
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри  
комп'ютерних систем та мереж

Анжела ГРИГОРОВА

12 лютого 2024 р.

З А В Д А Н Н Я  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ  
Коцюбану Антону Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту(роботи) Розробка комп'ютерної системи діагностики  
мікропроцесорного пристрою захисту електродвигунів МРЗС-05Д  
Development of the computer system for diagnostics of MRZS-05D microprocessor-based  
motor protection device

керівник проєкту (роботи) Козел Віктор Миколайович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «05» лютого 2024 року № 206-с

2. Строк подання студентом проєкту(роботи) 10 червня 2024 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Методичні рекомендації до виконання,  
оформлення та захисту кваліфікаційної роботи бакалавра, стандарти,  
література, технічна документація на мікропроцесорний пристрій захисту  
електродвигунів МРЗС-05Д

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
Огляд стану питання та постановка завдання на кваліфікаційну роботу  
обґрунтування вибору мікроконтролеру; розробка програми шифрування інформації  
методом Вернама; проєктування комп'ютерної мережі; моделювання  
роботи сервера

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
Пристрій діагностики. Електрична принципіальна схема;  
Пристрій діагностики. Плата печатна; Програма-драйвер. Схема алгоритму;  
Схема комп'ютерної мережі.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|        |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |
|        |                                           |                |                  |

7. Дата видачі завдання 12 лютого 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи          | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|----------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | Вивчення стану питання                       | 17.02.2024                    | виконано |
| 2     | Підбір матеріалу по тематиці роботи          | 24.02.2024                    | виконано |
| 3     | Розробка пристрою діагностики                | 08.05.2024                    | виконано |
| 4     | Розробка програмного забезпечення            | 15.05.2024                    | виконано |
| 5     | Розробка комп'ютерної мережі                 | 20.05.2024                    | виконано |
| 6     | Розробка програми моделювання роботи сервера | 23.05.2024                    | виконано |
| 7     | Оформлення пояснювальної записки та креслень | 05.06.2024                    | виконано |
|       |                                              |                               |          |

Студент

(підпис)

Коцюбан А.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

Козел В.М.

(прізвище та ініціали)

ВІДОМІСТЬ ОБСЯГУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

| № п/п | Формат | Позначення | Найменування                                              | Кіл-сть | Шифр док-та | Примітки |
|-------|--------|------------|-----------------------------------------------------------|---------|-------------|----------|
| 1     | A4     | 123.20034  | Реферат                                                   | 1       | РФ          |          |
| 2     | A4     | 123.20034  | Пояснювальна записка                                      |         | ПЗ          |          |
| 3     | A2     | 123.20034  | Пристрій діагностики.<br>Схема електрична<br>принципальна | 1       | ЕЗ          |          |
| 4     | A1     | 123.20034  | Пристрій діагностики.<br>Плата печатна                    | 1       | ПП          |          |
| 5     | A1     | 123.20034  | Програма-драйвер.<br>Алгоритм роботи                      | 1       | АГ          |          |
| 6     | A1     | 123.20034  | ЛКМ. Структурна<br>схема                                  | 1       | Е7          |          |

|           |     |                |        |      |                                                |  |  |      |  |      |  |        |  |
|-----------|-----|----------------|--------|------|------------------------------------------------|--|--|------|--|------|--|--------|--|
|           |     |                |        |      | ХНТУ 123.20034.ВП                              |  |  |      |  |      |  |        |  |
|           |     |                |        |      |                                                |  |  |      |  |      |  |        |  |
| Зм.       | Арк | № докум.       | Підпис | Дата |                                                |  |  |      |  |      |  |        |  |
| Розроб.   |     | Коцюбан А.О.   |        |      | ВІДОМІСТЬ ОБСЯГУ<br><br>КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ |  |  | Літ. |  | Лист |  | Листів |  |
| Перевір.  |     | Козел В.М.     |        |      |                                                |  |  |      |  |      |  |        |  |
| Реценз.   |     |                |        |      |                                                |  |  | 4КСМ |  |      |  |        |  |
| Н. Контр. |     | Козел В.М.     |        |      |                                                |  |  |      |  |      |  |        |  |
| Затверд.  |     | Григорова А.А. |        |      |                                                |  |  |      |  |      |  |        |  |

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра містить: 96 сторінок, 29 ілюстрацій, 28 таблиць, 38 джерел в переліку посилань, 4 додатки.

Об'єкт дослідження – комп'ютерна система діагностики мікропроцесорного пристрою захисту електродвигунів МРЗС-05Д.

Мета роботи – розробити комп'ютерну систему діагностики мікропроцесорного пристрою захисту електродвигунів МРЗС-05Д, для чого спроектувати принципіальну схему та печатну плату для пристрою діагностики, здійснити його зв'язок з комп'ютерною мережею, розробити програми формування пакета даних для мікроконтролера та шифрування інформації, спроектувати комп'ютерну мережу та промодельювати роботу серверу.

Комп'ютерна система, що розроблена у даній кваліфікаційній роботі, може бути використана у фірмах та сервісних центрах, які займаються продажем та обслуговуванням обладнання відповідного типу.

МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ПРИСТРІЙ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ МРЗС-05Д, ПЕЧАТНА ПЛАТА, ІНТЕРФЕЙС, МІКРОСХЕМА, МІКРОКОНТРОЛЕР, КАБЕЛЬНА СХЕМА, ПРОГРАМА-ДРАЙВЕР, ШИФРУВАННЯ МЕТОДОМ ВЕРНАМА, ПРОСТОРОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИГНАЛУ, КОМП'ЮТЕРНА МЕРЕЖА, ІР АДРЕСА, ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

|           |     |                |        |      |                   |      |        |
|-----------|-----|----------------|--------|------|-------------------|------|--------|
|           |     |                |        |      | ХНТУ 123.20034.РФ |      |        |
|           |     |                |        |      |                   |      |        |
| Зм.       | Арк | № докум.       | Підпис | Дата | РЕФЕРАТ           |      |        |
| Розроб.   |     | Коцюбан А.О.   |        |      |                   |      |        |
| Перевір.  |     | Козел В.М.     |        |      |                   |      |        |
| Реценз.   |     |                |        |      |                   |      |        |
| Н. Контр. |     | Козел В.М.     |        |      |                   |      |        |
| Затверд.  |     | Григорова А.А. |        |      | 4КСМ              |      |        |
|           |     |                |        |      | Літ.              | Лист | Листов |
|           |     |                |        |      |                   |      |        |

## АНОТАЦІЯ

Об'єкт дослідження – комп'ютерна система діагностики мікропроцесорного пристрою захисту електродвигунів МРЗС-05Д.

Мета роботи – розробити комп'ютерну систему діагностики мікропроцесорного пристрою захисту електродвигунів МРЗС-05Д, для чого спроектувати принципіальну схему та печатну плату для пристрою діагностики, здійснити його зв'язок з комп'ютерною мережею, розробити програми формування пакета даних для мікроконтролера та шифрування інформації, спроектувати комп'ютерну мережу та промодельювати роботу серверу.

Комп'ютерна система, що розроблена у даній кваліфікаційній роботі, може бути використана у фірмах та сервісних центрах, які займаються продажем та обслуговуванням обладнання відповідного типу.

## ABSTRACT

|           |     |                |        |      |                   |      |      |        |
|-----------|-----|----------------|--------|------|-------------------|------|------|--------|
|           |     |                |        |      | ХНТУ 123.20034 ПЗ |      |      |        |
|           |     |                |        |      |                   |      |      |        |
| Зм.       | Арк | № докум.       | Підпис | Дата | ABSTRACT          | Літ. | Лист | Листов |
| Розроб.   |     | Коцюбан А.О.   |        |      |                   |      |      |        |
| Перевір.  |     | Козел В.М.     |        |      |                   |      |      |        |
| Реценз.   |     |                |        |      |                   | 4КСМ |      |        |
| Н. Контр. |     | Козел В.М.     |        |      |                   |      |      |        |
| Затверд.  |     | Григорова А.А. |        |      |                   |      |      |        |

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І<br>ТЕРМІНІВ .....                                                                 | 9  |
| 1 ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ .....                                                                                          | 11 |
| 1.1 Мікропроцесорний пристрій захисту, автоматики, контролю та<br>управління асинхронних та синхронних електродвигунів 6 КВ МРЗС-05Д ..... | 11 |
| 1.1.1 Загальні характеристики функціонування пристрою.....                                                                                 | 16 |
| 1.1.2 Конструкція пристрою .....                                                                                                           | 20 |
| 1.1.3 Структура та робота пристрою МРЗС-05Д .....                                                                                          | 22 |
| 1.1.4 Функції пристрою .....                                                                                                               | 23 |
| 1.2 Постановка завдання на кваліфікаційну роботу .....                                                                                     | 30 |
| 1.3 Формування вхідного потоку даних .....                                                                                                 | 30 |
| 2 РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДІАГНОСТИКИ .....                                                                                                      | 33 |
| 2.1 Класифікація мікропроцесорів.....                                                                                                      | 33 |
| 2.2 Огляд мікроконтролерів архітектури AVR.....                                                                                            | 38 |
| 2.3 Вибір мікроконтролера для пристрою діагностики .....                                                                                   | 41 |
| 2.4 СОМ-порт (послідовний порт).....                                                                                                       | 42 |
| 3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ<br>СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ.....                                                               | 46 |
| 3.1 Опис середовища проектування CodeVisionAVR.....                                                                                        | 46 |
| 3.2 Опис середовища проектування IAR Embedded Workbench for ATMEL<br>AVR                                                                   | 48 |
| 3.3 Розробка програми формування пакету даних для мікроконтролеру.....                                                                     | 51 |
| 3.4 Шифрування інформації .....                                                                                                            | 52 |
| 3.4.1 Основні поняття про забезпечення секретності інформації.....                                                                         | 52 |
| 3.4.2 Шифрування методом Вернама.....                                                                                                      | 53 |
| 4 РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ.....                                                                                                        | 58 |
| 4.1 Вибір варіантів вихідних даних .....                                                                                                   | 58 |

|           |     |                |        |      |                   |      |      |        |
|-----------|-----|----------------|--------|------|-------------------|------|------|--------|
|           |     |                |        |      | ХНТУ 123.20034 ПЗ |      |      |        |
| Зм.       | Арк | № докум.       | Підпис | Дата |                   |      |      |        |
| Розроб..  |     | Коцюбан А.О.   |        |      | ЗМІСТ             | Лім. | Лист | Листов |
| Перевір.  |     | Козел В.М.     |        |      |                   |      |      |        |
| Реценз.   |     |                |        |      |                   |      |      |        |
| Н. Контр. |     | Козел В.М.     |        |      |                   | 4КСМ |      |        |
| Затверд.  |     | Григорова А.А. |        |      |                   |      |      |        |

|       |                                                              |    |
|-------|--------------------------------------------------------------|----|
| 4.2   | Конфігурація проектованої КМ .....                           | 59 |
| 4.2.1 | Обґрунтування будови ЛКМ.....                                | 59 |
| 4.3   | Будова модемної лінії зв'язку .....                          | 61 |
| 4.4   | Перелік необхідного обладнання та матеріалів .....           | 62 |
| 4.5   | Просторові показники сигналу в ЛКМ.....                      | 64 |
| 4.6   | Адресація мереж вузлів.....                                  | 67 |
| 4.7   | Перспективи модернізації та розвитку КМ .....                | 69 |
| 4.8   | Архітектура стека протоколів Microsoft TCP/IP .....          | 70 |
| 4.8.1 | Стандарти по TCP/IP.....                                     | 70 |
| 4.8.2 | Архітектура Microsoft TCP/IP .....                           | 72 |
| 4.8.3 | Специфікація NDI .....                                       | 73 |
| 4.8.4 | Мережеві протоколи TCP/IP .....                              | 75 |
| 5     | МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СЕРВЕРУ .....                             | 77 |
| 5.1   | Імітаційне моделювання .....                                 | 77 |
| 5.2   | Особливості імітаційного моделювання комп'ютерних мереж..... | 78 |
| 5.3   | Розробка GPSS моделі.....                                    | 81 |
|       | ВИСНОВКИ.....                                                | 83 |
|       | ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....                                       | 84 |
|       | ДОДАТОК А.....                                               | 87 |
|       | ДОДАТОК Б .....                                              | 90 |
|       | ДОДАТОК В.....                                               | 92 |
|       | ДОДАТОК Г .....                                              | 94 |

# ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

|      |   |                                                                            |
|------|---|----------------------------------------------------------------------------|
| АЛП  | — | арифметико-логічний пристрій                                               |
| АВР  | — | автоматичне увімкнення резерву                                             |
| АД   | — | асинхронний електродвигун                                                  |
| АСКУ | — | автоматизована система контролю та управління                              |
| ДВ   | — | дискретний вхід                                                            |
| ДЗ   | — | диференційний захист                                                       |
| КС   | — | кабельна схема                                                             |
| КП   | — | контактна площадка                                                         |
| ЛКМ  | — | локальна комп'ютерна мережа                                                |
| МК   | — | мікроконтролер                                                             |
| НВІС | — | надвелика інтегральна схема                                                |
| ОС   | — | операційна система                                                         |
| ОЗП  | — | оперативний запам'ятовуючий пристрій                                       |
| ПЗ   | — | програмне забезпечення                                                     |
| ПК   | — | персональний комп'ютер                                                     |
| ПМ   | — | посадкові місця                                                            |
| ПО   | — | перехідні отвори                                                           |
| ПП   | — | печатна плата                                                              |
| РЗП  | — | реєстри загального призначення                                             |
| УГП  | — | умовні графічні позначення                                                 |
| ЦПП  | — | центральний процесорний пристрій                                           |
| RISC | — | Reduced Instruction Set Computing (обрахунки із скороченим набором команд) |

|           |                |          |        |      |                                                                            |      |      |        |
|-----------|----------------|----------|--------|------|----------------------------------------------------------------------------|------|------|--------|
|           |                |          |        |      | ХНТУ 123.20034 ПЗ                                                          |      |      |        |
| Зм.       | Арк.           | № докум. | Підпис | Дата |                                                                            |      |      |        |
| Розроб.   | Коцюбан А.О.   |          |        |      | ПЕРЕЛІК УМОВНИХ<br>ПОЗНАЧОК, СИМВОЛІВ,<br>ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І<br>ТЕРМІНІВ | Лім. | Лист | Листов |
| Перевір.  | Козел В.М.     |          |        |      |                                                                            |      |      |        |
| Реценз.   |                |          |        |      |                                                                            | 4КСМ |      |        |
| Н. Контр. | Козел В.М.     |          |        |      |                                                                            |      |      |        |
| Затверд.  | Григорова А.А. |          |        |      |                                                                            |      |      |        |

## ВСТУП

Впровадження сучасних технологій у сфері електротехніки та автоматизації вимагає розробки та вдосконалення надійних систем діагностики та захисту електродвигунів. Мікропроцесорні пристрої захисту, зокрема МРЗС-05Д, займають ключове місце в цьому процесі, забезпечуючи ефективне функціонування електродвигунів та запобігаючи їх поломкам.

Проте, відсутність вдосконалених систем діагностики може призвести до непередбачених ситуацій та простоїв обладнання, що в свою чергу може призвести до значних втрат у виробництві. Тому важливо розробити комп'ютерну систему діагностики, яка забезпечує точність та надійність виявлення несправностей в МРЗС-05Д.

Ця кваліфікаційна робота присвячена розробці мікропроцесорного пристрою діагностики для МРЗС-05Д, інтегрованого в комп'ютерну мережу. Вона має на меті підвищення ефективності та надійності захисту електродвигунів шляхом оперативного виявлення та усунення несправностей у цьому пристрої.

|           |     |                |        |      |                   |      |      |        |
|-----------|-----|----------------|--------|------|-------------------|------|------|--------|
|           |     |                |        |      | ХНТУ 123.20034 ПЗ |      |      |        |
|           |     |                |        |      |                   |      |      |        |
| Зм.       | Арк | № докум.       | Підпис | Дата | ВСТУП             | Літ. | Лист | Листов |
| Розроб.   |     | Коцюбан А.О.   |        |      |                   |      |      |        |
| Перевір.  |     | Козел В.М.     |        |      |                   |      |      |        |
| Реценз.   |     |                |        |      |                   | КСМ  |      |        |
| Н. Контр. |     | Козел В.М.     |        |      |                   |      |      |        |
| Затверд.  |     | Григорова А.А. |        |      |                   |      |      |        |