

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Управління енергетичними та економічними процесами

Інтелектуальні системи енергопостачання

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
магістра

на тему: Модернізація телемеханіки «Лісна» на ділянці К-Д із застосуванням телемеханіки «Граніт»

за освітньою програмою Енергетичні та електромеханічні системи на транспорті

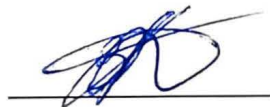
зі спеціальності: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав студент
групи: EE2226



/ Вікторія ПОТИНГА /

Керівник:



/доцент Денис ЗЕМСЬКИЙ /

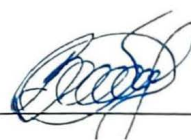
Нормоконтролер:



/доцент Ірина ПОТАПЧУК /

Засвідчую, що у цій роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент



Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Energy and economic processes management
Intellectual power supply systems

Explanatory Note
to Master's Thesis

on the topic: **«Modernization of the «Lisna» Telemechanics on the K-D section with the use of "Granit" telemechanics**

according to educational curriculum **Energy and electromechanical systems in transport**

in the Specialty: **141 Power engineering, electrical engineering and electromechanics**

Done by the student
of the group: EE2226

Scientific Supervisor

Normative controller:



/ Viktoriia Potynha /

/ Ass. Prof. Denys Zemskyi /

/ Ass. Prof. Iryna Potapchuk /

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Управління енергетичними та економічними процесами
Кафедра: Інтелектуальні системи енергопостачання
Рівень вищої освіти: Другий (магістерський)
Освітня програма: «Енергетичні та електромеханічні системи на транспорті»
Спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ІСЕ

 / Дмитро БОСИЙ
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата 13.09.23

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу

магістр з електроенергетики, електротехніки
та електромеханіки

(ступінь вищої освіти)

студенту Потинга Вікторії Вікторівні
(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: «Модернізація телемеханіки «Лісна» на ділянці К-Д із застосуванням телемеханіки «Граніт»

Керівник роботи: Земський Денис Романович, доктор філософії, без звання
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від "13" вересня 2023 р. № 885ст

2. Строк подання студентом 08.01.2024 р.
роботи:

3. Вихідні дані до роботи: відкриті технічні, наукові та нормативні джерела, навчальна література.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Аналіз стану і тенденцій розвитку автоматизації управління електротехнічним обладнанням;

4.2 Інформаційно-керуючий телемеханічний комплекс «Граніт-ЖД-мікро»;

4.3 Удосконалення системи телемеханіки на ділянці К-Д.

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

5.1 Структура і зв'язки пристрою пункту управління;

5.2 Порівняння характеристик ІУТК;

5.3 Структурна схема функціонального модуля.

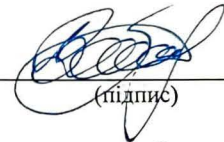
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз стану і тенденцій розвитку автоматизації управління електротехнічним обладнанням	15.10.2023	
2	Інформаційно-керуючий телемеханічний комплекс «Граніт-ЖД-мікро»	30.11.2023	
3	Удосконалення системи телемеханіки на ділянці К-Д	25.12.2023	
4	Висновки та рекомендації	30.12.2023	
5	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	08.01.2024	
6	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	17.01.2024	

Студент

Вікторія ПОТИНГА

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)


(підпис)

Керівник роботи

Денис ЗЕМСЬКИЙ

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)


(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка має обсяг 80 сторінки, складається із 3 розділів та містить 9 ілюстрацій, 3 таблиці, 16 використаних джерела.

Об'єкт дослідження – система телемеханіки на ділянці К-Д.

Предмет дослідження – можливість застосування системи телемеханіки «Граніт» для модернізації системи телемеханіки на ділянці К-Д.

Мета роботи – визначення можливості модернізації системи телемеханіки «Лісна» на ділянці К-Д із застосуванням модулів телемеханіки «Граніт».

Методи дослідження. При вирішенні поставлених завдань в роботі виконані узагальнення і аналіз матеріалів науково - технічної літератури, теоретичних досліджень провідних фахівців у даній галузі, програмно-технічних засобів.

В роботі проведено аналіз стану і тенденцій розвитку автоматизації управління електротехнічним обладнанням на сьогоднішній день та визначено перспективні сучасні виробники інформаційно-керуючих телемеханічних комплексів для АСУ об'єктами електрифікованих ділянок.

Проаналізовано концептуальні рішення ІУТК «Граніт-мікро», розглянуто структурну схему даної системи телемеханіки, визначено характеристики функціональних модулів та протоколів системи та можливості їх уніфікації.

Для удосконалення існуючої системи телемеханіки на ділянці К-Д проаналізована система захисту інформаційних даних та визначено напрямки покращення даної системи при застосуванні нових комплексів. Визначено, що використання сучасного канал-утворюючого фізичного обладнання, являється перспективним напрямком для захисту від електромагнітного впливу на канали зв'язку.

Також розглянуто можливість використання модулів нової системи «Граніт» для поетапної заміни системи «Лісна» на нову систему телемеханіки, що приведе до зменшення ймовірності перекручування інформації, збільшення надійності, перешкодозахищеності та швидкодії при передачі даних.

Ключові слова: АВТОМАТИЗАЦІЯ, ТЕЛЕМЕХАНІКА, ТЕЛЕУПРАВЛІННЯ, ТЕЛЕСИГНАЛІЗАЦІЯ, ТЕЛЕВИМІРЮВАННЯ, КАНАЛ ЗВ'ЯЗКУ, ІУТК, АРМ, АСКОВЕ.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ СТАНУ І ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИМ ОБЛАДНАННЯМ	11
1.1 Тенденції розвитку автоматизації управління електротехнічним обладнанням	11
1.2 Аналіз сучасних виробників інформаційно-керуючих телемеханічних комплексів для АСУ об'єктами електрифікованих ділянок	15
2 ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧИЙ ТЕЛЕМЕХАНІЧНИЙ КОМПЛЕКС «ГРАНІТ-ЖД-МІКРО»	18
2.1 Концептуальні рішення ІУТК «Граніт-мікро»	18
2.2 Структурна схема системи телемеханіки «Граніт-ЖД-мікро»	20
2.3 Основні технічні характеристики ІУТК «Граніт-ЖД-мікро»	21
2.4 Функціональні модулі системи телемеханіки "Граніт-мікро"	23
2.5 Уніфікація модулів та протоколів	33
2.6 Організація внутрішнього інтерфейсу пристроїв КП і ПУ ІУТК «Граніт-ЖД-мікро»	34
2.7 Міжмодульний обмін даними в ІУТК «Граніт-мікро»	38
2.8 Організація міжблочного обміну SPI	40
2.9 Елементна база системи телемеханіки "Граніт-мікро"	41
2.10 Поєднання модулів з датчиками, каналами зв'язку та виконавчими механізмами	43
2.11 Конструкція складових частин ІУТК «Граніт-мікро»	53
3 УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕЛЕМЕХАНІКИ НА ДІЛЯНЦІ К-Д	60
3.1 Система телемеханіки «Лісна»	60

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра

Пояснювальна записка має обсяг 80 сторінки, складається із 3 розділів та містить 9 ілюстрацій, 3 таблиці, 16 використаних джерела.

Мета роботи – визначення можливості модернізації системи телемеханіки «Лісна» на ділянці К-Д із застосуванням модулів телемеханіки «Граніт».

В роботі проведено аналіз стану і тенденцій розвитку автоматизації управління електротехнічним обладнанням на сьогоднішній день та визначено перспективні сучасні виробники інформаційно-керуючих телемеханічних комплексів для АСУ об'єктами електрифікованих ділянок.

Праналізовано концептуальні рішення ІУТК «Граніт-мікро», розглянуто структурну схему даної системи телемеханіки, визначено характеристики функціональних модулів та протоколів системи та можливості їх уніфікації.

Для удосконалення існуючої системи телемеханіки на ділянці К-Д проаналізована система захисту інформаційних даних та визначено напрямки покращення даної системи при застосуванні нових комплексів. Визначено, що використання сучасного канал-утворюючого фізичного обладнання, являється перспективним напрямком для захисту від електромагнітного впливу на канали зв'язку.

Також розглянуто можливість використання модулів нової системи «Граніт» для поетапної заміни системи «Лісна» на нову систему телемеханіки, що приведе до зменшення ймовірності перекручування інформації, збільшення надійності, перешкодозахищеності та швидкодії при передачі даних.

Ключові слова: АВТОМАТИЗАЦІЯ, ТЕЛЕМЕХАНІКА, ТЕЛЕУПРАВЛІННЯ, ТЕЛЕСИГНАЛІЗАЦІЯ, ТЕЛЕВИМІРЮВАННЯ, КАНАЛ ЗВ'ЯЗКУ, ІУТК, АРМ, АСКОВЕ.

3.2 Система захисту інформаційних повідомлень.....	62
3.3 Підвищення інтегральної вірогідності інформації ІУТК.....	64
3.4 Модернізація телемеханіки «Лісна» на ділянці К-Д	66
3.4.1 Аналіз нової системи телемеханічного керування.....	66
3.4.2 Організація каналів зв'язку та протоколу передачі даних.....	68
3.4.3 Апаратура контрольованого пункту.....	69
3.4.4 Енергодиспетчерський пункт.....	70
3.4.5 Модуль зв'язку TMSM-3	74
3.4.6 Виконавчий модуль телеуправління і телесигналізації TMSS-3....	75
3.4.7 Універсальний приймач телемеханіки.....	76
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	80

ВСТУП

Актуальність роботи. На сьогоднішній день електроенергетика переживає важливі зміни, які стосуються також і системи автоматизації та телемеханіки.

Електронні системи телемеханіки електрифікованих залізниць призначені для забезпечення безперервного контролю за роботою пристроїв електропостачання та управління ними. Ці системи здійснюють телеуправління, телесигналізацію положення і режимів роботи пристроїв електропостачання, телевимірювання ряду параметрів електрифікованої ділянки. При використанні систем телемеханіки підвищується оперативність та безпека виконання всіх робіт з технічного обслуговування пристроїв електропостачання, гарантується висока якість та безперебійність постачання електроенергією рухомого складу.

Застосування телеуправління різко скорочує тривалість оперативних перемикань, істотно знижує витрати часу на ліквідацію аварійних режимів в системі електропостачання. Телесигналізація забезпечує можливість отримання енергодиспетчером в будь-який момент часу достовірної інформації про становище пристроїв електропостачання, що знаходяться в межах телемеханізованої ділянки.

На сьогоднішній день на мережі електрифікованих залізниць застосовуються застарілі системи телемеханіки «Лісна», розроблені в 1969 році. Тому існує необхідність в модернізації системи за рахунок сучасного та більш досконалого обладнання.

Нові системи телемеханіки завдяки застосуванню сучасної елементної бази мають більшу інформаційну ємність, дозволяють збільшити швидкість передачі інформації, забезпечити високу надійність, значно зменшити споживання електроенергії апаратурою, зменшити габарити та масу всіх пристроїв, що входять в систему. Завдяки сумісності структури кодових комбінацій з діючою системою існує можливість поетапної заміни застарілої

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

апаратури без перериву в експлуатації.

Модернізація застарілих систем телеуправління за допомогою сучасної апаратури яка поєднує в собі нові розробки в області захисту даних, кібербезпеки з перевіреними можливостями віддаленого обслуговування і оптимізації, забезпечує максимальну надійність та ефективність поряд з підвищеною експлуатаційною гнучкістю системи.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Робота відповідає науковим напрямкам роботи кафедри «Інтелектуальні системи електропостачання» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Мета і завдання роботи. Модернізація системи телемеханіки «Лісна» на ділянці К-Д із застосуванням телемеханіки «Граніт».

Об'єкт дослідження – система телемеханіки на ділянці К-Д.

Предмет дослідження – можливість застосування системи телемеханіки «Граніт» для модернізації системи телемеханіки на ділянці К-Д.

Методи дослідження. При вирішенні поставлених завдань в роботі виконані узагальнення і аналіз матеріалів науково - технічної літератури, теоретичних досліджень провідних фахівців у даній галузі, програмно-технічних засобів.

Наукова новизна та основні положення, які виносяться на захист:

Розроблений та запропонований метод збільшення швидкодії передачі даних та підвищення рівня захисту інформації при модернізації застарілих систем телемеханіки за допомогою модулів сучасних інформаційно управляючих телемеханічних комплексів.

Практичне значення отриманих результатів: запропонований метод може використовуватись при модернізації застарілих систем телемеханіки на реальних ділянках електрифікованої залізниці.

Особистий внесок здобувача. Постановку мети та завдань дослідження виконано спільно з науковим керівником. Основні наукові положення,

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теоретичні дослідження, розрахунки, зіставлення та аналіз отриманих результатів, та формулювання висновків отримані здобувачем самостійно.

Апробація результатів магістерської роботи.

Основні положення роботи і результати досліджень доповідалися здобувачем і обговорювалися на науково-практичній конференції.

Публікації.

Потинга В. В. Використання АСКТП у електропостачанні залізниць / Наука і сталий розвиток транспорту 2023: Збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів і молодих учених 27 жовтня 2023 р. – Дніпро: УДУНТ, 2023. – 120 с.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1 АНАЛІЗ СТАНУ І ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИМ ОБЛАДНАННЯМ

1.1 Тенденції розвитку автоматизації управління електротехнічним обладнанням

Основною особливістю сучасної електроенергетики є те, що в кожний момент часу вироблення електроенергії, її переробка та передача має суворо відповідати споживанню. Порухення нормального режиму роботи одного з елементів системи електропостачання може вплинути на роботу багатьох її елементів і призвести до порушення всього технологічного процесу. Інша, не менш важлива особливість полягає в тому, що при порушенні нормального режиму електричні процеси протікають настільки швидко, що оперативний персонал не встигає втрутитися в перебіг процесу і запобігти його розвитку. Ці особливості енергетики визначили необхідність широкої автоматизації системи електропостачання.

Основним напрямом вдосконалення управління системою електропостачання є створення автоматизованих систем управління (АСУ). Процес управління включає три стадії: збір інформації; її обробку та прийняття керуючих рішень; передачу управляючих команд. Якщо всі стадії процесу управління здійснюються без участі персоналу, система управління називається автоматичною. Якщо ж у процесі управління при збиранні та обробці інформації, виробленні керуючих команд і передачі їх на об'єкт управління поряд з технічними засобами бере участь персонал, система управління називається автоматизованою.

Автоматизована система управління є людино-машинною системою, що представляє сукупність методів та технічних засобів для найбільш ефективного управління на основі математичних методів та засобів обчислювальної техніки.

Під автоматизацією енергосистем розуміється оснащення їх автоматичними пристроями, що здійснюють управління технологічним процесом виробництва, переробки передачі та розподілу електричної енергії в нормальних та аварійних

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

умовах без участі персоналу відповідно до закладеної в цих пристроях програмою.

Перші пристрої автоматики виконувалися на стандартних телефонних реле та крокових шукачах. Вони дозволили суттєво скоротити штат обслуговуючого персоналу тягових підстанцій, полегшити роботи чергового персоналу підстанцій.

В подальшому, у зв'язку з розвитком та впровадженням автоматики та автоматизованих систем управління, отримують розвиток і засоби телемеханіки.

У другому поколінні апаратури автоматики та телемеханіки (1959 –1975 рр.) основою елементної бази стають германієві діоди та транзистори. У цей період були розроблені безконтактні системи телеуправління БСТ-59 (для тягових підстанцій та постів секціонування) та БТР-60 (для роз'єднувачів контактної мережі). На основі досвіду монтажу та налагодження цих систем у 1962 р. була створена електронна система телеуправління ЕСТ-62. Великим кроком у створенні нових пристроїв стало використання в них типових логічних та функціональних модулів серії ДТЛ (діодно-транзисторна логіка), які виготовляли методом друкованого монтажу. Це прискорило розробку та впровадження електронних пристроїв автоматики та телемеханіки.

Базою третього покоління системи телеуправління є перешкодостійкі типові модулі на більш надійних кремнієвих напівпровідникових приладах, на основі яких створена система «Лісна».

Основною відмінністю апаратури «Лісна» є застосування поряд з телеуправлінням (ТУ) і телесигналізацією (ТС) блоків телевимірювання (ТІ), які дозволяють передавати інформацію про рівень напруги та величину струмів на тягових підстанціях та постах секціонування.

Четверте покоління засобів автоматики, телемеханіки та захисту ґрунтується на мікроелектроніці. На базі інтегральних схем і мікроскладань створена в 1985 р. апаратура системи телеуправління МРК-85, що має вдвічі більшу інформаційну ємність у порівнянні з системою «Лісна».

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У 1996 р. освоєно серійне виробництво мікроелектронної системи телемеханіки, що отримала назву МСТ-95. В основу розробки цієї системи покладено технічні вимоги, аналогічні тим, що пред'являлися до системи «Лісна». Нова система повністю сумісна як з набору пристроїв, що входять до неї, так і за структурою кодових комбінацій з діючою системою «Лісна». Це дозволяє здійснювати поетапну заміну апаратури системи «Лісна» без перерви в експлуатації.

Елементною базою системи МСТ-95 є інтегральні схеми та сумісні з ними за характеристиками дискретні електронні прилади. Застосування сучасної елементної бази дозволило: збільшити швидкість передачі; суттєво скоротити споживання електроенергії апаратурою; зменшити габарити та масу всіх пристроїв, що входять до системи [1].

У нових системах телемеханіки передбачена можливість узгодження пристроїв із персональними ЕОМ, що необхідно для подальшого вдосконалення управління господарством електропостачання залізниць. Використання ПЕОМ спільно з різним програмним забезпеченням поряд з телекеруванням і телесигналізацією може дозволити визначати пропускну здатність дільниці в вимушених режимах, допустимі інтервали руху поїздів, автоматизувати виконання ряду оперативних робіт і т.д.

Найважливішими ланками АСУЕ залізниць є автоматизовані робочі місця (АРМ) енергодиспетчера. ПЕОМ стандартної конфігурації з'єднується із системою телемеханіки типу «Лісна» через спеціальні пристрої сполучення з урахуванням програмованих контролерів. Крім того, у складі АРМ енергодиспетчера є спеціалізований пульт оперативного управління (ПОУ), що полегшує процес спілкування енергодиспетчера з ЕОМ без використання стандартної клавіатури як пристрою введення інформації. Інформаційною базою АРМ енергодиспетчера є оперативна інформація про становище комутаційних апаратів, і навіть інформація телесигналізації і телеуправління, що надходить в ЕОМ каналами телемеханіки через пристрої сполучення. Додаткова інформація, потрібна для функціонування АРМ енергодиспетчера,

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

вводиться вручну. На залізницях експлуатується близько тисячі ПЕОМ та обчислювальних комплексів, що забезпечує необхідні умови для створення автоматизованих систем управління пристроями електропостачання та контролю за їх роботою.

Автоматизована система телемеханічного управління (АСТМУ), призначена для управління розподіленими об'єктами електропостачання електрифікованих залізниць та інших енергетичних систем, стала наступним кроком технічного розвитку пристроїв телемеханіки. Система АСТМУ являє собою багаторівневу систему управління, виконану на основі програмованих логічних контролерів (ПЛК) і персональних комп'ютерів, об'єднаних у локальну мережу. Цифровий спосіб передачі інформації, що використовується в системі АСТМУ, дозволяє на кілька порядків підвищити швидкість обміну інформацією при застосуванні волоконно-оптичної лінії зв'язку.

Автоматизована система контролю та обліку електроенергії (АСКУЕ), що впроваджується на мережі залізниць, дозволяє охопити чотири рівні управління системою електропостачання залізниць: від лінійних підприємств (дистанції електропостачання) до диспетчерського центру. Передача інформації від спеціальних лічильників, якими оснащуються тягові підстанції, на диспетчерські пункти здійснюється по телемеханічних каналах зв'язку.

Застосування автоматизованих систем управління пристроями електропостачання дозволяє значною мірою підвищити ефективність функціонування господарювання електропостачання залізниць.

Застосування телекерування суттєво зменшує тривалість оперативних перемикань, значно знижуються витрати часу на ліквідацію аварійних режимів в системі електропостачання. При цьому з'являється можливість, ряду робіт з технічного обслуговування пристроїв електропостачання проводити під час технологічних та графікових інтервалів у русі поїздів, що значно підвищує ефективність праці ремонтних бригад і дозволяє скоротити штатний контингент.

Телесигналізація забезпечує можливість отримання енергодиспетчером в

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

будь-який момент часу достовірну інформацію про стан пристроїв електропостачання, які знаходяться в зоні телемеханізованої ділянки.

Сучасні мікропроцесорні інформаційно-керуючі телемеханічні комплекси (ІКТК) забезпечують в повному обсязі вирішення ряду нових задач, особливо обробку зростаючого потоку інформації як для оперативного керування технічними засобами, обліку електроенергії, вимірювання втрат, струмів, напруги та відстані до місця короткого замикання в контактній мережі і ВЛ СЦБ, так і для планування та організації роботи дистанцій і служб електропостачання. Методи кодування, нові алгоритми обробки і більш захищені протоколи передачі даних дозволили знизити імовірність викривлення даних по всій лінії від джерела до елемента реєстрації до рівня 10^{-14} [2].

Головна світова тенденція при створенні нових систем автоматизації управління електротехнічним обладнанням - значне розширення функціональності. Проте, в умовах обмеженого фінансування в Україні, актуальною є модернізація діючих систем телемеханіки.

1.2 Аналіз сучасних виробників інформаційно-керуючих телемеханічних комплексів для АСУ об'єктами електрифікованих ділянок

Сучасні системи телемеханіки та телекерування електрифікованих залізниць призначенні для забезпечення безперервного контролю за роботою та керування пристроями електропостачання.

На сьогоднішній день сучасні системи ІКТК повинні забезпечувати швидкодію, надійність, перешкодозахищеність та достовірність передачі даних. При побудові сучасних системи телемеханіки за основу оцінки якості компонентів та пристроїв важливим є прийняття критерію досягнення максимальної «інтегральної» достовірності каналів введення, обробки, передачі, відображення даних. Інтегральна достовірність – ймовірність отримання приймачем неспотвореної інформації від джерела із затримкою, що не перевищує встановлену межу. Введений єдиний показник інтегральної достовірності включає всі найважливіші показники ІУТК - швидкодія,

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

завадостійкість, надійність, достовірність прийому інформації, які зазвичай видаються окремими параметрами.

В нових системах ІУТК системні, алгоритмічні, схемні рішення спрямовані на підвищення рівня інтегральної достовірності даних.

На сьогоднішній день провідні та найбільш відомі ІУТК та їх виробники, які відповідають всім необхідним умовам з країн далекого зарубіжжя [3]:

- S.P.I.D.E.R. RTU, Micro SCADA Network Control System (ABB);
- MOSCAD, Motorola-SCADA;
- SMART I/O, Micro PLC та Real – Time Computer (PEP, Німеччина);
- Micro PC (OCTAGON SYSTEMS, США);
- Merlin Gerin, Telemecanique, Square D, Modicon (Schneider Electric, Німеччина);
- MEGADATAR, Communication & Systems (Schlumberger);
- SCADA-Ex (ELKOMTECH S.A., Польща).

В Україні відомі виробники:

- серія ІУТК «Граніт» НВП «Промекс» - ВАТ «Промавтоматика» (м. Житомир);
- МСКУ (НВО «Імпульс», м. Сєвєродонецьк, Україна),
- телекомплекс СПРУТ-КОТ (ТОВ «Комплект-Сервіс», Україна),
- ІУТК «Регіна» (м. Київ, Україна).

Диспетчерські мозаїчні та електронні щити та пульти виробляють:

- SARM Molnar AG (Цюріх, Швейцарія);
- BARCO (Бельгія);
- SIEMENS (Німеччина);
- Synelec (Франція);
- Sigma Telas (Литва);
- ВАТ «Промавтоматика» (Україна);
- ТОВ "ЕКТА" (Україна).

Порівняння основних технічних характеристик сучасних ІУТК які виконані в Україні приведено в таблиці 1.1.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Таблиця 1.1 – Основні технічні характеристики ІУТК

Назва Системи; Виробник	Структура та вид каналу зв'язку	Число RTU в системі	Протокол передачі інформації	Особливості структури центрального пункту управління		Види та обсяги інформації RTU	Особливості побудови модулів
				пункту управління	RTU		
Граніт-ЖД-Мікро; ОАО «Промавтоматика» СНПП «Промекс» (Україна)	КМК, КРК, вставки ущільненого ВЧ сигналами каналу зв'язку	1 ... 32 - для однієї магістралі, число магістралей - 1 ... 4, для КРК - до 128	HDLC, RS-232, «струмова петля» - при сполученні з ПЕОМ та зовнішніми джерелами інформації	SCADA, багато-машинний пристрій, системно і алгоритмічно орієнтований на оптимізацію роботи помагістральних каналів зв'язку. Структура аналогічна ЦПУ «Граніт-мікро»	Магістрально-модульний принцип, включення до складу спеціалізованих модемів для роботи по магістралі і для двобічної ретрансляції даних, реєстрація аварійних подій, облік електроенергії.	ТИ – 1...256, ИИ – 1...128, С – 1...512, КУ – 1...128, «струмова петля» 1 – 32, ретрансляція – 1-16, передача по двох напрямках діагностичних даних	Однофункціональні, число каналів - 16 ... 64, програмування основних параметрів, мітки часу, глибока діагностика, передача діагностичних даних
Днепр-2000, ПКФ «Автоматика-Сервіс» (Україна)	Вузкосмугові (180 Гц) частотні канали або широкосмуговий (займає весь частотний спектр). Максимальна швидкість передачі інформації в кожному вузькоп-олосному каналі - 100 бод, у широкосмуговому – 2400 бод	до кожного частотного каналу може бути підключено від 1-го до 16-ти контрольованих пунктів Максимальна кількість частотних каналів для лінії зв'язку ТС і для лінії зв'язку ТУ становить - не більше 19-ти (16 для ВЧ каналу)	Формат передачі даних заснований на FTT.2 інтерфейсу RS-485			22 об'єкти ТС і 14 об'єктів ТУ	
РЕГНА, Інститут Електро-динаміки АН України	У нових версіях – по шинах RS-232; у типових пристроях зв'язок із «верхнім рівнем» відсутній	RTU можуть об'єднуватися в систему лініями RS-232 або через RTU-ретранслятори	RS-232	У системі збору інформації використовується ЦПУ ІУТК, з яким поєднуються RTU «РЕГНА»	RTU забезпечує реєстрацію та відображення нормальних і аварійних сигналів у вигляді графіків та ін, визначення місця пошкодження та ресурсу роботи обладнання, ведення ретроспективи	Число каналів: аналогових сигналів-32, дискретних -630, період сканування - 2мсек, тривалість реєстрації аварій-6 сек, передаварійного режиму -0,2сек, різні режими переходу до реєстрації	RTU будуть за модульним принципом. Модулі сприймають сигнали від вимірювальних трансформаторів, «сухих» контактів.

2 ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧИЙ ТЕЛЕМЕХАНІЧНИЙ КОМПЛЕКС «ГРАНІТ-ЖД-МІКРО»

2.1 Концептуальні рішення ІУТК «Граніт-мікро»

Системи телемеханіки призначені для передачі інформації про стан технологічних процесів, обладнання та об'єктів управління на віддалені точки контролю та управління. Для забезпечення достовірної передачі інформації в системах даних використовуються різні методи та засоби, спрямовані на підвищення швидкості дії, завадостійкості, надійності та достовірності прийому інформації.

Важним прийнятим критерієм є інтегральна достовірність – вірогідність прийняття від джерела невикривленої інформації з визначеною затримкою, яка не перевищує задану границю. Даний критерій включає основні та необхідні показники ІУТК – швидкодію, надійність, достовірність прийому інформації, завадостійкість.

Для аналізу швидкодії системи телемеханіки необхідно враховувати як швидкість комутації сигналів і довжину інформаційного повідомлення, так й ймовірнісний характер схемних, структурних і системних рішень. На основі такого аналізу можна отримати параметр "реальна швидкодія", який враховує можливість затримки передачі достовірної інформації в системі.

Надійність ІУТК повинна визначатися окремо по кожному каналу кожної з функцій, що виконуються. При цьому враховуються тільки ймовірність несправностей, що виявляються. Невиявлені несправності (приховані відмови) переводяться в показник "достовірність" і визначають ймовірність прийому і подання приймачеві інформації з викривленнями, що не виявляються [2].

Під перешкодостійкістю розуміється ймовірність виявлення спотворень інформації, що приймається перешкодами, які діють в каналі зв'язку. Для підвищення стійкості до перешкод в системі телемеханіки використовуються перешкодозахисні коди. Але при цьому перешкоду, що заважає, відчуває як канал зв'язку передачі інформації так і інші компоненти системи. Тому для

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підвищення перешкодостійкості можна використовувати методи, спрямовані на збільшення «потужності» кодів. При такому підході можуть спотворюватися реальні дані про об'єкт через збільшення затримки прийому даних вище за встановлене значення.

Тому ступінь стійкості до перешкод необхідно розглядати у зв'язку з реальною достовірністю.

При цьому якщо зробити безперервно працюючі пристрої діагностики, які здатні визначити майже всі види спотворень, то можна забезпечити досить високий ступінь інтегральної достовірності.

Якщо інформаційний код складається з кількох елементів, можливо отримання досить високого ступеня захищеності повідомлень від перешкод і спотворень інформації. При цьому якщо поєднати кодер із вузлом введення інформації, то можна забезпечити досить хороший рівень інтегральної достовірності.

У системі інформаційно-керуючого телемеханічного комплексу «Граніт-мікро» створюється двоетапне кодування при використанні тих самих частин модулів, тобто умовно кореляційний біімпульсний код, обрамлений циклічним кодом. При цьому виконується умова перевірки працездатності елементів у процесі роботи, зводячи до мінімуму ймовірність виявлення спотворення інформації через помилку в роботі будь-якого елемента, який знаходиться на шляху доставки коду від датчика до приймача.

Складові частини ІУТК «Граніт-мікро» побудовані на основі оптимального розподілу «інтелектуальних» функцій між центральним контролером і функціональними модулями (ФМ) [4].

Інформаційне повідомлення з урахуванням даних, отриманих при автономній діагностиці працездатності вузлів модулів, формується кодером ФМ. Керуючий пристрій внутрішньої магістралі виконує порядок кодування другого рівня, він формує «щільно упакований» циклічний код для всіх компонентів повідомлення – міток часу, показчиків фізичної адреси елементів у системі.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Принцип «поділу» інтелекту ґрунтується на первинному аналізі ситуації в КП та автоматичного переходу в активний стан при визначенні «істотної» події. Такою подією можуть бути зміни стану контрольованого об'єкта або виходу певного параметра вимірювань за межі зони нечутливості.

Формування і передача у складі кодів міток часу, тобто передача деякої частини «інтелектуальної» роботи від ІУТК пристрою КП, дає можливість значно знизити вимоги до часу початку передачі інформаційних даних і, тим самим, створює можливість для побудови багатофункціональних ІУТК без підвищення вимог до продуктивності магістралей зв'язку.

У комплексі «Граніт-мікро» алгоритмічні, системні, схемні рішення спрямовані на підвищення інтегральної достовірності даних [4].

Задля реалізації принципу «необхідної достатності» тобто здійснення максимуму послуг при мінімумі витрат без деградації інформаційних показників в ІУТК «Граніт-мікро» створено модульність структури. При цьому найважливіше значення має оптимальний інформаційний склад та тип модулів.

2.2 Структурна схема системи телемеханіки «Граніт-ЖД-мікро»

Інформаційно-управляючий телемеханічний комплекс «Граніт-ЖД-мікро» на сьогоднішній день є сучасним та високопродуктивним пристроєм, який створений для керування розподіленими енергооб'єктами багатьох галузей промисловості. Він створений на базі ВАТ «Промавтоматика» та побудований на нових технологічних засобах.

Інформаційно-керовані телемеханічні комплекси є системами зв'язку, що складаються з центральної приймально-передавальної станції (ЦППС) і контрольованих пунктів (КП). Вони можуть бути однорівневими або багаторівневими, залежно кількості ЦППС. ІУТК забезпечують зв'язок між ЦППС та КП за допомогою різних типів ліній зв'язку, таких як радіальні, ланцюжкові та магістральні [5].

Завдяки своїй високопродуктивній роботі інформаційно-керований комплекс «Граніт-мікро» дозволяє будувати одно- та багаторівневі системи.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У багаторівневих ІУТК може бути включено дві або більше ЦППС. Якщо між КП різних рівнів встановлюється прямий інформаційний зв'язок, то ІУТК набуває рангу мережевої системи. При зборі даних та керуванні системою застосовуються принципи SCADA-систем (Supervisory Control and Data Acquisition) – диспетчерських систем із супервізорним керуванням.

ЦППС здійснює загальне диспетчерське управління. Для цього використовуються апаратні та програмні засоби, які утворюють автоматизований оперативно-інформаційний комплекс (АОІК). До складу АОІК входять автоматизовані робочі місця диспетчера (АРМ-Д) та обслуговуючого персоналу (АРМ-ОП). Обробний центр (ОЦ) ЦППС виконується на одній чи кількох персональних електронно-обчислювальних машинах (ПЕОМ) [5].

В ІУТК "Граніт-мікро" використовується архітектура обробного центру з синхронно та незалежно працюючими ПЕОМ. Це дозволяє створювати синхронні бази поточних та ретроспективних даних автоматично. Такий підхід підвищує надійність ІУТК та забезпечує його здатність виконувати задані функції навіть при непрацездатності окремих компонентів системи. Завдяки цьому практично виключається можливість тимчасових проблем з базою даних на slave ПЕОМ, яка не відповідає реальним та накопиченим даним на master ПЕОМ.

2.3 Основні технічні характеристики ІУТК «Граніт-ЖД-мікро»

Головні характеристики системи телемеханіки «Граніт-ЖД-мікро» полягають в наступному:

- ієрархічна структура з двома рівнями управління: регіональний центр (ПУРЕМ) та центральний пункт управління (ЦПУ) (рис2.1);
- кілька контрольованих пунктів (КП) можуть об'єднуватися в регіональний центр;
- для обміну інформацією між різними рівнями управління використовуються ущільнені канали зв'язку, організовані по ЛЕП, фізичними

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

лініями зв'язку, GSM каналами мобільного зв'язку та УКХ радіоканалами зв'язку;

- для поєднання з цифровими каналами зв'язку використовуються стандартні модулі-перетворювачі;

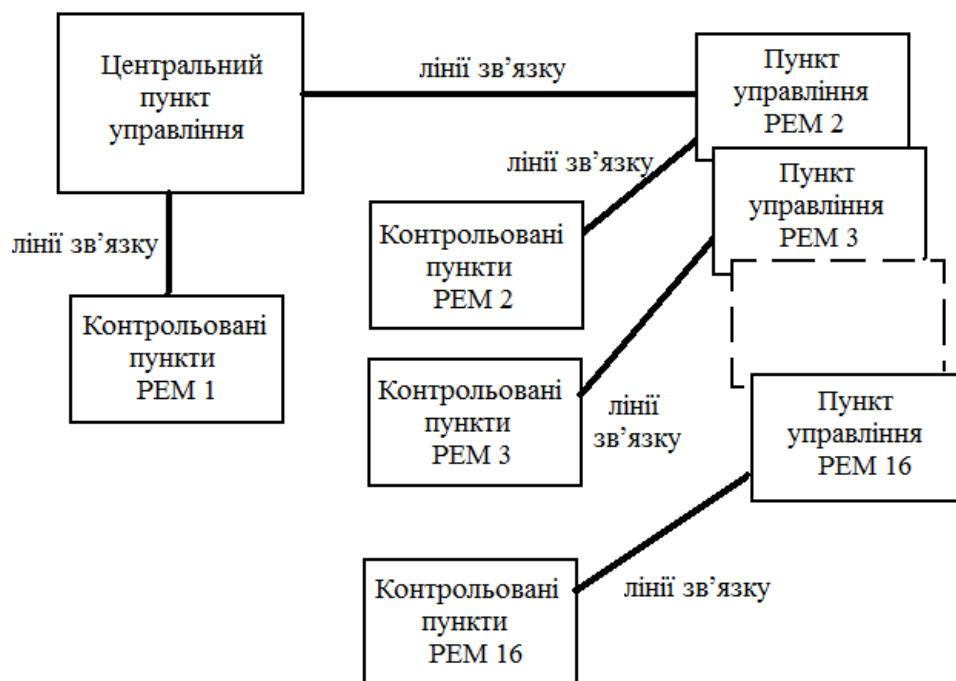


Рисунок 2.1 – Ієрархічна структура з двома рівнями управління «Граніт-ЖД-мікро»

- для обміну інформацією по каналам зв'язку використовується частоти в діапазоні 2800...3400 Гц телефонного каналу, при цьому обмін даними ведеться зі швидкістю 100...600 біт/сек;

- обмін інформацією ПУ на регіональному рівні забезпечується з усіма КП незалежно від їх розміщення, швидкості обміну інформацією, кількості, типів каналів зв'язку та обсягів інформації для кожного контрольованого пункту;

- регіональний ПУ забезпечує обмін інформацією із ЦПУ;

- на всіх рівнях обміну інформації між КП – ПУ використовуються однакові протоколи передачі даних;

- всі КП гарантують введення 32n аналогових сигналів постійного струму (0...5, 0...20, 4...20, -5...0...+5 мА); 32n імпульсних сигналів від лічильників

електроенергії каналу для телевимірювань інтегральних значень (ТІ); 32n дискретних сигналів (ДЗ); 4n кодових повідомлень лінії введення даних від «струмової петлі» лічильників; виведення сигналів управління 4...96 пристроями каналу телеуправління (ТУ) (де n це кількість встановлених у контрольований пункт модулів);

- формувачі сигналів – проміжні реле використовуються для управління виконавчими пристроями, ланцюги управління яких гальванічно ізольовані один від одного та від ланцюгів контролю;

- для реалізації функції Реєстратора Аварійної інформації (РАІ) пристрої контрольованих пунктів визначають послідовність дискретних подій (ДС);

- включення обробного центру (ОЦ) на одній або декількох ПЕОМ здійснюється пристроями ПУ;

- програмне забезпечення ОЦ ПУ реалізує функції Автоматизованого Оперативно-Інформаційного Комплексу (АТІК) та включає АРМ диспетчера;

- за допомогою інтерфейсної карти, яка відповідає типу мережі, ПЕОМ ОЦ ПУ можуть включатися до локальної мережі установи, при цьому відключення цієї мережі не призводять до припинення обміну інформацією з КП та ПУ;

- ЦПУ може включати ОЦ на кількох ЕОМ, які можуть працювати незалежно, при цьому в кожній ПЕОМ ОЦ створюється база поточних і ретроспективних даних; будь-яку ЕОМ ОЦ можна включити до локальної мережі підприємства з допомогою стандартних засобів;

- ОЦ ЦПУ має програмне забезпечення, яке виконує АОІК та включає підсистему АРМ диспетчера [4].

2.4 Функціональні модулі системи телемеханіки "Граніт-мікро"

ІУТК «Граніт-мікро» – це сімейство інформаційно-керуючих телемеханічних комплексів, призначених для збору, обробки та передачі інформації від об'єктів телемеханіки на центральний пункт управління, які виготовляються у вигляді набору функціональних модулів (ФМ).

Усі функціональні модулі ІУТК «Граніт-мікро» виконуються на двосторонніх друкованих платах. Модулі встановлюються в каркас пристрою за

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допомогою 62-контактних роз'ємів та мають світлодіодні індикатори, розміщені на передній панелі, що показують основні режими роботи системи телемеханіки.

Для реалізації внутрішніх зв'язків інтерфейсу SPI, приєднання зовнішніх ланцюгів до модулів та підключення шин живлення використовується зворотний бік крос плати.

Для виконання внутрішніх зв'язків між модулями каркаса зона роз'єму, яка підключена до крос плати, поділяється на дві частини. Перша частина, яка включає 22 контакти, виконана у вигляді магістралі та використана для вирішення цих завдань. Друга зона використовується для підключення ланцюгів зовнішніх зв'язків та включає 40 контактів.

До контактів другої зони припаюється плоский шлейф, який має 40 контактний клемник. Він дає можливість приєднати 40 ланцюгів із проводами перетином до 1,5 мм². У КП-мікро 9 плоских шлейфів та 9 клемників які їм відповідають. Перший клемник - для зовнішніх ланцюгів джерела живлення, і модуля контролера, модему та адаптера (КАМ), а решта 8 використовуються для підключення інших модулів системи [6].

Модуль джерела живлення гарантує стабільну роботу ІУТК з напругою в мережі від 170 до 260 В і виконується без силового трансформатора за імпульсною схемою. Потужність, що споживається функціональними модулями, не перевищує 15 ВА.

Модуль КАМ дає можливість поєднання контролера, адаптера та модему. Він створює можливість передачі та прийому модульованих та немодульованих сигналів.

Модуль також використовується коли існує необхідність передачі в напрямку інших ПУ або КП і за допомогою спеціальних вузлів з'єднується з ПЕОМ.

За допомогою модуля КАМ можливо:

- модуляція та демодуляція частотно-модульованих сигналів при застосуванні ущільненого ВЧ сигналами та радіоканалу;

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

- передача коду за протоколом HDLC;
- контроль потоку даних при з'єднанні з ПЕОМ;
- організація інформаційних даних для прямого з'єднання з каналом зв'язку;
- прийом та декодування даних з каналу зв'язку з можливістю виявлення спотворень від перешкод;
- організація прийому-передачі тестового коду при діагностиці каналів зв'язку.

При появі сигналу про запит передачі модуль КАМ підлаштовується на реальний час очікування. Для недопущення зависання включається спеціальний «вартовий таймер».

За необхідності обміну інформацією між КП та ПУ каналом мобільного зв'язку можливе застосування модуля КАМ-GSM.

Модуль МТИ призначений для введення кодової інформації від електронних лічильників (типу АЛЬФА) [6]. Також існує можливість вводу числоімпульсних даних від неелектронних лічильників при підключенні генератора-перетворювача числа обертів диска в число імпульсів. Отримані інформаційні дані необхідні для виконання обліку електроенергії, а також для побудови профілю потужності навантаження.

Використовуючи внутрішню магістраль, по інтерфейсу SPI, модуль виконує обміни інформацією, що містить адрес КП, відповідну команду і контрольну послідовність для використовуваного циклічного коду.

Модуль МТИ забезпечує передачу повідомлення, що містить накопичене число імпульсів по всіх вхідних каналах «наростаючим підсумком». При такому методі забезпечується неспотворена передача інформації при виході з ладу «зворотного» каналу зв'язку – в напрямі від ПУ (ЦППС) до КП.

Для введення кодових повідомлень по «струмовій» петлі передбачені 4 канали, а для введення числоімпульсних сигналів – 8 каналів зв'язку.

При передачі даних від лічильника по «струмовій петлі» модулем МТИ кодова послідовність обрамляється контрольною послідовністю, відповідно до циклічного коду при створюючому поліномі $2^{15}+2^{12}+2^5+2^0$, що забезпечує

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

захист інформації з високим рівнем достовірності. Сполучення з лічильниками по «струмовій петлі» можливе з використанням чотирьох-, трьох- або двохпровідного каналу.

Наявність в модулі незалежного ОЗУ дає можливість збереження накопиченого числа імпульсів протягом довільного часу. Ємність накопичувача число імпульсних сигналів – до 2^{24} імпульсів по кожному каналу. Завдяки принципу «мажорювання» при введенні, який заснований на порівнянні трьох суміжних відліків даних кожного каналу, в модулі є можливість підвищення достовірності числа фіксуємих імпульсів.

Завдяки використанню даних, одержаних від одного і того ж лічильника по числоімпульсному і кодовому каналам МТИ дає можливість зведення балансу споживання енергії за різний проміжок часу.

За допомогою використання оптронів модуль МТИ дозволяє виконати гальванічне відділення ланцюгів зв'язку з джерелами кодових та числоімпульсних сигналів.

Модуль МТИ може бути встановлений на будь-яке місце каркаса пристрою КП-мікро.

Модуль введення та реєстрації дискретних сигналів МДС призначений для обробки даних 1...32 датчиків положення або стану контрольованих об'єктів (телесигналів) [6].

Прийнята модулем МДС інформація використовується для визначення поточного положення об'єктів, послідовності виникнення подій – змін стану об'єктів, з дискретністю 2...20 мс.

Модуль МДС забезпечує реєстрацію 2...32 змін сигналу від датчика, що відображає поточний стан контрольованого об'єкту. Дані супроводжуються додатковою міткою часу – кодом, що відображає тимчасове зрушення між першою «подією» і початком передачі даних.

Використання модуля для введення числоімпульсних сигналів від електронних і неелектронних лічильників (при включенні генератора-

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

перетворювача числа обертів диска в число імпульсів), дає можливість для побудови профілю потужності навантаження.

Модуль містить апаратні та програмні вузли для сполучення з контролером магістралі за протоколом SPI. При прийомі команди виклику даних в модуль подається повідомлення, що містить адресу КП, відповідну команду і контрольну послідовність для використовуваного коду.

При передачі даних модуль автономно формує адресу пристрою КП, код – ідентифікатор інформації, контрольну послідовність для прийнятого циклічного коду при створюючому поліномі $2^{15}+2^{12}+2^5+1$.

МДС забезпечує діагностику справності ланцюгів зв'язку модуля з датчиками при введенні та обробці сигналів стану об'єктів, що контролюються. Дані, що передаються модулем, дозволяють ідентифікувати короткі замикання та обриви зазначених кіл. Ланцюги зв'язку з датчиками гальванічно ізольовані від решти апаратури модуля.

Завдяки використанню робочої напруги 24 В яка руйнує окисну ізолюючу плівку, забезпечується виключення помилок при зчитуванні даних від контактних датчиків.

Модуль забезпечує введення числоімпульсних сигналів з частотою до 10 Гц, тривалістю імпульсів і пауз більшою 20 мс, від 1...32 джерел інформації.

Завдяки «накопиченню підсумку» числа імпульсів, тобто наявність в інформаційному коді суми числа імпульсів зафіксованих до моменту попередньої передачі даних і протягом проміжку часу між суміжними передачами, забезпечується неспотворена передача даних за відсутності або виході з ладу зворотного каналу зв'язку від ПУ до КП.

Завдяки введення до складу МДС оптронів забезпечується гальванічна розв'язка ланцюгів зв'язку з датчиками.

Модуль виведення команд телеуправління МТУ призначений для прийому команд телеуправління, та включає елементи для формування команд 1...96 об'єктам. Сигнали модуля МТУ сприймаються блоками проміжних реле БПР-05-04, кожний з яких включає реле управління 1...4 виконавчими механізмами.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Модуль МТУ виконує ряд важливих функцій. По-перше, він приймає та обробляє команди телеуправління. Прийом інформаційного повідомлення, що містить координати, адреси об'єкту і вид команди «включити» або «відключити», відбувається по інтерфейсу SPI з внутрішньої магістралі пристрою КП-мікро [6].

По-друге, модуль здійснює контроль за достовірністю прийнятої команди. Це важливо для запобігання появи помилок, які можуть призвести до небажаних наслідків. Модуль перевіряє, чи команда відповідає певним критеріям і вимогам, перш ніж приступити до її виконання. Перевіркою передбачається декодування прийнятого циклічного коду і фіксація обнуління контрольного коду; визначення відповідності прямого та інверсного коду координат команди управління; контроль знаходження одного сигналу «1» в кожній з координат об'єкту управління.

Крім того, модуль формує вихідні сигнали для управління групою об'єктів управління. Ці сигнали використовуються для активації виконавчих пристроїв та контролю їхньої роботи. Модулем також виконується визначення відсутності спотворень шляхом порівняння сигналів, одержаних від реле, з командами, поданими на реле. При коректності одержаних сигналів виконується формування сигналів управління реле виду команди управління «включити» або «відключити».

Модуль МТТ призначений для введення, перетворення, та обробки аналогових сигналів поточних значень параметрів від 1...32 датчиків [6].

МТТ по внутрішньому інтерфейсу SPI пристрою забезпечує інформаційні обміни. Забезпечена можливість прийому команди виклику даних, що містить адресу КП, відповідну команду і контрольну послідовність для циклічного коду. При передачі інформаційних даних, яка можлива одним або декількома блоками, модулем виконується автономне формування адреси пристрою КП, коду-ідентифікатора виду інформації, контрольної послідовності кодових сигналів.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Модуль забезпечує перетворення вхідних сигналів у дванадцятирозрядні коди (старший розряд коду - ознака полярності вхідного сигналу). Передача інформаційного коду відбувається при фіксації «істотної події», тобто відхилення поточного значення сигналу від переданого раніше на величину, більшу за встановлений поріг нечутливості, або за викликом від ПУ.

МТТ виконує діагностику працездатності основних вузлів модуля, забезпечує видалення гармонійних перешкод та гарантує можливість передачі сервісних повідомлень при визначенні збоїв в роботі.

Модуль забезпечує режим блокування (або без блокування) передачі нової інформації до отримання підтвердження про доставку раніше переданих даних. Перетворення аналогових сигналів в інформаційний код виконується з погрішністю не менше $\pm 0,2 \%$. Час очікування підтвердження прийому переданих даних може бути встановлений в межах 1...255 секунд.

По внутрішній шині пристрою КП модуль МТТ дає можливість встановлення підвищеної швидкості обміну інформацією.

Робота модуля МТТ не залежить від типу каналу зв'язку між ПУ і КП. Довжина переданих інформаційних даних адаптується до можливостей засобів зв'язку, апаратного та програмного забезпечення ПУ, для чого в модулі інформаційні повідомлення розбиваються на блоки.

При передачі інформації восьмирозрядними кодами дані завжди розбивається на два блоки: блок 1 – передача даних від датчиків 1...16, блок 2 – передача даних від датчиків 17...32 [6].

При передачі даних дванадцятирозрядними кодами інформаційне повідомлення розбиваються на три блоки (посилки: посилка 1 – дані від датчиків 1...12, посилка 2 – датчиків 13...24, посилка 3 – датчиків 25...32 [6]. При обмеженні кількості використовуваних датчиків передаються тільки інформаційні повідомлення, що містять дані від підключених датчиків.

При спорадичній передачі інформаційних повідомлень в ПУ поступають тільки ті данні, в яких зафіксовано «значну подію». Дані від датчиків, для яких не зафіксовано відхилення поточного значення сигналу від переданого раніше

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на величину, більшу за встановлений поріг нечутливості, відповідають поточному стану на момент передачі даних.

Модуль МТТ, при отриманні команди виклику даних ТТ, передає поточні значення даних для всіх датчиків. При обмеженні кількості використовуваних датчиків передаються тільки коди, що містять дані від підключених датчиків.

При передачі інформації ТТ в модулі МТТ запускається таймер очікування квітування переданих даних, тобто підтвердження неспотвореного прийому повідомлення в ПУ. Час очікування квітування може регулюватися в межах 1...255 секунд. Якщо протягом визначеного часу очікування не було підтверджено отримання посилки, тобто відсутня квитанція, то модуль виконує повторну передачу раніше переданих даних. При адаптації модуля МТТ функція очікування квітування може бути відключена. Також існує режим роботи з блокуванням передачі нової інформації до отримання підтвердження про доставку на ПУ раніше переданих даних.

При адаптації модуля користувачем, для передачі даних ТТ, можливо встановлення відносної мітки часу, що відповідає часовому зсуву між моментами реєстрації «події» і передачею інформації, що змінилася, в контролер. Дискретність відліку часу зсуву – 100 мс. Для формування і передачі мітки часу використовується 2 байти.

Діагностика працездатності основних вузлів модуля виконується подачею на виділені для перевірки канали тестових сигналів і контролем відповідності набутого кодового значення необхідним величинам. При виявленні розбіжностей модуль формує службове діагностичне повідомлення, а в інформаційне повідомлення вводиться ознака «ПОМИЛКА».

МікроЕОМ модуля виконує циклічний контроль збереження програмних налаштувань. У разі виявлення збою виконується перевантаження модуля і в ПУ видається службове діагностичне повідомлення.

При кожному завантаженні програми мікроЕОМ за допомогою контрольної суми виконує контроль цілісності програмного коду. При виявленні збою

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

модуль переводиться в спеціальний режим очікування того, що перепрограмувало і виконує циклічну передачу діагностичної інформації.

Придушення перешкод виконується програмними і апаратними засобами.

Апаратне придушення гармонійних перешкод забезпечується введенням спеціальних інтегруючих RC-ланцюжків.

Ефективне придушення гармонійних перешкод забезпечується тільки тоді, коли амплітуда сумарного сигналу і перешкоди на вході модуля не перевищує максимальне значення вхідного сигналу $(-2,5...+2,5)$ В.

Підвищення стійкості до перешкод досягається усереднюванням набутого поточного значення сигналів від датчика протягом 160 мс. При усереднюванні сигнал від датчика сканується 16 разів протягом одного періоду напруги живлення при рівномірному зсуві між моментами сканування. Використовуваний метод усереднювання забезпечує придушення гармонійних перешкод напруги мережі.

Режим роботи модуля вибирається за допомогою адаптаційних констант.

Для контролю констант, які записуються у внутрішню постійну пам'ять даних, а також заміни програми модуля, застосовуються спеціальні команди, які передаються по між модульному інтерфейсу SPI від зовнішньої ПЕОМ [7].

Комбінований модуль сигналізації та управління МСУ призначений для введення дискретних сигналів від 1...8 датчиків та прийому команд телеуправління двома об'єктами за двоступінчастою схемою або чотирьох об'єктів за одноступінчастою схемою.

Параметри вхідних кіл введення дискретних сигналів ідентичні вказаним для модуля МДС.

Вихідні ланцюги управління формуються за допомогою контактів вбудованих в модуль чотирьох реле, аналогічних використуваним в модулі БПР-05-04(08).

Модуль двоканального модему M2M забезпечує незалежний обмін частотно модульованими сигналами пристрою ПУ з двома КП або одного КП з двома ПУ (основним та резервним).

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Модуль чотириканального лінійного адаптера М4А забезпечує незалежний інформаційний обмін немодульованими кодоімпульсними сигналами ПУ з чотирма КП.

Параметри сигналів та принципи обміну даними відповідають наведеним для КАМ.

Один (перший) канал може бути використаний для інформаційних обмінів із зовнішніми пристроями по шинах RS-232.

Один (четвертий) канал може бути використаний для інформаційних обмінів із зовнішніми пристроями магістралі RS-485.

Варіант модуля М4А-1 включає чотири незалежні канали для проведення інформаційних обмінів із зовнішніми пристроями, наприклад, мікропроцесорного захисту (типу MICOM, MP3C та ін.) по 1...4 магістралях, що підтримують протокол RS-485 [8].

Модуль контролера щита КЩ забезпечує програмно-апаратне управління диспетчерським щитом (при необхідності, і пультом) по кільцевій магістральній лінії зв'язку.

КЩ є двонаправленим ретранслятором даних між 1...64 контролерами, що вбудовуються в щит (пульт), та ПЕОМ обробного центру.

Модуль контролера панелі (секції) «світлого» та «напівсвітлого» щита КПЩ-С забезпечує прийом від КЩ повідомлень та відображення даних про стан 1...64 (для "напівсвітлого" щита) або 1...32 (для "світлого" щита) контрольованих об'єктів.

За допомогою КПЩ-С параметри, що вимірюються, відображаються на двоколірних чотирирозрядних цифрових індикаторах.

Загальна кількість КПЩ-С, підключених одного КЩ, від 1 до 64.

Модуль контролера панелі (секції) панелі «темного» щита КПЩ-Т забезпечує прийом від КЩ повідомлень та відображення даних про стан 1...32 контрольованих об'єктів та прийом інформації від 1...32 кнопок (ключів) квітування або подачі команд ТУ.

Загальна кількість КПЩ-Т, що підключаються до одного КЩ, від 1 до 64.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Блок телеуправління БТУ розміщується в пультовій приставці або в щиті та забезпечує прийом команд, що подаються за допомогою ключів (кнопок), форматування даних та передачу їх через КЩ у ПЕОМ для подальшої передачі команди ТУ в КП.

Джерело живлення виносний ІІ-В забезпечує живлення елементів відображення даних на двох-трьох секціях щита (залежно від їх насиченості) та встановлюється у конструкції щита.

Комплект одноколірних, двоколірних світлодіодних індикаторів, чотирирозрядних цифрових індикаторів, які розміщуються на передній панелі мозаїчного диспетчерського щита, забезпечує відображення та керування диспетчерським щитом (пультом).

На лицьовій панелі щита виконується мнемосхема об'єкта та розміщуються світлодіодні та цифрові індикатори та ключі (кнопки) управління (квітування).

Щит з'єднується з КЩ кільцевою магістраллю із 6 шин. Програма управління щитом заноситься до ПЕОМ обробного центру.

2.5 Уніфікація модулів та протоколів

Для полегшення використання системи максимально уніфіковано функціональні модулі, конструкції, алгоритми, часові діаграми та протоколи передачі інформаційних повідомлень. Модуль центрального процесора, який з'єднаний з лінійним адаптером (модемом), буде використовуватися як у пристроях ПУ, так і пристроях КП. Уніфіковані джерела живлення всіх пристроїв, а також використовується однакова структура внутрішньої магістралі та інтерфейс для пристроїв КП і ПУ.

Для забезпечення "наступності" між поколіннями систем телемеханіки, застосований однаковий протокол передачі даних. Цей протокол визначає послідовність передачі та структуру компонентів інформаційного повідомлення, що передається каналами зв'язку. Використовуваний протокол передачі повідомлень каналами зв'язку значною мірою визначає універсальність пристроїв ІУТК.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У нашому випадку, в системі ІУТК "Граніт-ЖД-мікро" використовуємо базовий протокол HDLC, який еквівалентний протоколу ADCCP ANSI (Американський національний інститут стандартів). Це дозволяє забезпечити сумісність та ефективну передачу даних у системі [9].

Крім того, система також підтримує можливість розширення та додавання нових функціональних модулів. Це означає, що в разі потреби можливо легко впровадити нові можливості чи оновлення в системі, не порушуючи її основну функціональність.

Таким чином, дана система ІУТК має високий ступінь універсальності та гнучкості, завдяки використанню уніфікованих модулів, протоколів та структур. Це забезпечує ефективну роботу системи та спрощує її експлуатацію для користувачів.

Також важливою для споживачів властивістю функціональних модулів ІУТК «Граніт-ЖД-мікро» є можливість їх адаптації для роботи в конкретних умовах в «реальному часі» і безпосередньо за місцем його установки в пристрій.

Створена спеціальна програма настройки вводиться в ПЕОМ (note-book), який через com-port підключається до контролера магістралі - центрального процесора пристрою. Визначення всіх параметрів адаптації модуля ведеться в діалоговому режимі [8].

2.6 Організація внутрішнього інтерфейсу пристроїв КП і ПУ ІУТК «Граніт-ЖД-мікро»

В пристроях ІУТК «Граніт-ЖД-мікро» в якості внутрішнього інтерфейсу використовується послідовний периферійний інтерфейс SPI (Serial Peripheral Interface), який забезпечує високошвидкісний повнодуплексний 3-провідний синхронний обмін даними між мікроконтролерами ATmega603/103 та периферійними пристроями або між декількома мікроконтролерами ATmega603/103.

Інтерфейс SPI забезпечує роботу модулів в режимі «ведучий» або «ведений», вибір однієї з чотирьох програмованих швидкостей обміну

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інформацією, активацію інтерфейсу з Idle в режимі «веденого», використання «прапора переривання» після закінчення передачі даних.

Принцип роботи блок-схеми SPI, яка представлена на рисунку 2.2 полягає в наступному. Вихід PB1 (SCK) є входом тактового сигналу веденого мікроконтролеру і виходом тактового сигналу ведучого. При записі інформації головним CPU в SPI регістр, починає працювати тактовий генератор SPI, записані в реєстр дані зсуваються і надходять з виходу PB2 (MOSI) ведучого мікроконтролеру на вхід PB2 (MOSI) веденого мікроконтролеру [8].

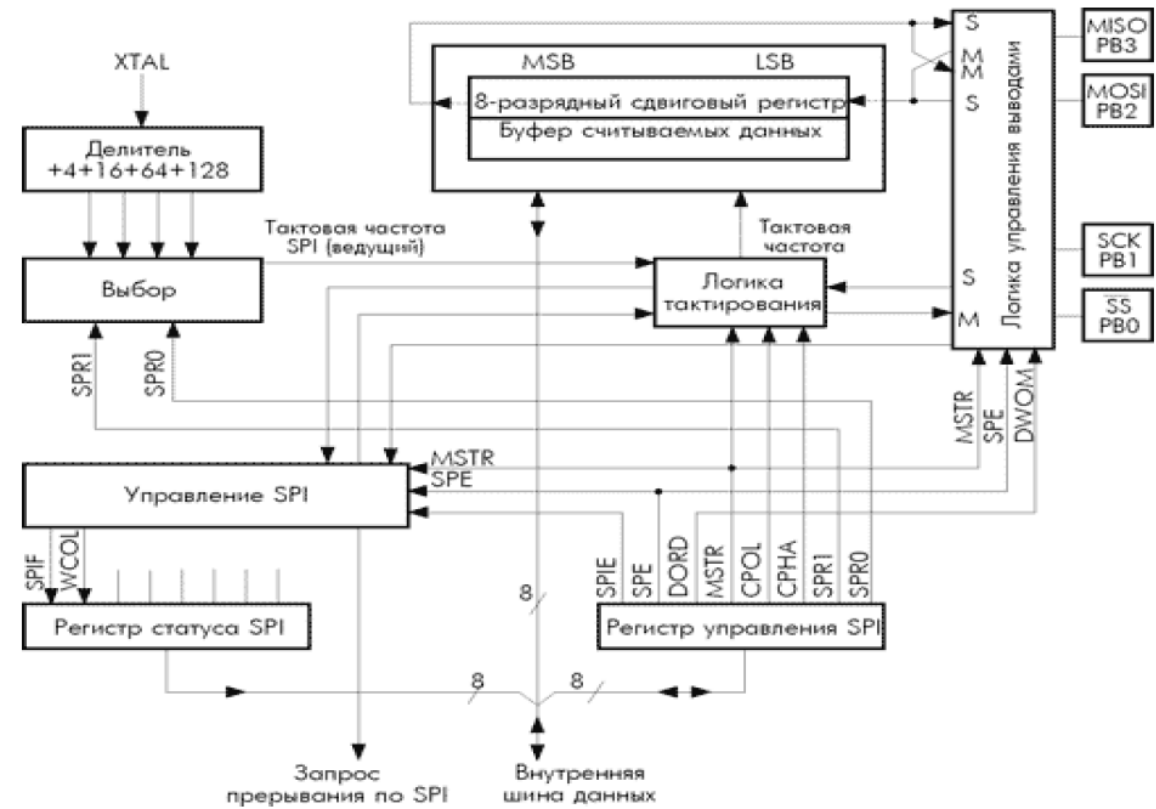


Рисунок 2.2 – Блок-схема SPI

Тактовий генератор SPI, який використовується для передачі даних між мікроконтролерами, зупиняється після виведення одного байта і встановлює прапор закінчення передачі (SPIF). Це дозволяє контролювати процес передачі даних та обробляти його результат.

Якщо в регістрі SPCR (реєстр регістра керування SPI) встановлено біт дозволу переривання SPI (SPIE), то після встановлення прапора закінчення передачі відбувається запит переривання. Це необхідно, коли ми хочемо

відстежувати завершення передачі та виконувати додаткові дії, наприклад, оновлювати інші частини програми.

Крім того, сигнал входу вибору індивідуального веденого (PB0/SS) перетворюється на низький рівень, що означає активацію обраного веденого пристрою. Під час встановлення високого рівня сигналу на виводі PB0/SS порт SPI деактивується, і вихід PB2(MOSI) може бути використаний як вхід. Це дозволяє гнучко перемикатися між режимами роботи та використовувати різні пристрої.

Режим ведучий або ведений може бути встановлений програмно шляхом встановлення або скидання біта MSTR у регістрі керування SPI. Це дозволяє нам вибирати, який мікроконтролер виконуватиме роль ведучого, а який - веденого. Така гнучкість важлива, коли ми маємо справу з різними пристроями і потрібне точне керування обміном даними.

Два зсувні регістри, один ведучого і один веденого мікроконтролерів, можуть бути розглянуті як один рознесений 16-розрядний циклічний регістр зсуву. Це означає, що дані одночасно зсуваються з ведучого мікроконтролера у ведений і з веденого мікроконтролера - у ведучий. Таким чином, протягом одного робочого циклу відбувається обмін даними між провідним та веденим мікроконтролерами. Це забезпечує ефективну передачу даних та синхронізацію між пристроями.

У результаті завдяки тактовому генератору SPI можливе гнучке управління передачею даних між мікроконтролерами, а також контроль та обробка результатів передачі. Режим роботи, вибір ведучого та веденого пристроїв, а також циклічний зсув даних забезпечують ефективний обмін даними та синхронізацію між пристроями. Це дозволяє реалізовувати різні функціональні можливості та забезпечувати надійну комунікацію в системах, де потрібна передача даних.

В ІУТК «Граніт-ЖД-мікро» інтерфейс SPI пристосований на односпрямовану буферізацію даних передавальної сторони і двонаправлений для приймальної сторони [10]. Тобто передана інформація не може бути

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

записана в реєстр даних SPI до того моменту, поки буде повністю завершено цикл зсуву даних. З іншого боку, символ який приймається повинен бути зчитаний з реєстра даних SPI до того моменту, поки буде завершено прийом наступного символу, в іншому випадку попередній символ буде втрачено.

При встановлені біта MSTR реєстра SPCR та роботі модуля SPI в режимі «ведучий», є можливість встановлювати напрям роботи виводу SS. Якщо вивід SS налаштований як вихід, він не активується системою SPI і є виходом загального призначення. При налаштуванні виводу SS як входу, то для забезпечення роботи в режимі «ведучого» модуля SPI сигнал на виході повинен утримуватися на високому рівні. Якщо при роботі модуля в режимі «ведучого» вивід SS є входом і зовнішньою периферійною схемою на нього подано сигнал низького рівня, SPI сприйме його як звернення до «веденого» модуля. Для уникнення конфліктної ситуації на шинах SPI, на першому етапі очищається біт MSTR в реєстрі SPCR і SPI система переводиться в режим «веденої», а виходи MOSI і SCK переводяться в режим «входів». На другому етапі встановлюється прапор SPIF реєстра SPSR і, якщо дано дозвіл переривання SPI, почнеться виконання підпрограми обробки переривання.

Таким чином, коли SPI використовується в режимі «ведучого» керований сигналом переривання та є ймовірність подачі на вивід SS керуючого сигналу низького рівня, повинно бути перевірено біт MSTR підпрограмою обробки сигналу переривання. Коли сигнал MSTR очищений вибором режиму «ведений», він повинен бути встановлений користувачем.

Коли SPI працює в режимі веденого, вивід SS постійно працює як вхід. При надходженні на вивід SS сигналу низького рівня виконується активація SPI, а MISO переводиться в режим виходу, при цьому інші виводи використовуються в якості входів [9].

Коли ж сигнал на виводі SS утримується на високому рівні, всі виводи використовуються як входи, тоді SPI не реагує на надходячу інформацію.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

За допомогою керуючих сигналів CPHA і CPOLE можливий вибір одного з чотирьох варіантів комбінації полярності та фази SCK щодо послідовного інформаційного коду.

2.7 Міжмодульний обмін даними в ІУТК «Граніт-мікро»

У пристроях КП та ПУ ІУТК «Граніт-мікро» інформаційні обміни між модулями організуються за двома основними принципами:

- з ініціативи ведучого модуля. У цьому випадку ведучий модуль надсилає повідомлення на адресу одного або кількох підлеглих модулів;
- з ініціативи підлеглому модуля. У цьому випадку підлеглий модуль надсилає повідомлення на адресу ведучого модуля.

Для організації інформаційного обміну використовуються такі контакти:

- MOSI – дані від ведучого модуля до підлеглому модуля;
- MISO – дані від підлеглому модуля до ведучого модуля;
- SCK – тактова частота від ведучого модуля;
- RST – сигнал скидання від ведучого контролера.

Всім модулям, які встановлені в каркас пристроїв КП або ПУ, присвоюється кодовий номер. Цей номер задається подачею на виводи NUM0-NUM3 з боку крос плати сигналів «0» і «1» таким чином, щоб двійковий код, що утворюється, відповідав місцю установки модуля. Додатковий біт адресації вводиться для випадку, коли одному модулю присвоюється чотири адреси.

При автоматичному початковому встановленні кожен модуль заявляє свою адресу в каркасі. Контролер внутрішньої магістралі - ведучий контролер, резервує собі адресу "0000".

Тактова частота внутрішнього побітового обміну інформацією у системі «Граніт-мікро» дорівнює:

$$F_{osc}/128 = 24 \text{ МГц}/128 = 187,5 \text{ кГц.}$$

Для обмеження частоти переривань роботи модулів встановлюється пауза між байтами в 1 мсек.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Інформаційний код, який передається за внутрішнім інтерфейсом, захищається однобайтним контрольним кодом (CRC), що відповідає сумі за модулем «2» сигналів «1» у повідомленні. Після передачі коду передається контрольний байт.

Інформаційне повідомлення, яке передається внутрішньою магістраллю, має стандартну структуру, яка складається з:

ADDRESS - CONTROL - [DATA] - CRC,

- де ADDRESS - код місця модуля в каркасі, або широкомовна адреса - F0H (11110000);
- CONTROL – код режиму роботи який встановлено;
- DATA – інформаційне поле повідомлення, довжина якого складає від 0 до 250 байт;
- CRC – контрольний однобайтний код.

Структура повідомлення «базового» комплексу:

АКП+ОМВ+РР+ІП+ПЗ,

- де АКП - однобайтна адреса КП;
- ОМВ - відносна мітка часу;
- РР – байт ФАНГ ідентифікації режиму роботи – функціональної адреси та номери групи;
- ІП – інформаційне поле даних;
- ПЗ – поле захисту – двобайтний код, який дорівнює частині залишку від поділу переданого полінома на утворюючий $(2^{15} + 2^{12} + 2^5 + 1)$.

Тоді отримаємо:

DATA = АКП + ОМВ + РР + ІП + ПЗ.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Структура кодів байта «CONTROL» полягає в наступному. Код 51H означає, що при пересиланні службових даних ведучий модуль дозволяє передачу інформації веденому модулю, який має код ADDRESS. Код 52H – визначає повідомлення від веденого модуля «Немає нової інформації». Код 58H - це ознака передачі інформаційних повідомлень - блоку DATA.

За відсутності передачі або прийому чергового байта за внутрішнім інтерфейсом протягом 2 мс відбувається завершення повідомлення. При фіксації паузи всі модулі готуються до прийому нової інформації.

2.8 Організація міжблочного обміну SPI

Міжблочний обмін SPI є основним способом взаємодії модулів в сучасних системах телемеханіки. Він забезпечує високу швидкість передачі даних, завадостійкість та низьку вартість реалізації.

Після виконання процесів початкової установки всі ведені модулі переходять у режим SLAVE SPI і готові до прийому команди від ведучого модуля. Ведучий модуль керує обміном інформацією, переходить у режим MASTER SPI та виконує опитування стану модулів системи. Після закінчення передачі даних MASTER перемикається в режим SLAVE. Ведучий модуль, у режимі послідовного опитування стану ведених модулів, передає в шини SPI код 51H, тобто "ДОЗВІЛ ПЕРЕДАЧІ" та код ADDRESS з вказівкою чергового місця каркасу в системі.

Далі ведений модуль відповідає або службовою посилкою «Немає нової інформації», або повідомленням "ДАНІ". У посилці байт ADDRESS вказує номер відповідного веденого модуля.

У повідомленні "ДАНІ", яке отримано від веденого модуля, міститься дані для передачі, наприклад, у ПУ.

Прийнявши з каналу зв'язку повідомлення з «чужою» адресою ведучий модуль передає отримані дані в SPI.

Прийняте з вхідного каналу зв'язку "чуже" повідомлення передається в шини SPI замість звичайного циклу опитування станів ведених модулів. У цій інформації встановлюється код ADDRESS.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ведені модулі реагують на це повідомлення і ретранслюють у вихідну лінію зв'язку компоненти DATA введених в нього даних.

При черговому опитуванні стану веденого модуля він переводиться в режим передачі службових інформаційних даних та замість коду стану модуль передає визначені "ДАНІ".

Модуль-приймач аналізує адресу та контрольну послідовність двобайтного коду CRC, а модуль – джерело автономно формує складові АКП та CRC. Завдяки такому “поділу інтелекту” між центральним процесором та модулями КП та ПУ виключається проміжні перетворення кодових повідомлень, що призводить до оптимізації пропускну здатності інтерфейсу SPI.

2.9 Елементна база системи телемеханіки "Граніт-мікро"

Система телемеханіки «Граніт-мікро» є комплексом пристроїв, призначених для збору, обробки та передачі інформації про стан об'єктів телемеханіки. Система складається з функціональних модулів, кожен із яких виконує певну функцію.

Основним елементом кожного модуля системи телемеханіки "Граніт-мікро" є мікроЕОМ AT89C52. Ця мікроЕОМ має такі основні характеристики [11]:

- оптимізований процесор, який дозволяє ефективно використовувати його для систем керування;
- достатнє для розміщення більшості програм адресне поле в 64 кБ пам'яті;
- достатній об'єм пам'яті в адресному полі в 64 кБ, для збереження у обсягів даних, необхідних для роботи системи;
- 4, 8 або 16 кБ вбудованої пам'яті програм, що достатньо для зберігання основних функцій мікроЕОМ, як-от управління периферійними пристроями, обробка переривань тощо;
- 128 або 256 байт вбудованого ОЗУ, що достатньо для зберігання тимчасових даних, які необхідні у процесі роботи мікроЕОМ;
- організація 32-х двонаправлених шин введення-виведення, що дозволяє підключати до мікро-ЕОМ різні периферійні пристрої, такі як датчики, виконавчі механізми, інтерфейси зв'язку і т.д.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

- 2 16-розрядні таймери-лічильники, які можуть використовуватися для вимірювання часових інтервалів, керування роботою периферійних пристроїв і т.д.;

- дуплексний послідовний порт UART, що використовується для обміну даними з іншими пристроями, такими як контролери;

- 6 джерел для 5-ти векторів переривання за 2-ма пріоритетними рівнями, що дозволяють перериванням мікроЕОМ реагувати на зовнішні події, такі як зміна стану датчиків чи спрацювання таймерів;

- вбудований генератор тактових імпульсів, що забезпечує стабільність роботи мікроЕОМ за допомогою кварцового резонатору для завдання тактової частоти.

Для переводу аналогових сигналів на інформаційний код використовується 12-розрядний АЦП LC2MOS Single Supply типу AD7892 фірми ANALOG DEVICES. Перевагою даного АЦП є використання одного джерела живлення та використання 12-го розряду вихідного коду в якості маркера полярності, що автоматично визначає полярність вхідного аналогового сигналу. Схема виходів даної мікро ЕОМ приведена на рисунку 2.3.

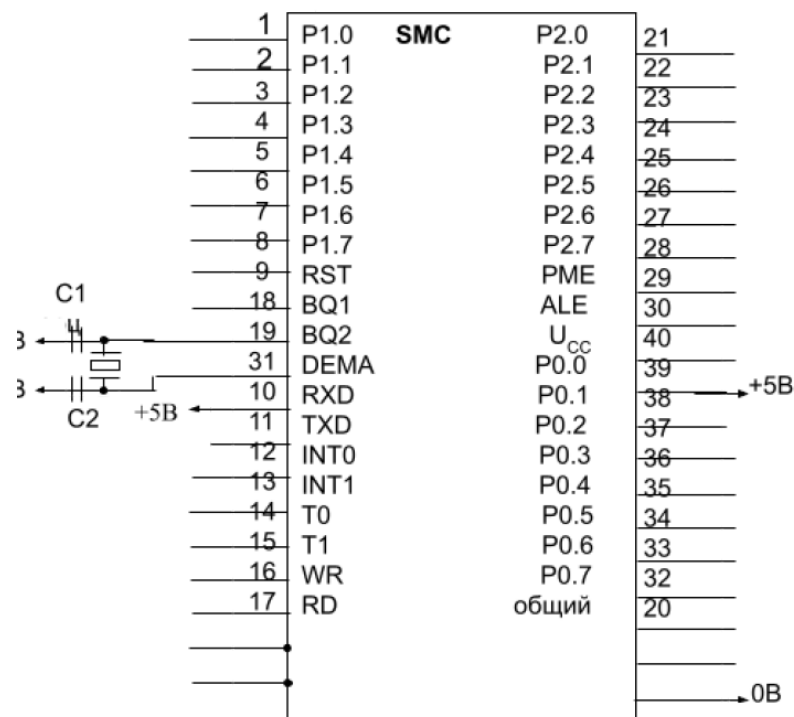


Рисунок 2.3 – Схема виходів мікроЕВМ

Для обробки вхідних та вихідних сигналів та виконання логічних операцій при вводі або виводі інформації, використовуються мікросхеми середнього та великого ступеня інтеграції КМОП [12].

2.10 Поєднання модулів з датчиками, каналами зв'язку та виконавчими механізмами

Підключення 1...32 датчиків ТС дискретних і числоімпульсних сигналів виконується до входів одного модуля МДС. Число модулів МДС у пристрої КП визначається загальною кількістю датчиків.

В якості датчиків ТС можуть використовуватися виділені контакти або безконтактні ключі.

Виводи від датчика ТС поділяються на індивідуальний та загальний. У середині модуля МДС виводи від датчика ТС підключаються до послідовного ланцюга, що містить обмежуючий резистор, та джерело діагностичної напруги. Індивідуальний вивід датчика (безконтактного ключа) підключається до позитивного виводу джерела живлення. Датчик повинен забезпечувати можливість підключення до джерела напруги до +30 В і протікання струму до 10 мА.

Допускається об'єднання загальних шин датчиків ТС у місцях їх розміщення, якщо загальна шина віддалена (або ізольована) від джерела електричних або електромагнітних перешкод, а її опір не перевищує $50/i$ Ом (i – число датчиків, у яких об'єднано загальну шину).

Опір індивідуальної шини зв'язку датчика ТС з модулем не повинен перевищувати 100 Ом (незалежно від видалення датчика).

Пристрій КП-мікро забезпечує надійну передачу даних, якщо співвідношення рівнів робочого сигналу та перешкод у ланцюгах зв'язку «датчик-модуль» не менше 3/1 (за нормативною документацією, рівень повинен бути не менше 7/1) [13].

Для підвищення стійкості до дії перешкод у модулі використовується підвищений рівень діагностичного сигналу, динамічний подвійний контроль і стробування сигналу вхідного ланцюга.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Вхідні ланцюги модуля захищені від впливу імпульсних джерел перешкод, рівень яких перевищує робочі сигнали у 5...10 разів.

У ланцюг зв'язку «датчик – модуль» біля місця розміщення датчика може включатися додатковий ланцюг для контролю справності - відсутності короткого замикання чи обривів, ланцюгів зв'язку.

Ланцюжок доцільно включати і при використанні модуля для сполучення з датчиками (лічильниками) числоімпульсних вихідних сигналів - при включенні модуля до каналу обліку споживання енергії, так як ланцюжок дозволяє запобігти несанкціонованому споживанню енергії, контролюючи вихід з ладу ланцюга контролю.

При використанні додаткового ланцюжка модуль утворює біімпульсну пару сигналів, що відображають стан одного датчика ТС (одного джерела числоімпульсних сигналів), яка дозволяє на стороні ПУ ідентифікувати несправний ланцюг та вид несправності.

Для підключення виводів від 1...32 датчиків ТС (прямо або через додатковий ланцюжок) використовується відповідний даному модулю 40-контактний клемник клемної секції.

Вивід «шина тестування» використовується для підключення виводів клемника, призначених для підключення датчиків ТС з додатковим ланцюжком діагностування, якщо в реальному пристрої загальна кількість датчиків, що використовуються менше 32.

Підключення 1...32 датчика поточних телевимірювань (ТТ) виконується до входів одного модуля МТТ. Число модулів МТТ у пристрої КП визначається загальною кількістю датчиків.

До пристрою КП-мікро можуть підключатися датчики – вторинні перетворювачі з нормованим вихідним сигналом змінного струму 0...5, 0(4)...20, -5...0...+5 мА. Опір вхідного ланцюга модуля для датчиків з номінальним значенням вихідного сигналу 5 мА дорівнює 500 Ом, а датчиків з номінальним значенням сигналу 20 мА – 125 Ом.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рекомендується використовувати для з'єднання з модулем двопровідні лінії зв'язку з датчиками ТТ. Можливе об'єднання загальних виходів у датчиків, якщо ланцюги зв'язку віддалені (ізолювані) від джерел електромагнітних чи електричних перешкод. При об'єднанні загальних шин об'єднаний провід зв'язку з модулем повинен мати мінімально можливий опір не більше $10/i$ Ом (i – число об'єднаних виводів).

Не повинні об'єднуватися загальні виводи датчиків, індивідуальні виводи яких підключаються до різних модулів МТТ.

Виводи від 1...32 датчиків ТТ підключаються до клемника клемної секції пристрою КП-мікро, виділеного для відповідного модуля КП-мікро.

До одного модуля можна підключати датчики з вихідним сигналом 0...5 мА або -5...0...+5 мА. Полярність вхідного сигналу автоматично фіксується вбудованим АЦП і передається в ПУ як значення сигналу в 2^{11} старшому розряді коду. Сигнал «1» – свідчення надходження від датчика сигналу негативної полярності. У цьому випадку код у інших розрядах – додатковий.

До одного модуля можна підключати датчики з вихідним сигналом 0...20 або 4...20 мА. Вигляд вихідного сигналу датчика враховується у програмі адаптації пристрою ПУ ІУТК.

Доцільно ланцюги зв'язку пристрою КП із датчиками ТТ відокремлювати від інших ланцюгів зв'язку. Дозволяється використовувати загальні кабелі для зв'язку датчиків ТС і ТТ, якщо датчики ТС віддалені від джерел перешкод.

Ланцюги зв'язку пристрою КП з датчиками ТТ та ТС обов'язково необхідно відокремлювати (використовувати різні кабелі) від ланцюгів зв'язку з об'єктами ТУ. Загальні кола датчиків ТС і ТТ не об'єднуються.

Виконання зв'язків із лічильниками обліку електроенергії (канал ТІ).

Як джерело інформації використовуються лічильники з кодовими сигналами, наприклад ЄвроАльфа АББ ВЕІ Метроніка, або числоімпульсними сигналами. Числоімпульсні сигнали (релейні виходи) формуються електронними лічильниками або за допомогою приставок або електронних схем "традиційних" електромеханічних лічильників.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення інтеграції електронних лічильників у систему оперативного контуру системи телемеханіки дані від лічильників поділяються на оперативну та неоперативну складові. Оперативна складова інформації зчитується з «релейних» виходів лічильників як числоімпульсних сигналів. Оперативні сигнали вводяться в накопичувачі імпульсів модуля МТІ, обробляються і в кодовому вигляді періодично направляються в ПУ. За «оперативними» даними обчислюються «квазімиттєві» значення потужності і будується «профіль потужності» ланцюгів споживання енергії. Період зчитування даних – 1...3 хв.

"Неоперативна" інформація зчитується з "струмової петлі" лічильників і містить комерційні дані. Дані зчитуються за протоколом, прийнятим для конкретного виду лічильника.

Відповідно до протоколу дані від лічильника оформляються у вигляді кодових груп (класів). Їх реалізація повинна виконуватися у відповідності до реальної пропускної здатності каналів зв'язку.

Теоретично та практично доведено, що введення каналу «неоперативної» та «оперативної» інформації від лічильників практично не позначається на динамічних параметрах оперативного контуру системи телемеханіки.

«Струмова петля» лічильників утворюється з ланцюгів передачі – прийому лічильника та відповідних ланцюгів МТІ.

Таким чином, кожна «струмова петля» лічильника з'єднується з пристроєм КП двома проводами.

Для поєднання з «релейними виходами» лічильників, куди виводяться числоімпульсні сигнали, використовуються відповідні канали 1...8 МТІ – (Д1+; Д1-) ... (Д8+; Д8-).

Виводи (Ді+) для всіх «релейних виходів» лічильників, підключених до одного МТІ, об'єднуються і з'єднуються з шиною +12, а шини (Ді-) з'єднуються з відповідним виводом лічильників. Інший вивід «релейного виходу» об'єднується для всіх лічильників, підключених до одного МТІ, і з'єднується з шиною –12 В (0В).

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підключення виконавчих механізмів каналу ТУ до модуля МТУ.

Для прийому команд ТУ використовується модуль МТУ, який включає елементи формування команд 1...96 об'єктам. Об'єкти керування розділені на 12 груп, по 8 об'єктів у кожній групі.

Сигнали модуля МТУ сприймаються блоками проміжних реле БПР-05-04(08), кожен із яких включає реле управління 1...4 виконавчими механізмами, розрахованими на підключення навантаження напругою до 220 В при струмі включення навантаження до 4 А.

Для з'єднання модуля МТУ з БПР-05-04(08) використовується клемник, який відповідає місцю встановлення модуля МТУ, та 20-ти контактний клемник ХР1 БПР-05-04 (08).

Підключення зовнішніх ланцюгів до БПР-05-04 (08): для виконання зв'язків з виконавчими механізмами у БПР-05-04 використовуються клемники XS2 та XS3, а в БПР-05-08 – клемники XS2, XS6 та XS3, XS7 [6].

Виводи від проміжних реле на клемник XS2, XS6 використовуються для управління виконавчим механізмом за стандартною схемою. Для кожного об'єкта використовується ланцюжок, що включає замикаючі контакти реле об'єкта і реле повторювачів «включити» і «вимкнути». Ідентичні та незалежні ланцюжки виконані для кожного об'єкта.

Виводи від проміжних реле на клемник XS3, XS7 використовуються для контролю, деблокування об'єкта та інших цілей. Кожен ланцюжок включає замикаючий контакт реле об'єкта та замикаючий контакт повторювача реле «відключити». Ідентичні та незалежні ланцюжки виконані для кожного об'єкта.

Сполучення з лініями зв'язку можуть реалізувати модулі КАМ, М2М та М4А.

При поєднанні з лініями зв'язку за допомогою модуля КАМ, модуль забезпечує роботу по:

- СОМ порту, що підтримується ПЕОМ;
- виділеній лінії зв'язку (парі проводів) частотно-модульованими або немодульованими (кодоімпульсними) сигналами;

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

- ущільненому каналу зв'язку частотно-модульованими сигналами;
- УКХ радіоканалу зв'язку;
- комутованому телефонному каналу зв'язку.

Ланцюги для приєднання КАМ до СОМ порту ПЕОМ внутрішнім монтажем пристрою КП-мікро виведені на спеціальний роз'єм, розташований на нижній частині кожуха.

При використанні ланцюга передачі і прийому даних виділеної лінії зв'язку - пари проводів, інформаційні обміни ведуться немодульованими (кодоімппульсними) сигналами (імпульсами постійного струму).

У варіанті, коли для передачі та прийому інформації використовуються роздільні пари проводів, передані від КП-мікро сигнали подаються на клеми В12 - LS TR (ненульовий провід) і А09 - LS 0 (нульовий провід). Прийняті сигнали надходять на клеми А12 - LS RC (ненульовий провід) та А09 - LS 0 (нульовий провід).

Якщо для інформаційних обмінів використовується одна пара проводів, ланцюги передачі та прийому і, відповідно, клеми В12 та А12 об'єднуються (або використовується перемичка – джампер XS2 – XS3).

Ланцюг прийому даних захищений від впливу перешкод імпульсним стабілітроном (сопресором VD7) показаним на рис.2.4.

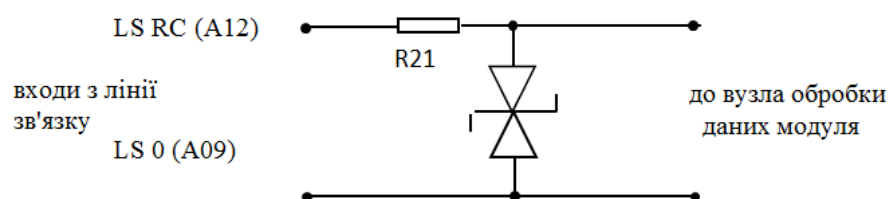


Рисунок 2.4 – Ланцюг прийому даних

Резистор R21 обмежує робочий струм, а здвоєний діод - стабілітрон обмежує рівень імпульсних перешкод. Елементи, що використовуються, витримують імпульсну потужність перешкоди до 500 ВА при тривалості імпульсу до 1 мксек [12].

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Для інформаційних обмінів ПУ-КП по виділеній парі проводів лінії зв'язку можуть використовуватися частотно-модульовані сигнали. Такий варіант застосовується, якщо, наприклад, використання сигналів із рівнем, що перевищує +5,2 дБ, заборонено.

Підключення КАМ до УКХ радіоканалу зв'язку.

Для приєднання до радіоканалу зв'язку (аналогової радіостанції) використовуються сигнали: «тангента», «передані дані», «прийняті дані». Усі сигнали інформаційних обмінів електрично ізольовані від інших ланцюгів модуля.

Можливе застосування спільно з ІУТК "Граніт-мікро" цифрових радіомодемів, наприклад типу "Граніт", DM 70 та інших. Для поєднання цифрових радіомодемів використовуються ланцюги інтерфейсу RS-232 (COM порту). Так як одночасне використання ланцюгів RS-232 для сполучення з ПЕОМ і радіомодемом неможливо, для організації роботи по радіоканалу в пристрій повинен бути встановлений додатковий модуль КАМ, який буде використовуватися як двонаправлений ретранслятор даних - від основного КАМ, встановленого на перше місце кожуха КП-мікро, в радіомодемі, а від радіомодему - в основний модуль КАМ.

Поєднання додаткового КАМ з радіомодемом аналогічно сполучення з COM портом ПЕОМ.

Підключення модуля М4А використовується щодо незалежних інформаційних обмінів ПУ-КП (КП-КП) по 1...4 фізичним виділеним лініям зв'язку – парам проводів немодульованими сигналами.

Перший канал оснащений додатковим вузлом, який забезпечує проведення інформаційних обмінів по ланцюгах RS-232.

Четвертий канал оснащений додатковим вузлом, який забезпечує проведення інформаційних обмінів по ланцюгах RS-485.

Перший канал можна використовувати для інформаційних обмінів виділеним каналом зв'язку, для сполучення з COM портом або зовнішнім пристроєм, що підтримує зазначений протокол.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Четвертий канал можна використовувати для інформаційних обмінів по виділеному каналу зв'язку, для організації обмінів RS-485 із зовнішнім пристроєм (пристроями), що підтримують зазначений протокол. Незалежне одночасне використання першого та четвертого каналів для двох варіантів неможливе.

При використанні ланцюгів протоколу RS-485 модуль є двонаправленим ретранслятором даних через основний КАМ пристрою КП або ПУ від зовнішнього та в зовнішній пристрій.

Якщо для інформаційних обмінів використовується одна пара проводів, ланцюги даних, що приймаються і передаються, відповідного каналу об'єднуються. Для об'єднання можна встановити перемички (джампери) на штирі, розміщені на платі модуля та позначені: XT3/1(A) – XT3/2 (B) (канал 1); XT1/1 - XT1/2 (канал 2); XT2/1 - XT2/2 (канал 3); XT4/1 - XT4/2 (канал 4).

Параметри приєднання модуля М4А до ліній зв'язку ідентичні зазначеним для модуля КАМ.

Якщо на ПУ системи телемеханіки для сполучення з пристроями КП по виділених лініях зв'язку встановлюється модуль М4А, а на КП – модулі КАМ, ланцюг Trt LS 1 (або відповідно 2, 3, 4) М4А приєднується (через лінію зв'язку) до входу LS RC модуля КАМ відповідного КП, а ланцюг Rev LS 1 (або, відповідно, 2, 3, 4) модуля М4А приєднується (через лінію зв'язку) до виходу LS TR модуля КАМ відповідного КП. Загальні шини 0V LS 1 (або відповідно 2, 3, 4) модуля М4А з'єднуються (через лінію зв'язку) з шиною LS 0 модуля КАМ відповідного КП.

Аналогічні з'єднання виконують при об'єднанні в модулях КАМ і М4А ланцюгів передачі і прийому (при використанні однієї пари проводів лінії зв'язку).

Застосування модуля М4А істотно полегшує структуру ПУ або КП – ретрансляторів, якщо в системі використовуються виділені лінії зв'язку.

Для підключення зовнішніх пристроїв рекомендується використовувати кабель з крученими парами та хвильовим опором 120 Ом.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За допомогою перемичок до магістральної лінії зв'язку підключається узгоджувальний резистор 120 Ом. У місці підключення найбільш віддаленого пристрою до цієї магістралі також необхідно включити узгоджувальний резистор 120 Ом. Після проведення порівняння інформаційних обмінів магістральною лінією з включеним і відключеним узгоджувальним резистором, розміщеним у модулі, необхідно залишити варіант, у якому інформаційний обмін якісніший (якість обміну можна проконтролювати формою інформаційних сигналів у магістралі). Найкращі умови відповідають більш прямокутним імпульсам.

Поєднання модуля МСУ з датчиками дискретних сигналів (ДС – ТС) та виконавчими механізмами аналогічні, як і для модуля МДС.

Можлива робота МСУ без тестування шлейфів зв'язку із датчиками ДС – ТС. При використанні режиму тестування ланцюгів зв'язку з датчиками всі входи, що не використовуються, повинні бути з'єднані з клемою «шина тестування» (ТС-ТЕСТ) монтажною колодки. Це необхідно для нормального виконання режиму тестування датчиків шлейфів. Якщо тестування шлейфів датчиків не використовується, ці з'єднання вільних входів не виконуються.

Для сполучення з виконавчими механізмами МСУ введено чотири реле, аналогічних проміжним реле БПР-05-04(08).

Одна пара контактів кожного реле (контакти 3-4-5) використовується для керування зовнішнім пристроєм, друга пара (контакти 6-7-8) – для контролю працездатності. Сигнали другої пари контактів ідентифікуються як додаткові вісім дискретних сигналів, які сприймаються ланцюгами контролю модуля. Сигнали контролю обробляються вбудованою в модуль мікроЕОМ аналогічно ДС від восьми датчиків.

Для керування двопозиційними об'єктами замикаючі контакти двох реле – першого та другого, використовуються для прийому команди «включити 1 об'єкт» та «вимкнути 1 об'єкт», відповідно, а аналогічні контакти третього та четвертого реле – для включення та відключення другого об'єкта.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Для сполучення пристрою ПУ (або КП) із щитом (пультом) диспетчера використовується модуль контролера щита (КЩ).

Модуль КЩ з'єднується з магістраллю, до якої підключаються контролери панелей темного (КПЩ-Т) та світлого - напівсвітлого (КПЩ-С) щита. Схема сполучення наведена на рисунку 2.5.

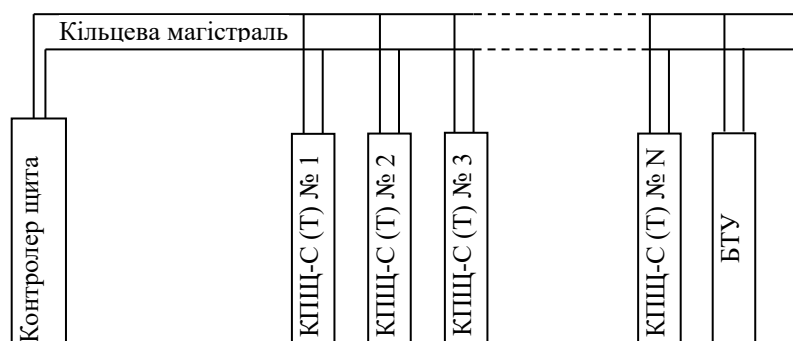


Рисунок 2.5 – Схема сполучення контролера щита з КПЩ-С(Т)

До одного КЩ можна підключити 1...64 КПЩ-С і КПЩ-Т при будь-якому їх поєднанні.

Для підвищення живучості рекомендується замкнути магістраль у кільце, завдяки чому розрив магістралі не призводить до неможливості проведення інформаційних обмінів між КЩ та КПЩ. Для виконання замкнутої магістралі в КПЩ вводиться два однотипні роз'єми – для вводу та виводу сигналів магістралі, причому виводи на другий роз'єм останнього модуля КПЩ поєднуються з однойменними виводами першого роз'єму першого модуля КПЩ. Можлива робота модулів КПЩ без замикання магістралі.

Для підключення елементів відображення інформації до КПЩ-С та КПЩ-Т використовується схема розміщення вихідних роз'ємів та перемичок – джамперів на КПЩ-С та КПЩ-Т, яка наведена нижче (рис.2.6).

Для підключення КПЩ-С до КЩ та до іншого (суміжного) КПЩ використовуються штатні джгути, що приєднуються до гнізда Х1. Гніздо Х2 використовується для виведення сигналів магістралі даного КПЩ. Сигнали від Х2 даного КПЩ приєднуються до виводів роз'єму Х1 суміжного КПЩ.

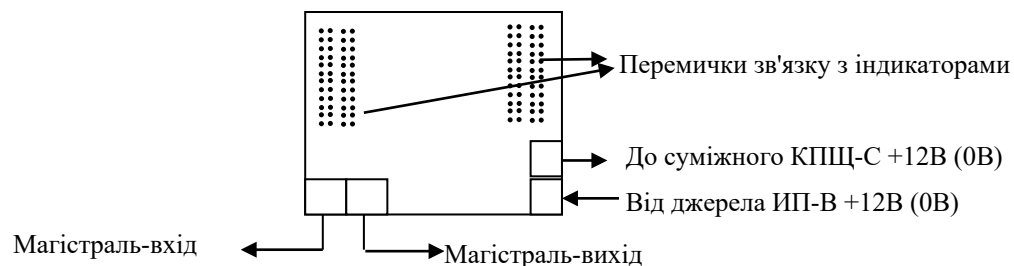


Рисунок 2.6 – Схема розміщення вихідних роз'ємів та перемичок на КПЩ-С та КПЩ-Т

Роз'єми X3 і X4 використовуються для приєднання до джерела живлення ТТ-В, що вбудовується в панелі щита. Залежно від насиченості щита одне ИП-В використовується для двох-трьох панелей.

Для приєднання кожного одиничного елемента відображення на платі КПЩ-С встановлюється пара штирів, на які одягаються роз'єми (джампери).

Цифровий індикатор еквівалентний 32 одиничним елементам. Один двоколірний світлодіодний індикатор еквівалентний двом одноколірним індикаторам.

Аналогічні пари штирів та роз'ємів використовуються для введення в КПЩ-Т сигналів положення 1...32 ключів.

На платах КПЩ-С та КПЩ-Т встановлені додаткові штирі для приєднання (паралельно) ланцюга керування дзвінком при зміні сигналів щодо зафіксованих раніше.

Для ретрансляції даних використовуються модулі КАМ, М2М чи М4А.

При необхідності роботи КП по двох незалежних лініях зв'язку (наприклад, якщо дані КП повинні незалежно надходити на два ПУ), до складу КП-мікро включається модуль М2М.

Можливе використання для ретрансляції модуля М4А, якщо для сполучення КП з ПУ використовуються виділені лінії зв'язку.

2.11 Конструкція складових частин ІУТК «Граніт-мікро»

Складові частини шафи пристрою телемеханіки «Граніт-мікро» представлено на рисунку 2.7.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

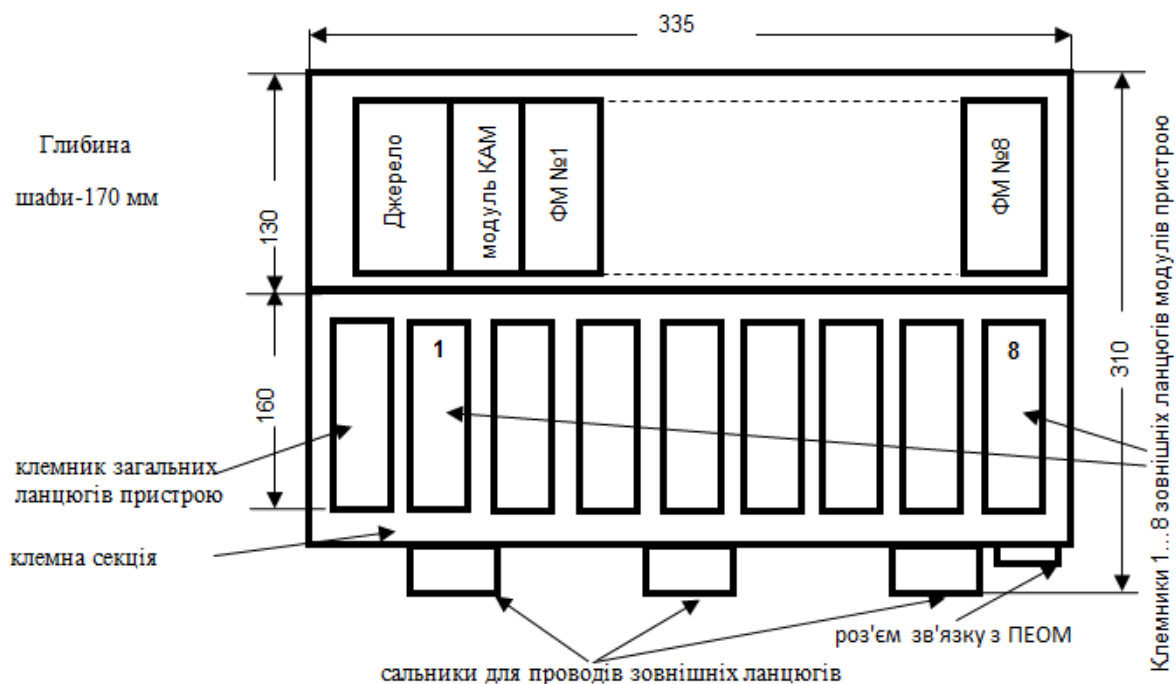


Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд пристрою ІУТК «Граніт-мікро»

Функціональні модулі та джерело живлення КП-мікро розміщені у металевому корпусі. Кожух розділений на дві нероз'ємні частини - у верхній частині розміщені модулі, в нижній частині - клемники для виконання зовнішніх зв'язків. Кожен модуль має індивідуальну передню панель, на яку виведені світлодіодні індикатори.

На задніх панелях модулів розміщуються 62-контакти прямого контактування, суміщені з роз'ємом, впаяним в крос-плату, загальну для всіх модулів. Друкований монтаж крос плати поділяє всі ланцюги на дві частини – інтерфейсну та вихідну.

Інтерфейсна частина виконана у вигляді магістралі з паралельним з'єднанням однотипних сигналів внутрішнього інтерфейсу SPI та напруги живлення.

Для підключення вихідних кіл у кожному роз'ємі виділено по 40 контактів. Всі виводи вихідної частини кожного роз'єму за допомогою індивідуального плоского джгута з'єднані з кожним модулем відповідними клемниками клемної секції. Таким чином, кожному модулю КП-мікро відповідає 40-контактний

клемник для приєднання ланцюгів користувача під гвинт проводами перетином до 1,5 мм².

Додатковий клемник клемної секції виділяється для загальних ланцюгів – адаптації роботи центрального процесора тощо. Окремий роз'єм виділено для поєднання з ПЕОМ (note-book).

У таблиці 2.1 приведені основні параметри складових частин ІУТК «Граніт-мікро».

Таблиця 2.1 – Основні параметри складових частин ІУТК «Граніт-мікро»

№	Назва складової частини	Основні параметри, характеристики
1	2	3
1.	Кожух КП-мікро	Для виконання пристроїв ПУ та КП ІУТК «Граніт-мікро». В один кожух встановлюється джерело живлення, контролер та 1...8 модулів із номенклатури ІУТК. Приєднання зовнішніх ланцюгів під гвинт
2.	Модуль КАМ	Контролер внутрішньої магістралі, лінійний адаптер, модем. Для координації роботи модулів КП, ПУ та для стику з ПЕОМ та іншим пристроєм через лінію зв'язку різного виду та структури
3.	Модуль КАМ-GSM	Контролер внутрішньої магістралі, лінійний адаптер для поєднання з модемом GSM. Для координації роботи модулів КП, ПУ та для стику з ПЕОМ та іншим пристроєм через лінію зв'язку GSM
4.	Модуль М2М	Двоканальний модем, кожен з яких аналогічний до вбудованого в КАМ
5.	Модуль М4А	Чотириканальний лінійний адаптер, кожен з яких аналогічний до вбудованого в КАМ
6.	Модуль МДС	Введення, обробка, діагностика, реєстрація послідовності змін та передачі даних 1...32 датчиків дискретних сигналів. Може використовуватися для введення, накопичення та передачі даних наростаючим підсумком від 1...32 датчиків з числоімпульсними вихідними сигналами.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
7.	Модуль МТУ	Прийом, обробка, діагностика та виведення сигналів управління 1...96 виконавчими механізмами за допомогою проміжних реле 1...24 блоків БПР-05-04(08)
8.	Модуль МСУ	Комбінований модуль введення 1...8 сигналів від датчиків дискретних сигналів, виведення команд управління 1...4 однопозиційними об'єктами (1...2 двопозиційними об'єктами). Параметри ідентичні відповідним характеристикам МДС, МТУ та БПР-05-04(08)
9.	Блоки БПР-05-04 (БПР-05-08)	Виносний блок прийому сигналів від МТУ і формування сигналів управління 1...4(8) виконавчими механізмами. Напруга ланцюгів навантаження -220 В постійного або змінного струму, струм навантаження - до 4 А. Реалізується відключення («видимий» розрив) оперативної напруги, що подається на вихідні ланцюги для кожного об'єкта ТУ окремо.
10.	Модуль МТТ	Введення, діагностика та передача даних від 1...32 датчиків (перетворювачів) аналогових сигналів 0...5 мА, -5...0...+5 мА, 0(4)...20 мА. Подання виміряного сигналу – 12-ти розрядним кодом
11.	Модуль МТІ	Введення, діагностика та передача даних від «струмової петлі» 1...4 електронних лічильників та від 1...8 датчиків з числоімпульсними сигналами
12.	Модуль КПЩ	Контролер щита та (або) пульта диспетчерського. Є двонаправленим ретранслятором даних від ПЕОМ обробного центру для їх відображення індикаторами, підключених до виходів 1...64 контролерів панелей щита та даних від командно-квітуючих ключів щита (пульта) для введення ПЕОМ
13.	Контролер КПЩ-С	Контролер панелі "світлого" або "напівсвітлого" щита. Для відображення 1...64 сигналів за схемою "напівсвітлого" або 1...32 сигналів за схемою "світлого" щита. Для відображення даних 1...2 двоколірними чотирирозрядними цифровими індикаторами

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
14.	Контроллер КПЩ-Т	Контролер панелі темного щита. Для відображення 1...32 сигналів і прийому сигналів положення 1...32 командно-квітуючих ключів
15.	Блок БТУ	Блок формування координатно-адресних команд телеуправління від ключів (кнопок), розміщених у диспетчерському щиті (пульті), контроль та діагностика відсутності спотворень
16.	Модуль МИП	Джерело живлення всіх модулів, встановлених у кожух КП-мікро
17.	Модуль ИП-В	Виносний модуль джерела живлення елементів відображення, розміщених у двох-трьох панелях щита диспетчерського

Для виконання пристрою КП ІУТК «Граніт-мікро» може використовуватися кожух КП-мікро, кілька кожухів КП-мікро, а також поєднання кожухів КП-мікро.

Приклади варіантів пристроїв КП, що виконуються в одному кожусі КП-мікро приведені в таблиці 2.2.

Другий кожух КП-мікро використовується, якщо апаратура, яка встановлюється в одному кожусі, не виконує в повному обсязі необхідні функції.

Для парування апаратури двох кожухів КП-мікро в першому з них встановлюється додатковий модуль КАМ або М4А.

Для сполучення доцільно використовувати виходи додаткового КАМ, які призначені для реалізації інформаційних обмінів за протоколом RS-232 (COM порту), оскільки в такому поєднанні обмін даними ведеться на більш високій швидкості.

При використанні для сполучення модуля М4А слід використовувати виходи каналу 1, щоб забезпечити проведення інформаційних обмінів за протоколом RS-232; інші канали М4А можна використовувати для

ретрансляції даних з інших КП (якщо для зв'язку використовуються виділені пари проводів).

Таблиця 2.2 – Варіанти пристроїв КП, що виконуються в одному кожусі

№	Модулі, що встановлюються в КП-мікро										Виконувані функції, обсяги та види інформації
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1КП	МИП	КАМ	МДС	МТТ	МТИ	МТУ	резерв	резерв	резерв	резерв	1...32ТС, 1...32 ТТ, 1...8 число-імпульсних каналів та 1...4 кодових каналів, 1...96 ТУ
2КП	МИП	КАМ	МДС	МДС	МТТ	МТИ	МТУ	резерв	резерв	резерв	33...64 ТС, 1...32 ТТ, 1...8 число-імпульсних каналів і 1...4 кодових каналів, 1...96 ТУ
3КП	МИП	КАМ	МДС	МДС	МДС	МТТ	МТИ	МТУ	резерв	резерв	65...96 ТС, 1...32 ТТ, 1...8 число-імпульсних каналів і 1...4 кодових каналів, 1...96 ТУ
4КП	МИП	КАМ	МДС	МДС	МДС	МДС	МТТ	МТИ	МТУ	резерв	97...128 ТС, 1...32 ТТ, 1...8 число-імпульсних каналів і 1 ... 4 кодових каналів, 1 ... 96 ТУ
5КП	МИП	КАМ	МДС	МДС	МТТ	МТТ	МТИ	МТИ	МТУ	резерв	1...32 ТС, 33...64 ТТ, 9...16 число-імпульсних каналів та 5...8 кодових каналів, 1...96 ТУ
6КП	МИП	КАМ	МДС	МДС	МТТ	МТИ	МТИ	МТИ	МТИ	МТУ	33...64 ТС, 1...32 ТТ, 25...32 число-імпульсних каналів і 13...16 кодових каналів, 1 ... 96 ТУ
7КП	МИП	КАМ	М2М	МДС	МДС	МТТ	МТТ	МТИ	МТИ	МТУ	33...64 ТС, 33...64 ТТ, 9...16 число-імпульсних каналів і 5...8 кодових каналів, 1...96 ТУ
8КП	МИП	КАМ	М4А	МДС	МДС	МТТ	МТИ	МТУ	КЩ	резерв	33...64 ТС, 1...32 ТТ, 1...8 число-імпульсних каналів і 1...4 кодових каналів, 1...96 ТУ, сполучення з місцевим щитом відображення даних

Пристроєм КП, які виконані у в двох кожухах КП-мікро, необхідно надавати дві різні адреси для того, щоб забезпечити автоматичну ретрансляцію даних у другий кожух без зміни програми адаптації.

Склад другого кожуха КП вибирається аналогічно наведеним прикладам першого кожуха. Рекомендується навантажувати обидві частини пристрою КП приблизно однаково, щоб забезпечити максимальну продуктивність КП в цілому.

Завдяки поєднанню різної кількості та типів функціональних модулів в кожухах можливо забезпечувати виконання в повному обсязі необхідних функцій ІУТК, а передача будь-яких обсягів та видів інформації відбувається з достатньою ступеню достовірності та оптимальними параметрами для умов застосування.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

3. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕЛЕМЕХАНІКИ НА ДІЛЯНЦІ К-Д

3.1 Система телемеханіки «Лісна»

Передача сигналів телекерування в існуючій системі телемеханіки "Лісна", здійснюється по загальному для всіх контрольованих пунктів частотному каналу зв'язку, а передача телесигналів інформації – по індивідуальних частотних каналах зв'язку. Пристрій телекерування має один загальний передавальний напівкомплект та індивідуальний приймальний, а пристрій телесигналізації – індивідуальні прийомні та передавальні напівкомплекти. Використана імпульсна ознака – часова. Кодування в пристроях телекерування здійснюється тільки на імпульсах, а в пристроях телесигналізації – або тільки на імпульсах, або одночасно на імпульсах і паузах.

На сьогоднішній день існують:

- комплект апаратури з частотним розділенням каналів «Лісна Ч» для підконтрольних пунктів з великим об'ємом інформації, що передається (15 пунктів по 80 двопозиційних команд і по 123 телесигнали на кожний), призначений для телекерування тяговими підстанціями та постами секціонування;
- комплект апаратури з часовим розділенням каналів «Лісна В» для пунктів з малим об'ємом інформації (20 пунктів по 16 двопозиційних команд та 22 телесигнали або 40 пунктів по 8 двопозиційних команд та 8 телесигналів на кожний), призначений для телекерування роз'єднувачами контактної мережі та невеликими постами секціонування;
- комплект апаратури телевимірювання (ТВ); для «Лісна Ч» встановлюється по два або одному комплекту ТВ на кожний пункт в залежності від об'єму інформації; для «Лісна В» – по одному на кожний підконтрольний пункт;
- комплект апаратури реєстрації, який відноситься до «Лісна Ч», призначений для фіксації аварійних відключень комутуючих силових

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

вимикачів: на 12 контрольованих пунктах та для фіксації передачі команд на 16 пунктів;

- комплект апаратури для прийому інформації про відстань до місця пошкодження контактної мережі та високовольтних лініях живлення пристроїв СЦБ, аналогічний комплекту апаратури для прийому інформації ТВ;

- комплект апаратури частотних каналів зв'язку, розрахований на утворення 19 незалежних каналів в тональному та надтональному діапазонах частот. Відстань дії апаратури без проміжних підсилювачів при сталевих повітряних лініях становить до 160 км, при кабельних – до 200 км (при симплексному зв'язку);

- апаратура переприйому для каналів зв'язку, дозволяє збільшити відстань передачі до 300...400 км.

У зв'язку з досить тривалим терміном експлуатації та застарілим обладнанням даної системи, досить поширеним є явище відмови телемеханіки, що негативно впливає на ефективність роботи. Також суттєвою проблемою постають значні матеріальні-технічні затрати на ремонт та обслуговування пристроїв телемеханіки.

3.2 Система захисту інформаційних повідомлень

При ускладненні технологічних процесів і режимів роботи залізниць у сучасних умовах експлуатації необхідно удосконалення та підвищення надійності комплексів керування системою тягового електропостачання, що функціонують в умовах внутрішніх та зовнішніх загроз, під якими розуміються потенційно можливі події, дії та процеси, які можуть привести до відмов комплексу.

Інформація, як сукупність знань про фактичні дані і залежності між ними, стала стратегічним ресурсом, вона – основа для вироблення будь-якого рішення. Тому захист інформаційних активів телемеханічних комплексів керування тяговим електропостачанням, будучи складною, наукоємкою проблемою по суті, в умовах впровадження сучасних інформаційних

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологій, створення розподілених обчислювальних систем і мереж зв'язку керування електропостачанням електрифікованих залізниць, набуває особливої гостроти.

В той же час, циркулююча в територіально розподілених системах і мережах керування тяговим електропостачанням залізниць інформація стає уразливою у зв'язку із зростанням різноманіття загроз несанкціонованого її отримання та використання.

Використання застарілої апаратури в комплексах телемеханіки «Лісна», збільшення об'ємів оброблюваної інформації та розширення кола користувачів, приводять до нових можливостей несанкціонованого доступу до ресурсів і даних інформаційної системи, до їх високої вразливості. Ефективність механізмів захисту інформаційних даних (команди телекерування, телесигналізації, телевимірювань, обліку електроенергії, реєстрації аварійної інформації, організації автоматизованих робочих місць диспетчерів, тощо) в значній мірі залежить від сучасних алгоритмів, та програмно-технічних рішень які використовуються в нових системах ІУТК.

Необхідно враховувати, що під захистом інформації розуміють захист не тільки комп'ютерної інформації, але і безліч інших аспектів, наприклад: захист каналів телемеханічного зв'язку, захист фізичних об'єктів інформаційної системи (диспетчерські і контрольовані пункти), технічний захист інформації на об'єктах інформаційної системи (диспетчерські і контрольовані пункти), придушення побічних електромагнітних випромінювань і багато інше [14].

Інформаційно-керуючі телемеханічні комплекси «Граніт», побудовані на новій технологічній основі і сучасних технологічних засобах. Вказані системи забезпечують не тільки автоматизацію керування технологічним процесом, але і дозволяють вирішити питання організаційно-економічного управління, діагностики устаткування тягових підстанцій, аналізу інформації і формування енергооптимальних рішень при управлінні [10].

Сучасні обчислювальні системи можуть працювати в мультипрограмному режимі (одночасно вирішується декілька завдань керування тяговим

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електропостачанням залізниць), в мультипроцесорному режимі (створюються умови для вирішення програми завдання декількома паралельно працюючими ПЕОМ, процесорами, число яких визначається кількістю контрольованих пунктів), а також в режимі розділення часу, коли до інформаційних ресурсів одночасно може звертатися велика кількість абонентів (багаторівнева система керування тяговим електропостачанням). При таких режимах роботи в пам'яті комп'ютерів одночасно можуть зберігатися програми і масиви даних різних користувачів або серверами одночасно підтримуватиме зв'язок значне число абонентів. В системі «Граніт» набагато краще в порівнянні з системою «Лісна» вирішено як проблеми фізичного захисту інформації, так і захист її від користувачів, які несанкціоновано уклинюють в обчислювальний процес.

Згідно проведеного аналізу експлуатаційної надійності комплексів керування різних поколінь покращення системи захисту нових комплексів проведено в наступних основних напрямках [14]:

- захист каналів зв'язку;
- захист центрально прийомо-передавальної станції (ЦППС) диспетчерського пункту (ДП), ПЕОМ контрольованих пунктів (КП) та програмного продукту;
- захист функціональних модулів (ФМ) комплексу;
- захист системи керування від внутрішніх та зовнішніх силових дій;
- захист об'єктів інформаційної системи ДП (ЦППС), КП.

Тому удосконалення системи телемеханіки на ділянці К-Д необхідне для забезпечення захисту інформації від загроз, а в нових комплексах керування тяговим електропостачанням виконано узгоджене застосування різномірних заходів захисту на досить високому рівні.

3.3 Підвищення інтегральної вірогідності інформації ІУТК

Для зменшення імовірності перекручування інформації в сучасних системах телемеханіки АСУ тягового електропостачання необхідно розглядати основні параметри – надійність, перешкодозахищеність, швидкодія та вірогідність у

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

їхньому взаємозв'язку, а покращення будь-якого з перелічених параметрів не повинно впливати на погіршення іншого.

Для одержання високого рівня захищеності повідомлень від перекручувань інформаційний код повинний синтезуватися з декількох компонентів, причому структура коду окремих компонентів може не збігатися. Так, у ІУТК «Граніт» формується умовно кореляційний біімпульсний код, обрамлений циклічним кодом, причому при двуетапном кодуванні використовуються ті самі вузли модулів, тобто виконується умова перевірки працездатності елементів «у динаміці», і мінімізується імовірність невиявленого перекручування коду через несправність будь-якого елемента, розміщеного в трасі доставки сигналу від датчика приймачеві.

Перешкодозахищеність по «стандартній» методології визначається імовірністю виявлення перекручувань прийнятої інформації перешкодами, що діють у каналі зв'язку між КП і ЦППС. В старих системах для підвищення перешкодозахищеності ІУТК вважалося за достатнє використання для передачі більш могутніх перешкодозахисних кодів. Однак дія перешкоди, що заважає, відчувається не тільки в каналі зв'язку КП– ЦППС, але й в інших компонентах траси датчик-приймач інформації. У перспективних мікропроцесорних системах залізничної автоматики і телемеханіки для виявлення несправностей в окремих платах і вузлах використовується так називаний сигнатурний аналіз, заснований на принципі декодування циклічних кодів і полягає в тім, що тестова послідовність, що надходить з виходу контрольованої плати або вузла, поділяється в схемі розподілу на деякий виробляючий багаточлен [15]. Залишок від розподілу є ознакою несправності. У нових цифрових системах зв'язку і передачі даних найбільше поширення одержали циклічні коди для виявлення помилок різної кратності, названі кодами циклічної перевірки надмірності (CRC - Cyclic Redundancy Check). Ефективність CRC для виявлення помилок на багато порядків вище простого контролю парності. В даний час стандартизовано кілька типів утворюючих поліномів. Уведення

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

перешкодозахисних кодів с системі телемеханіки «Граніт» дозволяє одержати рівень імовірності не виявленого перекручування, рівний $10^{-14} \dots 10^{-16}$.

Очевидно, що в більш старих системах телемеханіки, міри, які прийняті для підвищення перешкодозахищеності – велике збільшення «потужності» кодів, введення загороджувальних фільтрів і т.п., можуть збільшити імовірність затримки прийому даних до величини, що перевищує встановлений поріг, тобто переводять прийняті дані в розряд недостовірних – реальні процеси, що спотворюють, (особливо аварійні) на об'єкті. Тому показники перешкодозахищеності необхідно розглядати в контексті реальної вірогідності.

Прийнятий стандартний показник швидкодії являє собою добуток номінальної швидкості комутації сигналів у каналі зв'язку (у бітах у секунду) на довжину (у бітах) переданого інформаційного повідомлення.

У дійсності отриманий показник не враховує реальну швидкодію, що є вірогідностною характеристикою і як правило визначається: часом передачі інформаційного повідомлення по прямому каналу зв'язку КП–ЦППС, імовірністю неспотвореного прийому переданого повідомлення приймачем, часом реакції приймача на отримане повідомлення, часом передачі від приймача (ЦППС) повідомлення про виявлені (невиявлені) перекручування, затримкою початку повторної передачі інформаційного повідомлення при виявленні перекручування, часом повторної передачі повідомлення та ін.

Очевидно, що реальну швидкодію передачі інформації в застарілих системах телемеханіки можливо підвищити при модернізації за допомогою нових сучасних модулів ІУТК.

3.4 Модернізація системи телемеханіки «Лісна» на ділянці К-Д

3.4.1 Аналіз нової системи телемеханічного керування

Нова автоматизована система телемеханічного керування виконана на базі сучасних мікропроцесорів та мікроконтролерів. Вона сполучає у собі функцію оперативного контуру (АРМ диспетчера), автоматизованої системи обліку споживання електричної енергії та реєстратора позаштатних та аварійних подій. Для інформаційних обмінів між центральною приймально-

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

передавальною станцією (ЦППС) і периферійними КП використовується виділена пара проводів, ущільнені, радіо та оптоволоконні канали або існуючі лінії зв'язку попередньо встановлених систем телемеханіки. Протоколи та формати передачі даних, які використовуються в системі, рекомендовані Міжнародним Електротехнічним Комітетом (МЕК) до використання в системах телемеханіки. Протокол орієнтований на максимальне використання пропускної здатності магістральних каналів зв'язку. Підвищення реальної швидкодії досягається за рахунок введення процедур централізованого опитування КП, підключених до однієї магістральної лінії зв'язку, і наступного пріоритетного адресного опитування КП, що підготували інформацію для передачі в ЦППС [16].

Принциповою відмінністю даної системи від попередньої є цифровий спосіб кодування і передачі інформації, що дає можливість при використанні високошвидкісних каналів зв'язку збільшити швидкість передачі даних у десятки разів (у порівнянні зі швидкістю передачі по традиційних каналах ТК/ТС). Крім цього, як усяка програмно-апаратна система, вона має більшу інформаційну ємність, гнучку структуру побудови, можливість адаптації до умов енергокола програмним шляхом і більшим ступенем захищеності інформації, передаваної по зашумленим каналам зв'язку.

Габарити нової системи телемеханіки значно менші в порівнянні з системою «Лісна», завдяки сучасній елементній базі. Завдяки модульності виконання, система дозволяє збільшувати кількість телекерованих і телевимірюваних об'єктів з невеликими витратами в порівнянні з «Лісна», де доводилося встановлювати додаткові комплекси телесигналізації і телекерування.

Ремонт модульних систем виконується значно швидше, що у свою чергу підвищує надійність роботи нової автоматичної системи керування і дозволяє скоротити штат обслуговуючого персоналу.

З вище викладеного видно, що сучасна система має більш широкі можливості: простоту в керуванні з залученням ПЕВМ; АРМ диспетчера, що у свою чергу підвищує оперативність різного роду робіт; АСКОВЕ дозволяє

					02.15.ЕЕ2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

оперативно одержувати інформацію про споживання електроенергії; модульність системи дозволяє робити швидку заміну модулів, що вийшли з ладу; має невеликі габарити в порівнянні зі старими аналоговими системами; можливість об'єднання всіх існуючих АСК, де потрібне керування віддаленими об'єктами, збір, обробка оперативної інформації і т.п.

3.4.2 Організація каналів зв'язку та протоколу передачі даних

В новій автоматичній системі управління застосовується організація каналів зв'язку, яка передбачає поетапну заміну існуючих систем телемеханіки "Лісна". Для передачі даних доступні два типи каналів: вузькосмугові з частотою 180 Гц і широкосмугові, які займають весь частотний спектр. Таке рішення дозволяє забезпечити спільну роботу системи телемеханіки "Лісна" та нової системи на одній лінії зв'язку. Для лінії зв'язку ТС та ТУ максимально можливе число частотних каналів не більше 19 (16 для ВЧ каналу). Кожен вузькосмуговий канал забезпечує максимальну швидкість передачі інформації 100 бод, тоді як широкосмуговий канал дозволяє досягти швидкості 2400 бод. Апаратура зв'язку включає цифрові сигнальні процесори, які забезпечують цифрову обробку сигналів на лінії зв'язку. Завдяки цьому реалізується можливість використання різних протоколів зв'язку, включаючи ті, що застосовуються у стандартних модемах. Програмне забезпечення апаратури зв'язку може бути змінено для підтримки потрібних протоколів зв'язку.

Формат передачі даних заснований на FT1.2 та забезпечує ймовірність помилки, що не виявляється, для команди ТУ - не більше 10^{-18} , для ТС - не більше 10^{-10} . Відмова від циклічної передачі телесигналізації виникає завдяки підвищенню надійності передачі. Це в свою чергу дає можливість звільнити канал зв'язку для передачі додаткової інформації (телевимірювання, діагностика, витрата електроенергії).

До кожного частотного каналу може бути підключено 1...16 КП. Диспетчерський пункт веде циклічне опитування контрольованих пунктів, під час якого КП передає інформацію про події, що відбулися між опитуваннями із зазначенням часу виникнення. При не отриманні даних про події КП формує

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для ДП коротку позитивну квитанцію, що підтверджує працездатність апаратури КП та лінії зв'язку.

При поетапній модернізації працюючого устаткування системи телемеханіки "Лісна" апаратура АСУ підтримує спільну роботу з новими системами. Встановлення необхідних форматів передачі даних та протоколів зв'язку здійснюється програмно і не потребує заміни апаратного забезпечення.

3.4.3 Апаратура контрольованого пункту

Апаратура контрольованого пункту включає модуль зв'язку (ведучий), один чи кілька функціональних (відомих) модулів та блок живлення. Для передачі даних між модулем зв'язку та функціональними модулями, використовується трипровідна магістраль на базі інтерфейсу RS485. Режими та параметри роботи модулів зберігаються в незалежній пам'яті, а для синхронізації модулів використовується комп'ютер чи ноутбук.

Модуль зв'язку містить мікроконтролер, що визначає логіку роботи пристрою та спецмодем на базі цифрового сигнального процесора, що забезпечує зв'язок із диспетчерським пунктом. Для передачі та прийому інформації використовується 4-х провідна лінія зв'язку, яка забезпечує чутливість по входу не гіршу за -33 дБ, а придушення в смузі непрозорості на рівні -60 дБ. Реалізовано функцію вимірювання та цифрового регулювання рівня вихідного та вхідного сигналів. Можлива підтримка різних форматів передачі даних, таких як FT1.2, "Лісна" та інших.

Ведучий модуль.

Модуль ТУ-ТС, побудований на основі мікроконтролера, має можливість підключення 22 об'єктів ТС та 14 об'єктів ТУ. Важливо відзначити, що вхідні ланцюги модуля повністю ізольовані від схеми управління. Для опитування датчиків ТС використовується напруга 24 В, а мінімальний струм опитування становить 5 мА. Однак, з метою зниження споживання енергії датчики опитуються в імпульсному режимі, що дозволяє знизити середнє значення струму опитування до 0,1 А. Період опитування датчиків складає не більше 10 мс.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інформація про зміну положення датчиків записується в пам'ять і передається в ведучий модуль. Важливо, що модуль оснащений автоматичною системою тестування вхідних ланцюгів. Якщо в процесі тестування виявляється несправність, модуль надсилає повідомлення у ведучий модуль із зазначенням номера неполадкового входу. Вихідні ланцюги модуля ТУ-ТС здатні забезпечити при напрузі 24 В струм до 1 А. Програмно реалізовано вибір алгоритму роботи модуля підтримки схеми "з одним об'єктовим реле", при якому два виходи одного з модулів ТУ-ТС забезпечують вибір операції, тоді як інші виходи забезпечують вибір об'єкта, або з "двома об'єктовими реле", де для кожного об'єкта використовуються два виходи.

Крім того, модуль оснащений автоматичною системою тестування вихідних ланцюгів. Якщо в процесі тестування виявляється несправність, модуль надсилає повідомлення у ведучий модуль із зазначенням номера несправного виходу. Це дозволяє оперативно виявляти можливі проблеми в системі та реагувати на них.

Ведений модуль.

Модуль телевимірювань дає можливість підключення 8 датчиків струму або напруги, які повинні мати вихід по струму 0...20 мА. За допомогою даних датчиків можливо проводити виміри параметрів які виходять за встановлені межі, реєструвати подію "за запитом", фіксувати струми кз. При цьому похибка вимірів складає не більше 1,5%.

Потужність блоку живлення складає 25 Вт та забезпечує для мікроконтролерів напругу величиною +5 В, а для опитування ланцюгів ТУ і ТС напругу +24 В.

3.4.4 Енергодиспетчерський пункт

Обладнання диспетчерського пункту в своєму розпорядженні має щит телесигналізації з комп'ютерними моніторами та адаптер зв'язку диспетчерського пункту. Адаптер зв'язку виконує забезпечення необхідних протоколів при модернізації системи «Лісна» із застосуванням нової системи телемеханіки. На малогабаритному щиті та екрані дисплея відтворюється

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

положення об'єктів телесигналізації. Комплекс програм "АРМ енергодиспетчера" забезпечує технологічну підтримку енергодиспетчера, а персональний комп'ютер використовується для подачі команд телекерування. Для налаштування, діагностики та ремонту апаратури АСУ використовується комплекс сервісних програм.

Адаптер зв'язку виконаний для забезпечення прийому команд ТС та передачу команд ТУ до каналів зв'язку телемеханіки, передачу ТС та прийом команд ТУ від персонального комп'ютера. Адаптер зв'язку складається з спеціалізованого модему з цифровим сигнальним процесором, мікроконтролеру та блоку живлення. Спеціалізований модем забезпечує підключення двох ліній ТС та двох ліній ТУ.

Для вибору способу та характеристик модуляції вимірювання, а також визначення рівня сигналів у лінії зв'язку виконано спеціальне програмне забезпечення, яке підтримує протоколи зв'язку систем телемеханіки «Лісна» та нової системи. При цьому забезпечено чутливість на вході -34 дБ, а придушення на рівні непрозорості - 60 дБ. Виконання 22-х частотних каналів прийому та стільких ж каналів передачі в 2-х лініях зв'язку телеуправління та 2-х лініях телесигналізації виконується за допомогою відповідних протоколів зв'язку. Обробка отриманих від контрольного пункту даних виконується адаптером зв'язку, далі перетворення форматів та передача інформації на щит телесигналізації і персональний комп'ютер. При виконанні форматів передачі даних існуючої системи телемеханіки "Лісна" адаптер зв'язку забезпечує прийом і аналіз на достовірність серій ТС, контроль стану контрольованих об'єктів, передачу даних про зміну стану об'єктів в комп'ютер та на щит телесигналізації та виконує формування холостих та командних серій ТУ.

На щиті телесигналізації для контролю стану об'єктів використовуються світлодіоди двох кольорів. Включеному об'єкту відповідає червоний колір елемента індикації, а відключеному – зелений. На ненормальне становище об'єкта телесигналізації вказує висока яскравість світіння світлодіода.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реалізовано 2 режими відтворення даних - режим «темного щита» та режим «світлого щита». В режимі «темного щита» світяться тільки ті світлодіоди, які відповідають об'єктам, що перебувають в ненормальному положенні. У режимі «світлого щита» світлодіоди, які відповідають об'єктам в нормальному положенні, світяться зниженою яскравістю. За допомогою програмного забезпечення можливо задавати яскравість світлодіодів, що відповідає нормальному і ненормальному стану об'єктів. Якщо на протязі заданого проміжку часу не виникає зміна положення об'єктів, що знаходяться в нормальному положенні, то індикація автоматично гаситься. При зміні положення об'єкту або по команді диспетчеру виконується автоматичне відновлення індикації світлодіодів.

Щит складається з малогабаритних панелей індикації (МПП) та забезпечує індикацію положення 96 двопозиційних об'єктів. МПП призначена для відображення стану об'єктів телесигналізації на диспетчерських пунктах при заміні диспетчерського полукомплекта апаратури існуючих систем телемеханіки при їх модернізації. Індикація виконується світлодіодами на фоні мнемонічної схеми ділянки (рис. 3.1). За допомогою інтерфейсу RS-485 виконується об'єднання даних панелей та підключення до персонального комп'ютера. Максимальна кількість МПП, що підключаються до персонального комп'ютера дорівнює 32, а швидкість обміну даними між ПК і МПП складає 9600 бод. Тестування виходів та елементів індикації відбувається в автоматичному режимі. Невеликі габарити щита телесигналізації дозволяють встановити його на столі у енергодиспетчера.

Вивід інформації на панель здійснюється від персонального комп'ютера. У комплекті з універсальним приймачепередатчиком та комп'ютером повністю замінює диспетчерський комплект телемеханіки «Лісна». При цьому не потрібна заміна апаратури на КП, що дозволяє виконувати поетапну модернізацію систем телемеханіки.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

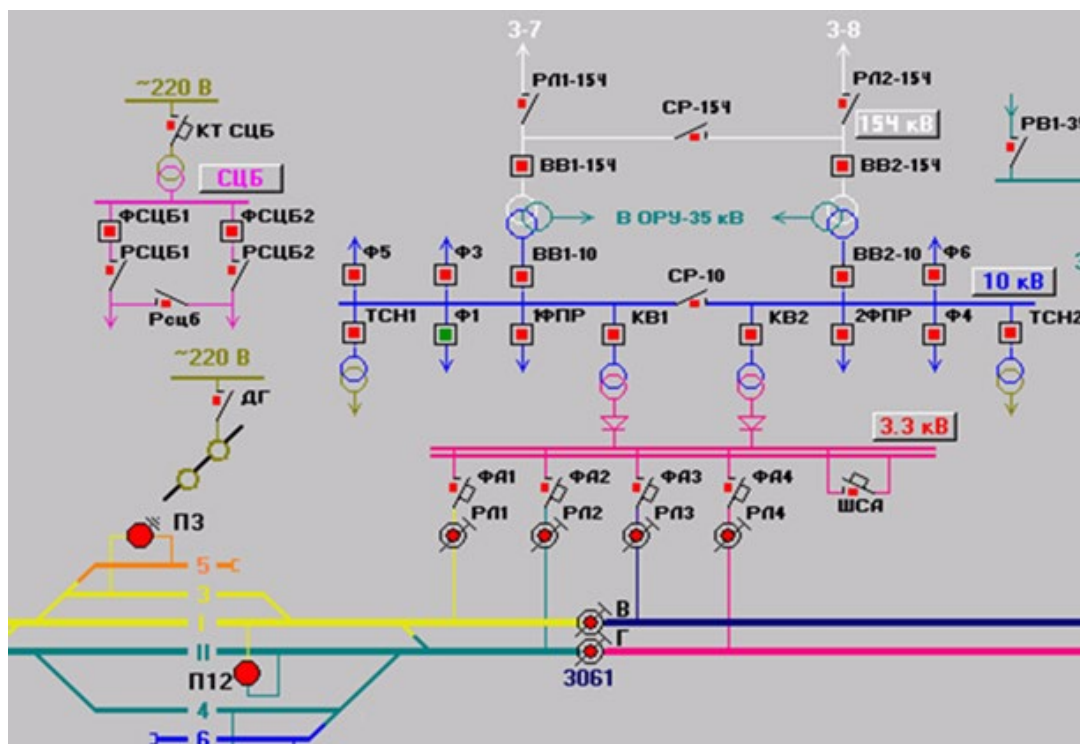


Рисунок 3.1 – Ділянка схеми секціонування на екрані дисплея

Програмне забезпечення диспетчерського пункту працює під керуванням ОС Windows та реалізує виконання важливих функцій, таких як:

- підготовка бази даних АРМ, даних щодо об'єктів телеуправління та телесигналізації, схеми ділянки різних видів, нормативно-довідкова інформація;
- динамічне відтворення положення об'єктів ТС;
- введення команд ТУ з автоматичним формуванням текстів наказів та повідомлень, у тому числі формування тексту циркулярного наказу;
- автоматизація оперативного забезпечення робіт за заявками, у тому числі автоматичне виконання перемикачів, автоматичне формування текстів наказів на заборону та скасування заборон руху поїздів, наказів та повідомлень на виконання робіт;
- автоматизація ведення добової відомості;
- аналіз схеми електропостачання в реальному часі з відображенням кольором ділянок під напругою або без напруги;
- діагностика системи телемеханіки.

3.4.5 Модуль зв'язку TMSM-3

Модуль «TMSM-3» призначений для роботи в складі нової системи телемеханіки. Він включає в себе спеціалізований модем на базі цифрового сигнального процесора для зв'язку з диспетчерським пунктом і призначений для організації зв'язку, і керування підлеглими модулями: «TMSS-3» (телекерування і телесигналізації), «TMSI-3» (телевимірювань) (рис.3.2).

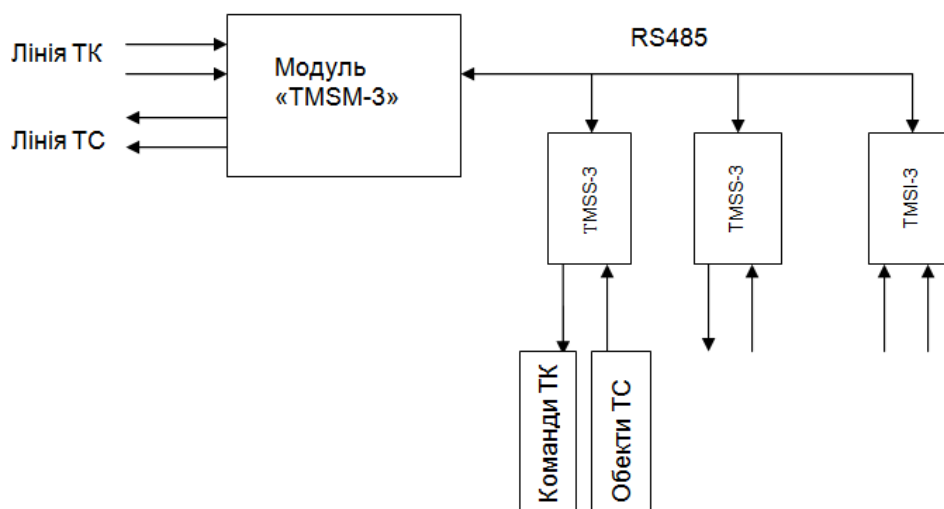


Рисунок 3.2– Принцип з'єднання модулів

Для настройки модуля використовується переносний пульт, виконаний на базі «кишенькового комп'ютера». В модулі закладена функція вимірювання та цифрового керування рівнем вхідного і вихідного сигналів. Залежно від настройки модуля, можлива підтримка форматів передачі даних FT1.2, «Лісна».

Модуль зроблений на базі сигнального мікропроцесора та виконує демодуляцію частотно-модульованих сигналів системи телемеханіки «Лісна».

Підключається до ліній зв'язку телеуправління та телесигналізації і зчитує інформацію в персональний комп'ютер. Призначений для заміни каналоутворюючої апаратури диспетчерського полукомплекту телемеханіки.

Для передачі даних може використовувати повітряні, кабельні, високочастотні і радіорелейні лінії зв'язку з мінімальним рівнем сигналу в окремій частотній смузі лінії зв'язку ТС -33 дБ. Максимальна потужність сумарного сигналу для передачі в лінію зв'язку телеуправління складає +5,2 дБ,

а придушення в смузі непрозорості -60 дБ. Модуль споживає струм не більше 120 мА. Максимальна кількість виконавчих модулів ТУ-ТС, ТІ, що підключаються дорівнює 256 [8].

Модуль застосовується для поетапної заміни апаратури КП існуючої системи телемеханіки «Лісна». В комплекті з виконавчими модулями ТУ-ТС повністю замінюють існуючі пристрої телемеханіки контрольованого пункту. При цьому не потрібна заміна апаратури, як на диспетчерському пункті, так і на інших КП.

3.4.6 Виконавчий модуль телеуправління і телесигналізації ТМСС-3

Модуль контролю і керування телемеханікою ТМСС-3 призначений для видачі сигналів телеуправління на проміжні реле систем телемеханіки, а також для контролю стану сигналів телесигналізації і встановлюється на лінійному контрольованому пункті.

Модуль виконує наступні функції:

- безперервне опитування і визначення стану сигналів ТС;
- безперервний контроль внутрішніх ланцюгів ТУ, ТС і обмоток зовнішніх реле;
- прийом по інтерфейсу RS-485 керуючих команд і видача відповідних повідомлень про стан модуля і стан сигналів ТС;
- видача сигналів телекерування на проміжні реле системи телемеханіки.

Модуль виконаний на базі мікроконтролера та дозволяє підключити 22 об'єкти ТС і 14 об'єктів ТУ. На одному КП може бути встановлено будь-яку кількість даних модулів. Всі вони приєднуються по 3-х провідній системі до одного ведучого модулю ТМСС-3.

Вхідні ланцюги модуля гальванічно відділені від схеми управління. Напруга опитування датчиків ТС складає 24 В при струмі не менше 5 мА. Виконання опитування датчиків проводиться з періодом не більше 10 мс, процес проходить в імпульсному режимі, що необхідно для зменшення середнього значення струму опитування до 0,1 А. Інформація про стан датчиків записується в пам'ять модуля і потім передається на ведучий модуль ТМСС-3. Тестування вхідних ланцюгів виконується в автоматичному режимі. При

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

визначенні несправності інформація передається в ведучий модуль із зазначенням номера несправного входу. Струм споживання модуля складає 40 мА, а вихідні ланцюги модуля можуть забезпечити струм до 1 А при напрузі 24 В.

При застосуванні схеми «з одним об'єктовим реле», два виходи одного з модулів забезпечують вибір операції, а інші забезпечують вибір об'єкту. При використанні схеми з «двома об'єктовими реле» для кожного об'єкта використовується два виходи. Для підтримки одного із визначених варіантів схем підключення об'єктів ТУ, програмно виконується вибір алгоритму роботи модуля. Тестування вихідних ланцюгів виконується в автоматичному режимі. При визначенні несправності інформація передається в ведучий модуль із зазначенням номера несправного виходу.

Модуль призначений для поетапної заміни пристроїв КП існуючих систем телемеханіки «Лісна». В комплекті з ведучим модулем TMSM-3 повністю замінюють діючу апаратуру телемеханіки КП. При цьому не потрібна заміна пристроїв, як на диспетчерському пункті, так і на інших контрольованих пунктах.

3.4.7 Універсальний приймач телемеханіки

Універсальний приймач телемеханіки виконує демодуляцію частотно-модульованих сигналів системи телемеханіки «Лісна». Виконаний на базі сигнального мікропроцесора, підключається до ліній зв'язку телеуправління та телесигналізації та вводить інформацію в персональний комп'ютер. Забезпечує повну заміну каналоутворюючих пристроїв диспетчерського напівкомплекта телемеханіки.

Для лійній зв'язку можливе використання повітряних, кабельних, високочастотних та радіорелейних ліній. Для телесигналізації максимальна кількість фізичних ліній які підключаються складає 2, а для телеуправління – також 2. Максимальний рівень сигналу для передачі в лінію зв'язку телеуправління складає +5,2 дБ, а мінімальна потужність сигналу в окремій

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

частотній полосі лінії зв'язку телесигналізації -33 дБ. Підключення до персонального комп'ютера виконується через порт типу RS-232.

Модуль призначений для заміни каналоутворюючої апаратури діючої системи телемеханіки «Лісна» енергодиспетчерського пункту.

Завдяки модернізації існуючої системи телемеханіки «Лісна» на ділянці К-Д за допомогою використання елементів комплексу телемеханіки нового покоління отримаємо можливість підвищення швидкодії передачі даних між елементами системи; зниження імовірності перекручувань інформації; та підвищення фізичного захисту даних.

Економічна ефективність при модернізації системи телемеханіки заключається в зменшенні амортизаційних видатків за рахунок застосування нової та більш досконалої апаратури. Дане обладнання не потребує значних витрат на обслуговування та ремонт, тому існує можливість в зменшенні кількості працівників на тяговій підстанції.

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

В результаті аналізу тенденції розвитку автоматизації управління електротехнічним обладнанням та сучасних виробників інформаційно-керуючих телемеханічних комплексів для АСУ визначено, що в Україні існує достатньо виробників для забезпечення даних систем на сучасному та достатньо високому рівні.

Сучасні мікропроцесорні інформаційно-керуючі телемеханічні комплекси забезпечують в повному обсязі вирішення ряду нових задач, особливо обробку зростаючого потоку інформації як для оперативного керування технічними засобами, обліку електроенергії, вимірювання втрат, струмів, напруги та відстані до місця короткого замикання в контактній мережі, так і для планування та організації роботи дистанцій та служб електропостачання. Методи кодування, нові алгоритми обробки і більш захищені протоколи передачі даних дозволили знизити імовірність викривлення даних по всій лінії від джерела до елемента реєстрації до рівня 10^{-14} .

В системі ІУТК «Граніт» системні, алгоритмічні, схемні рішення спрямовані на підвищення рівня інтегральної достовірності даних, тобто ймовірності отримання приймачем неспотвореної інформації від джерела із затримкою, що не перевищує встановлену межу.

В роботі розглянуто можливість встановлення нової автоматичної системи керування з використанням інформаційно-керованого телемеханічного комплексу «Граніт». Докладно розглянуто принципи функціонування, наведені характеристики функціональних модулів, способи організації каналів зв'язку та протоколу передачі даних, показано можливості для покращення модулів та розширення функціональності ІУТК в цілому.

На сьогоднішній день апаратура підсистем телемеханіки на базі сучасних мікропроцесорів достатньо ефективно застосовуються для створення перспективного каналутворюючого обладнання. Дане обладнання також являється досить ефективними при модернізації фізично та морально застарілої

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

апаратури каналів зв'язку та з високою надійністю може застосовуватись при необхідності захисту від електромагнітного впливу на дані канали.

У зв'язку з цим показана можливість використання необхідних модулів, встановлених в подібних пристроях телемеханіки для поетапної заміни системи «Лісна» на нову систему телемеханіки. Наведено схемні і технічні рішення при встановленні нових пристроїв.

Використання комплексу телемеханіки нового покоління дасть можливість підвищення швидкодії передачі даних між елементами системи; зниження імовірності перекручувань інформації; виключення несанкціонованого впливу на кодове інформаційне повідомлення та підвищення фізичного захисту інформації; забезпечення передачі інформації з каналів зв'язку, з вірогідністю відповідною установленим критеріям, у різних режимах роботи ІУТК.

При експлуатації нової системи відбудеться підвищення оперативності і безпеки виконання робіт з технічного обслуговування і ремонту пристроїв тягового електропостачання.

Економічна ефективність при модернізації системи телемеханіки заключається в зменшенні амортизаційних видатків за рахунок застосування нової та більш досконалої апаратури. Дане обладнання не потребує значних витрат на обслуговування та ремонт, тому існує можливість в зменшенні кількості працівників на тяговій підстанції.

					02.15.ЕЕ2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Павленко Т. П. Електропостачання транспорту: навч. посібник / Т. П. Павленко, Н. П. Лукашова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 216 с.
2. Кузнецов В.Г. Надійність і діагностика пристроїв тягового електропостачання: навчальний посібник / В.Г. Кузнецов, О.Г. Галкін, О.В. Єфімов, О.О. Матусевич. – Дніпропетровськ: Вид-во Маковецький. – 2009. – 248 с.
3. Досвід створення та впровадження інтегрованого інформаційно-керуючого телемеханічного комплексу «Граніт-мікро» [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://promex.com.ua/stati/62-opyt-sozdaniya-i-vnedreniya-integrirovannogo-informatsionno-upravlyayushchego-telemekhanicheskogo-kompleksa-granit-mikro>.
4. Особливості побудови інтегрованого інформаційно-керівного комплексу «Граніт-мікро»[електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://promex.com.ua/stati/65-osobennosti-postroeniya-integrirovannogo-informatsionno-upravlyayushchego-kompleksa-granit-mikro>.
5. Павленко Т. П. Електропостачання транспорту: навч. посібник / Т. П. Павленко, Н. П. Лукашова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 216 с.
6. Посібник із застосування модулів та блоків МИП, КАМ, КЩ, МТТ, МТИ, МТУ, МДС, МСУ, М2М, М4А, КПЩ-С, КПЩ-Т, БТУ, БПР-05-02, БУМП. Житомир, Промекс, 2002.
7. Посібник із застосування програмного забезпечення телекомплексу «Граніт-мікро». Житомир, Промекс, 2002.
8. Інформаційний матеріал із проектування та застосування інформаційно-керуючого телемеханічного комплексу «Граніт-мікро». Редакція 5, 2004. СНПП «Промекс», – Житомир, – 93 с.
9. Матусевич А. А. Основні напрямки та методи підвищення надійності апаратури та захисту інформації телемеханічних комплексів тягового електропостачання залізниць / А. А. Матусевич / Вісник Дніпропетровського

					02.15.EE2226.ПД.2023–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

національного університету залізничного транспорту. – 2007. – № 15. – С. 32–35.

10. Матусевич А. А. Деякі підходи до розвитку телемеханіки. / Залізничний транспорт України. – 2007. № 2 – С. 77–80.

11. Локазюк В. М. Надійність, контроль, діагностика і модернізація ПК. / В. М. Локазюк, Ю. Г. Савченко - К.: Академія, 2004. – 375 с.

12. Мілих В. І. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка: підручник / В. І. Мілих, О. О. Шавьолкін. – Київ: Каравела, 2007. – 688 с.

13. Матусевич А. А. Модель системи захисту інформації інформаційно-керуючих телемеханічних комплексів електропостачання залізниць . Доклад, 66 Международная конференция ДНУЗТ, 11.05 – 12.05.200.

14. Хорошко В. А. Методи та засоби захисту інформації / В. А. Хорошко, А. А. Чекатков – К. :«ЮНИОР», 2003. – 501 с.

15. Черемісін М. М. Автоматизація обліку та управління електроспоживанням: Посібник для вищих навчальних закладів. / М. М. Черемісін, В.М. Зубко. – Харків: Факт, 2005.

16. Оцінка ефективності та якості роботи інформаційно-керуючих комплексів [електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://promex.com.ua/stati/58-otsenka-effektivnosti-i-kachestva-raboty>.