

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

Решетник Сергій Анатолійович

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Модернізація електропостачання системи вуличного освітлення
м.Чернівці шляхом впровадження системи автоматизованого
управління її роботою

Виконав: студент (ка) VI курсу, групи ЕЕмз-61

спеціальності (напряму підготовки)

141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

Кафедра Електричної інженерії

Освітній ступінь магістр

Напрямок підготовки

(шифр і назва)

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«____» _____ 201__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Решетник Сергій Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Модернізація електропостачання системи вуличного освітлення м.Чернівці шляхом впровадження системи автоматизованого управління її роботи

Керівник проекту (роботи) Костик Любов Миколаївна, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом по університету від «____» _____ 201__ року №____

2. Термін подання студентом проекту (роботи)

3. Вихідні дані до проекту (роботи)

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Обґрунтування економічної ефективності			
Охорона праці			
та безпека в надзвичайних ситуаціях			
Екологія			
Спеціальна частина			

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Решетник С.А. Модернізація електропостачання системи вуличного освітлення м. Чернівці шляхом впровадження системи автоматизованого управління її роботи. 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕМЗ-61. – Тернопіль.: ТНТУ, 2019.

Стор. - 126; рис. – 28; табл. -8; креслень - 6; джерел – 35; додатків – 1.

Розроблений комплекс моделей, алгоритмів і програм дозволяє реалізувати енергоефективну систему управління вуличним освітленням з характеристиками, що відповідають вимогам нормативних документів і підвищити якість функціонування зовнішнього освітлення при економії витрат на електроенергію до 25%.

Ключові слова: вуличне освітлення, енергоефективність, система керування.

ANNOTATION

Reshetnyk S. Modernization of the street lighting system power supply in Chernivtsi by implementation of automated control system for its operation. 141 – Electricity, Electrical Engineering and Electromechanics. Ternopil Ivan Puluj National Technical University. Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering. Department of electronic engineering, group EEm3-61. – Ternopil.: TNTU, 2019.

Page – 126; fig. – 28; Tables – 8; Blueprints – 6; Sources – 35; applications - 1.

The developed complex of models, algorithms and programs allows to implement an energy-efficient street lighting control system with characteristics that meet the requirements of regulatory documents and to improve the quality of outdoor lighting while saving electricity costs by up to 25%.

Keywords: street lighting, energy efficiency, control system.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Мережі зовнішнього освітлення.....	9
1.2 Аналіз стану мережі зовнішнього освітлення.....	13
1.3 Основні системи управління зовнішнім освітленням.....	18
1.4 Аналіз надійності існуючих систем управління зовнішнього освітлення.....	21
1.5 Автоматичне управління вуличним освітленням.....	22
1.6 Висновок до розділу.....	27
2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	28
2.1 Стан систем зовнішнього освітлення м. Чернівці.....	28
2.2 Розробка варіантів технічних заходів, спрямованих на підвищення надійності систем зовнішнього освітлення.....	34
2.3 Інтелектуальна система управління зовнішнім освітлення.....	37
2.4 Переваги дистанційного керування.....	38
2.5 Висновок до розділу.....	39
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	40
3.1 Особливості інтелектуальної системи управління зовнішнього освітлення.....	41
3.2 Технічне оснащення інтелектуальної системи управління зовнішнього освітлення.....	43
3.3 Висновок до розділу.....	48
4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	49
4.1 Особливості електричної мережі як середовища передачі даних	49
4.2 Аналіз вимог нормативних документів до передачі сигналів по електричній мережі.....	49
4.3 Математичні основи передачі і прийому сигналів з відносною фазовою модуляцією.....	51

4.4	Прийом і передача даних по мережі 0,4 кВ.....	60
4.5	Розробка перешкодостійкого протоколу передачі даних.....	62
4.5.1	Постановка задачі.....	62
4.5.2	Математичне моделювання алгоритму синхронізації кадрів і розробка протоколу передачі інформації.....	64
4.6	Висновки до розділу.....	70
5	СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	71
5.1	Програмне забезпечення центру моніторингу та управління.....	71
5.1.1	Служба моніторингу.....	72
5.1.2	Проектування бази даних.....	79
5.1.3	Проектування програмного забезпечення управління та диспетчеризації.....	82
5.2	Програмне забезпечення блоку управління лінією.....	85
5.2.1	Модуль управління лінією.....	85
5.2.2	Модуль вимірювань.....	90
5.2.3	Модуль діагностики.....	92
5.2.4	Модуль управління GSM модемом.....	93
5.2.5	Модуль зв'язку з БУС.....	94
5.3	Програмне забезпечення блоку управління світильником.....	96
5.3.1	Модуль управління приймачем модуляції накладеного напруги	97
5.4	Висновки до розділу.....	98
6	ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	99
6.1	Розрахунок терміну окупності проекту по впровадженню енергоефективного обладнання у мережах освітлення (на прикладі однофазних шафи управління та 70 світильників) у м. Чернівці.....	99
6.1.1	Використання в лінії освітлення світильників типу РКУ-250.....	99
6.1.2	Використання в лінії освітлення світильників ЖКУ-150 без управління.....	100

6.1.2 Використання в лінії освітлення світильників ЖКУ-150 без управління.....	101
7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	102
7.1 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок.....	102
7.2 Перша допомога людині при ураженні електричним струмом.....	104
7.3 Заходи з охорони праці, при монтажі й експлуатації трансформатора.....	106
7.4 Дія електричного струму на людину. Перша допомога при електротравмах.....	109
8 ЕКОЛОГІЯ.....	115
8.1 Теплове забруднення довкілля.....	115
8.2 Шляхи зменшення теплового забруднення довкілля.....	117
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ.....	119
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	120
ДОДАТКИ.....	124

ВСТУП

Обґрунтування актуальності проблеми дослідження. Мережі вуличного освітлення є невід'ємною частиною інженерної інфраструктури будь-якого міста. Витрати на освітлення в мережах вуличного освітлення в населених пунктах оцінюються близько 30% від всіх муніципальних витрат на електроенергію, і з урахуванням додаткових витрат на обслуговування мереж освітлення складають досить значну частку в структурі муніципальних бюджетів, наприклад, в м. Чернівці за 2015 р електроспоживання 7,84 млн. кВт·год. За приблизними оцінками, кількість електроенергії, що йде в Україні на цілі освітлення, становить близько 14% від усього виробленого обсягу. Зменшення енергоспоживання важливо не тільки в економічному плані - це реальний внесок у вирішення проблеми зміни клімату та ефективного використання ресурсів. Тому актуальним є модернізація електропостачання системи вуличного освітлення шляхом впровадження системи автоматизованого управління її роботою.

Метою роботи є підвищення енергетичної ефективності установок зовнішнього освітлення м. Чернівці за рахунок впровадження автоматизованих систем управління їх роботою.

Об'єктом дослідження є енергетичні процеси в освітлювальних установках.

Предметом дослідження є техніко-енергетичні характеристики систем вуличного освітлення.

Завдання дослідження:

1. Дослідження структури системи управління зовнішнім освітленням і оптимізація її за критерієм енергоефективності;
2. Розробка алгоритмічного та програмного забезпечення основних структурних елементів СКЗО.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Розвинуто спосіб передачі і прийому інформації по мережі електропостачання на основі модуляції основної гармоніки напруги, що відрізняється кодуванням і структуруванням інформації за допомогою переданих маркерів, що дозволяє реалізувати адресне управління пристроями.

2. Вдосконалено і науково обґрунтовано моделі і алгоритми функціонування основних структурних елементів системи управління вуличним освітленням.

Практичне значення отриманих результатів.

1. Запропонований спосіб автоматичної діагностики і локалізації несправних світильників дозволяє знизити експлуатаційні витрати до 20%.

2. Розроблений комплекс моделей, алгоритмів і програм дозволяє реалізувати енергоефективну систему управління вуличним освітленням з характеристиками, що відповідають вимогам нормативних документів і підвищити якість функціонування зовнішнього освітлення при економії витрат на електроенергію до 25%.

Апробація результатів дослідження:

1. Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 27-28 листопада 2019.- Т. 3. – 41.

Структура роботи. Робота Складається із вступу, 8-и розділів, висновків, переліку посилань (35).

Загальний обсяг текстової частини – 126 стор., 8 табл., 28 рис.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Мережі зовнішнього освітлення

Мережі зовнішнього освітлення - одна з головних складових сучасної структури комунального господарства, вони виділяються в особливу технічну систему у великих підприємств, без них неможливо уявити експлуатацію великих сучасних доріг, гребель і мостів.

Сучасні великі мережі зовнішнього освітлення - це енергоємні автоматизовані об'єкти, правильна побудова яких значною мірою визначає ефективність праці і комфорт сучасного життя. При цьому необхідно чітко розрахувати їх розташування і раціонально розрахувати витрати енергетичних ресурсів на забезпечення роботи систем освітлення, а також витрати на ремонт і обслуговування.

Залежно від розмірів і інших особливостей мереж зовнішнього освітлення можливі різні підходи до управління включенням мереж освітлення та контролю за їх станом.

Потрібну кількість світильників зовнішнього освітлення розраховують генеральні підрядники за проектом і планом, затвердженим владою. При цьому керуються певним переліком документів з огляду на наступні фактори:

- тип населеного пункту,
- географічне розташування,
- категорія доріг і вулиць,
- тип і яскравість дорожнього покриття,
- інтенсивність руху.

Додаткове обслуговування засобів вуличного освітлення слід проводити в разі порушення рекомендованих норм освітленості (світильники виходять з ладу, перестають світити або світять тьмяно). Час роботи світильників регулюється муніципальними службами, які стверджують графік включення і виключення зовнішнього освітлення.

Згідно ДБН освітлення вулиць, доріг і площ з регулярним транспортним рухом у міських поселеннях слід проектувати виходячи з норми представлених в табл. 1.1.

При цьому середня яскравість покриття швидкісних доріг становить 1,6 кд/м² в межах міст і не менше 1,0 кд/м² поза містами на основних під'їздах до аеропортів, річкових і морських портів незалежно від інтенсивності руху транспорту.

Таблиця 1.1 – Норми середньої яскравості

Категорія	Вулиці, дороги та площі	Інтенсивність руху, авт./год	Середня яскравість кд/м ²	Е _{сер} , лк
А	Магістральні дороги	Більше 3000	1,6	20
		Більше 1000 до 3000	1,2	20
		від 500 - 1000	0,8	15
Б	Магістральні вулиці	Більше 2000	1,0	15
		більше 1000 до 2000	0,8	15
		від 500 - 1000	0,6	10
		менше 500	0,4	10
В	Вулиці і дрогои місцевого значення	500 і більше	0,4	6
		Менше 500	0,3	4
		Поодинокі автомобілі	0,2	4

Середню горизонтальну освітленість на рівні покриття непроїзних частин вулиць, доріг і площ, бульварів і скверів, пішохідних вулиць і

територій мікрорайонів в міських поселеннях слід приймати згідно з табл. 1.2-1.3.

Таблиця 1.2 - Середня горизонтальна освітленість на рівні покриття непроїзних частин вулиць, доріг і площ, бульварів і скверів, пішохідних вулиць і територій мікрорайонів в міських поселеннях

Освітлювальні об'єкти	Середня горизонтальна освітленість, лк
Категорій А и Б	10
Пішохідні вулиці: - в межах громадських центрів - на інших територіях	6
	4
Тротуари, відділені від проїзної частини на вулицях категорій: Б, В	2-4
Посадочні майданчики громадського транспорту на вулицях всіх категорій	10
Пішохідні містки	10
Пішохідні тунелі: - днем - ввечері і вночі	100
	50
Сходи пішохідних тунелів увечері і вночі	20

Таблиця 1.3 - Середня горизонтальна освітленість на рівні покриття бульварів і скверів, пішохідних вулиць і територій мікрорайонів в міських поселеннях

Освітлювані об'єкти	Середня горизонтальна освітленість, лк
Пішохідні доріжки бульварів і скверів, примикають до вулиць категорій	2-6
Території мікрорайонів	
Проїзди: - основні -другорядні, в тому числі тротуари-під'їзди	4
	2
Господарські майданчики та майданчики при сміттєзбиральниках	2
Дитячі майданчики в місцях розташування обладнання для рухливих ігор	10

У нічний час допускається зменшення рівня зовнішнього освітлення міських вулиць, доріг та площ при нормовані середньої яскравості більше 0,4 кд/м² середньої освітленості більше 4 лк за рахунок включення не більше половини світильників, виключаючи при цьому виключення поспіль розташованих, або без відключення світильників з допомогою регулятора світлового потоку розрядних ламп високого тиску в установці до рівня не нижче 50% її нормованого рівня зовнішнього освітлення.

Допускається з метою одержання додаткової економії електроенергії у вечірній і ранковий темний час доби знижувати регулятором рівень освітлення:

- на 30% при зменшенні інтенсивності руху до 1/3 максимальної величини;
- на 50% при зменшенні інтенсивності до 1/5 максимальної величини.

На вулицях і дорогах при нормованих величинах середньої яскравості $0,3 \text{ кд/м}^2$ або середньої освітленості 4 лк і менш, на пішохідних містках, автостоянках, пішохідних алеях і дорогах, внутрішніх, службово-господарських та пожежних проїздах, а також на вулицях і дорогах сільських поселень часткове або повне відключення освітлення в нічний час не допускається.

В установках зовнішнього освітлення слід використовувати світильники з розрядними джерелами світла високого тиску, в тому числі для установок освітлення вулиць і доріг з транспортним рухом - переважно з натрієвими лампами високого тиску.

1.2 Аналіз стану мережі зовнішнього освітлення

У більшості міст освітленість доріг нижче норми в 2-3 рази, світильники мають застарілу конструкцію, в світильниках використовуються низько ефективні лампи розжарювання (світловіддача 12 лм/Вт) і ртутні лампи (світловіддача 55 лм/Вт). Частка старого обладнання, включаючи не тільки світильники, але і опори, кабелі, що становить понад 60%. Схеми електропостачання не забезпечують необхідний рівень надійності установок зовнішнього освітлення.

В середньому одна лампа вуличного освітлення споживає 250 ват, таким чином, за вісім годин роботи кожне джерело світла витрачає два кіловати електроенергії, володіючи низькою світловіддачею і недовгим терміном служби. За експертними оцінками, близько 80 відсотків освітлювальних систем в Україні можна зробити більш ефективними.

У населених пунктах для освітлення вулиць, фасадів будівель, транспортних магістралей та іншої інфраструктури, в нічний час, використовується система зовнішнього освітлення. Дані мережі являють собою світильники різних конструкцій, які встановлені на опорах освітлення і живляться електроенергією по повітряним або кабельних лініях

електропередач. Штучне освітлення населених пунктів за допомогою електроенергії застосовується з моменту винаходу електроламп. За цей довгий час всі елементи мереж зовнішнього освітлення зазнали значних змін. Але принципова компоновка таких систем в цілому має такий же склад, як і на зорі промислового використання електроенергії.

Для кріплення світильників зовнішнього освітлення і для монтажу електричних проводів використовуються будівельні конструкції, елементи будівель і інженерних споруд. Але основна частина мереж вуличного освітлення прокладена з використанням опор ліній електропередачі. Мережі освітлення відносяться до ліній електропередач до 1000 В і їх експлуатаційні та технологічні параметри регламентуються Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ) [2]. При цьому якщо освітлювальні мережі виконуються з використанням ізолюваного проводу, то опори освітлення повинні забезпечувати відстань від проводу до землі не менше 5 м. При монтажі мереж неізолюваних проводом відстань повинна бути не менше 6 м.

Існують найрізноманітніші опори освітлення. Залежно від архітектурних або ландшафтних умов, для монтажу мереж вуличного освітлення можуть застосовуватися опори освітлення, виготовлені з конструкційної сталі, залізобетону або деревини. При використанні дерев'яних опор освітлення, їх кріплять до несучої пасинку, який встановлений в ґрунті. Сталеві і залізобетонні опори освітлення допускається встановлювати в ґрунт без застосування додаткових конструктивних елементів.

Часто мережі вуличного освітлення прокладаються за існуючими силовими лініями електропередачі. При цьому спільна підвіска на опорах допускається з дотриманням встановлених габаритів до землі і будівель, а також відстані до проводів іншого класу напруги.

У системах зовнішнього освітлення використовуються світильники самих різних типів, потужності і принципу дії. Найбільш широко в міських мережах застосовуються газорозрядні лампи типу ДРЛ. Також великий парк

світильників зовнішнього освітлення складають лампи розжарювання і люмінесцентні джерела світла. Лампи ДРЛ мають оптимальними характеристиками для роботи в зовнішніх умовах, але вимагають спеціальної пускової апаратури. Для освітлення проспектів, великих вулиць і автомагістралей лампи розжарювання практично не використовуються, через їх неекономічність і труднощів з виготовленням таких ламп великої потужності.

Зовнішня реклама, декоративне підсвічування фасадів будівель, інформаційні табло і т.п. найчастіше також підключені до мереж вуличного освітлення, що значно збільшує їх навантаження і висуває підвищені вимоги до пропускної здатності цих мереж і їх повноцінному захисту від короткого замикання.

Надійність роботи вуличного освітлення забезпечується цілим комплексом заходів. Серед них можна виділити: використання посиленої ізоляції, застосуванням сучасних методів кріплення проводів до ізоляторів, установку опор освітлення з підвищеною стійкістю до атмосферних явищ та інше.

Надійна і якісна система вуличного освітлення займає чільне місце в інфраструктурі сучасного міста і покликана забезпечити комфортне проживання городян.

Вуличне освітлення призначене для підвищення оптичної видимості вночі або в умовах поганої видимості. Сучасне зовнішнє освітлення включає в себе освітлення: доріг, проїжджої частини вулиць, тротуарів, площ, парків, дворів і прилеглих до них доріжок, розташованих у дворах дитячих і спортивних майданчиків. Так само до зовнішнього освітлення відносять архітектурно-художнє освітлення фасадів будівель.

За даними статистики, погана освітленість трас збільшує число дорожньо-транспортних пригод, а в темних провулках ймовірності нападу та крадіжки набагато вище.

Залежно від призначення зовнішнє освітлення може бути, як декоративним, так і функціональним. Кожен з видів освітлення вимагає застосування світильників певного типу, а при вмілому використанні штучного освітлення його утилітарні та декоративні функції можна успішно поєднувати.

Також зовнішнє освітлення підрозділяється на кшталт використовуваних ламп:

1. Світильники з лампами розжарювання, в даний час практично не використовуються;
2. Світильники з дуговими лампами;
3. Світлодіодні світильники;
4. Індукційні світильники нового покоління.

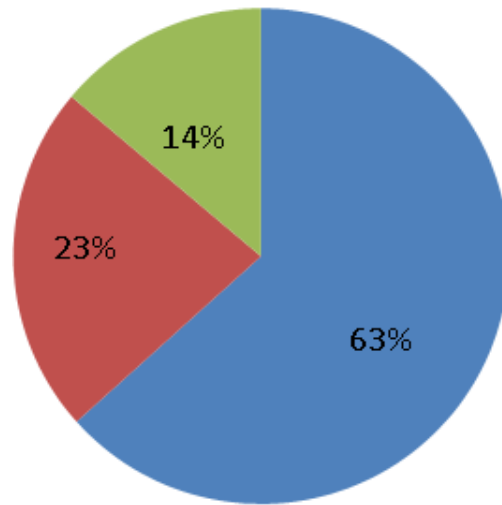
В даний час лампи ДНАТ (натрієві) і РЛВД (ртутні) найпоширеніші через свою невисоку вартості і високого рівня світловіддачі. На рис. 1.1 відображена структура ринку професійних ламп для зовнішнього освітлення в за даними дослідження 2015 року Lighting Business Consulting на основі даних митної статистики Міненерго.

Але найефективнішим з енергозбереження видом вуличного освітлення вважаються світлодіодні системи освітлення (рис. 1.2). Основна їхня перевага - це енергозбереження: витрати на електроенергію скорочуються більш ніж на 70%. Також використання світлодіодних світильників сприяє зниженню кількості ДТП, так як освітленість дорожнього полотна стає вище і рівномірніше.

Крім цього, монтаж світлодіодних світильників не вимагає певних зусиль, на відміну від світильників з ДРЛ і ДНаТ. Світлодіодні світильники не мають потреби в заміні ламп і як наслідок витрати на обслуговування відсутні.

Підвищення надійності мереж зовнішнього освітлення дозволить забезпечити енергозбереження, безперебійність живлення, і як наслідок

забезпечити безпеку на дорогах. Так як кількість ДТП і протиправних дій значно знижується при хорошому освітленні міста.



14% - Металогалогенні; 23% - ДНаТ; 63% - ДРЛ

Рисунок 1.1 - Структура ринку професійних ламп для зовнішнього освітлення за даними дослідження 2015 року Lighting Business Consulting на основі даних митної статистики Міненерго



Рисунок 1.2 – Світлодіодний світильник для освітлення доріг та вулиць

Згідно з нормативними документами включення зовнішнього освітлення проводиться при зниженні рівня природної освітленості до 20 лк, а відключення - при її підвищенні до 10 лк.

На сьогоднішній день відсутня централізований моніторинг обладнання та управління режимами роботи; відсутні режими енергозбереження; проводиться експлуатація морально застарілого та зношеного обладнання; неефективний облік електроенергії (тарифний облік або розрахункові схеми оплати); високий рівень експлуатаційних витрат; можливість несанкціонованого втручання в процес управління; екологічні проблеми (утилізація ртутних ламп).

Мережі зовнішнього освітлення є одним з великих споживачів електроенергії. Тому модернізація мереж зовнішнього освітлення є одним з ефективних і обов'язковим енергозберігаючим заходом.

1.3 Основні системи управління зовнішнім освітленням

Існує телемеханічне і дистанційне керування мережами зовнішнього освітлення. Телемеханічне управління (рис. 1.3) застосовується в містах з населенням понад 50 тис. жителів. Дистанційне керування застосовується в населених пунктах, де число жителів не перевищує 20 тис. У містах, де населення становить 20-50 тис. жителів застосовується як телемеханічне, так і дистанційне керування.

При телемеханічне управління повинні забезпечувати команди на виконавчі пункти зовнішнього освітлення «Включити все освітлення», «Включити (відключити) частина освітлення», «Вимкнути всі освітлення».

На диспетчерський пункт з виконавчих пунктів повинні передаватися сигнали: «Включено все освітлення», «Включено (відключена) частина освітлення»; «Відключено все освітлення», «Невідповідність стану освітлення до посла наказом, а також несправність в мережі зовнішнього освітлення та каналу зв'язку».

Системи дистанційного керування (рисунок 4) передбачають управління комутаційними апаратами, що забезпечують роботу освітлення у вечірні та нічні години, головних пунктів живлення послідовно включаються ділянок мережі зовнішнього освітлення та контроль їх стану за наявності напруги на кінці ділянки.

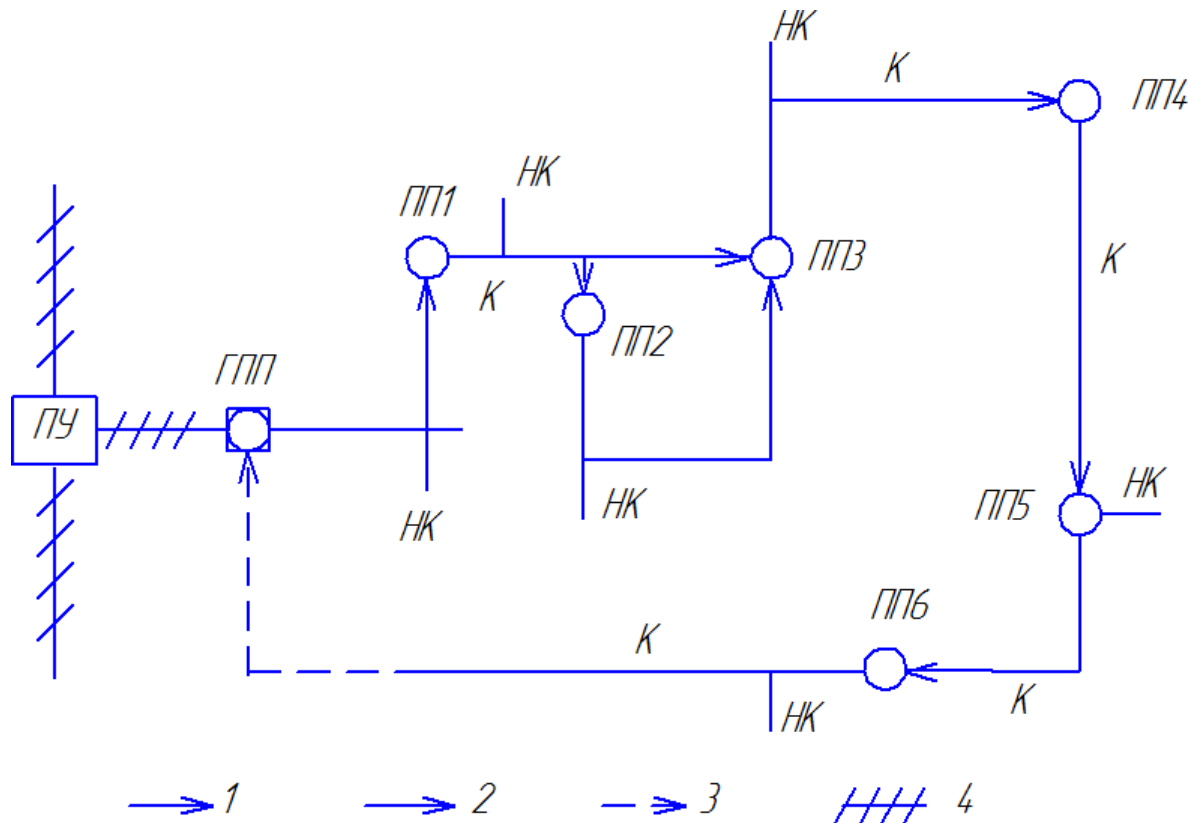


Рисунок 1.3 - Телемеханічне управління мережами зовнішнього освітлення (ГПП - головний пункт живлення; ПП1-ПП6 - проміжний пункт живлення; К - контрольовані напрямки; НК – неконтрольовані напрямку зовнішнього освітлення; 1 - лінія електроживлення світильників; 2 - лінія управління контакторами; 3 - лінія сигналізації; 4 - канал телемеханіки)

Дистанційне керування освітленням здійснюється за допомогою магнітних пускачів в лініях живильної і груповий мереж. Дана система включається з єдиного диспетчерського пункту. Причому, сигналом на включення лінії, що живиться від підстанції, буде наявність напруги на кінці лінії, що живиться від попередньої підстанції.

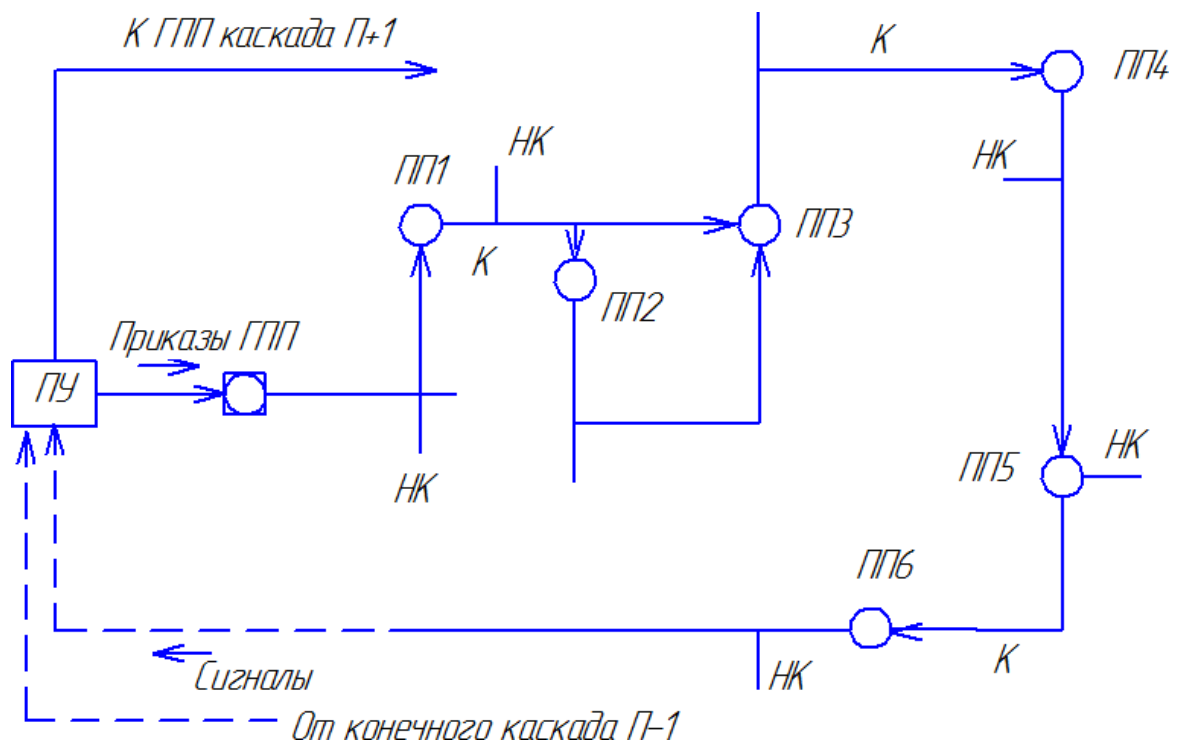


Рисунок 1.4 - Дистанційне керування мережами зовнішнього освітлення (ДПП - головний пункт живлення; пп1 - ПП6 - проміжний пункт живлення; К - контрольовані спрямування; НК - неконтрольовані напрямки зовнішнього освітлення)

В установках зовнішнього освітлення міст і населених пунктів широко застосовується каскадна схема дистанційного керування (рис. 1.5). У даній системі управління лініями зовнішнього освітлення здійснюється шляхом підключення котушки магнітного пускача другої ділянки в лінію першого, котушки пускача третьої ділянки в лінію другого, і т.д. Можлива і телемеханічна схема, при якій включення та відключення магнітних пускачів проводиться з диспетчерського пункту за допомогою телемеханічних пристроїв.

Також використовуються автоматичне програмне або напіваавтоматичне управління. В системі встановлюються магнітні пускачі і програмне реле, фотореле або фотоелектричного автомата, який в залежності від часу доби і рівня освітленості контролює освітлення. В дистанційному

управлінні освітленням існують два режими роботи освітлювальних установок - вечірній і нічний. Вечірній режим: включені всі освітлювальні прилади, нічний режим: працює тільки частина освітлювальних приладів, так як інтенсивність падає. Але при цьому коефіцієнт нерівномірності освітленості дорожнього полотна збільшується до неприпустимих меж.

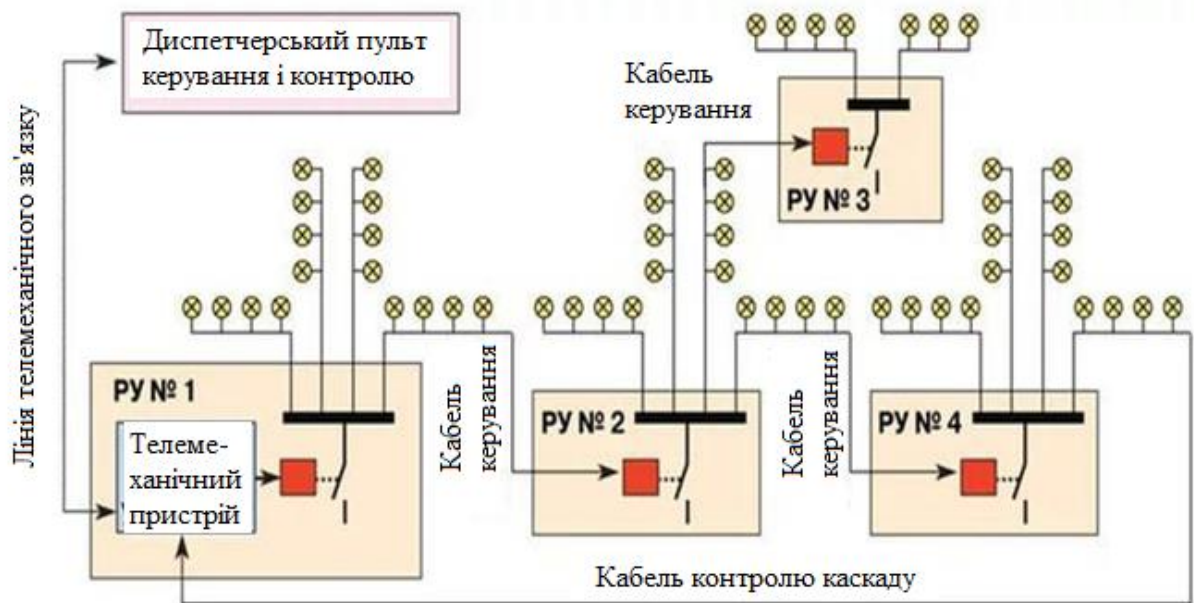


Рисунок 1.5 - Каскадна схема дистанційного керування

1.4 Аналіз надійності існуючих систем управління зовнішнього освітлення

Згадані вище системи управління зовнішнім освітленням мають ряд недоліків з точки зору енергозбереження. При телемеханічному управлінні відбувається перевитрата електроенергії, пов'язаний з людським фактором. Як вже було зазначено раніше, підвищується коефіцієнт нерівномірності освітлення через низькоефективне управління потужністю. Також відсутність оперативного контролю стану освітлювальних мереж і за

доступом в шафи вуличного освітлення з метою розкрадання кольорових металів і обладнання (що особливо важливо в останнім часом).

Також дані системи управління зовнішнім освітленням мають ряд інших недоліків:

- термін експлуатації існуючих систем управління зовнішнім освітленням більше 20 років;
- включення і відключення освітлення проводиться за участю людини;
- відсутній оперативний контроль роботи системи;
- відсутня можливість постійно контролювати енергоспоживання системи і основні параметри мережі;
- відсутня можливість використання економічних режимів роботи в нічний час;
- неможливо визначити місце відмов і обліку технічного ресурсу освітлювальних приладів (ламп).

1.5 Автоматичне управління вуличним освітленням

Існує автоматизована система управління мережами зовнішнього освітлення, яка дає можливість відстежувати і вимірювати поточні параметри мережі і діагностувати поточний стан обладнання та лінії. Система складається з двох рівнів.

Перший рівень - це шафи управління (ШУ), які здійснюють безпосереднє управління зовнішнім освітленням, трифазні електролічильники і контролер. Другий рівень - це центр диспетчерського управління, в якому відбувається контроль стану і керування зовнішнім освітленням. Отримані дані з шаф управління обробляються і аналізуються в диспетчерському пункті. Сигнал про стан зовнішнього освітлення в автоматичній системі управління зовнішнього освітлення передається по GSM / GPRS-каналах. Дана можливість дозволяє віддалено відслідковувати стан системи.

Включення і відключення зовнішнього освітлення відбувається в двох режимах: автоматичному і ручному. Таким чином, диспетчер має можливість керувати освітленням в аварійних ситуаціях або під час ремонтних робіт.

Автоматичне управління вуличним освітленням здійснюється системою Асун-GSM (рис. 1.6). Система за рахунок заданих режимів управління в залежності від пори року економить електроенергію.

У разі порушення роботи система автоматично передає сигнал на пульт дистанційного керування і на особистий мобільний телефон оперативного персоналу, що відповідає за безперебійну роботу системи.

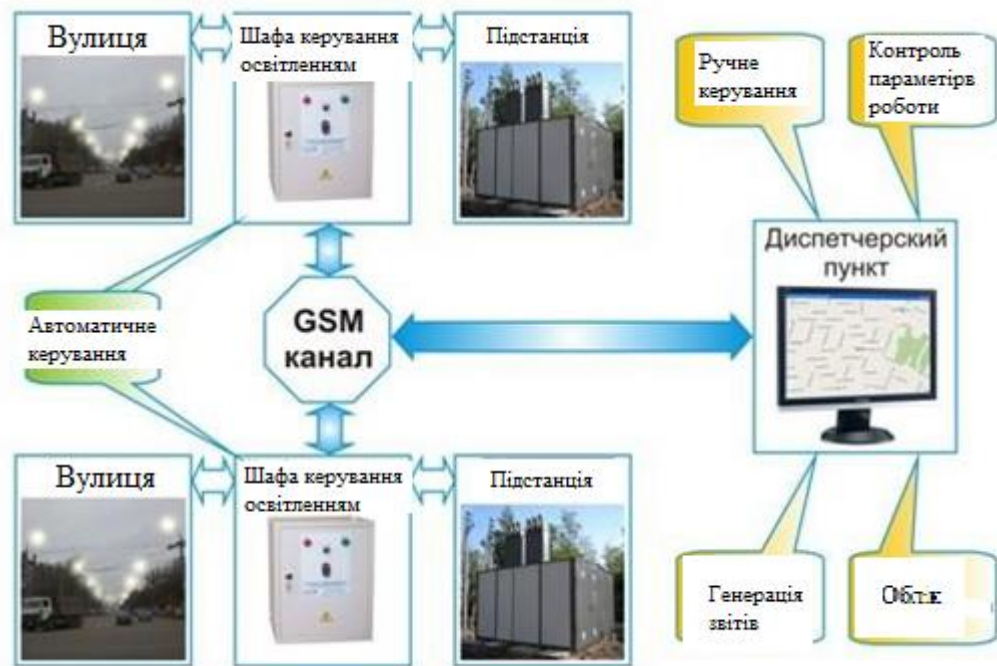


Рисунок 1.6 - Складові елементи в системі управління зовнішнім (вуличним) освітленням.

Новинкою інтелектуального енергозберігаючого освітлення є використання світлодіодних світильників, датчиків руху і використання бездротового зв'язку між світильниками і диспетчерським пунктом.

Особливістю цієї системи є радіозв'язок між сусідніми прожекторами, при появі об'єкта відбувається запалення не тільки конкретного ліхтаря, що

знаходиться в безпосередній близькості від об'єкту, але і наступні, в міру віддалення від них об'єкта відбувається неповне зниження освітленості, таким чином, створюється зона безпеки, що дозволяє побачити наближається інший об'єкт. Також вуличні ліхтарі можуть інформувати диспетчерський пункт про існуючі неполадки в освітленні, що спрощує пошук несправності.

Одна з різновидів автоматичного управління освітлення за допомогою системи глобального позиціонування. Для управління застосовується GPS-приймача і прилад, який обчислює час сходу і заходу сонця, відповідно до географічного розташування при його допомоги освітлення включає контролер, за 15 хв до заходу сонця і настання сутінків, і вимикає за 10 хв до світанку, в будь-якій точці координат на земній кулі.

Використовую також автоматичне керування при використанні календарного графіка. Включення і відключення відбувається в залежності від календарної дати, буденних і вихідних днів тижня, а також в залежності від добового часу. Такий спосіб застосовується для освітлення підприємств у вихідні, робочі та святкові дні.

Автоматичне керування здійснюється за допомогою зонального контролера або сервера. Контролер служить для формування сигналу для включення певної групи зовнішніх освітлювальних пристроїв, або вуличних ліхтарів. Для передачі сигналу на виконавчий елемент, роль якого виконує електронний баласт, застосовуються:

- Сигнальні лінії. Управління відбувається окремими лампами, по цифровому протоколу управління, на використанні календарного графіка. Але через накопичення помилок в звітності по пори року застосування даного баласту не завжди доцільно. Система використовується в невеликих районах.

- Радіоканали, застосовується в груповому управлінні по радіоканалу на приймач в шафі управління. Але через наявність радіоперешкод виникають проблеми з управлінням освітлення

- GSM-канал. Управління відбувається посередством телефонного СМС на контролер в керуючому шафі. Недолік даного способу - завантаженість мережі GSM і обмеженість зони охоплення стільникової мережі,

- Передача ВЧ-сигналу по силовому кабелю. Можливий ризик помилкового управління внаслідок пошкодження кабельної лінії, для ефективного управління освітленням необхідна прокладка кабелю до кожного ліхтаря.

Дана система дозволяє найбільш ефективно вибирати режими роботи вуличного і внутрішнього освітлення в залежності від конкретних умов і завдань на об'єкті.

В цілому автоматизована система управління зовнішнього освітлення дозволяє вирішити наступні питання:

- повна автоматизація процесу управління освітленням, постійний контроль;

- відмова від необхідності виїжджати на перевірку включення або відключення освітлення;

- економія електроенергії за рахунок чергування вечірнього, нічного та ранкового режимів управління в автоматичному режимі і по командам диспетчера з єдиного диспетчерського пункту;

Оперативне оповіщення диспетчера системою про необхідність приступити до ліквідації аварійної ситуації в разі невиконання функції «Відключення освітлення»;

- інформацію про показання лічильників диспетчер автоматично отримує на дисплей монітора в зручному вигляді в будь-якій точці;

- інформація про факти несанкціонованого підключення і розкрадання електроенергії надходить миттєво;

- автоматична діагностика працездатності мережі, без участі людини;

- інтеграція з іншими автоматизованими системами;

- економія коштів, так як система практично не вимагає обслуговування, а надійність компонентів дозволяє зберігати працездатність довгі роки.

Застосування інтелектуальної системи управління зовнішнім освітленням забезпечить більш безпечні умови дорожнього руху, безпеку пішоходів і значно поліпшить архітектурну, туристичну та комерційну продукцію міста.

Інтелектуальна система управління вуличного освітлення є рішенням для віддаленого управління вуличного освітлення, яка має можливість управління лампами і рівня освітлення кожного вуличного світильника. Також гарантує потрібну кількість світла при різних умовах. Не менш важливо, наявність зворотного зв'язку в режимі реального часу, що повідомляє про будь-які зміни, що відбуваються вздовж лінії, знижує втрати енергії і пропонує передові інструменти оптимізації технічного обслуговування.

Коли освітлення вулиць необхідно зменшити в певній галузі або протягом певного проміжку часу, Інтелектуальна система управління зовнішнього освітлення допомагає приглушити світло відповідно. Якщо рух пішоходів значно зменшується з 1:00 до 5:00 ранку, то затемненням світла є вірним рішенням. Значне скорочення споживання енергії та викидів CO₂, а також зменшення світлового забруднення і загальний вплив на навколишнє середовище. Інтелектуальна система управління зовнішнього освітлення кріпиться до будь-яких з ваших вуличних ліхтарів, використовуючи або магнітні або електронні баласты, без будь-яких додаткових інвестицій в мережу.

В останні роки, ціна на енергоресурси постійно зростає зі швидкістю 20%, і немає ніяких ознак того, що найближчим часом це зростання буде сповільнюватися.

Інтелектуальна система управління зовнішнього освітлення працює в будь-який час, тим самим допомагає практично повністю уникнути ризику

аварій через несправність системи освітлення. Більшість проблем висвітлення виявлені і усунені ще до того моменту, як громадяни можуть їх помітити. В цілому суспільна безпека підвищується, а також зберігаються значні суми грошей, які можуть бути використані для інших проектів міста.

1.6 Висновок до розділу

Мережі зовнішнього освітлення є одним з великих споживачів електроенергії. Тому модернізація мереж зовнішнього освітлення є одним з ефективних і обов'язкових енергозберігаючих заходів.

Виходячи з вищевикладених фактів, можна зробити висновок, що необхідна автоматизована система управління зовнішнім освітленням, яка дозволить регулювати енергоспоживання, контролювати цілісність обладнання, своєчасно подавати сигнал оперативному персоналу про аварійні ситуації в мережі.

Включення і відключення зовнішнього освітлення відбувається в двох режимах: автоматичному і ручному. Таким чином, диспетчер має можливість керувати освітленням в аварійних ситуаціях або під час ремонтних робіт.

Підвищення надійності мереж зовнішнього освітлення дозволить забезпечити енергозбереження, безперебійність живлення, і як наслідок забезпечити безпеку на дорогах. Так як кількість ДТП і протиправних дій значно знижується при хорошому освітленні міста.

Застосування інтелектуальної системи управління зовнішнім освітленням забезпечить більш безпечні умови дорожнього руху, безпеку пішоходів і значно поліпшить архітектурну, туристичну та комерційну продукцію міста.

2 НАУКОВО ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Вуличне освітлення призначене для підвищення оптичної видимості вночі або в умовах поганої видимості. сучасне зовнішнє освітлення включає в себе освітлення: доріг, проїжджої частини вулиць, тротуарів, площ, парків, дворів і прилеглих до них доріжок, розташованих у дворах дитячих і спортивних майданчиків. Так само до зовнішнього освітлення відносять архітектурно-художнє освітлення фасадів будівель.

2.1 Стан систем зовнішнього освітлення м. Чернівці

Ремонтно-експлуатаційне обслуговування вуличного (зовнішнього) освітлення магістральних вулиць і вулиць місцевого значення та кварталів міського округу Чернівців направлено на забезпечення безперебійної та надійної роботи електроустановок і ліній електропередач зовнішнього освітлення, запобігання їх передчасного зносу, як при нормальному режимі експлуатації під впливом зовнішнього середовища, так і при його порушення шляхом своєчасного проведення поточного ремонту, виявлення і усунення виникаючих несправностей. забезпечення підтримки нормованих світлотехнічних параметрів зовнішнього освітлення і заданих графіків режимів їх роботи, безпечного дорожнього руху, підвищення естетично привабливого, комфортного, безпечного якості життя населення.

Протяжність кабельних ліній зовнішнього освітлення 0,4 кВ становить 362,516 км.

Протяжність повітряних ліній зовнішнього освітлення 0,4 кВ становить 229,584 км.

Внутрішньоквартальне освітлення міського округу Чернівців організовано за допомогою світильників марок ЖКУ і ЖТУ загальною чисельністю 8 589 шт.

Магістральний освітлення міського округу Чернівців організовано при допомоги світильників марок ЖКУ і ЖТУ в кількості 7 336 шт.

Споживання електричної енергії виробляється установками зовнішнього освітлення магістральних вулиць і вулиць місцевого значення та кварталів міського округу Чернівців, для забезпечення підтримки нормованих світлотехнічних параметрів зовнішнього освітлення і заданих графіків режимів їх роботи, безпечного дорожнього руху, підвищення естетично привабливого, комфортного, безпечного якості життя населення. Графік включення і відключення установок зовнішнього освітлення м. Чернівці за 2016-2017 рік представлений в табл. 2.1.

Сумарне споживання електричної енергії установками зовнішнього освітлення становить 14 356 329 кВт·год на рік.

Зміст і експлуатація об'єктів зовнішнього освітлення вулиць і доріг відшкодовують з бюджетних коштів. Світло у дворах і внутрішньоквартальних проїздах знаходиться у веденні муніципалітету, керуючих компаній або товариств власників житла.

Витрати на прибудинкове освітлення (під'їздів і фасадів) лягає на керуючі компанії або товариства власників житла, тобто фактично на власників житла. На сьогоднішній день витрати на освітлення складають близько 5-10 відсотків електроенергії, споживаної будівлею. Витрати на утримання ламп враховуються в платежах населення.

Постачання електричної енергії для вуличного (зовнішнього) освітлення здійснюється постачальником АТ «Чернівціобленерго».

У місті ведеться поступова заміна білих ртутних ламп на жовті - вони з кращою світловіддачею і більш економічні. Спочатку нові електричні світильники з'явилися тільки на вулиці Миру, а на цей момент їх уже 90% в системі зовнішнього освітлення Чернівців. Старі світильники замінені на більш сучасні по проспекту Степана Разіна, вулиці Ювілейній, на набережній Автозаводського району. Всього у 2009 році в місті планувалося замінити 3500 світильників, розташованих уздовж магістралей і під

внутрішньоквартальних проїздах, але внаслідок відсутності фінансування, обсяг запланованих робіт скоротився.

Місто Чернівці сформоване з трьох відокремлених планувальних районів, які не мають єдиного історичного центру, що і визначило вулично-дорожню мережу як лінійно-вузлову. Лінійність зв'язків обумовлена наявністю однієї транспортної артерії, що з'єднує між собою окремі частини міста. На сьогоднішній день необхідно повністю поміняти ідеологію утримання, ремонту та нового будівництва магістрального і внутрішньоквартального освітлення міста. Тільки застосування нових технологій, матеріалів і устаткування дозволить довести освітлення міста до існуючих норм, змінити естетичний вигляд міста. На даний момент більшість існуючих електричних мереж зовнішнього освітлення потребують реконструкції та капітального ремонту. Можливістю приведення стану міського освітлення відповідно до норм ДБН «Природне і штучне освітлення» досягається через вирішення наступних завдань:

- розробку комплексної економічно ефективної стратегії розвитку по магістральному і внутрішньоквартальних лініях;
- створення дієвого механізму для проведення своєчасної, згідно встановлених норм і правил, реконструкції, модернізації, капітального ремонту, впровадження енергозберігаючих технологій та екологічно безпечних матеріалів;
- стимулювання інвестицій та ініціатив в сфері реконструкції на основі ринкових механізмів;
- своєчасний якісний, капітальний ремонт і реконструкція мереж зовнішнього освітлення м. Чернівці.

У 2001 році на підставі розпорядження заступника мера фахівцями Департаменту енергетики, ЖКГ і зв'язку мерії м. Чернівці і Департаменту економіки мерії м. Чернівці був розроблений проект «Програми реконструкції, модернізації та капітального ремонту магістрального освітлення м. Чернівці», що включає в себе всі вище перераховані аспекти.

Основний обсяг фінансового забезпечення розробленої «Програми ...» складався з урахуванням залучення бюджетних коштів. На жаль, в зв'язку з дефіцитом бюджету, даний проект був відхилений на колегії в мерії м. Чернівці.

В даний час офіційно затверджена «Програма» (план) модернізації мереж зовнішнього освітлення магістральних вулиць і внутрішньоквартальних територій м. Чернівці відсутня. Електричні сіті магістрального і внутрішньоквартального освітлення знаходяться в муніципальній власності.

Підрядними організаціями, що здійснюють ремонтно-експлуатаційне обслуговування ліній зовнішнього освітлення магістральних вулиць і внутрішньоквартальних територій районів міського округу Чернівців, в рамках укладених договорів з Департаментом міського господарства мерії м. Чернівці, ВАТ «Електромережа». фінансування виконання робіт по РЕО (ремонтно-експлуатаційного обслуговування) включає в себе витрати на поточне утримання існуючих електричних мереж та електрообладнання зовнішнього освітлення відповідно до існуючими правилами, вимогами, нормативними документами і не включає в себе витрати на капітальний ремонт, а також нове будівництво ЛЕП-0,4 кВ. Щорічне фінансування виконання робіт по РЕО передбачається муніципальним замовленням за рахунок бюджетних коштів по програмі благоустрою внутрішньоквартальних територій в межах 70% від необхідних витрат.

В період 2008 року в рамках реалізації робіт по ремонтно-експлуатаційного обслуговування ліній електропередач і електрообладнання зовнішнього освітлення, а також «Програми благоустрою внутрішньоквартальних територій ...» було замінено і знову змонтовано 2773 світильника, 18245 метрів самонесучого ізольованого дроти, 3025 метрів кабельних ліній і 11 пунктів живлення на базі НТС-7000. Всі роботи проводилися за рахунок коштів бюджету.

У 2009 році муніципальним замовленням на період I-III квартали передбачено блиско 10млн. грн. на РЕО магістрального і внутрішньоквартального освітлення, що становить 75% від необхідних витрат на поточне утримання існуючих електричних мереж і електрообладнання зовнішнього освітлення. Проведено аукціон. В період 2009 року планувалося провести заміну 3500 світильників, 25000 метрів мереж, змонтувати 25 пунктів живлення (ПЖ) і обладнання по диспетчеризації управління зовнішнім освітленням на базі НТС-7000, але в зв'язку секвестрування бюджету реалізація даних заходів в повному обсязі не надається можливим. З початку 2009 року виконані роботи по 100% заміні світильників марки РКУ-400 на ЖКУ-250 на ділянці автодороги від вул. Ювілейній до диспетчерської ЧТУ (Чернівцінського тролейбусного управління), Центральному районі і по вул. Залізничній та частково по вул. Громової Комсомольського району.

В рамках виконання робіт по РЕО Департаментом міського господарства мерії міського округу Чернівці спільно з підрядними організаціями проводяться роботи (крім робіт, пов'язаних з поточною експлуатацією), спрямовані на впровадження нових технологій і електрообладнання з метою зниження витрат на споживання електричної енергії. Дані обсяги робіт включають в себе:

- заміну електричних світильників марки РКУ-400 на ЖКУ-250 і РТУ-125 на ЖТУ-100 або ЖТУ-70;

- перехід управління зовнішнім освітленням (диспетчеризація) з застарілого обладнання на базі комплексу ПТУ (пристрій телеуправління зовнішнім освітленням) на НТС-7000 (передача сигналу управління зовнішнім освітленням за існуючими нульовим жилах і броні кабельних ліній 10/6/0,4 кВ);

- заміну «голого проводу марки А-25 мм² і А-35 мм² на самонесучий ізолюваний провід (СПП).

На даний момент коефіцієнт освітленості магістральних вулиць і внутрішньоквартальних територій міського округу Чернівців відповідає значень, визначених договірними зобов'язаннями в рамках фінансування виконання робіт по РЕО.

2.2 Розробка варіантів технічних заходів, спрямованих на підвищення надійності систем зовнішнього освітлення

Заходи щодо підвищення надійності зовнішнього освітлення дозволять забезпечити:

- технічно справний стані об'єктів і мереж зовнішнього освітлення;
- усунення аварійних ситуацій на обладнанні та мережах інженерної інфраструктури;
- підтримання в технічно справному експлуатаційному стані мереж вуличного (зовнішнього) освітлення;
- підвищення естетичної привабливості міста та якість життя населення;
- створення безпечних і сприятливих умов проживання громадян на території міського округу Чернівці.

Застосування світильників з енергоефективними лампами. Дане заход може бути використано для зниження споживання електричної енергії системами електричного освітлення.

Енергетичний, економічний і екологічний ефекти від застосування енергоефективних ламп залежать від електричної потужності системи електроосвітлення та від світлової віддачі ламп.

Застосування світильників з відбивачами. Даний заход може бути використано для зниження споживання електричної енергії системами електричного освітлення. Багато видів ламп, які використовуються в сучасних світильниках, випускають все спрямоване випромінювання. Частина світлового випромінювання поглинається корпусом світильника.

Для зниження частки поглиненого світлового випромінювання світильники можуть комплектуватися відбивачами різних типів (параболічних, плоским листовим, М-подібним, асиметричним і т.д.). Відбивачі (рефлектори) освітлювальних приладів служать, як для збільшення коефіцієнта корисної дії світильника/прожектора і зміни частки світлового потоку, що направляється в нижню півсферу світлового приладу, так і для формування світлового випромінювання максимальної інтенсивності в конкретних тілесних кутах до оптичної осі світильника/прожектора. Відбиваюча здатність рефлектора із дзеркальною, матовою, перфорованою поверхнею багато в чому обумовлює тип світлорозподілу світильника/прожектора, а форма відбивача - тип форми кривої сили світла, що визначає значення максимальної і мінімальної освітленості в вертикальній і горизонтальній площинах, що освітлюється.

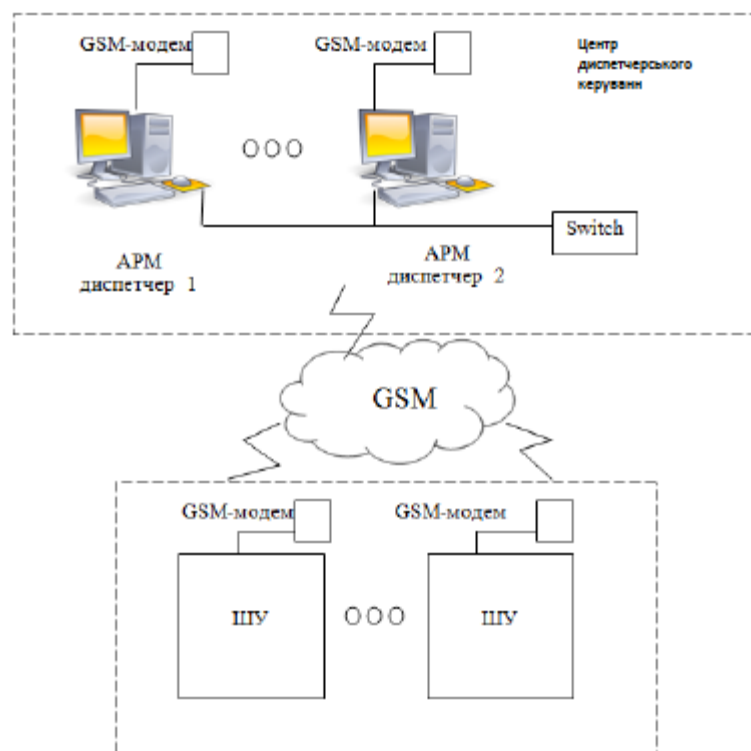


Рисунок 2.1 – Структура автоматичної системи управління зовнішнім освітленням

Для досягнення найбільшої енергетичної ефективності можливо використання автоматичного управління освітленням за допомогою фотоелектричних датчиків, що включає групи світильників залежно від зміни природної освітленості.

Автоматизована система управління мережами зовнішнього освітлення, яка дає можливість відстежувати і вимірювати поточні параметри мережі та діагностувати поточний стан обладнання та лінії. Система складається з двох рівнів (рис. 2.1).

Перший рівень - це шафи управління (ШУ), які здійснюють безпосереднє управління зовнішнім освітленням, трифазні електролічильники і контролер. Другий рівень - це центр диспетчерського управління, в якому відбувається контроль стану і керування зовнішнім освітленням. Отримані дані з шаф управління обробляються і аналізуються в диспетчерському пункті. Сигнал про стан зовнішнього освітлення в автоматичній системі управління зовнішнього освітлення передається по GSM / GPRS-каналах. Дана можливість дозволяє віддалено відслідковувати стан системи.

Включення і відключення зовнішнього освітлення відбувається в двох режимах: автоматичному і ручному. Таким чином, диспетчер має можливість керувати освітленням в аварійних ситуаціях або під час ремонтних робіт.

Застосування автоматизованих систем управління замість дистанційних або телемеханічних дозволить контролювати енергоспоживання, відстежувати стан обладнання і своєчасно інформувати оперативний персонал про аварійні ситуації в мережі. Завдяки проведенню вищезгаданих заходів забезпечиться безперебійність живлення, і як наслідок забезпечити безпеку на дорогах. Так як кількість ДТП і протиправних дій значно знижується при хорошому освітленні міста.

2.3 Інтелектуальна система управління зовнішнім освітленням

Застосування інтелектуальної системи управління зовнішнім освітленням забезпечить більш безпечні умови дорожнього руху, безпеку пішоходів і значно поліпшить архітектурну, туристичну та комерційну продукцію міста. Дана система не зовсім дешева, але не мала частина коштів державного бюджету витрачається на вуличне освітлення.

Інтелектуальна система управління вуличного освітлення є рішенням для віддаленого управління вуличного освітлення, яка володіє можливістю управління лампами і рівня освітлення кожного вуличного світильника. Також гарантує потрібну кількість світла при різних умовах. Не менш важливо, наявність зворотного зв'язку в режимі реального часу, що повідомляє про зміни, що присутні вздовж лінії, знижує втрати енергії і пропонує передові інструменти оптимізації технічного обслуговування. Інтелектуальна система управління зовнішнього освітлення пропонує можливості управління рівня освітленості. індивідуальні регулювання яскравості і включення / вимикання світильників вуличного освітлення стане легким завданням. Можливість вибрати заздалегідь запрограмовані графіки, планувати графік самостійно або вручну керувати кожним вуличним ліхтарем, відповідно до необхідних потреб. Крім того, кожна лампа включається без мерехтіння, викликаного стрибків напруги, в той час як мережу освітлення працює 24/7.

Коли освітлення вулиць необхідно зменшити в певній галузі або протягом певного проміжку часу, інтелектуальна система управління зовнішнього освітлення допомагає приглушити світло відповідно. Якщо рух пішоходів значно зменшується з 1:00 до 5:00 ранку, то затемненням світла є вірним рішенням. Значне скорочення споживання енергії та викидів CO₂, а також зменшення світлового забруднення і загальний вплив на навколишнє середовище. Інтелектуальна система управління зовнішнього освітлення кріпиться до будь-яких з ваших вуличних ліхтарів, використовуючи або

магнітні або електронні баласти, без будь-яких додаткових інвестицій в мережу.

Контролери інтелектуальної системи управління зовнішнього освітлення встановлюються всередині полюса або всередині лампи, в той час як пристрою зв'язку розміщуються всередині шаф живлення. система здійснює передачу даних між лампами і шафами живлення з використанням будь-якого IP-рішення на основі наявних комунікацій між шафами і системними процесорами.

2.4 Переваги дистанційного керування

Витрати на електроенергію відразу знижуються до 35% за рахунок інтелектуального включення / вимикання, вибіркового затемнення і ефективного управління споживанням, в той час як загальні експлуатаційні витрати знизяться до 42% за рахунок:

- зменшення інтенсивності вуличного освітлення в періоди низького трафіку і вимикання в необхідне для нас час;
- шляхом моніторингу споживання енергії і зменшення втрат енергії;
- подовження терміну експлуатації обладнання за рахунок затемнення;
- прогнозування і запобігання несправностей шляхом моніторингу в реальному часі 24/7;
- надання точної інформації про несправності в технічному відділі (детальну інформацію проблеми, точне місце знаходження);
- скорочення витрат на обслуговування шляхом очного моніторингу терміну служби обладнання.

В останні роки, ціна на енергоресурси постійно зростає зі швидкістю 20%, і немає ніяких ознак того, що найближчим часом це зростання буде сповільнюватися.

Зниження світлового забруднення та викидів CO₂ за рахунок зниження втрат енергії і, отже, кількості випущеної CO₂. Інтелектуальна система

управління вуличного освітлення допомагає зменшити вплив міста на навколишнє середовище, а також допомагає задовольнити дедалі жорсткіші екологічні норми. Крім того, світлове забруднення, що зачіпає перелітних птахів і дику природу, в цілому значно зменшилася.

Інтелектуальна система управління зовнішнього освітлення працює в будь-який час, тим самим допомагає практично повністю уникнути ризику аварій через несправність системи освітлення. Більшість проблем освітлення виявлені і усунені ще до того моменту, як громадяни можуть їх помітити. В цілому суспільна безпека підвищується, а також зберігаються значні суми грошей, які можуть бути використані для інших проектів міста.

Переваги дистанційного керування:

- здійснення зв'язку через кабелі живлення;
- не вимагає додаткової інфраструктури та будь-яких будівельних робіт;
- відсутність перешкод від інших мереж незалежно від щільності міських забудов;
- оптимальне використання структурованих вуличних освітлювальних мереж;
- робота відбувається в режимі реального часу, здійснюється постійний контроль і збір даних;
- відкриті комунікаційні протоколи;
- сумісність зі сторонніми компонентами, можливі інтеграція з існуючими і майбутніми системами міста;
- швидке і економічне здійснення проекту.

2.5 Висновок до розділу

На сьогоднішній день необхідно повністю поміняти ідеологію утримання, ремонту та нового будівництва магістрального і внутрішньоквартального освітлення. Тільки застосування нових технологій, матеріалів і устаткування дозволить довести освітлення міста до існуючих

норм, змінити естетичний вигляд міста. В даний час велика частина існуючих електричних мереж зовнішнього освітлення потребують реконструкції та капітального ремонту.

Заходи щодо підвищення надійності зовнішнього освітлення дозволять забезпечити:

- вміст у технічно справному стані об'єктів і мереж зовнішнього освітлення;
- усунення аварійних ситуацій на обладнанні та мережах інженерної інфраструктури;
- підтримання в технічно справному експлуатаційному стані мереж вуличного (зовнішнього) освітлення;
- підвищення естетичної привабливості міста і якості життя населення;
- створення безпечних і сприятливих умов проживання громадян на території м. Чернівців.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Особливості інтелектуальної системи управління зовнішнього освітлення

Інтелектуальна система управління зовнішнього освітлення не вимагає заміни будь-яких компонентів. Система здатна керувати і контролювати будь-якими лампами у вуличних освітлювальних установках, в тому числі декоративного та архітектурного освітлення. Контролери підходять до всіх світлодіодних і газорозрядних лампам високої інтенсивності (ртутні лампи, металогалогенні лампи і натрієві лампи), також з використанням магнітних або електронних баластів. Дана система легко вбудовуватися і швидко адаптується до існуючої інфраструктури кабелів, стовпів, баластів і ламп розжарювання.

Контролери встановлені всередині або зовні світильників вуличного освітлення, в той час як комунікаційні пристрої розміщені всередині шаф живлення. Передача даних здійснюється між лампами і шафами живлення з використанням будь-якого IP-рішення на основі наявних комунікацій між шафами і управління програмним забезпеченням. Повторювані механізми і вбудований розширений сигнал дозволяють безпечно спілкуватися навіть на найбільших мережах вуличного освітлення.

Інтелектуальна система управління зовнішнього освітлення є рішенням для віддаленого управління вуличного освітлення, яка пропонує докладні можливості управління лампами будь-якого рівня в вашому місті і гарантує потрібну кількість світла при будь-яких умовах, де і коли це необхідно. Не менш важлива наявність точної зворотного зв'язку в режимі реального часу про будь-які зміни.

Дана система готова управляти практично необмеженою кількістю ламп вуличного освітлення.

Інтелектуальна система управління зовнішнього освітлення вимагає набагато менших інвестицій ніж можна було б очікувати, так як вона пристосовується до існуючої інфраструктури міського освітлення. Система може бути реалізована без будь-яких заміन в арматурі і без будь-яких будівельних робіт. Інтелектуальна система управління зовнішнього освітлення використовує масив датчиків і доповнень відповідно до ваших потреб, доводячи тим самим високу гнучкість. Крім того, за допомогою відкритих протоколів, він адаптується до сторонніх компонентів і інтегрується з іншими справжніми і майбутніми міськими системами. Система управління дозволяє віддалено контролювати і управляти всією системою вуличного освітлення від робочого столу або за допомогою мобільного додатка.

Інтелектуальна система управління зовнішнього освітлення оснащена відкритим протоколом. Підключення та управління системою є досить простою процедурою. Дану систему слід розглядати як модернізацію електричної мережі; система сумісна з традиційними електромагнітними баласту вуличних ліхтарів, а також з новітніми електронними баластами. Система також в подальшому може послужити в якості основи для майбутніх встановлених додатків (екологічних, транспортних, моніторингу шуму, світлофорів і т.д.) і більш просунуті технології, такі як Smart Grids.

Використання відкритих протоколів дає нам можливість для модернізації і розширення. Усвідомлюємо, що розвиток міста є дуже динамічним і багато проєктів будують один над одним. Беремо до уваги той факт, що всі системи повинні працювати разом, незважаючи на те, що вони надійти від різних виробників. Спільнота матиме можливість користуватися перевагами нових технологій, не обмежуючи себе патентованими продуктами.

Від лічильника споживача, через мережу дистрибуції і до виробничих потужностей, система Smart Grid покаже вам точний статус кожного підключеного елемента, дозволяє управляти пристроями і інтегрувати

моніторинг споживання. Люди в усьому світі знаходяться в пошуках способів використання енергії на стійкій основі. В умовах обмежених ресурсів виробництва енергії є все більш дорогим процесом і альтернативні джерела ще не такі успішні. Витрати необхідно оптимізувати, не забуваючи при цьому про споживачів. Ефективність в даному випадку є ключовим фактором.

Робота комунальних мереж мало змінилася з моменту їх створення. За допомогою датчиків, перемикачів і можливості передачі інформації через електричну мережу, ми можемо виміряти споживані і наявні ресурси. Через Smart Grid можливо підключити всі пристрої і обмінюватися інформацією про споживання. Навіть приватні споживачі можуть відключити пристрої віддалено або побачити, скільки електроенергії пристрій використовує. Повірку лічильників можна зробити віддалено, також все витоку і несправності можуть бути виявлені і усунені негайно.

3.2 Технічне оснащення інтелектуальної системи управління зовнішнього освітлення

Здійснити управління і контроль над будь-яким освітлювальним приладом в вуличних освітлювальних установках - це реально. Система сумісна з будь-яким типом баласту (електромагнітним і електронним) також може управляти можуть будь-яким освітленням, в тому числі декоративним і архітектурним.

ON / OFF електронний контролер FPX-220 (рис. 3.1) - контролер, призначений для управління декоративним освітленням, архітектурним освітленням, лампами до 500 Вт. Універсальний пристрій працює з будь-якою лампою або електричним пристроєм за рахунок регулювання живлення підключеного пристрою.



Рисунок 3.1 – ON / OFF електронний контролер FPX-220

Електронний баласт-регулятор FPE-220 / 220D (рис. 3.2) призначений для створення віддаленого управління у вуличних освітлювальних приладах. Сумісний з лампами потужністю до 500 Вт, в яких використовується електронний баласт [38].



Рисунок 3.2 – Електронний баласт-регулятор FPE-220 / 220D

Електромагнітний баласт CONTROLLER FPM-402 (рис. 3.3) призначений для створення віддаленого управління у вуличних освітлювальних приладах. Сумісний з лампами потужність до 400 Вт, в яких використовується електронний баласт [39].



Рисунок 3.3 – Електромагнітний баласт CONTROLLER FPM-402

Електромагнітний баласту CONTROLLER FPM-152 (рис. 3.4) призначений для створення віддаленого управління у вуличних освітлювальних приладах. Сумісний з лампами потужність до 150 Вт, в яких використовується електронний баласт [40].



Рисунок 3.4 – Електромагнітний баласту FPM-152

Елементи дистанційного керування системи. FRB-110 інтелектуальний комунікатор (рис. 3.5) центр дистанційного керування, що забезпечує безпечне з'єднання між контролерами вуличного освітлення і центром управління програмним забезпеченням [41].



Рисунок 3.5 – FRB-110 інтелектуальний комунікатор

Контроль наявності напруги FVD-124 (рис. 3.6) призначений для контролю електричних мереж з напругою до 300 В, забезпечує при цьому зворотний зв'язок в режимі реального часу через вимірювані параметри [42].



Рисунок 3.6 – Контроль наявності напруги FVD-124

Електричний мережевий аналізатор FNM-232 (рис. 3.7) призначений для проведення вимірювань та аналізу різних параметрів в вуличних освітлювальних мережах [43]. А саме:

- моніторинг живлення;
- моніторинг напруги,

- обриву фази,
- денне/нічне споживання,
- невідповідність, що відбиваються в режимі реального часу.

Аналізатори вимірюють кілька параметрів:

- коефіцієнт потужності,
- активна / реактивна / повна потужність,
- напруга,
- струм,
- частота,

Крім цього, аналізатори пропонують варіанти конфігурації для інших параметрів, таких як:

- коефіцієнт поточної ліквідності трансформатора,
- напруги / потужності порогів,
- денний / нічний час порогів споживання.



Рисунок 3.7 - Електричний мережевий аналізатор FNM-232

Смарт-сервер (збір даних) FPC-200 (рис. 3.8) Використовує технологію Echelon Powerline (i.LON SmartServer 2.0), яка дозволяє збирати дані, отримані від інших елементів і перетворити інформацію для відправки на центральний процесор. Смарт-сервер має своє власне програмне

забезпечення для конфігурації, вбудований інтерфейс локальних мереж і використовує протокол, який може бути реалізований на будь-який носій: лінії електропередачі, радіочастотний (RF), інфрачервоні (ІЧ), коаксіальний кабель і оптоволокно [44].



Рисунок 3.8 - Смарт-сервер (збір даних) FPS-200

3.3 Висновок до розділу

Smart Grid наступний необхідний крок еволюції для розподілу комунальних послуг, так як він пропонує повну систему управління мережею. Smart Grid здійснює свої дії через двосторонню систему зв'язку, яка за допомогою інтелектуальної системи управління може працювати на існуючих силових кабелях вуличного освітлення. Таким чином, дані можуть бути передані з будь-якого місця в мережі до центрального диспетчеру без будь-яких додаткових витрат і інвестицій.

4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Особливості електричної мережі як середовища передачі даних

Як було показано розподільні мережі характеризуються високим рівнем шумів і великим загасанням сигналу, що передається по лінії. Також для електричної мережі напругою 0,4 кВ характерні нестационарні та непередбачувані зміни.

Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що в електричній мережі присутні джерела перешкод зі спектром, розташованим у всій смузі частот, відведеної для передачі даних, поза зоною перетину нуля основною гармонікою напруги електричної мережі. В результаті досліджень отримано, що найменший склад високочастотних перешкод присутній в електричній мережі в момент перетину нуля основною гармонікою напруги.

Отже, для організації передачі даних по електромережі доцільним є використання:

- області перетину нуля основною гармонікою напруги електричної мережі, особливо в нижній частині робочої смуги частот;
- методів завадостійкого кодування широкосмугових і приймально-передавальних сигналів;
- синхронізації в каналі зв'язку з використанням частоти основної гармоніки напруги електричної мережі.

4.2 Аналіз вимог нормативних документів до передачі сигналів по електричній мережі

ДСТУ 51317.3.8-99 (МЭК 61000-3-8-97) [28] регламентує рівні і частотні діапазони сигналів, які використовуються при організації передачі даних низьковольтними електричними мережами.

Смуги частот, виділена, згідно [28], для передачі даних: 3 - 9; 9 - 95 і 95 - 525 кГц. З огляду на технічні характеристики модему [30], для мережі передачі даних (МПД) може бути використаний діапазон частот: 9 - 148,5 кГц.

Напруга вихідного сигналу передавача має обмеження по максимальному рівню. Для вузькосмугових сигналів напруга вихідного сигналу передавачів в цьому діапазоні частот не повинна перевищувати 134 дБ (мкВ) в смузі частот 9-95 кГц і 116 дБ (мкВ) в смузі 95 - 525 кГц.

Крім того, ДСТУ істотно обмежує спектральний склад сигналу передачі (рівень кондуктивних перешкод). Вид обмежуючої залежності в діапазоні частот від 3 до 10000 кГц, наведено на рис. 4.1.

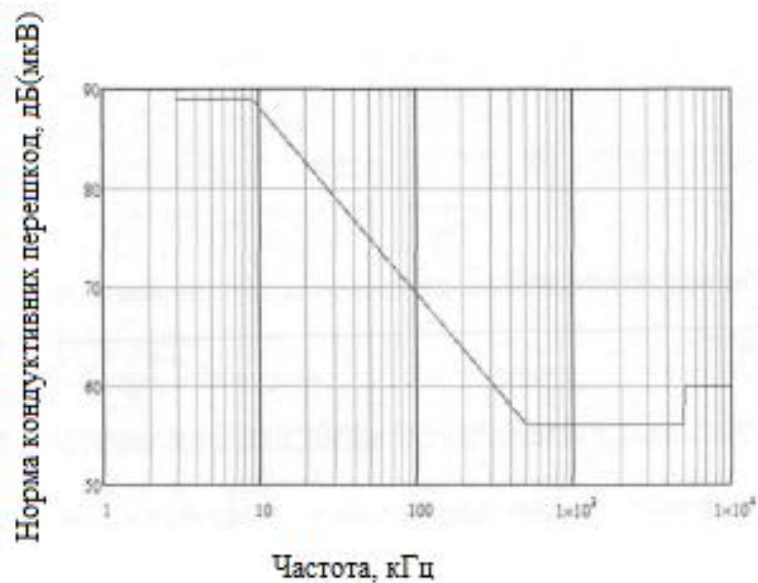


Рисунок 4.1 - Норма кондуктивних перешкод згідно ДСТУ 51317.3.8-99

Такі жорсткі вимоги до параметрів сигналу, що передається ускладнюють його надійний прийом, так як рівень корисного сигналу практично не відрізняється від рівня шумів. Тому така велика значимість заходів перешкодостійкості кодування, адаптивного підстроювання параметрів приймачів і передавача і синхронізації в каналі зв'язку.

4.3 Математичні основи передачі і прийому сигналів з відносною фазовою модуляцією

У досліджуваному модемі для передачі сигналів використовується фазова маніпуляція (або її інша назва фазова телеграфія - ФТ) [28, 29]. Передача бінарних елементів сигналу (логічні "0", "1" або "+" і "-") при цьому здійснюється шляхом зміни на 180° фази колювання несучої частоти f_c при передачі сигналу, що відповідає логічному "0" або "-" (див. рис. 4.2), що математично можна записати в такий спосіб:

$$u_c(t) = U_{mc} \cos(\omega_0 t + \varphi_0 + \Theta(t)) \quad (4.1)$$

де $u_c(t)$ - напруга сигналу на виході передавача;

U_{mc} - амплітуда напруги сигналу;

ω_0 - циклічна частота (несуча) $\omega_0 = 2\pi f_c$;

φ_0 - початкова фаза генератора;

t - час;

$\Theta(t)$ - функція модуляції фази, на інтервалі $0 \leq t \leq \tau$ визначається наступним чином:

$$\Theta(t) = \begin{cases} 0, \text{сигнал "1"}; \\ \pi, \text{сигнал "0"} \end{cases}$$

Функціональна схема передавача ФТ-сигналів модему, згідно [91] представлена на рис. 4.3. Передавач складається з генератора опорної частоти Γ_0 , фазообертача ФВ на 180° і модулятора М (комутатора).

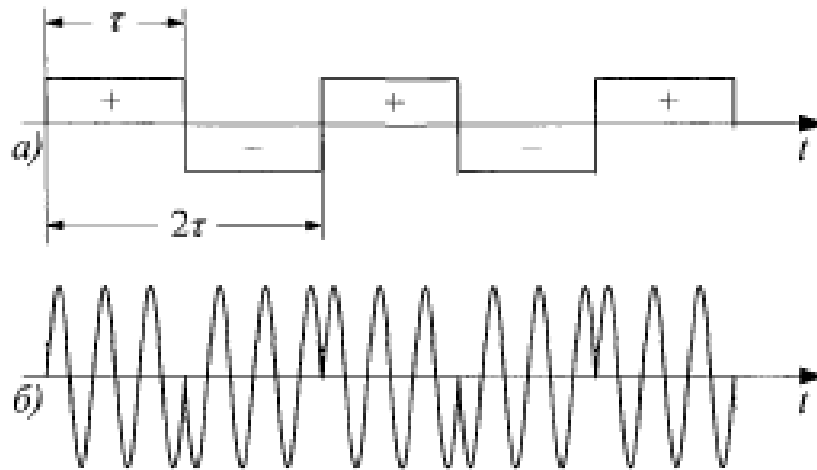


Рисунок 4.2 - Формування сигналу з фазовою маніпуляцією

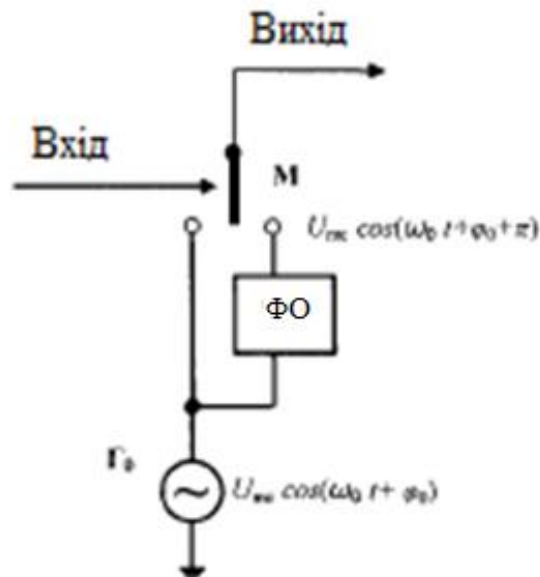


Рисунок 4.3 - Структурна схема передавача ФТ сигналів

Залежно від стану входу (логічний "0" або "1") модулятор підключає на вихід передавача сигнал з виходу гетеродина або з виходу фазообертача, з фазою, зміненої на 180° . Тривалість елементарного сигналу τ , задає частоту маніпуляції $F = \frac{1}{2\tau}$, або відповідну їй циклічну частоту $\Omega = 2\pi F = \frac{\pi}{\tau}$.

Для прийому ФТ сигналів використовується фазовий детектор, чутливий до зміни фази вхідного сигналу, в якому зміна фази сигналу на 180° викликає зміна полярності вихідного сигналу.

В якості такого детектора, як показано в [80], використовується помножувач вхідного ФТ сигналу з сигналом місцевого гетеродина, синхронізованого з генератором передавача, напруга на виході якого:

$$u_r(t) = U_1 \cos(\omega_r t + \varphi_r), \quad (4.2)$$

де $u_r(t)$ - напруга на виході гетеродина;

U_r - амплітуда напруги на виході гетеродина;

ω_r - циклічна частота гетеродина;

t - час;

φ_r - початкова фаза гетеродина.

Математично процес детектування фази (перемноження сигналів) описується виразом:

$$\begin{aligned} u_c(t)u_r(t) &= U_{mc} \cos(\omega_0 t + \varphi_0 + \Theta(t)) U_r \cos(\omega_r t + \varphi_r) = \\ &= \frac{U_{mc} U_r}{2} \left[\cos(\omega_0 t + \omega_r t + \varphi_0 + \varphi_r + \Theta(t)) + \right. \\ &\quad \left. + \cos(\omega_0 t - \omega_r t + \varphi_0 - \varphi_r + \Theta(t)) \right] = \\ &= \frac{U_{mc} U_r}{2} \left[\cos((\omega_0 + \omega_r)t + (\varphi_0 + \varphi_r + \Theta(t))) + \right. \\ &\quad \left. + \cos((\omega_0 - \omega_r)t + (\varphi_0 - \varphi_r + \Theta(t))) \right]. \end{aligned} \quad (4.3)$$

При точному збігу частот $\omega_r = \omega_0$ на виході помножувача получимо:

$$u_c(t)u_r(t) = \frac{U_{mc} U_r}{2} \left[\cos((\omega_0)t + (\varphi_0 + \varphi_r + \Theta(t))) + \right. \\ \left. + \cos((\omega_0)t + (\varphi_0 - \varphi_r + \Theta(t))) \right]. \quad (4.4)$$

Якщо видалити складову подвоєної частоти за допомогою фільтра нижніх частот, на виході фазового детектора отримаємо:

$$u_{\mathcal{D}}(t) = \frac{U_{mc} U_{\Gamma}}{2} \cos(\varphi_0 - \varphi_{\Gamma} + \Theta(t)). \quad (4.5)$$

При надходженні посилення з фазою $\varphi_0 + 0$, при $\varphi_0 = \varphi_{\Gamma}$ отримаємо:

$$u_{\mathcal{D}} = \frac{U_{mc} U_{\Gamma}}{2} \cos(0) = \frac{U_{mc} U_{\Gamma}}{2} = A. \quad (4.6)$$

При надходженні посилення з фазою $\varphi_0 + \pi$ отримаємо:

$$u_{\mathcal{D}} = \frac{U_{mc} U_{\Gamma}}{2} \cos(\pi) = -\frac{U_{mc} U_{\Gamma}}{2} = -A. \quad (4.7)$$

З (4.6), (4.7) видно, що зміна фази сигналу на 180° викличе зміну знака напруги на фазовому детекторі.

У досліджуваному модемі детектор реалізований за допомогою ключового елемента К (на базі аналогового мультиплексора), і інтегруючого RC-ланцюга (рис. 3.4). Як показано в [80], ключовий елемент фазового детектора виконує замикання/розмикання ланцюга з частотою і фазою прийнятого сигналу, під керуванням напруги, що подається з виходу синхронного гетеродина.

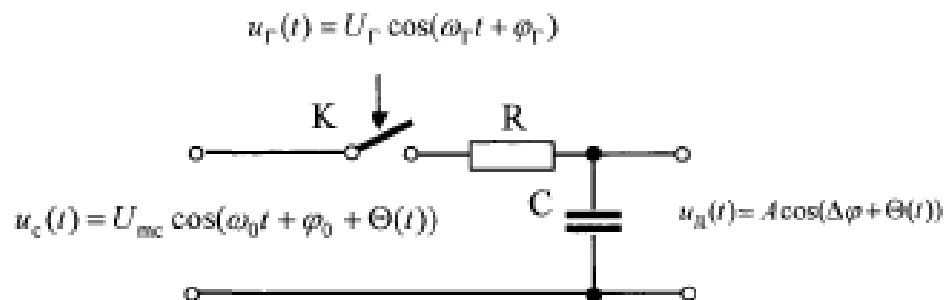


Рисунок 4.4- Схема фазового детектора

Гетеродин повинен бути синхронізований по фазі і частоті з генератором передавача:

$$\varphi_{\Gamma} = \varphi_0; \omega_{\Gamma} = \omega_0. \quad (4.8)$$

Але через нестабільність фізичних параметрів каналу зв'язку і елементів схеми, а також через відсутність додаткового каналу синхронізації, умова (4.8) практично не виконується.

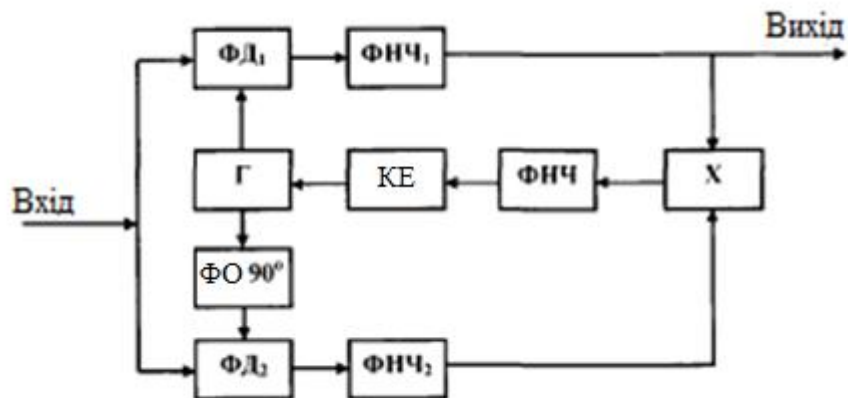


Рисунок 4.5 - Блок-схема для прийому ФТ сигналів за способом Д.П. Костаса

Для підстроювання частоти гетеродина приймача модему використовується модернізований спосіб Д.П. Костаса [90], який полягає в використанні двох квадратурних каналів прийому, і корекції частоти гетеродина по результату перемноження прийнятих сигналів кожного каналу. Функціональна схема приймача приведена на рис. 4.5.

Елементи цієї схеми мають такі позначення: $\Phi Д_1$, $\Phi Д_2$ - фазові детектори квадратурних каналів; $\Phi НЧ$, $\Phi НЧ_1$, $\Phi НЧ_2$ - фільтри нижніх частот; $Х$ - перемножувач сигналів; Γ - керований гетеродин; $КЕ$ - керуючий

елемент, коригувальної частоти гетеродина в залежності від результату перемноження; ФВ 90° - фазообертач на 90° .

Напруга на виході каналу 1 (синфазного каналу) математично описується відповідно до (4.3).

Напруга на виході каналу 2 (квадратурного каналу) є результатом перемноження напруги сигналу і напруги фазообертача:

$$\begin{aligned}
 u_c(t)u_\phi(t) &= U_{mc} \cos(\omega_0 t + \varphi_0 + \Theta(t)) U_\Gamma \cos(\omega_\Gamma t + \varphi_\Gamma) = \\
 &= \frac{U_{mc} U_\Gamma}{2} \left[\cos(\omega_0 t + \omega_\Gamma t + \varphi_0 + \varphi_\Gamma + \Theta(t) + 90^\circ) + \right. \\
 &\quad \left. + \cos(\omega_0 t - \omega_\Gamma t + \varphi_0 - \varphi_\Gamma + \Theta(t) - 90^\circ) \right] = \\
 &= \frac{U_{mc} U_\Gamma}{2} \left[-\sin((\omega_0 + \omega_\Gamma)t + (\varphi_0 + \varphi_\Gamma + \Theta(t))) + \right. \\
 &\quad \left. + \sin((\omega_0 - \omega_\Gamma)t + (\varphi_0 - \varphi_\Gamma + \Theta(t))) \right].
 \end{aligned} \tag{4.9}$$

Після придушення напруги подвоєної частоти за допомогою фільтра нижніх частот $\Phi НЧ_2$ отримаємо:

$$u_{Д_2}(t) = \frac{U_{mc} U_\Gamma}{2} \sin(\varphi_0 - \varphi_\Gamma + \Theta(t)). \tag{4.10}$$

Якщо напруга гетеродина несинхронна по частоті і фазі, то не виконується умова (4.8). Несинхронність і нестабільність частоти можна розглядати як залежність зсуву фази несучої частоти від часу $\Delta\varphi(t)$:

$$\Delta\varphi(t) = \varphi_0 - \varphi_\Gamma(t). \tag{4.11}$$

Тоді напруги на виході квадратурних каналів фазового детектора з урахуванням зсуву фаз буде дорівнювати:

$$\begin{aligned} u_{\mathcal{D}_1}(t) &= \frac{U_{mc}U_{\Gamma}}{2} \cos(\Delta\varphi(t) + \Theta(t)), \\ u_{\mathcal{D}_2}(t) &= \frac{U_{mc}U_{\Gamma}}{2} \sin(\Delta\varphi(t) + \Theta(t)). \end{aligned} \quad (4.12)$$

Після перемноження напруг синфазного і квадратурного каналів, отримаємо:

$$\begin{aligned} u_{\mathcal{D}_1}(t)u_{\mathcal{D}_2}(t) &= \frac{U_{mc}U_{\Gamma}}{2} \cos(\Delta\varphi(t) + \Theta(t)) \frac{U_{mc}U_{\Gamma}}{2} \sin(\Delta\varphi(t) + \Theta(t)) = \\ &= \left(\frac{U_{mc}U_{\Gamma}}{2} \right)^2 \cos(\Delta\varphi(t) + \Theta(t)) \frac{U_{mc}U_{\Gamma}}{2} \sin(\Delta\varphi(t) + \Theta(t)) = \\ &= \frac{1}{2} \left(\frac{U_{mc}U_{\Gamma}}{2} \right)^2 \sin 2(\Delta\varphi(t) + \Theta(t)) = k \sin 2(\Delta\varphi(t) + \Theta(t)). \end{aligned} \quad (4.13)$$

У разі прийому немодульованого сигналу, тобто $\Theta(t) = \text{const} = 0^\circ$, напруга на виході перемножувача матиме вигляд (4.14):

$$U_x(t) = k \sin(2\Delta\varphi(t)). \quad (4.14)$$

При $\Delta\varphi(t) = 0$, гетеродин буде налаштований синхронно до отриманого сигналу. При $\Delta\varphi(t) > 0$ $\Delta U_x(t) > 0$, при $\Delta\varphi(t) < 0$ $\Delta U_x(t) < 0$.

Таким чином, напругу на виході перемножувача можна використовувати для автопідстроювання частоти гетеродина.

Для усунення явища "зворотної роботи" [88] і збереження завадостійкості, передача даних здійснюється за допомогою дискретної відносної фазової маніпуляції (ВФМ), або інакше, відносної фазової телеграфією (ВФТ), із зсувом фази на 180° [88, 89]. При цьому порівнюються дві сусідніх посилання на наявність фазового зсуву, і передаючі біти інформації кодуються величиною фазового зсуву 0° або 180° .

Кожен біт переданої послідовності $a_i \in \{0,1\}$, де $i=1,2,\dots,n$ буде представлятися сигналом з фазою, що змінюється, щодо фази попередньої ссилки на 0° або на 180° : $\Delta\varphi_1 = \varphi_i - \varphi_{i-1} \in \{0, \pi\}$.

Прийmemo, що якщо переданий біт $a_i = 1$, то передавач ‘рмує сигнали опорної частоти, фаза якого відрізняється від фази попереднього сигналу на величину π , при $a_i = 0$ фаза сигналу, що передається залишається колишньою. Фазові кути при передачі послідовності a_i , $i=1,2,\dots,n$ дорівнюватимуть:

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= \varphi_0 + \pi a_1; \\ \varphi_2 &= \varphi_1 + \pi a_2 = \varphi_0 + \pi a_1 + \pi a_2; \\ &\dots \\ \varphi_i &= \varphi_{i-1} + \pi a_i = \varphi_0 + \pi \sum_{i=1}^n a_i,\end{aligned}\tag{4.15}$$

де φ_0 - фаза сигналу передавача перед початком передачі першого біта двійковій послідовності.

На вхід, передавача, схема якого наведена на рис. 4.4, подається перекодований керуючий сигнал, сформований за правилом:

$$b_i = b_{i-1} \oplus a_i = a_0 \oplus a_1 \oplus \dots \oplus a_{i-1} \oplus a_n = \sum_{i=0}^n a_i \pmod{2},\tag{4.18}$$

де $\oplus$ - операція підсумовування по модулю 2 без урахування перенесення.

Прийmemo, що при $b_i = 1$, комутатор М перемикається на вихід фазообертача ФВ, а при $b_i = 0$ - на вихід генератора.

Для передачі двійкової послідовності розміру n способом ВФТ потрібно доповнити її початковим бітом a_0 , причому значення цього біта в момент початку передачі може бути будь-яким (див. рис. 4.6).

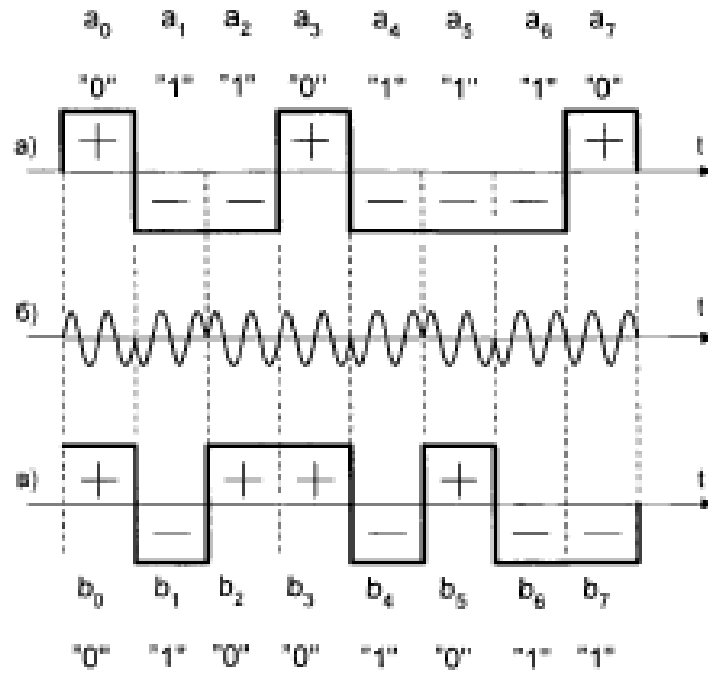


Рисунок 4.6 - Формування ВФТ сигналів

На рис 4.6 можуть використовуватися такі символи сигналів по осях часу: а) передається вихідна двійкова послідовність; б) ВФТ сигнал на виході передавача; в) перекодувати послідовність для управління перемикачем.

Прийом ВФТ сигналів реалізується за схемою, наведеною на рис. 4.5. При цьому, після прийому кожного біта, виконується операція протилежна (4.18) (зворотного декодування). Так як операція підсумовування по модулю $2 \oplus$ оборотна самій собі, то вона ж застосовується і для декодування:

$$a_i = b_i \oplus a_{i-1} = b_0 \oplus b_1 \oplus \dots b_{i-1} \oplus b_n = \sum_{i=0, \text{ mod } 2}^n b_i \quad (4.19)$$

де b_0 - опорний біт, прийнятий перед першим бітом b_1 .

При ВФТ необхідно, щоб початок і тривалість сигналу передачі одного біта в передавачі і приймачі були синхронізовані. Досягнення синхронізації є досить складним в реалізації, іноді для цього застосовують окремий канал передачі синхроімпульсів [88].

4.4 Прийом і передача даних по мережі 0,4 кВ

Як було показано в пункті 4.1, для передачі сигналів по електричній мережі з точки зору перешкодозахищеності і надійності проходження сигналу, найкраще підходять області переходу основної гармоніки напруги частоти 50 Гц через нуль. Ці області переходу легко фіксувати пороговим датчиком напруги (ПДН). Епюри напруг, що пояснюють спосіб передачі даних по електромережі наведені на рис. 4.7 з наступними позначенням: 1 - напруга основної гармоніки електричної мережі; 2 - сигнали, що передаються; $T_{пер}$ - інтервал передачі; $T_{пр}$ - інтервал прийому ($T_{пер} > T_{пр}$).

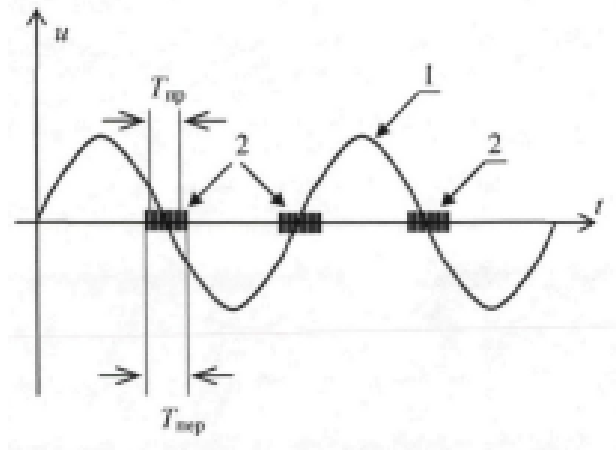


Рисунок 4.7 - Епюри напруг, що пояснюють спосіб передачі даних по електричній мережі

Детальний опис способу передачі даних по мережі наведено в [91]. Коротко, спосіб полягає в наступному. Бінарну інформацію, формують в пакети фіксованої довжини n . На початок до кожного пакету додають опорний біт і заголовок кадру. Потім обчислюють контрольну комбінацію, яка розраховується як хеш-функція від бітів даних і заголовка кадру, і додають її в кінець пакету. Отримана двійкова послідовність є інформаційним кадром.

В якості хеш-функції використовується один з відомих алгоритмів обчислення циклічного контрольного коду CRC (Cyclic Redundancy Codes) [92]. Структура інформаційного кадру показана на рис. 4.8.

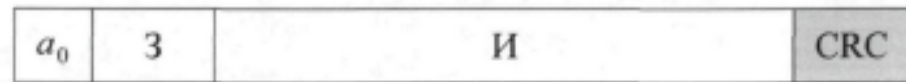


Рисунок 4.8 - Структура переданого інформаційного кадру

На рис. 4.8 прийняті наступні позначення: a_0 - опорний (неінформаційних) біт; 3 - заголовок кадру; И - інформація; CRC - завершальна контрольна комбінація.

Кожен біт, підготовлено таким способом пакета передають в лінію електричної мережі в такий спосіб. При настанні чергового інтервалу передачі, центром якого є момент переходу через нуль основної гармоніки напруги електричної мережі, а тривалість менше половини періоду цієї гармоніки, підключають до мережі на час тривалості цього інтервалу вихід генератора синусоїдальної напруги опорної частоти або вихід фазообертача, що зрушує фазу синусоїдального напруги генератора на 180° (див. рис. 4.3).

Для застосування електромережевого модему в МПД систем керування зовнішнім освітленням (СКЗО) потрібно рішення наступних завдань:

- розробка перешкодостійкого протоколу передачі даних в каналі зв'язку з нестабільними параметрами і співвідношенням потужностей сигналу і шум близьким до одиниці;
- вирішення проблеми розсинхронізація частот передавача і приймачів, що виникає внаслідок некогерентності задаючих генераторів і відхиленнями, викликаними нестабільністю і розкидом параметрів радіоелектронних компонентів.

4.5 Розробка перешкодостійкого протоколу передачі даних

4.5.1 Постановка задачі

МПД по електричній мережі можна уявити структурою, наведеною на рис. 4.9, яка складається з одного передавача, симплексного каналу зв'язку і безлічі приймачів.

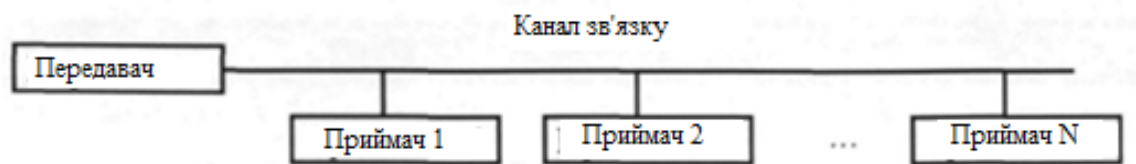


Рисунок 4.9 - Структура системи передачі даних

Передача сигналу відбувається синхронно з частотою основної гармоніки напруги мережі, в області її переходу через нуль. Отже, максимальна пропускна здатність каналу зв'язку становить 100 біт/с, реально вона може виявитися нижче, внаслідок накладних витрат протоколу передачі даних. Мірою ефективності протоколу передачі є відношення обсягу корисної інформації, що передається до всього переданому обсягом інформації. При цьому необхідно забезпечити необхідну надійність прийому.

В МПД СКЗО достатньо однонаправленого потоку керуючих команд, від блока керування лінією (БКЛ) до блоку керування світильниками (БКС). Але при цьому виникають проблеми отримання даних про правильний прийом інформації, причому такі дані повинні бути отримані від кожного БКС, що вимагає затрат часу і складного алгоритму арбітражу в симплексному каналі даних.

Один з варіантів вирішення цієї проблеми - підвищити надійність прийому за рахунок повторної передачі даних, завадостійкого кодування, а також за рахунок непрямого підтвердження правильності прийому. Наприклад, після передачі команди управління потужністю, можна

вимірювати струм в лінії, і на підставі цих вимірювань робити висновок про правильність прийому команд. Так як, проблема вирішується шляхом розробки спеціальних алгоритмів, протоколів і програмного забезпечення для мікропроцесора, вартість БКС не збільшиться, і відповідно загальна енергоефективність СКЗО не знизиться. Тому був обраний саме цей шлях вирішення.

Як було показано в пункті 4.1 електрична мережа, яка використовується в якості каналу зв'язку, характеризується нестабільними параметрами. Нестабільність полягає в зміні її амплітудно-частотної характеристики (АЧХ), частотного спектра і рівня шумів з плином часу. Це означає, що якщо передача сигналу здійснюється на одній фіксованій частоті, умови проходження сигналу і шумового фону в каналі можуть погіршитися і його прийом буде неможливий. Для підвищення ймовірності правильного прийому був запропонований спосіб багаторазової послідовної передачі інформації на ряді фіксованих несучих частот. При цьому передавач послідовно змінює несучу частоту передачі сигналів і повторно передає пакет інформації на заздалегідь обраних фіксованих частотах. Таблиці частот однакові у всіх пристроях мережі передачі даних, але заздалегідь невідомо, на якій частоті працює передавач в момент включення приймача.

З опису способу передачі даних [91] відомо, що передача інформації відбувається кадрами фіксованої довжини. При цьому виникає задача визначення меж кадру, так як приймачі можуть включитися в момент, який не збігається з початком кадру. Ознакою закінчення пакета, а також правильності його прийому служить контрольна комбінація (в способі [91] один з варіантів CRC). Ця контрольна комбінація є додатковим кодом, що зменшує корисну інформаційну ємність пакета, тому необхідна мінімізація її довжини, але це призведе до зниження надійності визначення меж кадру. Тому необхідно вибрати CRC такої довжини, щоб вона забезпечувала задану ймовірність достовірності прийому.

Для підтримки синхронізації приймачів МПД, передавач передає кадри безперервно, навіть при відсутності корисної інформації.

З огляду на вище викладене, завдання приймача: знайти частоту, на якій відбувається передача кадрів, синхронізуватися з межами кадру і виявлять помилкові кадри. При цьому потрібно врахувати наступне:

1. Передача кожного біта інформації відбувається в фіксовані моменти часу (переходів основної гармоніки напруги мережі через нуль);
2. Апаратна реалізація приймача дозволяє ідентифікувати тільки два стани каналу, позначених "0" і "1";
3. Інформація передається кадрами фіксованої довжини і структури, кадри слідують один за одним безперервно;
4. Передавач може працювати на одній з частот, заздалегідь заданих в таблиці, при цьому таблиці частот однакові у всіх пристроїв мережі;
5. Несуча частота приймача в момент його включення може не відповідати несучій частоті передавача;
6. Момент включення приймача також може не відповідати початку кадру, що передається;
7. Приймач повинен відслідковувати перехід передавача на іншу робочу частоту.

При цьому необхідно мінімізувати витрати часу на процес пошуку синхронізації.

4.5.2 Математичне моделювання алгоритму синхронізації кадрів і розробка протоколу передачі інформації

Існує кілька варіантів рішень визначення початку пакету (завдання синхронізації кадрів), що застосовуються в протоколах послідовної синхронної передачі даних. Досить повний їх огляд і аналіз наведено в роботі [93].

Подібне завдання вирішується, в технології АТМ (Asynchronous Transfer Mode), для пошуку синхронізації кадрів в безперервному бітовому потоці [94], але наявні рішення неприйнятні через відмінності швидкісних і шумових характеристик каналу передачі, а також вимог до мінімізації вартості апаратної реалізації.

Крім вище перерахованих, в даному способі прийому-передачі інформації виникає ще одна проблема. При відсутності сигналу передавача під дією адитивного білого шуму приймач видає на своєму виході потік двійкових біт, з однаковою ймовірністю випадання "1" і "0" близькою до 0,5. Кадр складається з блоку даних довжиною L_D та контрольної комбінації (КК) довжиною L_{KC} біт (див. рис. 4.8). Тому ймовірність прийому випадкових псевдоправильних кадрів, розраховується за формулою:

$$P_{KC} = \underbrace{0,5 \cdot 0,5 \cdot \dots \cdot 0,5}_{L_{KC}} = (0,5)^{L_{KC}} = 2^{-L_{KC}}. \quad (4.20)$$

Чим більше L_{KC} , тим менш імовірно випадкове випадання псевдоправильних кадрів, але збільшення L_{KC} , знижує коефіцієнт корисної інформаційної ємності пакета, який розраховується за формулою:

$$k_u = \frac{L_D}{L_D + L_{KC}}. \quad (4.21)$$

Необхідно знайти компромісне рішення, яке б з одного боку наближало б коефіцієнт корисної інформаційної ємності пакета до 1 ($k_u \rightarrow 1$), а з іншого зменшувало б ймовірність помилкової синхронізації.

Синтез алгоритму синхронізації приймача можна виконати, застосовуючи методи теорії ідентифікації систем [95]. Будемо вважати, що проєктована модель алгоритму синхронізації є "чорним ящиком" (рис. 4.10) з

одним входом і одним виходом. На вхід через фіксовані проміжки (кванти) часу t_n , де n -номер відліку, $n=0,1,2,\dots$ надходять виконавчі сигнали u_n (біти "0" або "1" з виходу приймача). На виході в кожний квант часу, видається однобітний двійковий сигнал y_n , причому "1" - означає, що синхронізація пакетів знайдена, "0" - немає.

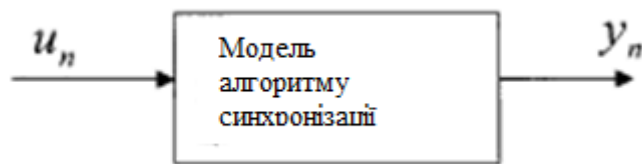


Рисунок 4.10 - Вхідні і вихідні сигнали моделі

У загальному випадку, стан виходу y_n залежить від n попередніх станів входу $u_n, u_{n-1}, \dots, u_0$. Оскільки кінцева мета - синтезувати алгоритм, який повинен виконуватися в умовах обмежених обчислювальних ресурсів мікроконтролера, простота реалізації буде грати вирішальну роль. Необхідно знайти функціональну залежність стану виходу в n -й момент часу, від надісланих послідовностей n вхідних сигналів $u_n, u_{n-1}, \dots, u_0$.

Ознакою вірно прийнятого кадру, а також ознакою правильного визначення його кордонів, є виявлення контрольної комбінації (КК) в останніх L_{kc} бітах, причому вона є однозначною функцією від L_d попередніх бітів кадру. Достовірність знайденої синхронізації кадрів зростає тим більше, чим більше прийнято вірних кадрів підряд.

Так як мета алгоритму - визначення меж кадрів, введемо нову перемінну x_n , використовуючи наступне правило. При надходженні кожного біта u_n з виходу приймача, обчислюється значення хеш-функції від прийнятих раніше бітів і порівнюється з попередніми прийнятими L_{kc} бітами (передбачуваної КК). Якщо обчислене і прийняте значення збігаються, це відмічається

маркером $x_n = 1$, інакше $x_n = 0$. Отримані маркери в кожен момент часу заносяться в зсувний регістр X .

Синхронізація пакетів вважається знайденою, якщо в k послідовно прийнятих кадрах контрольні комбінації будуть відповідати блокам даних. Це правило можна записати формулою:

$$y_n = x_n \oplus x_{n-L} \oplus \dots x_{n-(k-1)L}, \quad (4.22)$$

де k - кількість послідовних кадрів, в яких виявлена контрольна комбінація;
 $\oplus$ - операція множення (логічне «і»).

Кожен елемент x_n можна обчислити, знаючи L останніх станів входу $\{u_n, u_{n-1}, \dots, u_{n-L+1}\}$. Тому для зберігання станів входу можна використовувати зсувний регістр розміру L біт. Відповідно y_n можна обчислити, згідно (4.22), маючи $k \cdot L$ елементів вектора X , тому для його зберігання достатньо зсувного регістру розміру $k \cdot L$ біт. Це істотно знизить вимоги до обчислювальних ресурсів і обсягу пам'яті при реалізації.

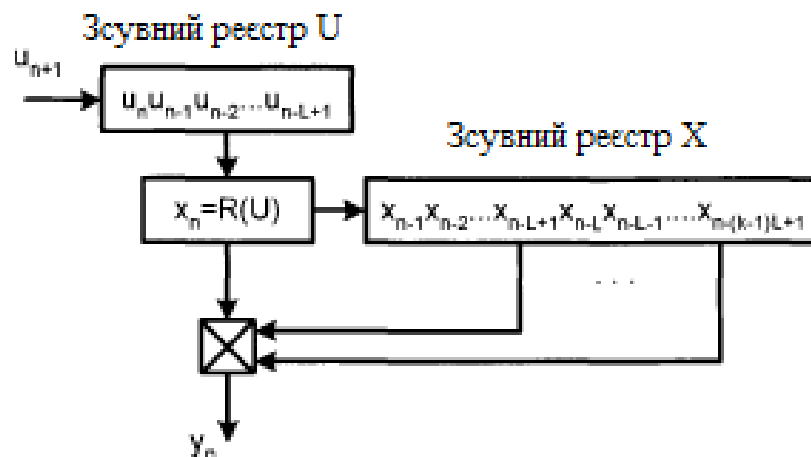


Рисунок 4.11 - Модель блоку пошуку синхронізації

Таким чином, структура моделі блоку пошуку синхронізації кадрів набуде вигляду, показаний на рис. 4.11, де прийняті наступні позначення: n -

номер відліку модельного часу (номер кроку), $0, 1, 2, \dots$; u_n - біт прийнятий в n -й відлік часу, $u_n \in \{0; 1\}$; U - зсувний регістр станів входу, довжиною L біт; x_n - результат операції $R(U)$ перевірки КК; X - зсувний регістр результатів перевірки КК, довжиною $k \cdot L$ біт; $\otimes$ - операція множення (логічне "і"); y_n - значення вихідної функції моделі в n -й відлік часу.

У операторній формі, формулу (4.22) можна записати в такий спосіб:

$$y_n = \prod_{i=0}^{k-1} q^{iL} x_n = \prod_{i=0}^{k-1} q^{-iL} R(U), \quad (4.23)$$

де $\prod_{i=0}^{k-1}$ - операція множення (логічне «і»);

q^{-iL} - оператор зсуву елемента x_n на $-iL$ квантів часу назад;

$R(U)$ - оператор знаходження КК в реєстрі U .

Дія оператора зсуву на довільну послідовність X засноване на співвідношеннях:

$$\begin{aligned} qx_n &= x_{n+1}; \\ q^{-1}x_n &= x_{n-1}; \\ q^m x_n &= x_{n+m}; \\ q^{-m} x_n &= x_{n-m}; \end{aligned} \quad (4.24)$$

де qx_n - розшифровка, як буде працювати оператор, це не множення q на x_n .

Число k можна визначити з наступного. З огляду на формулу (4.20), можна підрахувати ймовірність випадкового випадання послідовності до "Псевдо-вірних" контрольних комбінацій в k пакетах поспіль:

$$P_k = (P_{KC})^k = 2^{-kL_{KC}}. \quad (4.25)$$

Тому, задаючи бажаний рівень захисту від помилкової синхронізації, або, інакше кажучи, допустимий рівень ймовірності "псевдо-вірною" синхронізації, можна вибрати число k , що визначає довжину регістра X . Наприклад при використанні в якості хеш-функції CRC-8, ймовірність помилкової синхронізації при $k = 3$ буде дорівнювати:

$$P_k = 2^{-38} \approx 0,00000006, \quad (4.26)$$

що є допустимим для МПД.

В (4.23) можна замість операції логічного множення ("і") використовувати суму, при цьому отримаємо:

$$y_n = \sum_{j=0}^{k-1} q^{-iL} x_n = \sum_{j=0}^{k-1} q^{-iL} R(U). \quad (4.27)$$

Тоді умова $y_n = k$ буде ознакою закінчення пошуку синхронізації, знайденої з ймовірністю $2^{-kL_{kc}}$.

Для того щоб алгоритм синхронізації міг почати працювати необхідно, щоб після включення приймача наповнилися зсувні регістри U і X . Для початкового заповнення регістра X необхідно $k \cdot L$ тактів. У самому гіршому випадку може виявитися, що приймач включився в момент передачі другого біта пакету, тому знадобиться ще додатково $L - 1$ тактів.

З урахуванням вищевказаних вимог запропонований алгоритм синхронізації кадрів. Блок-схема якого приведена на рис. 4.12, на якому прийняті наступні позначення: L_{kc} - довжина контрольної суми в пакеті (кількість біт); L_d - довжина поля даних в пакеті (кількість біт); k - кількість послідовних кадрів, в яких виявлена КК; $n_{\max}$ - максимальна кількість тактів, за яке повинна бути виявлена несуча частота; M - кількість заданих несучих частот; $f_0, f_1, \dots, f_{M-1}$ - значення несучих частот; n, j, i - допоміжні змінні і

індекси; позначення зсувних реєстрів і операцій прийняті такими ж, як на рис. 4.11.

На базі розробленого алгоритму реалізована керуюча програма для електромережевого модему.

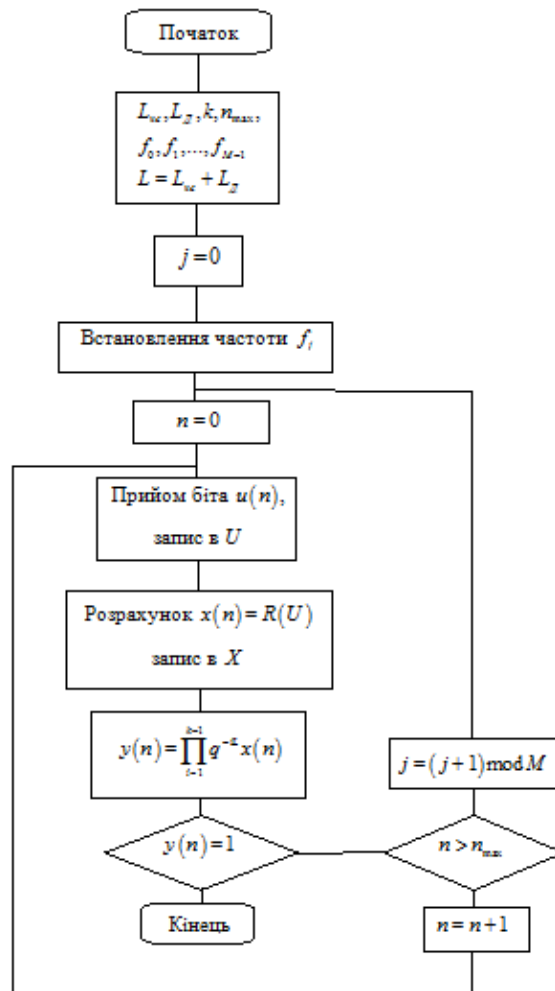


Рисунок 4.12 - Блок-схема алгоритму синхронізації кадрів і пошуку несучої частоти

4.6 Висновки до розділу

Розроблено математичну модель процесу синхронізації кадрів приймача в однобічному каналі зв'язку з арбітражем типу "master-slave" з урахуванням випадковості моменту включення приймачів. На основі результатів математичного моделювання запропонований перешкодостійкий алгоритм передачі даних по лініях електропостачання.

5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

Система керування зовнішнім освітленням (СКЗО) складається з підсистем трьох ієрархічних рівнів:

1. Центру моніторингу та управління (ЦМУ);
2. Блоків управління лініями (БУЛ);
3. Блоків управління світильниками (БУС).

Кожна з підсистем взаємодіє з підсистемами інших рівнів через канали зв'язку КС1 (GPRS + Інтернет між ЦМУ і БУЛ) і КС2 (лінії електричних мережі між БУЛ і БУС).

Залежно від способу побудови мережі передачі даних (МПД) по електромережі, є дві принципові схеми БУЛ: з передавачем на базі тиристорних ключів і з передавачем на базі електромережевого модему. Як було показано раніше, вибір конкретної схеми МПД залежить від наявності побутових споживачів, підключених до лінії освітлення.

5.1 Програмне забезпечення центру моніторингу та управління

Основними функціями комплексу ПЗ ЦМУ є:

- забезпечення моніторингу БУЛ;
- ведення бази даних моніторингу;
- відображення інформації про стан системи;
- забезпечення безпосереднього диспетчерського управління БУЛ.

З огляду на структурну схему технічної реалізації ЦМУ, а також характеру вирішуваних завдань, ПЗ ЦМУ доцільно виконати у вигляді окремих програмних модулів, кожен з яких реалізує одну з вище перелічених функцій. У складі комплексу ПЗ ЦМУ модулі взаємодіють між собою за схемою, наведеною на рис. 5.1.

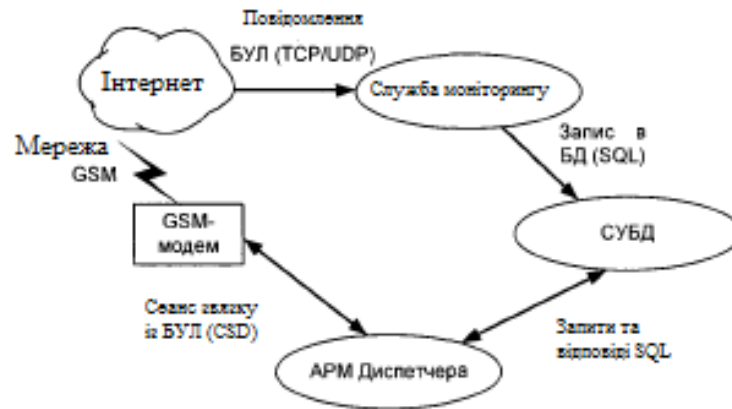


Рисунок 5.1-Схема взаємодії програмних модулів ЦМУ

Модулі служби моніторингу та СУБД функціонують автономно в операційній системі виділеного сервера локально обчислювальної мережі ЛОМ ЦМУ.

Модуль служби моніторингу, постійно знаходиться в режимі очікування приходу повідомлень від БУЛ. Повідомлення періодично надходять через мережу Інтернет по протоколах UDP (англ. User Datagram Protocol) або TCP (англ. Transmission Control Protocol) на адресу сервера ЦМУ, приймаються службою моніторингу і записуються в базу даних, шляхом запитів на мові SQL (англ. Structured Query Language).

Система управління базами даних (СУБД) - спеціалізований комплекс програм, призначений для організації та ведення баз даних.

Для забезпечення безпосереднього диспетчерського управління розроблено спеціалізоване ПЗ - автоматизоване робоче місце (АРМ) диспетчера, що має доступ до бази даних через ЛОМ ЦМУ. Безпосереднє диспетчерське управління БУЛ здійснюється через GSM-модем в режимі CSD (англ. Circuit Switched Data).

5.1.1 Служба моніторингу

БУЛ періодично передають на адресу ЦМУ повідомлення про режим роботи лінії освітлення. Повідомлення передаються через радіомережу GSM

в режимі GPRS і далі, через маршрутизатори і шлюзове обладнання оператора зв'язку потрапляють в мережу Інтернет.

GSM-модем БУЛ при функціонуванні в режимі GPRS отримує динамічний адрес, що виділяється оператором мобільного зв'язку з діапазону приватних адресів тільки на час сеансу GPRS [44]. Для того, щоб БУЛ міг відправити повідомлення згідно з правилами для режиму GPRS стека протоколів TCP/IP (англ. Transmission Control Protocol / Internet Protocol), сервер ЦМУ повинен мати виділений IP-адреса і порт. Служба моніторингу ЦМУ прослуховує даний порт і чекає повідомлення. Для безпечної роботи в мережі Інтернет сервер захищається фаєрволом.

Організувати сеанс зв'язку з БУЛ з ініціативи ЦМУ технічно можливо, але для цього потрібно, щоб GSM-модем БУЛ мав виділений IP-адрес. Вартість цієї послуги оператора мобільного зв'язку відносно висока і для організації моніторингу такий режим не є необхідним.

Для відправки повідомлень використовуються два варіанти протоколів TCP і UDP. На відміну від протоколу UDP, в протоколі TCP передбачено кошти для підтвердження доставки пакетів, тому він більш надійний, але генерує на 50 - 60% більше трафіку. Крім того, режим TCP надає можливість робити синхронізацію часу БУЛ при з'єднанні з сервером. Тому доцільно використовувати в службі моніторингу обидва протоколи, а в сеансах БУЛ-ЦМУ планувати їх розумне поєднання.

З огляду на оснащення БУЛ датчиками, для ідентифікації режимів роботи ліній вуличного освітлення в ЦМУ можна отримати наступну інформацію:

1. Номер БУЛ - унікальний номер БУЛ в системі.
2. Позначка часу фіксації вимірювань - дата (день, місяць, рік) та час (години, хвилини, секунди), визначені за внутрішнім годинником БУЛ.
3. Показання лічильника електроенергії - число імпульсів, підраховують мікроконтролером БУЛ.

4. Діючі значення струмів, які споживаються в кожному фазному провіднику лінії освітлення, оцифровані АЦП мікроконтролера БУЛ.
5. Напруження в кожному фазному провіднику лінії освітлення.
6. Рівень GSM-сигналу, що вимірюється GSM-модемом.
7. Стан датчика відкриття дверей шафи БУЛ.

Для спрощення керуючої програми мікроконтролера (МК) і протоколу його взаємодії з GSM-модемом інформація кодується 16 цифрами в кодуванні ASCII (англ. American Standard Code for Information Interchange - американський стандартний код для обміну інформацією). Це дає можливість представляти бінарне повідомлення рядком, що складається з шістнадцяткових цифр фіксованою довжини з алфавітом, що складається з підмножини ASCII: $A = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F\}$.

Крім повідомлень про режим роботи, БУЛ передає результати діагностики БУС. Результат діагностики кожного БУС відображається одним бітом інформації: "1" - БУС справний; "0" - БУС несправний. Так як кількість БУС в одній фазній лінії обмежена (в даній реалізації СКЗО адресний код БУС від 0 до 255), результат діагностики всіх БУС, підключених до однієї фази лінії, можна записати рядком з 256 біт (або 32 байт), які можна закодувати рядком з 64 символів алфавіту A.

Для того, щоб відрізнити тип повідомлення і фази лінії, необхідно додаткове поле "тип повідомлення", що складається з одного символу алфавіту A, що приймає значення: "0" - повідомлення про режим роботи; "1", "2", "3" - результат діагностики БУС, відповідно, в фазах A, B, C.

Структура повідомлення про режим роботи приведена в таблиці 5.1.

Структура повідомлення про результати діагностики в одній фазі лінії приведена в таблиці 5.2.

Програма служби моніторингу приймає рядок повідомлення, витягує значення полів і записує їх в базу даних.

На відміну від Сенсу UDP, який дозволяє відразу ж почати передачу пакетів, сеанс TCP можна розділити на три стадії: установка з'єднання;

передача даних; завершення з'єднання. Під час будь-якої зі стадій цього процесу можуть надходити нові запити, і щоб запобігти відмовам в обслуговуванні використовується так звана технологія багатопотоковості, яка полягає в наступному. На стадії установки з'єднання TCP служба моніторингу запитує у операційної системи додатковий вільний порт із загального пулу, створює новий потік обслуговування, потім з'єднання перенаправляється на цей порт. При цьому виділений порт сервера знову переходить в стан очікування нового TCP сеансу.

Служба моніторингу складається з чотирьох видів потоків, що виконуються в рамках багатозадачної операційної системи "псевдопаралельно". Три види потоків: "очікування і прийом UDP пакету"; "Очікування TCP сеансу"; "Запис буфера-накопичувача в БД" завжди знаходяться в роботі. Потік "очікування TCP сеансу" під час вступу запиту на з'єднання породжує додатковий потік "прийом TCP пакетів". Блок-схема алгоритму роботи потоків служби моніторингу приведена на рис. 5.2-5.5.

Таблиця 5.1 - Структура повідомлення про режим роботи

№ п/п	Назва	Розмір	Призначення
1	Номер БУЛ	4	Унікальний номер БУЛ в системі
2	Мітка часу	12	Момент часу вимірювань в форматі ДДММРРГГххсс
3	Тип повідомлення	1	"0" - повідомлення про режим роботи
4	Показники лічильника	8	Кількість рахункових імпульсів
5	Струм в фазі А	4	10-ти розрядний код АЦП
6	Струм в фазі В	4	10-ти розрядний код АЦП
7	Струм в фазі С	4	10-ти розрядний код АЦП

Продовження таблиці 5.1

8	Напруга в фазі А	4	10-ти розрядний код
9	Напруга в фазі В	4	10-ти розрядний код
10	Напруга в фазі С	4	10-ти розрядний код
11	Рівень GSM	2	Вимірюється в градаціях від максимального рівня
12	Побутові датчики	2	Включення живлення лінії, режиму споживання потужності, наявності напруг фаз А, В, С і стану датчиків відкриття дверей шафи

Таблиця 5.2 - Структура повідомлення про результат діагностики

№ п/п	Назва	Розмір	Призначення
1	Номер БУЛ	4	Унікальний номер БУЛ в системі
2	Мітка часу	5	Момент часу вимірювань в форматі ДДММРРггххсс
3	Тип повідомлення	1	Номер фрагмента лінії (по-фазах)
4	Рядок результату	64	Бітовий рядок результату діагностики

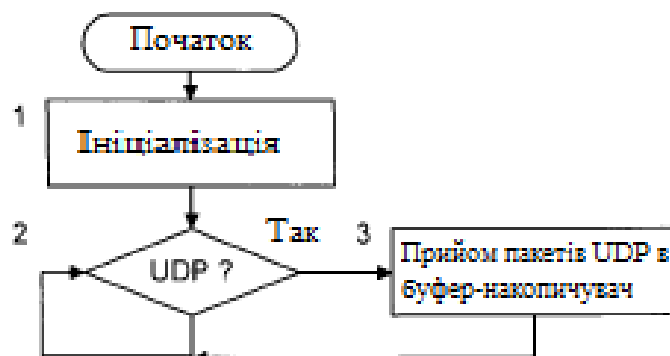


Рисунок 5.2 - Блок-схема алгоритму роботи потоку "Очікування і прийом UDP пакету"

Алгоритм "очікування і прийом UDP пакету", наведений на рис. 5.2 працює наступним чином. При надходженні UDP пакету, його блок даних приймається і записується в буфер-накопичувач, після чого знову очікується наступний пакет.

Алгоритм "очікування TCP сеансу" наведено на рис. 5.3. Коли від БУЛ надходить запит з'єднання, створюється новий потік "прийом TCP пакету", який запитує вільний порт у операційної системи, на який перенаправляється TCP-з'єднання і проводиться подальша обробка сеансу зв'язку. Кожен новостворений потік типу "прийом TCP пакету" забезпечується міткою часу, до якого він повинен завершитися, інакше він вважається "просроченим". Якщо є "просрочені" потоки типу "прийом TCP пакету", вони примусово закриваються. Цей прийом дозволяє запобігти перенаправленню пам'яті сервера "завислими" потоками при збоях в сеансах зв'язку.

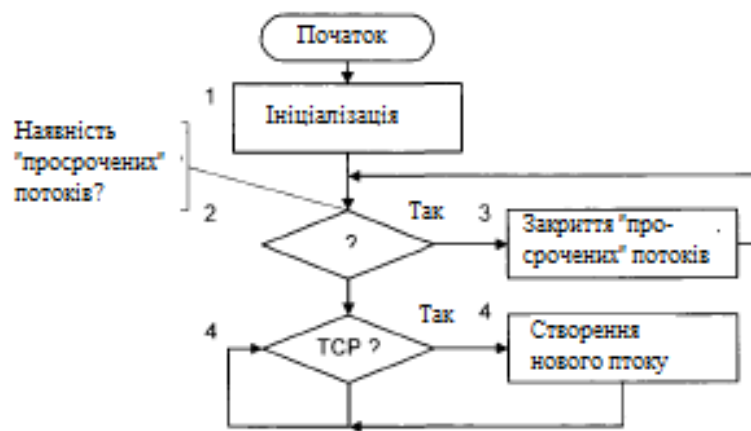


Рисунок 5.3 - Блок-схема алгоритму роботи потоку "очікування TCP сеансу"

Блок-схема алгоритму роботи потоку "прийом TCP пакету" приведена на рисунку 5.4.

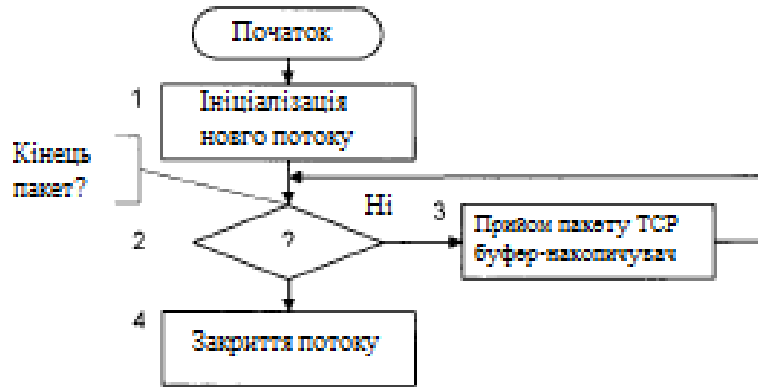


Рисунок 5.4 - Блок-схема алгоритму роботи потоку "прийм TCP пакету"

Алгоритм "запис буфера-накопичувача в БД" (див. рис. 5.5) працює наступним чином. Якщо буфер-накопичувач не пустий, відбувається вибірка, перевірка і розбирання чергового запису. Якщо помилок не виявлено, отримані значення записуються в БД. Далі цикл обробки повторюється.

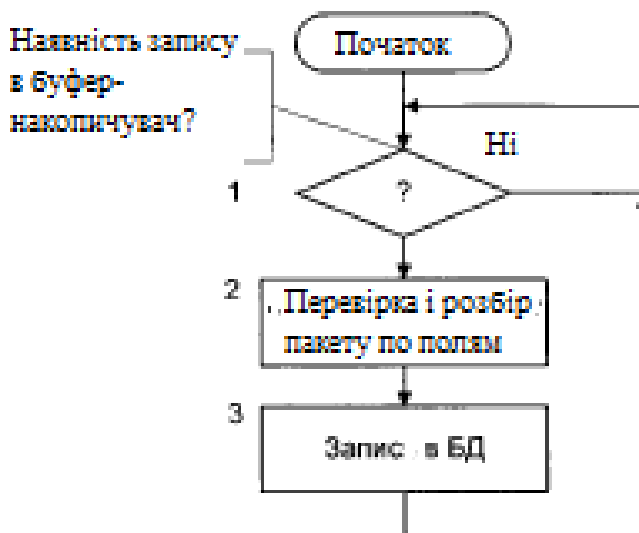


Рисунок 5.5 - Блок-схема алгоритму роботи потоку "запис буфера-накопичувача в БД"

5.1.2 Проектування бази даних

Після проведеного дослідження предметної області, в якості моделі даних обрана реляційна модель, як найбільш просто реалізується, має велику різноманітність інструментальних і серверних програмних засобів.

В рамках даної моделі в якості сутностей предметної області виділено наступні об'єкти:

- блоки управління лініями (таблиця BUL);
- блоки управління світильниками (таблиця BUS);
- повідомлення про режими роботи БУЛ (таблиця LOG);
- повідомлення діагностики (таблиця DIAG).

Кожна з сутностей має описує її набором атрибутів і знаходиться в стосунках з іншими сутностями. Діаграма "сутність-зв'язок" (англ. Entity-Relationship Diagrams) приведена на рис. 5.6. З діаграми видно, що основною таблицею є BUL, яка пов'язана з типом "один до багатьох" з підлеглими таблицями: BUS, LOG і DIAG.

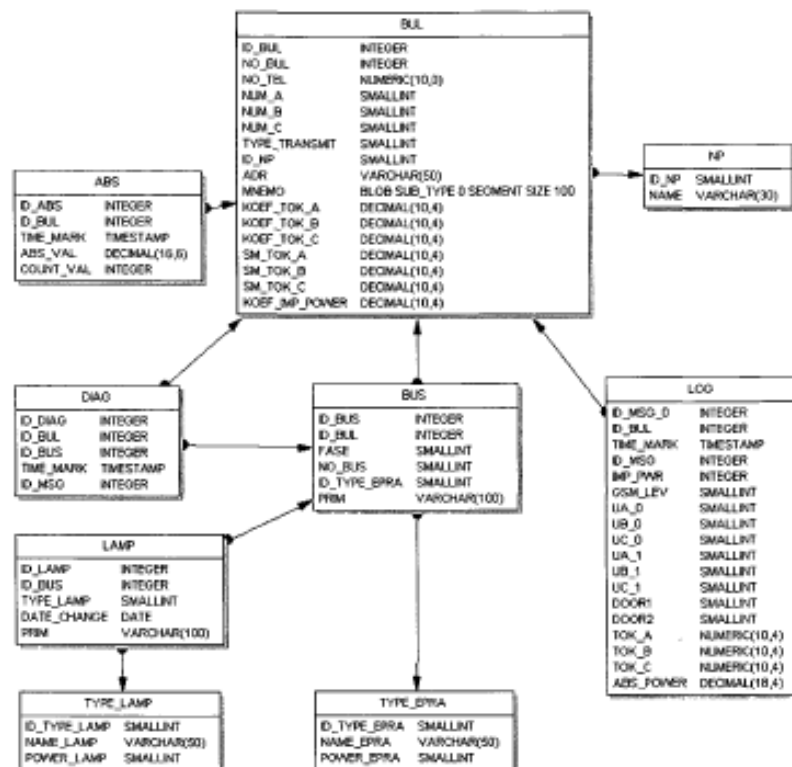


Рисунок 5.6 - Діаграма "сутність-зв'язок" БД СКЗО

В ході нормалізації таблиць з'ясувалося, що необхідні ще додаткові таблиці:

- список населених пунктів (таблиця NP);
- типи ламп (TYPE LAMP);
- дати заміни ламп (LAMP);
- зв'язка абсолютних показань лічильників (ABS).

Для досягнення умови унікальності кортежів в кожен з таблиць введений додатковий штучний атрибут - первинний ключ (його унікальність підтримується за допомогою об'єкта СУБД типу "генератор"). Це поля, імена яких починаються з ID_.

Зв'язки типу "один до багатьох" між головними і підлеглими таблицями реалізовані за допомогою механізму зовнішніх посилань (зовнішніх ключів [101]), довідкова цілісність досягається вбудованими засобами СУБД.

БУЛ передає в повідомленні для ЦМП коди, що видаються датчиками, їх необхідно перетворити в фізичну величину. Це коди АЦП, оцифрованого показання датчика струму, а так само імпульси від електролічильника, який потрібно перетворити в кВт-год. Для універсальності перетворень, з урахуванням незначності вноситься при цьому похибки, прийнята лінійна модель для датчиків струму. При цьому формула для перетворення коду датчиків струму в фізичну величину записується рівнянням прямої виду: $y = Ax + B$, де y - фізична величина; x - код датчика; A - масштабний коефіцієнт; B - зміщення. Величини A і B визначаються (калібрується) для кожного типу датчиків і зберігаються в таблиці BUL в полях KOEF ТОК x і SM ТОК x . Калібрування датчиків проводять в лабораторних умовах за двома точками вимірювань, за допомогою повірених приладів. Перетворення коду в фізичну величину відбувається автоматично за допомогою процедури MSG_LOG_NEW.

Для датчиків типу "лічильник електроенергії", крім перерахунку в кВт-годину шляхом множення кількості імпульсів на "постійну лічильника", необхідно ще враховувати накопичене інтегральне показання шкали

лічильника. БУС зберігає в пам'яті накопичене значення кількості імпульсів, але необхідна його звірка і узгодження з абсолютним показанням шкали лічильника.

Процес звірки полягає в виїзді контролера, візуального зняття показаний електrolічильника та передачі їх в диспетчерську, де вони записуються в БД як "реперних точок" по кожному лічильнику. "Реперні точка" - це запис в додатковій таблиці ABS для кожного електrolічильника, що зв'язує час вимірювання, абсолютні показання шкали і число імпульсів, підрахованих МК БУЛ. Надалі вважається, що з моменту запису "ре- Перно точки" в БД не було скидання і неузгодженості імпульсних лічильників в пам'яті МК БУЛ з значеннями шкали електrolічильника.

При отриманні повідомлень від БУЛ і записи їх в БД, кількість імпульсів електrolічильника, прив'язується до найближчої реперною точці згідно з формулою:

$$Q(t_i) = (C_i - C_{rep})m + Q_{rep}(t_r), \quad (5.1)$$

де $Q_{rep}(t_r)$ - найближча за часом "реперна точка" (абсолютне показник шкали в момент t_r , записане в таблиці ABS;

C_i - число імпульсів, що вказується в повідомленні;

C_{rep} - число імпульсів, відповідне "реперній точці" в момент t_r ;

m - масштабний коефіцієнт (постійна лічильника - кількість імпульсів на 1 кВт·год).

Операція запису повідомлення в БД виконується за допомогою процедури MSG_NEW.

Запис в таблицю діагностики проводиться тільки в разі виявлення "несправних" БУС.

5.1.3 Проектування програмного забезпечення управління та диспетчеризації

ПЗ "АРМ диспетчера" функціонально складається з наступних модулів:

- відображення результатів моніторингу та діагностики БУЛ;
- безпосереднього управління БУЛ через GSM-модем.

Модуль відображення результатів моніторингу повинен відображати наступну інформацію:

- стан БУЛ, в тому числі: спожите кількість електроенергії в даний час і режими споживання потужності;
- наявність і характер аварійних ситуацій, кількість несправних БУС і їх номери; відсутність повідомлень від БУЛ протягом тривалого часу.

Для подання інформації у вигляді зручному для користувача, а так само в якості універсального інтерфейсу взаємодії обрана технологія Web-сторінок, підготовлених за допомогою Web-сервера за запитами користувача через стандартні клієнтські програми - браузері (англ. Web- browsers). Дана технологія широко поширена, є стандартом при роботі в Інтернет, дозволяє знизити витрати на розробку клієнтського і серверного програмного забезпечення за рахунок використання готового ПЗ, не вимагає великих витрат на навчання користувачів, і крім того, дає можливість отримати територіальну незалежність клієнтів. Запити клієнтів і відповіді Web-сервера здійснюються по протоколу HTTP (англ. HyperText Transfer Protocol - протокол передачі гіпертексту).

Web-сайт моніторингу СКЗО має просту ієрархічну структуру сторінок, зображену на рис. 5.7.

На першій сторінці WEB-сайту моніторингу СКЗО здійснюється авторизація користувача. Кожному користувачеві в системі надається свій рівень доступу до інформації (список населених пунктів).

Наступна сторінка WEB-сайту моніторингу CRPJ відображає загальний стан системи у вигляді таблиці. Кожен рядок таблиці відображає узагальнене стан системи в окремому населеному пункті в даний час.

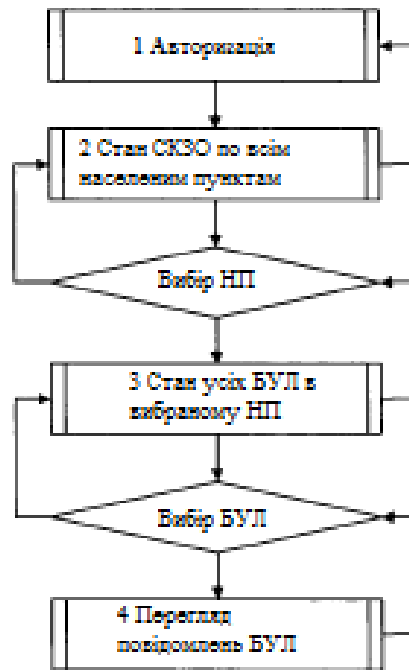


Рисунок 5.7 - Структура Web-сайту моніторингу СКЗО

Таблиця має наступні стовпці:

- 1 - найменування населеного пункту;
- 2 - поточний режим споживання електроенергії: 100, 50 або 0% потужності;
- 3 - загальна кількість спожитої електроенергії з моменту включення, МВт·год;
- 4 - загальна кількість нормально функціонуючих БУЛ;
- 5 - загальна кількість БУЛ, що мають аварійні ситуації;
- 6 - загальна кількість нормально функціонуючих БУС;
- 7 - загальна кількість несправних БУС (за результатами останньої діагностики).

Сторінка 2 дозволяє диспетчеру оцінити загальний стан СКЗО, виявити наявність аварійних ситуацій по населеним пунктам і оперативно на них відреагувати.

Для подальшої деталізації стану СКЗО, здійснюється вибір населеного пункту клацанням миші і відкривається третя сторінка - деталізації всіх БУЛ населеного пункту. Формат сторінки 2 наведено на рис. 5.9.

Кожен рядок таблиці - Стан БУЛ населеного пункту відображає стан окремого БУЛ в даний момент часу. Таблиця має такі стовпці, заповнені на підставі інформації, отриманої в останньому повідомленні:

- 1 - номер БУЛ;
- 2 - режим споживання електроенергії - 100%, 50% або 0% потужності;
- 3 - загальна кількість спожитої електроенергії з моменту включення, кВт·год;
- 4 - струми споживання по фазах;
- 5 - наявність напруги на вході і виході БУЛ (по фазах);
- 6 - загальна кількість БУС в несправному стані (за результатами останньої діагностики);
- 7 - інформація від датчиків відкриття дверей.

При натисканні мишею в осередку аварійних БУС, в додатковому вікні показується список номерів несправних БУС (за результатами останньої діагностики). Після клацання мишею в осередку номера БУЛ відкривається сторінка повідомлень БУЛ, яка також має вигляд таблиці.

Таблиця має такі стовпці, заповнені на підставі інформації, отриманої в повідомленнях:

- 1 - мітка часу зняття інформації з датчиків;
- 2 - мітка часу отримання повідомлення;
- 3 - показання лічильника електроенергії, отримані в повідомленні, кВт·год;
- 4 - струми споживання по фазах;
- 5 - наявність напруги на вході і виході БУЛ (по фазах);

Вибірку повідомлень можна обмежити, вказавши параметри інтервалу отриманих повідомлень. Інформація в таблиці потрапляє на підставі SQL-запитів до БД.

Для безпосереднього управління БУЛ розроблений модуль комунікації ПЗ, керуючий роботою GSM-модему, підключеного до послідовного порту ПЕОМ диспетчера. Дане ПЗ дозволяє налаштовувати параметри БУЛ, коригувати розклад режимів редукції потужності, проводити позапланову діагностику БУС, а також безпосередньо управляти включенням - вимиканням освітлення.

Приклади відображення WEB-сторінок сайту моніторингу вуличного освітлення наведені в додатку 1.

5.2 Програмне забезпечення блоку управління лінією

ПО МК БУЛ побудовано за модульним принципом і складається з наступних модулів:

- управління режимами редукції потужності лінії освітлення згідно розкладом (модуль управління лінією);
- опитування датчиків і ведення журналів (модуль вимірювань);
- діагностики БУС і лінії електропостачання (модуль діагностики);
- управління сеансами зв'язку з ЦМП (модуль управління GSM-модемом);
- управління сеансами зв'язку з БУС (модуль зв'язку з БУС).

5.2.1 Модуль управління лінією

Вимоги до характеристик і режимів роботи вуличного і дорожнього освітлення наведені в нормативних документах, згідно з якими, штучно освітлювана територія поділяється на ділянки з певним рівнем освітлення.

Тривалість сутінків визначається швидкістю, з якою Сонце опускається під горизонт, що залежить від географічної широти і пори року. Кут між прямовисною лінією і напрямом на світило називається зенітною відстанню. На рис. 5.8, показана усереднена залежність освітленості E горизонтальної

площини від зенітного відстані Сонця. Дані на рисунку відносяться до безхмарного неба влітку.

Історично склалася традиція розділяти сутінки на три стадії в залежності від величини сутінкової освітленості. Найбільш світла частина сутінків, коли природне освітлення на відкритому місці забезпечує можливість виконання будь-яких робіт, включаючи читання, отримала назву "громадських" сутінків.

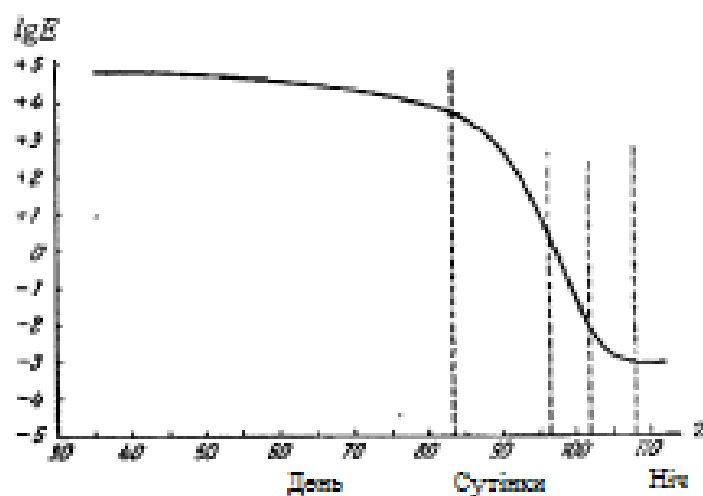


Рисунок 5.7 - Усереднена залежність освітленості E (в люксах) горизонтальних майданчиків від зенітного відстані Сонця x , (в градусах)

Час включення зовнішнього освітлення повинно відповідати кордоні між навігаційними та цивільними сутінками в даній географічній точці місцевості. Час переходу цієї межі, пов'язане з моментами сходу і заходу Сонця, алгоритми, обчислення яких наведені в банатях роботах по астрономії.

Крім геометричних параметрів Землі, її руху по орбіті і обертання, необхідно враховувати вплив рефракції атмосфери і інші фактори. Великих обчислювальних витрат так само вимагає облік умовностей відповідності цивільного часу астрономічному.

При визначенні моментів включення / вимикання вуличного освітлення так само необхідно враховувати поясний час, моменти переходу на "літній" і "зимовий" час, а також вплив рельєфу місцевості, забудови, місцевих адміністративних правових актів і т.д.

Крім факторів, які можна врахувати в розрахунках, існують чинники, врахувати які неможливо, наприклад вплив метеорологічної обстановки, зміна параметрів прозорості і рефракції атмосфери. Компенсувати їх вплив можна, враховуючи в розкладі "резерв" за часом роботи освітлення, розширюючи межі інтервалу включеного освітлення.

Вищевказані причини ускладнюють алгоритми обчислення моментів часу включення і виключення освітлення і тому недоцільно виконувати ці розрахунки безпосередньо в МК БУЛ. Більш ефективним рішенням буде запис в пам'ять МК БУЛ готової таблиці - розкладу, розрахованого та відредагованого на зовнішньому рівні. Це дає можливість скористатися безліччю вже наявних програм розрахунку часів заходів-сходів Сонця і кордонів інтервалів сутінків. Отримане річного розпису можна використовувати в якості базового варіанту, надаючи користувачам можливість вносити корективи, пов'язані зі специфікою місцевих умов.

Добовий цикл роботи освітлення складається з наступних послідовних режимів: 0 - напруга лінії відключено; 1 - напруга лінії включено, світильники споживають 100% потужності; 2 - режим редукції потужності, частина світильників споживає 50% потужності; 3 - напруга лінії включено, світильники споживають 100% потужності; 4 - напруга лінії включено, виконується діагностика БУС. Перемикання режимів відбувається по сигналам з множини U в моменти t_i , де i - номер режиму (мітка t_0 - це не момент початку доби). Діаграма добового циклу роботи освітлення при одному режимі редукції потужності (50%) приведена на рис. 4.9 для м Чернівці.



Рисунок 5.9 - Циклічна діаграма режимів роботи освітлення

З огляду на, те що початкова мітка t_0 збігається з моментом закінчення діагностики, її можна не зберігати в розкладі. Тоді в щодобовому розкладі будуть чотири мітки часу, за якими видаються керуючі впливи і його можна представити у вигляді таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Послідовність подачі керуючих впливів

Мітка часу	Сигнал	Позначення стану	Опис
t_1	u_1	p_1	Включення напруги живлення всієї лінії шляхом подачі сигналу U_1 на вхід управління
t_2	u_2	p_2	Подача команди "перейти в режим 50% потужності" з адресою групи БУС
t_3	u_3	p_3	Подача команди "перейти в режим 100% потужності" з адресою групи БУС
t_4	u_4	p_4	Подача команди "перейти в режим 0% потужності" всім БУС. Початок діагностики.
t_0	u_0	p_0	Вимкнення живлення лінії по закінченню діагностики.

З огляду на вище викладене можна використовувати в якості моделі управління лінією кінцевий автомат з п'ятьма станами $P = \{p_0, p_1, p_2, p_3, p_4\}$, діаграму переходів, якого зручно описати за допомогою математичного апарату мереж Петрі.

Мережа Петрі є двочастковий орієнтований граф, який складається з вершин двох типів - позицій P і переходів T , з'єднаних між собою дугами, вершини одного типу не можуть бути з'єднані безпосередня. У позиціях можуть розміщуватися мітки (маркери), здатні переміщатися по мережі. Подією називають спрацьовування переходу, при якому мітки з вхідних позицій цього переходу переміщуються в вихідні позиції.

У даній моделі позиціями є множина станів $\{p_0, p_1, p_2, p_3, p_4\}$ переходи $\{t_0, t_1, t_2, t_3, t_4\}$ спрацьовують при досягненні апаратними годинами відповідного моменту часу, при приході маркера в черговий стан видається керуючий сигнал відповідно до таблиці 5.3. Перехід t_0 спрацьовує по закінченню проведення діагностики. Умови спрацьовування переходів моделі управління лінією у вигляді мережі Петрі (рис. 5.10).

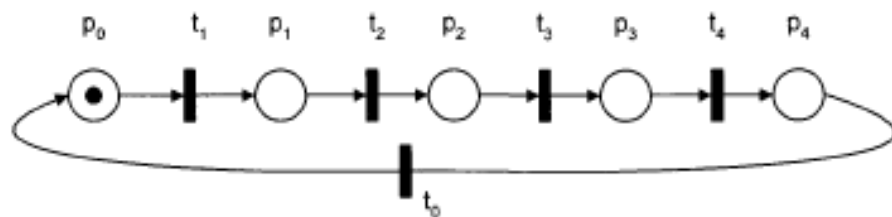


Рисунок 5.10 - Модель добового управління режимами у вигляді мережі Петрі

Цю модель досить просто реалізувати програмно, за допомогою матриці розкладу $|T|$ розмірністю $N_y \times M$, де N_y - кількість діб в році; M - кількість переходів, що спрацьовують по часу (в даному випадку $M=4$).

Елемент матриці $t_{i,j}$ вказує мітку часу спрацьовування переходу в j -ий стан для i -тих діб року.

У той же час, з огляду на лінійну байтової адресації пам'яті мікроконтролера, для спрощення алгоритмів адресації матрицю розкладу $|T|$ можна також перетворити до лінійного вигляду. Для цього вводяться такі доповнення:

- для лінійного уявлення стовпці часу включення освітлення раз-розміщуються в пам'яті послідовно один за іншим з базовою адресою першого елемента першого стовпця;

- стовпець розкладу має довжину 12×31 , де 31 - максимальна кількість днів у місяці.

Тоді обчислення номера рядка в розкладі на підставі свідчення апаратного годинника проводиться по простому алгоритму, який визначається формулою:

$$i = A_{base} + (m \cdot 12 + d - 1)M, \quad (5.2)$$

де i - шуканий номер рядка в розкладі;

A_{base} - базовий адреса розміщення матриці T в пам'яті МК;

m - номер місяця;

d - номер дня місяця;

M - кількість стовпців в матриці T .

Алгоритм роботи модуля управління лінією полягає в періодичному читанні апаратних годин, пошуку рядка матриці розкладу, відповідної поточної доби, виборі стовпця стану, що відповідає поточному часу, подання відповідної керуючої команди.

5.2.2 Модуль вимірювань

Основні функції даного модуля:

- прийом і обробка вихідних сигналів з датчиків БУЛ;
- періодична запис виміряних значень в журнал.

Згідно принциповій схемі (рис. 5.11) в МК БУЛ поступають вихідні сигнали, перераховані в таблиці 5.5

Таблиця 5.5 – Сигнали датчиків БУЛ

Тип датчика	Кількість датчиків	Вид сигналу	Вхід МК	Спосіб обробки
Лічильник	1	Імпульси	Вхід лічильника	підрахунок кількості
Датчик струму	3	Рівень струму	АЦП	зчитування коду АЦП
Датчик напруги	6	Імпульси	Порт	переривання по фронту імпульсу
Датчик відкритих дверей	2	Логічний рівень	Порт	переривання по фронту імпульсу

Як видно з таблиці 5.5, обробка сигналів датчиків досить проста і легко реалізується. Період фіксації вихідного коду АЦП задається в параметрах настройки, при цьому враховується, що реальний МК має всього один АЦП, на який послідовно підключаються виходи датчиків струму за допомогою вбудованого мультиплексора.

Періодично, з періодом, зазначеним в параметрах настройки, отримані значення записуються в журнал - циклічний буфер пам'яті МК. Формат запису: мітка часу, рядок значень датчиків.



Рисунок 5.11 - Епюра напруги на виході комутатора при передачі адресною команди управління

5.2.3 Модуль діагностики

Одним з найбільш важливих практичних питань є визначення несправних світильників. Спосіб адресному діагностики згідно [38] полягає в вимірі стрибка активної потужності при почерговому включенні/виключенні ламп (див. рис. 5.11). Є можливість застосувати в якості датчика потужності лічильник електроенергії з імпульсним виходом, частота імпульсів f_u якого пропорційна миттєвій споживаній активній потужності. Коефіцієнт пропорційності (постійна лічильника) K_u задається зазвичай як кількість імпульсів, що видаються на виході лічильника, при споживанні навантаженням електроенергії, що дорівнює 1 кВт·год. В лініях з великою кількістю ламп, повинен встановлюватися лічильник, розрахований на номінальний струм $I_{ном}$ порядку 5-10 А (максимальний струм $I_{макс}$ 50-100 А). При цьому клас точності забезпечується при струмах понад 0,1 від $I_{ном}$. Точність вимірювання частоти можна підвищити шляхом підрахунку імпульсів за інтервал часу ΔT_u , за рахунок збільшення довжини інтервалу підрахунку, але це потребує значного збільшення часу діагностики в цілому.

Блок-схема алгоритму наведена на рис. 5.12.

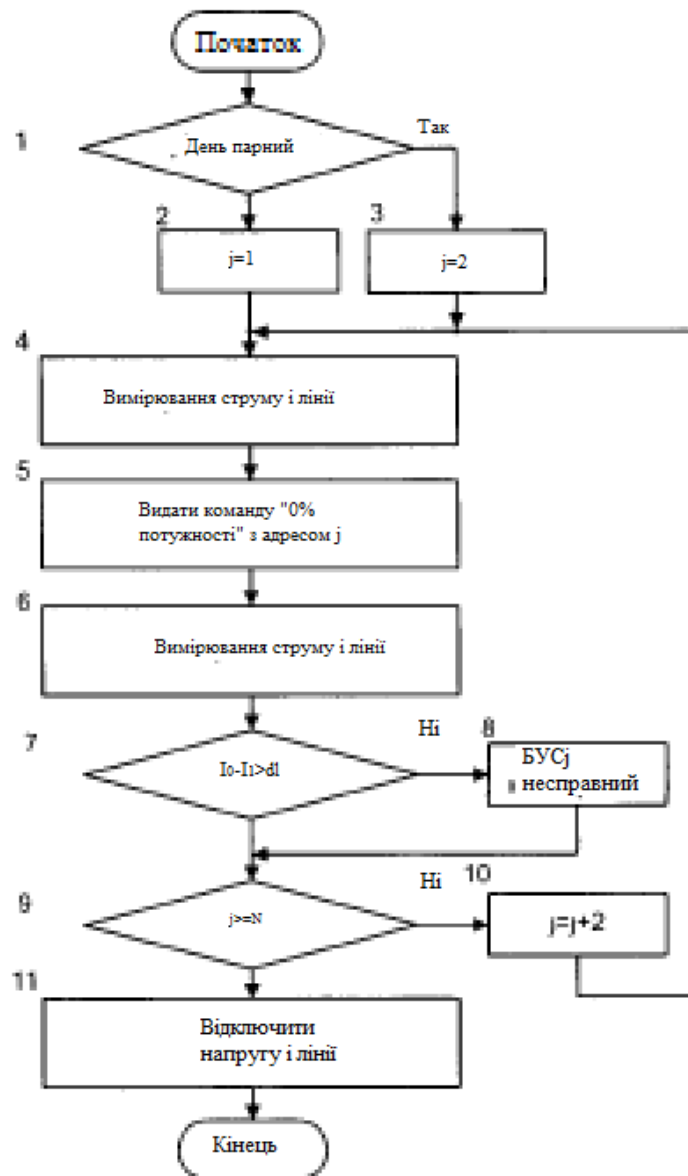


Рисунок 5.12 - Блок-схема алгоритму діагностики БУС лінії

5.2.4 Модуль управління GSM модемом

Модуль управління GSM-модемом повинен виконувати наступні функції:

- відправлення повідомлень про режими роботи БУЛ (період задається в параметрах настройки, а так само при зміні режиму освітлення і потужності);
- відправка результатів діагностики (після закінчення діагностики);
- прийом вхідних з'єднань від ЦМУ, обробка та виконання команд;

- моніторинг стану GSM-модему і рівня GSM-сигналу, перезавантаження модему при необхідності.

Взаємодія з GSM-модемом відбувається через послідовний порт МК, шляхом подачі AT-команд, опис яких наведено в технічній документації GSM / GPRS модему. Модем має внутрішнє ПЗ, що реалізує функції стека TCP / IP і дозволяє встановлювати через GPRS вихідні повідомлення з сервером ЦМУ в режимах TCP та UDP. Повідомлення про режими роботи БУЛ готуються на підставі записів у журналі.

Періодичність сеансів зв'язку вказується в параметрах налаштування.

Другий режим роботи - прийом вхідних з'єднань в режимі CSD. При отриманні зовнішнього виклику, перевіряється номер абонента, якщо він відсутній в списку допустимих вхідних номерів, то з'єднання встановлюється. Далі МК БУЛ виконує прийняті в ході сеансу керуючі команди ЦМУ.

Моніторинг стану GSM-модему між сеансами зв'язку полягає в періодичному запиті за допомогою AT-команди інформації про рівень сигналу GSM, який потім записується в журнал. Якщо модем не відповідає або рівень сигналу нульовий, проводиться апаратне скидання модему, шляхом подачі керуючого сигналу на спеціальний вхід.

5.2.5 Модуль зв'язку з БУС

Основна функція модуля зв'язку з БУС - управління передавачем команд по електромережі. Як описувалося вище, передавачі можуть бути двох типів: 1 - оптодіод; 2 - електромережевий модем. Тому розроблено два варіанти даного модуля.

Для формування пакету команди, в якості вхідних параметрів, модулю зв'язку із програми передаються два цілих числа: адреса БУС і код команди. Блок-схема алгоритму модуля управління оптодіодом в режимі передачі команди показано на рис. 5.13.

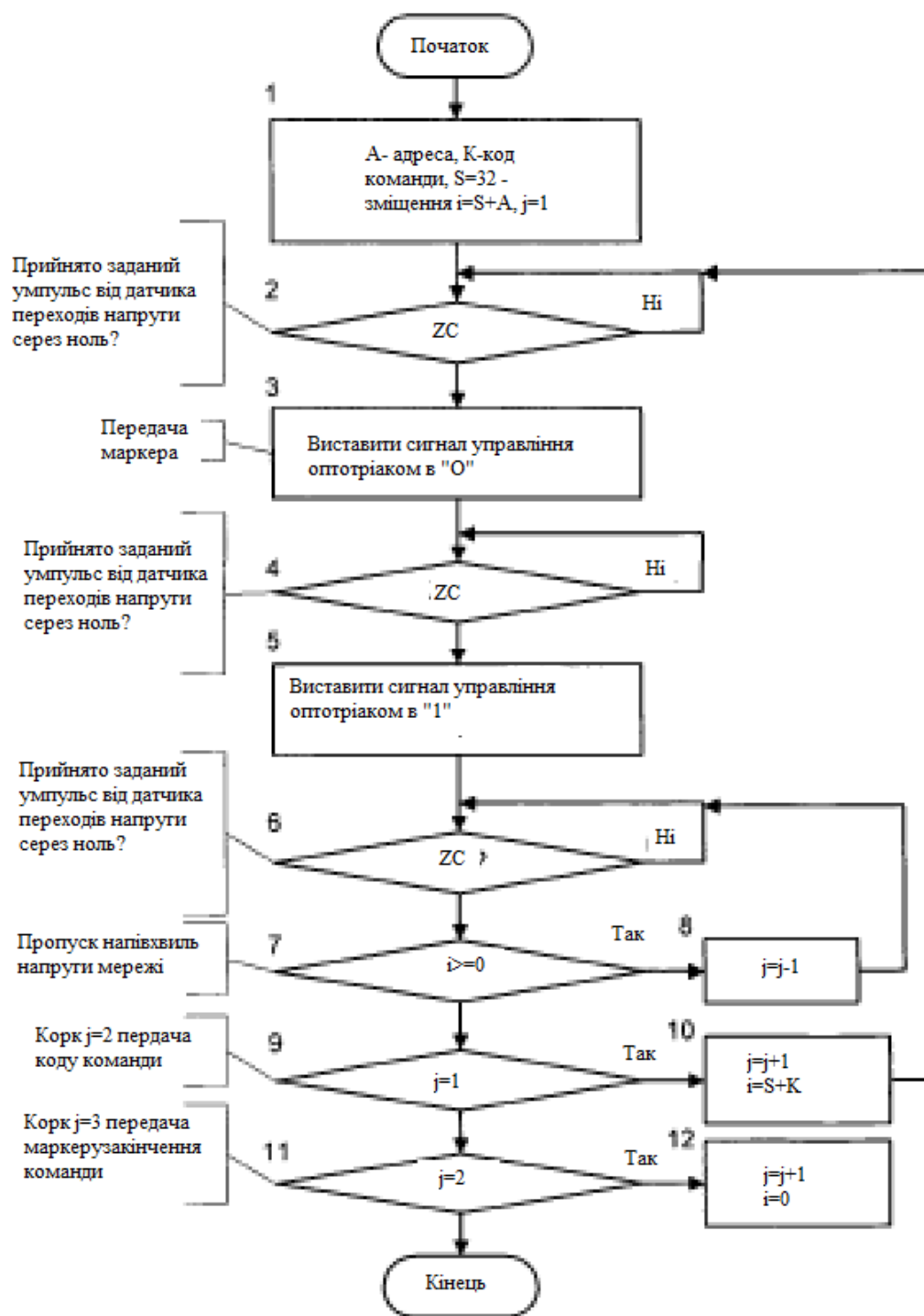


Рисунок 5.13 - Блок-схема алгоритму роботи модуля управління триаком

У блоці 1: А - адреса БУС; К - код команди (управління потужністю); S=32 - фіксоване зміщення (для відповідності ДСТУ рівня гармонік сигналу); i - необхідну кількість півхвиль між маркерами; j - номер поточної інформації, що передається в команді (від 1 до 3).

Блоки 2, 4 і 6 служать для синхронізації сигналу управління оптодіодом з моментом переходу через нуль основної гармоніки мережі.

У блоці 3 передається сигнал управління оптодіодом, що перериває подачу напруги в лінію на час однієї напівхвилі. У блоці 5 виставляється сигнал управління оптодіодом, який дозволяє подачу напруги в лінію.

Блок 7 призначений для підрахунку півхвиль напруги мережі між маркерами, в кількості, що дорівнює переданому коду i .

Блоки 9 і 11 служать для визначення номера поточної інформації, що передається частини команди.

Як передавача другого типу використовується електромережевий модем, взаємодія з яким відбувається через послідовний порт МК, подаючи АТ-команди, згідно з його протоколу. ПЗ управління передавачем модему використовується в стандартному варіанті, відправка повідомлення БУС проводиться однією АТ-командою, в якій вказана адреса БУС і код потужності.

5.3 Програмне забезпечення блоку управління світильником

Так як в СКЗО застосовується два варіанти МПД між БУЛ і БУС (перший - з модуляцією основної гармоніки напруги, другий - з модуляцією накладеного напруги), то ПЗ МК БУС так само необхідно мати в двох варіантах. Причому в другому ПЗ управління приймачем електромережевого модему модифіковано, з урахуванням способів кадрової синхронізації і фазового підстроювання частоти генератора.

Алгоритм управління ЕПРА один і той же для обох варіантів МПД, його блок-схема приведена на рис. 5.14. При подачі живлення в лінію БУС повинен переключити ЕПРА в режим споживання 100% потужності. Після

прийому і декодування команди МК БУС порівнює адресу, вказану в команді, з безліччю своїх адрес (індивідуальним і груповими).

При збігу одного з адрес команда виконується шляхом подачі відповідних керуючих сигналів на вхід ЕПРА.

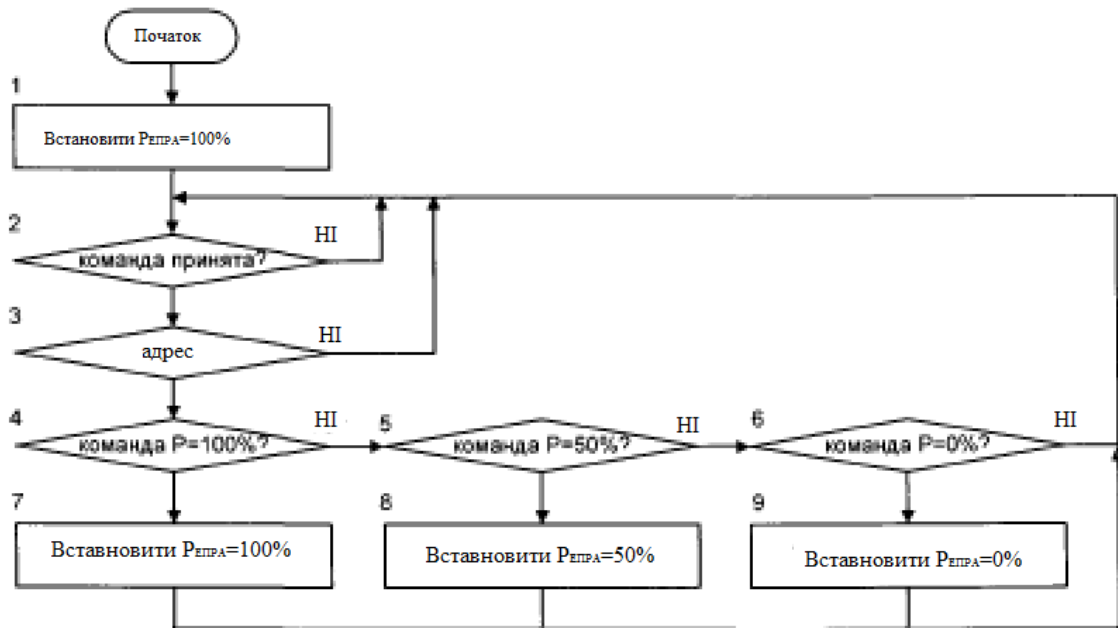


Рисунок 5.14 - Блок-схема алгоритму управління ЕПРА

5.3.1 Модуль управління приймачем модуляції накладеного напруги

Основна функція даного модуля - управління приймачем команд, реалізовано на базі електромережевого модему. Взаємодія з приймачем здійснюється через послідовний інтерфейс. Функції синхронізації кадрів, пошуку несучої частоти, прийому і верифікації пакетів команд, а також обробку помилок модем здійснює самостійно. Тому алгоритм роботи модуля полягає в обробці переривань по отриманню байтів в послідовний інтерфейс, виділенню полів команди і передачі їх в основну програму для подальшої обробки.

5.4 Висновки до розділу

1. Розроблено програмне забезпечення центру моніторингу та управління зовнішнім освітленням, в тому числі: служба моніторингу для збору інформації від локальних пунктів управління лініями освітлення; система управління базою даних; автоматизоване робоче місце диспетчера.

2. Розроблено програмне забезпечення мікроконтролера блоку управління світильником, в двох варіантах прийому сигналу по мережі електроживлення.

3. Коректність роботи програмного забезпечення підтверджена результатом дослідної експлуатації системи в м. Чернівці.

6 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

6.1 Розрахунок терміну окупності проекту по впровадженню енергоефективного обладнання у мережах освітлення (на прикладі однофазних шафи управління та 70 світильників) у м. Чернівці

6.1.1 Використання в лінії освітлення світильників типу РКУ-250

1.1 Витрати на обладнання:

- вартість однофазного шафи з керуванням від таймера або фотореле - 20 000 грн;
- вартість світильників (з розрахунку 70 шт. На 1 шафа):

$$70 \times 2\,000 = 140\,000 \text{ грн};$$

1.2 Щорічні витрати на електроенергію:

Прийmemo річне число годин горіння світильників рівним 3500 годин. Також знехтуємо втратами потужності в пускорегулювальній апаратурі світильника. тариф на електроенергію прийmemo 3 грн./кВт·год:

$$70 \times 0,25 \times 3 \times 3500 = 183\,750 \text{ грн.}$$

1.3 Середній термін (паспортний) служби ламп типу ДРЛ-250 становить 15 000 годин. При відсутності стабілізації напруги в лінії освітлення через стрибки споживаної потужності реальний термін служби ламп скорочується не менше, ніж на 30% [9] і складе 10 000 годин.

Коефіцієнт заміни ламп в рік дорівнює $3500/10\,000 = 0,35$ і для лінії в 70 світильників складе $0,35 \times 70 = 24,5$ лампи.

При середній вартості лампи в 150 гривень щорічна сума на придбання ламп зі ставить $150 \times 24,5 = 3675$ грн.

1.4 Вартість заміни лампи в світильнику згідно з урахуванням приведення цін до 2019 р (застосований коефіцієнт 5,65), без урахування накладних витрат і планових накопичень становить 1338 грн. Тому загальна вартість щорічних робіт на лінії по заміні світильників складе:

$$1338 \times 0,35 \times 70 = 32\,781 \text{ грн.}$$

1.5 Діагностика лінії (виїзд бригади, включення лінії для визначення пошкоджень і несправностей з розрахунку 1 година на тиждень).

- витрати на електроенергію включеної лінії

$$48 \times 70 \times 0,25 \times 3 = 2520 \text{ грн.}$$

- ПММ (з розрахунку проїзду 50 км в тиждень, ціна палива 18 грн. / Л, витрата 20 л / 100 км):

$$50 \times 0,2 \times 4 \times 12 \times 18 = 8\,640 \text{ грн.}$$

РАЗОМ:

Вартість обладнання: 160 000 грн.

Річні експлуатаційні витрати: 231 366 грн.

6.1.2 Використання в лінії освітлення світильників ЖКУ-150 без управління

2.1 Витрати на обладнання:

- вартість шафи 20 000 грн.;

- вартість світильників $2\,500 \times 70 = 175\,000$ грн.

2.2 Щорічні витрати на електроенергію:

$$70 \times 0,150 \times 3 \times 3500 = 110\,250 \text{ грн.}$$

2.3 Термін служби ламп типу ДНаТ - 150 становить 20 000 годин.
Реальний термін служби без коректора потужності - 14 000 годин.

Коефіцієнт річний заміни ламп складе $3\,500/14\,000 = 0,25$

Для лінії в 70 світильників заміна складе $70 \times 0,25 = 17,5$ лампи в рік.

При середній вартості лампи 200 грн. річні витрати на придбання ламп складуть $17,5 \times 200 = 3\,500$ грн.

2.4 Щорічна вартість заміни ламп складе тисячі триста тридцять вісім $\times 17,5 = 23\,415$ грн.

2.5 Вартість електроенергії при діагностиці несправностей:

$$48 \times 70 \times 0,15 \times 3 = 1512 \text{ грн.}$$

і ПММ: $50 \times 0,2 \times 4 \times 12 \times 18 = 8\,640$ грн.

РАЗОМ:

Вартість обладнання: 195 000 грн.

Річні експлуатаційні витрати: 147 317 грн.

6.1.3 Використання в лінії освітлення світильників ЖКУ-150 з керуванням

Вартість однофазного шафи управління - 60 000 грн.

Вартість світильника 4000 грн. Для всієї лінії: $70 \times 4000 = 280\,000$ грн.

Щорічні витрати на електроенергію з розрахунку, що половину часу експлуатації світильники споживають 50% потужності:

$$1750 \times 0,15 \times 70 \times 3 = 55\,125 \text{ грн.}$$

$$1750 \times 0,075 \times 70 \times 3 = 27\,563 \text{ грн.}$$

разом 82 688 грн.

При використанні в світильниках електронного пускорегулювального апарату (ЕПРА) з коректором потужності термін служби ламп збільшується

на 20% за рахунок «плавного» пуску (Відсутність високовольтних «запалюючих» імпульсів) [2] і складе 24 000 годин.

У цьому випадку коефіцієнт заміни ламп дорівнює:

$$3\,500/24\,000 = 0,15$$

Для лінії з 70 світильниками в рік потрібно заміну $70 \times 0,15 = 10,5$ лампи.

Річні витрати на придбання ламп складуть $10,5 \times 200 = 2\,100$ грн.

Щорічна вартість заміни ламп $1338 \times 10,5 = 14\,049$ грн.

Витрати на електроенергію і діагностику несправностей відсутні.

Витрати на інтернет-моніторинг обладнання 6 000 грн. на рік.

РАЗОМ:

Вартість обладнання: 340 000 грн.

Річні експлуатаційні витрати 104 837 грн.

Графічно витрати на експлуатацію кожного технічного рішення представлені на рис. 6.1.

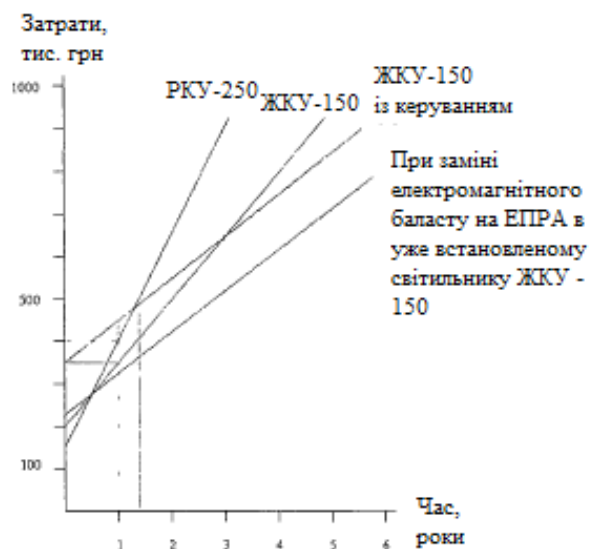


Рисунок 6.1 - Графіки витрат для різних технічних рішень

Порівняння витрат різних варіантів технічних рішень показує, що обладнання з інтелектуальним керуванням окупиться в порівнянні з варіантом використання ртутних світильників менш, ніж за 1,5 року, а в порівнянні з обладнанням на основі некерованих натрієвих світильників - за 3 роки.

Примітка: початкові витрати в третьому варіанті можуть бути істотно знижені (221000 грн.) при заміні електромагнітних баластів в уже встановлених світильниках ЖКУ на електронні (вартістю 2300 грн./шт.). У цьому випадку витрати окупляться менше, ніж за 1 рік.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок

Підстанція 110/35 кВ являється зоною підвищеної небезпеки, тому при проведенні ремонтних робіт належну увагу потрібно приділити пожежній безпеці. Розглянемо які ділянки є пожежонебезпечними.

Кабель, прокладений в землі чи в трубах відкрито, може при пошкодженні стати причиною пожежі.

Пожежа може виникнути внаслідок загоряння гарячих матеріалів, що знаходяться в кабельній споруді, при електричному розряді кабеля чи в момент випробувань, чи при ремонтних роботах із - за недотримання заходів пожежної безпеки.

При роботі з електричними мережами існують наступні вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок:

1) допускається гасіння пожежі водяними потоками на не відключених електроустановках напругою до 10 кВ, відкритих тільки для огляду електромонтера. При цьому опора повинна бути заземлена, а електромонтер - працювати в діелектричних ботах і рукавицях. Не допускається гасіння пожеж ручними засобами (вогнегасниками);

2) забороняється гасіння пожежі усіма видами пін з допомогою ручних засобів в електроустановках під напругою, так як піна і розчини піноутворювачів мають найбільшу електропровідність. Тільки в окремих випадках при спеціальному закріпленні піногенераторів і надійному їх заземленні, а також заземленні насосів пожежних машин, дозволяється гасити пожежу повітряно - механічною піною в електроустановках напругою до 10 кВ, які знаходяться під напругою;

3) при пожежі трансформатор повинен бути відключеним з обох сторін, після чого одразу ж приступають до його гасіння будь - якими засобами (повітряно - механічною піною, розпиленою водою, вогнегасниками).

При гасінні пожежі в трансформаторах, які встановлені в приміщеннях (камерах), необхідно прийняти заходи щодо попередження розповсюдження пожежею через вентиляційні і інші канали. Вентиляція в приміщенні в цей період може включатись тільки з вказівки пожежного підрозділу;

4) при загорянні кабелів необхідно при наявності стаціонарної системи пожежегасіння (повітряно - механічною піною, розпиленою водою, і ін.) включити її в роботу. При гасінні горючих кабелів напругою вище 1000 В у кабельному тунелі, який працює з пожежним стовпом, повинен направляти потоки води через дверний люк, не заходячи при цьому в відсік з гарячими кабелями. Одночасно з гасінням пожежі кабелів потрібно прийняти заходи щодо швидкого зняття з них напруги;

5) щити управління станцій чи підстанцій напругою до 0,4 кВ являються найбільш важливою частиною електроустановок, тому найбільшу увагу при гасінні пожежі повинні приділяти збереженню на них встановленої апаратури;

6) при загорянні кабелів, проводів і апаратів на панелях щитів управління оперативний персонал повинен по можливості зняти напругу з панелей, не допускаючи переходу вогню на сусідні панелі. В цьому випадку застосовують вуглекислотні вогнегасники чи брометиллові, а також розпилену воду.

Вода для гасіння пожежі зазвичай поступає із загального водопроводу чи спеціального пожежного водойому, чи резервуара. Гасити водою електричне обладнання під напругою заборонено!!!

Відповідальність за дотримання необхідного протипожежного режиму і своєчасне виконання протипожежних заходів покладається на керівника підприємства.

Інженерно-технічний персонал, відповідальний за пожежну безпеку на окремих ділянках, зобов'язаний знати пожежну небезпеку технологічного процесу виробництва та строго виконувати правила та вимоги протипожежного режиму, встановлені на підприємстві, стежити за справністю приладів опалювання, вентиляції, електроустановок, забезпечити постійну готовність до дії наявних засобів пожежогасінні, зв'язку та сигналізації.

7.2 Перша допомога людині при ураженні електричним струмом

Перша медична допомога — це комплекс заходів, спрямованих на відновлення або збереження здоров'я потерпілих, здійснюваних немедичними працівниками (взаємодопомога) або самим потерпілим (самодопомога). Найважливіше положенню надання першої допомоги — її терміновість. Чим швидше вона буде надана, тим більше сподівань на сприятливий результат.

Послідовність надання першої допомоги:

- усунути вплив на організм вражаючих факторів, котрі загрожують здоров'ю та життю потерпілого, оцінити його стан;
- визначити характер та важкість травми, найбільшу загрозу для життя потерпілого і послідовність заходів щодо його рятування ;
- виконати необхідні заходи з рятування потерпілих в послідовності терміновості (відновити прохідність дихальних шляхів, здійснити штучне дихання, провести зовнішній масаж серця);
- підтримати основні життєві функції потерпілого до прибуття медичного працівника;
- викликати швидку медичну допомогу за телефоном 103 та вжити заходів щодо транспортування потерпілого до найближчого лікувального закладу.

Рятувати потерпілого від впливу електричного струму залежить від швидкості звільнення його від струму, а також від швидкості та правильності надання йому допомоги.

При ураженні електричним струмом смерть часто буває клінічною, тому ніколи не слід відмовлятися від надання допомоги потерпілому і вважати його мертвим через відсутність дихання, серцебиття чи пульсу. Мати на увазі, що клінічна смерть триває 5-6 хвилин.

Весь персонал, що обслуговує установки, електричні станції, підстанції і (та) електричні мережі, повинен не рідше одного разу на рік проходити інструктаж з охорони праці при експлуатації електроустановок, з надання першої медичної допомоги, а також практичне навчання з прийомів звільнення від електричного струму, виконання штучного дихання та зовнішнього масажу серця. Заняття повинні проводити компетентні особи з медичного персоналу або інженери з охорони праці, котрі пройшли спеціальну підготовку і мають право навчати персонал підприємства наданню першої допомоги. Відповідальним за організацію навчання є керівник підприємства.

В місцях постійного чергування персоналу повинні бути:

- аптечка з необхідними пристосуваннями та засобами для надання першої медичної допомоги;

- плакати, які висвітлюють присвячені правилам надання першої медичної допомоги, виконання штучного дихання та зовнішнього масажу серця, вивішені на місцях, що добре видні.

Дотик до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, викликає мимовільне судомне скорочення м'язів та загальне збудження, котре може призвести до порушення і навіть повного припинення діяльності органів дихання та кровообігу. Якщо потерпілий тримає провід руками, його пальці сильно стискаються, що звільнити їх від проводу стає неможливим.

У зв'язку з цим першою дією того, хто надає першу допомогу, повинне бути швидке вимкнення цієї частини електроустановки, до якої доторкається

потерпілий. Вимкнення здійснюється за допомогою вимикача, рубильника або іншого вимикаючого апарата.

Якщо вимкнути установку швидко не можна, слід вжити заходів щодо звільнення потерпілого від струмоведучих частин, до яких від доторкається. У всіх випадках ураження той, хто надає допомогу, не повинен доторкатися до потерпілого без належних запобіжних заходів, оскільки це небезпечно для життя. Він також може бути ураженим електричним струмом.

Якщо потерпілий при свідомості, має стійке дихання, пульс, але до цього втрачав свідомість, його слід покласти на підстилку з одягу, розстібнути його одяг, який утруднює дихання, забезпечити приплив свіжого повітря, розтерти і зігріти тіло та забезпечити повний спокій, дати понюхати нашатирний спирт, сполоснути обличчя холодною водою. Коли потерпілий, який знаходиться без свідомості, прийде до тями, слід йому дати випити 15 – 20 краплин настоянки валеріани та гарячого чаю.

В жодному разі не можна дозволяти потерпілому рухатися, а тим більше продовжувати роботу, оскільки відсутність важких симптомів після ураження не виключає можливості подальшого погіршення стану. Лише лікар може робити висновок про стан здоров'я потерпілого. Якщо потерпілий дихає рідко і судорожно, але у нього не порушується пульс, необхідно одразу зробити йому штучне дихання.

7.3 Заходи з охорони праці, при монтажі й експлуатації трансформатора

При монтажі трансформатора запропонованого в даному дипломному проекті та його експлуатації необхідно дотримуватись вимог «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів», «Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів» у частині, що стосується електроустановок вище 1000 В, та інших чинних нормативних документів.

Працівники, що обслуговують електроустановки, зобов'язані знати ці «Правила» відповідно до займаної посади чи роботи, яку вони виконують, і мати відповідну групу з електробезпеки згідно з такими вимогами:

1) для одержання групи I, незалежно від посади та фаху, необхідно пройти інструктаж з електробезпеки під час роботи в даній електроустановці з оформленням в журналі реєстрації інструктажів з питань охорони праці.

Інструктаж з електробезпеки на I групу має провадити особа, відповідальна за електрогосподарство, або, за її письмовим розпорядженням,— особа зі складу електротехнічних працівників з групою III.

Мінімальний стаж роботи в електроустановках і видання посвідчень працівникам з групою I не вимагаються;

2) особам молодшим за 18 років не дозволяється присвоювати групу вище II;

3) для присвоєння чергової групи з електробезпеки необхідно мати мінімальний стаж роботи в електроустановках з попередньою групою, зазначеною, у Правилах технічної експлуатації електроустановок споживачів і правилах техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів;

4) для одержання груп II—III працівники мають:

а) чітко усвідомлювати небезпеку, пов'язану з роботою в електроустановках;

б) знати і уміти застосувати на практиці ці та інші правила безпеки в обсязі, потрібному для роботи, яка виконується;

в) знати будову та улаштування електроустановок;

г) уміти практично надавати першу допомогу потерпілим в разі нещасних випадків, в тому числі застосовувати способи штучного дихання і зовнішнього масажу серця;

5) для одержання груп IV-V додатково необхідно знати компонування електроустановок і уміти організувати безпечне проведення робіт, уміти

навчити працівників інших груп «Правилам» безпеки і наданню першої допомоги потерпілим від електричного струму;

б) для одержання групи V необхідно також розуміти, чим викликані вимоги пунктів «Правил безпечної експлуатації електроустановок».

Працівнику, який пройшов перевірку знань «Правил», видається посвідчення, яке він зобов'язаний мати при собі під час роботи, яке засвідчує право на самостійну роботу в електроустановках на зазначеній посаді за фахом. Посвідчення про перевірку знань видається працівникові комісією з перевірки знань підприємства, організації після перевірки знань і є дійсним тільки після внесення відповідних записів. За відсутності посвідчення або за наявності посвідчення з простроченими термінами перевірки знань працівник до роботи не допускається. Посвідчення про перевірку знань вилучається у працівника комісією з перевірки знань в разі незадовільних знань, керівником структурного підрозділу — в разі закінчення терміну дії медичного огляду.

Працівники, які зайняті виконанням спеціальних видів робіт і до яких висуваються додаткові вимоги безпеки, мають бути навчені безпечному виконанню таких робіт і мати відповідний запис про це у посвідченні з перевірки знань з питань охорони праці.

При експлуатації електроустановок використовують такі захисні засоби: ізоляційні, захисні, сигналізуючі засоби, а також засоби захисту від дії різного роду небезпечних і шкідливих чинників - пари, газів, пилу, виробничих випромінювань, від падіння з висоти.

Вибір тих або інших ізолюючих захисних засобів для вживання при оперативних перемиканнях або ремонтних роботах регламентується «Правилами техніки безпеки при експлуатації установок» і ліній електропередач, спеціальними інструкціями (наприклад, інструкціями до ремонту ліній електропередачі, що знаходяться під напругою), а також визначається місцевими умовами на підставі вимог цих «Правил» і інструкцій.

7.4 Дія електричного струму на людину. Перша допомога при електротравмах

Електричні прилади, установки, обладнання, з якими людина має справу, становлять для неї велику небезпеку, яка посилюється тим, що органи чуття людини не можуть на відстані виявити наявності електричної напруги, як, наприклад, теплової, світлової чи механічної енергії. Тому захисна реакція організму виявляється тільки після безпосереднього потрапляння під дію електричного струму. Другою особливістю дії електричного на організм людини є те, що струм, проходячи через людину, діє не тільки в місцях контактів і на шляху протікання через організм, а й викликає рефлекторні порушення нормальної діяльності окремих органів (серцево-судинної системи, системи дихання). Третя особливість – це можливість одержання електротравм без безпосереднього контакту із струмопровідними частинами – при переміщенні по землі поблизу ушкодженої електроустановки (у випадку замикання на землю), ураження через електричну дугу.

Особливості впливу електричного струму на організм людини.

Електричний струм, проходячи через тіло людини, зумовлює перетворення поглинутої організмом електричної енергії в інші види і спричиняє термічну, електролітичну, механічну і біологічну дію.

Найбільш складною є біологічна дія, яка притаманна тільки живим організмам. Термічний і електролітичний вплив властиві будь-яким провідникам.

Термічний вплив електричного струму характеризується нагріванням тканин аж до опіків. Статистика свідчить, що більше половини всіх електротравм становлять опіки. Вони важко піддаються лікуванню, тому що глибоко проникають у тканини організму. В електроустановках напругою до 1 кВ найчастіше спостерігаються опіки контактного виду при дотиканні тіла до струмопровідних частин.

Опіки можливі при проходженні через тіло людини струму більше 1А. Тільки при великому струмі тканини, які уражаються, нагріваються до температури 60-700С і вище, при якій згортається білок і з'являються опіки.

Майже у всіх випадках включення людини в електричний ланцюг на її тілі і в місцях дотикання спостерігаються “електричні знаки” сіро-жовтого кольору круглої або овальної форми.

При опіках від впливу електричної дуги можлива металізація шкіри частками металу дугової плазми. Уражена ділянка шкіри стає твердою, набуває кольору солей металу, які потрапили в шкіру.

Електролітична дія струму виявляється у розкладанні органічної рідини, в тому числі крові, яка є електролітом, та в порушенні її фізико-хімічного складу.

Біологічна дія струму виявляється через подразнення і збудження живих тканин організму, атаку порушення внутрішніх біологічних процесів. Механічна дія струму призводить до розриву тканин організму внаслідок електродинамічного ефекту, атаку миттєвого вибухоподібного утворення парів тканинної рідини і крові.

Внаслідок дії електричного струму або електричної дуги виникає електротравма. Електротравми умовно поділяють на загальні і місцеві. До місцевих травм належать опіки, електричні знаки, електрометалізація шкіри, механічні пошкодження, а також електрофтальмія (запалення очей внаслідок впливу ультрафіолетових променів електричної дуги).

Загальні електротравми називають також електричними ударами. Вони є найбільш небезпечним видом електротравм. При електричних ударах виникає збудження живих тканин, судомне скорочення м'язів, параліч м'язів опорно- рухового апарату, м'язів грудної клітки (дихальних), м'язів шлуночків серця.

Розрізняють три ступені впливу струму при проходженні через організм людини (змінний струм):

відчутний струм – початок болісних відчуттів (до 0-1,5 мА);

невідпускний струм – судоми і біль, важке дихання (10-15 мА);

фібриляційний струм – фібриляція серця при тривалості діє струму 2-3с, параліч дихання (90-100 мА).

Змінний струм небезпечніший за постійний. При струмі 20-25 мА пальці судомно стискають узятий в руку предмет, який опинився під напругою, в м'язи передпліччя паралізуються і людина не може звільнитися від дії струму. У багатьох паралізуються голосові зв'язки: вони не можуть покликати на допомогу.

Має значення струму через тіло і особливо місця входу і виходу струму. Із можливих шляхів проходження струму через тіло людини найбільш небезпечним є той, при якому вражається головний мозок (голова-руки, голова-ноги), серце і легені (руки-ноги). Але відомі випадки смертельних уражень електричним струмом, коли струм зовсім не проходив через серце, легені, а йшов, наприклад, через палець або через дві точки на гомілці. Це пояснюється існуванням на тілі людини особливо уразливих точок, які використовують при лікуванні голкотерапією.

Перед включенням електроприладу необхідно візуально перевірити електрошнур на наявність механічних порушень. Електроприлади повинні бути надійно заземлені згідно з правилами улаштування приладу. Забороняється працювати з електроприладами вологими руками. Не залишати електроприлад без нагляду на довгий час, після закінчення роботи перевірити, чи всі прилади вимкнені. При виявленні або виникненні несправності в електроприладі негайно викликати електрика, що обслуговує прилад. Категорично заборонено виконувати будь-які ремонтні роботи самостійно.

Рятування життя людини, ураженої струмом, у багатьох випадках залежить від швидкості і правильності дій осіб, що здійснюють допомогу. Передусім потрібно якнайшвидше звільнити потерпілого від дії електричного струму. Якщо неможливо відключити електричне обладнання від мережі,

потрібно відразу приступити до звільнення потерпілого від струмопровідних частин, не доторкаючись при цьому до потерпілого.

Заходи долікарської допомоги після звільнення потерпілого залежать від його стану, її потрібно надавати негайно, по можливості на місці події, одночасно викликавши медичну допомогу. Якщо потерпілий не знепритомнів, потрібно забезпечити йому на деякий час спокій, не дозволяючи рухатись до прибуття лікаря. Якщо потерпілий дихає рідко і судорожно, але прослуховується пульс, потрібно негайно зробити йому штучне дихання. При відсутності дихання, розширення зіниць і посиніння шкіри потрібно робити штучне дихання і непрямий масаж серця.

Надавати допомогу необхідно до прибуття лікаря, оскільки є багато випадків, коли штучне дихання і масаж серця повертали потерпілих до життя.

Для профілактики електротравми на виробництві велике значення мають заходи з техніки безпеки. Вони діляться на технічні й медичні. Першими передбачено усунення умов, які сприяють ураженню електричним струмом (дотримання правил техніки безпеки, належний догляд за електрообладнанням, інструментами, спецодягом, інструктаж); другі — полягають у виявленні сприятливих для виникнення електротравм моментів. Зниження швидкості психічних реакцій, уваги, повторні електротравми у одного й того самого робітника змушують думати про його непридатність до роботи з електроприладами. Тимчасово неприцездатними треба вважати людей з опіками, саднами на руках. Категорично заборонено працювати з електроприладами людям у нетверезому стані.

Електрообладнання, являє собою потенційну небезпеку. Багато нещасних випадків відбувається при обслуговуванні найбільш поширеного електрообладнання, розрахованого на напругу 127—380 В.

Розглянемо вплив електричного струму на організм людини.

Проходячи крізь тіло людини, електричний струм чинить на нього складний вплив:

- термічний — нагрівання тканини живого організму;
- біологічний — подразнення і збудження нервових волокон та інших тканин організму;
- електролітичний — розпад крові і плазми.

Будь-яка з цих дій може призвести до електричної травми, тобто до пошкодження організму дією електричного струму. Розрізняють місцеві електротравми та електричні удари. До місцевих електротравм відносять електроопіки — результат теплової дії електричного струму в місці контакту; механічні пошкодження — розриви шкіри, вивихи, переломи кісток. Електричний удар є дуже серйозним ураженням організму людини, що викликає збудження живих тканин тіла електричним струмом і супроводжується судорожним скороченням м'язів. Залежно від наслідків електричні удари розподіляють на чотири ступені:

- 1 — судорожне скорочення м'язів без непритомності;
- 2 — судорожне скорочення м'язів з непритомністю, але із збереженням дихання і роботою серця;
- 3 — непритомність та порушення серцевої діяльності або дихання;
- 4 — стан клінічної смерті.

Тяжкість ураження електричним струмом залежить від цілого ряду чинників: значення сили струму; електричного опору тіла людини і тривалості протікання через нього струму; роду і частоти струму (змінний, постійний); індивідуальних особливостей людини та умов оточуючого середовища. Основним фактором, що зумовлює ступінь ураження людини, є сила струму. Поріг відчуття струму залежить від стану нервової системи та фізичного розвитку людини. Для жінок порогове значення струму в 0,5 раза нижче, ніж для чоловіків.

Людина починає відчувати змінний струм промислової частоти (50 Гц) приблизно з 1 мА (пороговий відчутний струм). При струмі 10... 15 мА виникає судорожне скорочення м'язів, яке весь час підсилюється, і людина не може звільнитися від контакту зі струмопровідною частиною (пороговий

невідпускаючий струм). При 50 мА порушується дихання, а струм 100 мА призводить до фібриляції серцевих м'язів (табл. 14). Найнебезпечнішою є частота струму для людини — 50 Гц. Найнебезпечнішим є шлях струму: рука — ноги, рука — рука, особливо при проходженні струму через мозок, серце, легені.

Опір тіла людини залежить від стану нервової системи людини, її фізичного розвитку. З віком різко знижується опір організму людини та ймовірнішим стає ураження найважливіших органів: легенів, серця, головного мозку. Найбільш небезпечним є змінний струм частотою 20 — 1000 Гц. Змінний струм небезпечніший постійного, але це характерно для напруги до 250 — 300 В. При більших напругах небезпечним стає постійний струм. Деякі захворювання людини (хвороби шкіри, серцево-судинної системи, нервові хвороби) роблять її сприятливішою до електричного струму. Тому до обслуговування електричного обладнання допускаються особи, що пройшли спеціальний медичний огляд. На важкість ураження електрострумом впливає стан виробничого середовища. Наприклад, підвищена вологість приміщення збільшує небезпеку ураження.

Аналіз нещасних випадків, пов'язаних з дією електричного струму, дозволяє виявити їх основні причини, які можна об'єднати у такі групи:

- випадкове доторкання до струмопровідних частин, що перебувають під напругою;
- поява напруги на металевих частинах електрообладнання (огорожах, карнизах, кожухах) у результаті пошкодження ізоляції струмопровідних частин електрообладнання, замикання фази на землю і т. ін.;
- поява напруги на відключених частинах електрообладнання в результаті помилкового включення обладнання, замикання струмопровідних частин, розряд блискавки та ін.;
- виникнення крокової напруги на поверхні землі або підлоги, на якій стоїть людина, в результаті замикання проводу на землю, несправності заземлення.

8 ЕКОЛОГІЯ

8.1 Теплове забруднення довкілля

Теплове забруднення навколишнього середовища представляє серйозну екологічну проблему. За поширенням і за масштабами впливу теплове забруднення - один з найбільш великих видів фізичного забруднення навколишнього середовища. Інженерні споруди існують не самі по собі, а як елементи природно-техногенної системи міста, створюючи прямий вплив на екологічне, геологічне середовище та на рельєф. Навколо споруд, що мають виробництва, пов'язані з тепловими процесами, утворюються потужні теплові поля. Це стосується, перш за все, різноманітних теплових батарей, димових труб, теплових мереж та інших споруд ТЕЦ і підприємств, технологічні цикли яких можуть викликати перегрів ґрунту до 50°C , а іноді і до $80-100^{\circ}\text{C}$. Порушення температурного режиму може спостерігатися до глибин $100-300\text{м}$. За оцінками вчених-екологів у межах окремих ділянок температура порід і підземних вод може перевищувати фонову на $10-15^{\circ}\text{C}$. Максимальні температури спостерігаються на ділянках виробок метрополітену, в зонах функціонування систем охолодження з водообміном, на ділянках прокладання теплотрас і газопроводів і т.д. Над теплотрасами і газопроводами спостерігається дуже інтенсивне прогрівання ґрунту, особливо нижнього горизонту. На глибині $0,5\text{м}$ в літній час температура ґрунту може підвищуватися до 40°C і більше.

Набагато більш вражаючі локальні осередки теплового забруднення в промислових районах. Так, щільність потоку антропогенного тепла від Землі на території Німеччини, в середньому, становить $1,6\text{Вт}/\text{м}^2$, у Вестфалії - $4,5\text{Вт}/\text{м}^2$, в Рурі - $17\text{Вт}/\text{м}^2$, в Берліні - $22\text{Вт}/\text{м}^2$, в центрі Манхеттена - $630\text{Вт}/\text{м}^2$, в зоні паперової фабрики - $2000\text{Вт}/\text{м}^2$, на вугільній ТЕС 1000МВт - $24000\text{Вт}/\text{м}^2$.

У більшості промислових країн встановлені межі теплового забруднення. Вони відносяться, як правило, до режимів водойм, так як за сформованою технології відводу «теплових відходів» водойми (ріки, озера, моря) приймають основну частину тепла і найбільш страждають від теплового забруднення. В Європі прийнято, що вода водойми не повинна підігріватися більше, ніж на 3°C у порівнянні з природною температурою водойми. У США нагрів води в річках не повинен перевищувати 3°C , а озерах - $1,6^{\circ}\text{C}$, в прибережних водах морів і океанів - $0,8^{\circ}\text{C}$ влітку і 2°C в решту часу. Для водойм, в яких мешкають холодноводні риби (лосось), температура не повинна підвищуватися більш ніж на 5°C з загальним підвищенням не більш як до 20°C влітку і 5°C взимку.

В даний час близько 30% енергоспоживання припадає на електроенергетику, 35% - на опалення та гаряче водопостачання, 30% - на технологічне споживання тепла. Згідно зі статистикою, з усіх теплових викидів 18% припадають на відходи використання тепла, 22% - опалення та гарячого водопостачання і 42 % - теплоконденсації на ТЕС. Перший і третій види скидів, як правило, відводять безпосередньо в атмосферу, другі і четверті - через системи водяного охолодження. Нагадаємо, що впровадження екологічних установок дозволяє відвести значну частину потоку теплового забруднення від водойм і направити її в атмосферу. Хоча загальний потік теплового забруднення біосфери при цьому залишається незмінним, але теплове навантаження на водойми відчутно зменшується і полегшується доля водних угруповань (екосистем). Так наприклад, в Нарвському водосховищі при скиданні підігрітих на $8...10^{\circ}\text{C}$ вод теплове забруднення охоплює зону радіусом 10км. У річках теплове забруднення, пов'язане з підвищенням температури на $8 \dots 10^{\circ}\text{C}$, зберігається незмінним приблизно на відстані 2 км вниз за течією, потім температура починає знижуватися.

Тривала дія на довкілля джерел тепла порушує температурний режим літосферного простору на глибину 30-40м. (іноді більше), збільшуючи (або

зменшуючи при штучному проморожуванні ґрунтів) температуру гірських порід і підземних вод, що в свою чергу змінює фізико-механічні, фізико-хімічні властивості порід. Насамперед, відбувається висушення ґрунтів, порушення структурних зв'язків у них, ослаблення міцності властивостей. Такі екологічні зміни призводять до більш швидкого руйнування агрегатів і споруд, розрахованих на роботу в умовах нормальної температури середовища, витокам з водогінних комунікацій (водопроводу, теплоцентралі, каналізації), а часто і до обвалення і просідання поверхні над цими комунікаціями, що в кінцевому підсумку створює чергову екологічну проблему в місті.

8.2 Шляхи зменшення теплового забруднення довкілля

Боротьба з тепловим забрудненням з інженерної точки зору ідентична роботі з енергозбереження. Чим на більш високому рівні знаходиться енергозберігаюча політика і робота, тим більш інтенсивно ведеться боротьба з тепловим забрудненням. Якщо б вдалося завдяки впровадженню джерел освітлення з високою світловіддачею і систем автоматичного відключення джерел зменшити електро - споживання на потреби освітлення в 2 рази, то відповідно приблизно в 2 рази зменшилася б і теплове забруднення, пов'язане з даним сектором енергоспоживання. І так є в будь-якому секторі енергоспоживання: в системі опалення житлових і виробничих приміщень, у сфері транспорту, в промислових галузях.

Рівень теплоізоляції є найважливішим параметром енергозбереження. Теплоізоляція – це захист будівель, трубопроводів, теплового обладнання від теплообміну з навколишнім середовищем для зменшення теплових втрат і збереження теплового режиму об'єкта.

Теплова ізоляція класифікується за принципом нормування:

- будівельна теплова ізоляція - теплова ізоляція огорожувальних конструкцій (стін, підлог, дахів і т.д.);

- технічна теплова ізоляція - теплова ізоляція устаткування і трубопроводів;

- спеціальна теплова ізоляція - вакуумна теплова ізоляція.

Матеріали та вироби, які використовуються для теплоізоляції поділяються за такими основними ознаками:

- за типом основної вихідної сировини - неорганічні, органічні;
- за структурою - волокнисті, пористі, зернисті (сипучі);
- за формою - пухкі (вата, перліт тощо), плоскі (плити, мати тощо), фасонні (циліндри, напівциліндри, сегменти та ін.), шнурові;
- за рівнем горючості - вогнетривкі, вогнестійкі.

Виділяють декілька основних способів утилізації теплових відходів:

- зрошення сільськогосподарських земель;
- використання в тепличному господарстві;
- підігрів свіжої води, що надходить на електростанцію, для попередження осадження солей на стінках трубопроводів;
- підтримання північних морських гаваней у вільному від льоду стані;
- перегонка мазуту та інших важких нафтопродуктів;
- отримання додаткової електроенергії, наприклад, за допомогою термоелементів;
- захист тварин у природі шляхом підігрівання взимку ставків для водоплавної птиці;
- ліквідація туманів та очищення посадочних та рульових доріжок при забезпеченні безпеки в аеропортах.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

1. Розроблено програмне забезпечення центру моніторингу та управління зовнішнім освітленням, в тому числі: служба моніторингу для збору інформації від локальних пунктів управління лініями освітлення; система управління базою даних; автоматизоване робоче місце диспетчера.

2. Розроблено програмне забезпечення мікроконтролера блоку управління світильником, в двох варіантах прийому сигналу по мережі електроживлення.

3. Коректність роботи програмного забезпечення підтверджена результатом дослідної експлуатації системи в м. Чернівці.

4. Розроблено програмне забезпечення мікроконтролера блоку управління лініями, в тому числі: модуль управління режимами освітлення згідно заданим розкладом; модуль вимірювань експлуатаційних параметрів лінії; модуль діагностики лінії і світильників; модуль управління GSM-модемом; модуль передачі команд по лініях електропостачання, в двох варіантах (з модуляцією основної гармоніки напруги; з модуляцією накладеної напруги).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сапронов А.А., Никуличев А.Ю. [и др.] Исследования процессов в электрической сети напряжением 0,4 кВ для организации передачи данных в АСКУЭ // Кибернетика энергетических систем: Матер. XXVIII сессии Всеросс. семин. «Диагностика энергооборудования»: Новочеркасск, 25 - 26 окт., 2006. Юж.-Рос. гос. техн. Ун-т. (НПИ): Изв. ВУЗов. Электромеханика. (прил. № 15). Новочеркасск, 2006. - С. 147 - 149
2. AN1714 Application note. ST7538Q FSK powerline transceiver demonstration kit description // [Электронный ресурс]. URL: <http://www.st.com> (дата обращения: 20.05.2011).
3. Ahola, J. Applicability of Power-Line Communications to Data Transfer of On-Line Condition Monitoring of Electrical Drives / J. Ahola . - Lappeenranta. - 2003. - ISBN 951-764-783-2, ISSN 1456-4491.
4. Петрович, Н. Т. Передача дискретной информации в каналах с фазовой манипуляцией. - М.: Советское радио, 1965. -262 с.
5. Петрович, Н. Т. Новые способы осуществления фазовой телеграфии // Радиотехника. - 1957. - № 10.
6. Костас, Д. П. Синхронная радиосвязь / Д. П. Костас // РИРЕ. - 1956. - № 12.
7. Пат. RU 2338317, МПК 7 H04B3/00. Способ и устройство передачи и приема информации по линиям распределительных электрических сетей переменного тока / Сапронов А. А., Старченко И. Е., Никуличев А. Ю.; ООО НПФ "Элис"; - № 2006109696; опубл. 10.10.2007, Бюл. № 28.
8. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ. Т. 2. Получисленные ал-горитмы / - М.: Мир, 1977.
9. Сапронов А.А., Никуличев А.Ю. [и др.] Решение проблемы кадровой синхронизации при разработке протокола передачи данных электросетевого модема. // Кибернетика энергетических систем: Материалы

XXX сессии семинара "Диагностика энергооборудования", 24-25 сент. 2008 г. / Юж.-Рос. гос. техн. Ун-т (НПИ). - Новочеркасск:, Изв. ВУЗов. Электро-механика (спец. выпуск), 2008. - С. 139-141.

10. Сухман С.М., Бернов А.В., Шевкопляс Б.В. Синхронизация в телекомму-никационных системах. Анализ инженерных решений / - М. : Эко-Трендз, -2003.260 с.

11. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя. Пер. с англ. / Под ред. Я.З. Цыпкина. - М.: Наука, 1991. - 432 с.

12. Сапронов А.А., Никуличев А.Ю. [и др.] Математическая модель для про-верки на электромагнитную совместимость электросетевых модемов с относительной фазовой модуляцией / Кибернетика электрических систем: Материалы XXXI сессии семинара "Электроснабжение промышлен-ных предприятий", 28 -29 окт. 2009 г. / Юж.- Рос. гос. техн. Ун-т (НПИ). - Новочеркасск: Ред. журн. "Изв. вузов. Электромеханика" (спец. выпуск), 2009. -С.46-48.

13. Разработка алгоритма синхронизации электросетевого модема / / Акту-альные проблемы техники и технологии: сб. науч. тр. / редкол.: Н.Н.Прокопенко [и др.]. - Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2008. - С. 142.

14. Ридико Л. И. DDS: прямой цифровой синтез частоты // Компоненты и технологии, - № 7, - 2001. - С. 50-54.

15. Tierney J., Rader C.M., Gold B. A Digital Frequency Synthesizer, IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics AU-19:1, March 1971, P.48-56.

16. Поляков В. Т. радиолюбителям о технике прямого преобразования // - М. : Патриот, 1990, 264 с.

17. Грабер М. Введение в SQL. - М.: Лори, - 1996. - 379 с.

18. Internet Assigned Numbers Authority (INNA) / [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iana.org> (дата обращения: 20.05.2011).

19. American National Standard for Information Systems — Coded Charac-ter Sets — 7-Bit American National Standard Code for Information

Inter-change (7-Bit ASCII), ANSI X3.4-1986, American National Standards Institute, Inc., March 26, 1986.

20. Codd E.F. Relation Model of Data for Large Shared Data Banks // Comm. ACM. - 1970. - V.13, - №.6. - P.377-383.

21. Чен П. Модель "сущность-связь" - шаг к единому представлению о данных // СУБД. - 1995. - №3. - С.137-158.

22. Мейер М. Теория реляционных баз данных - М.:Мир, 1987. - 608 с.

23. Пушников А. Ю. Введение в системы управления базами данных. Часть 1. Реляционная модель данных: уч. пособ. - Уфа: Изд-е Башкирского ун-та, 1999. -108 с.

24. Пушников А. Ю. Введение в системы управления базами данных. Часть 2. Нормальные формы отношений и транзакции: уч. пособ. - Уфа: Изд-е Башкирского ун-та, 1999. -108 с.

25. Polo L. World Wide Web Technology Architecture: A Conceptual Analysis. [Электронный ресурс]. URL: <http://newdevices.com> (дата обращения: 20.05.2011).

26. RFC 2068. Hypertext Transfer Protocol - HTTP/1.1. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.w3.org> (дата обращения: 20.05.2011).

27. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. - Введ. 1996-01-01. - М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. - 36 с.

28. ГОСТ Р 50597-93. Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения - Введ. 1994-07-01. - М.: ИПК Издательство стандартов, 1994. - 10 с.

29. Розенберг Г.В. Сумерки / М.: Изд-во физ. мат.-лит., 1963, с. 256 - 276.

30. Цыганов Ш.И. Сколько суток в году или как устроен календарь / Соросовский образовательный журнал, 2000. Т. 6, - № 5, - С. 117-122.

31. Бакулин П.И., Кононович Э.В., Мороз И.И. Курс общей астрономии: Уч. пособ. для ВУЗов. / Изд. 5-е, испр. и доп. М., 1983, - 502 с.
32. Sun or Moon Rise/Set Table for One Year. [Электронный ресурс]. URL: <http://aa.usno.navy.mil> (дата обращения: 20.05.2008).
33. Котов В. Е. Сети Петри. - М.: Наука. Главная редакция физ.-мат. лит-ры, 1984,- 160 с.
34. ГОСТ Р 52320-2005 Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока - Введ. 2005-03-15. - М.: Стандартиформ, 2008. - 30 с.
35. Сапронов А.А., Никуличев А.Ю. [и др.] Способ диагностики неисправностей в системах уличного освещения / Кибернетика энергетических систем: Матер. XXX сессии семинара «Диагностика энергооборудования» г. Новочеркасск, 24-25 сент. 2008 г. / Юж.-Рос. гос. техн. Ун-т (НПИ). - Новочеркасск: Изв. ВУЗов. Электромеханика (спец. выпуск), 2008.-С. 142-143

ДОДАТКИ

Додаток 1

ЕКРАННІ ФОРМИ СТОРІНОК WEB-САЙТУ

Центр моніторингу та керування
вуличним освітленням

Стан СКЗО по вулицях м. Чернівці

Вулиця Режим Споживання кВт год Справний БУЛ Несправний БУЛ Спрацю БУС Несправний БУС							
Тип	№	Сучасна назва					
вул.		Василя Ассенина					
вул.		Степана Бандери					
вул.		Арадієва					
вул.		Банкова					
вул.		Василя Вищваного					
бульв.		Героїв Крут					
вул.		Героїв Майдану					
вул.		Давида Гурмишівки					
вул.		Наталії Кобринської (з провулком)					
вул.		Івана Мазепи					
вул.		Небесної Сотні					
вул.		Олги Кобилевської					
вул.		Пилипа Орлика					
вул.		Поштова (з трьох провулків)					
вул.		Сирецька (з провулком)					
вул.		Спаська					
вул.		Василя Стуса (з провулком)					
пл.		Театральна					
вул.		Михайла Ткача					
вул.		Костянтина Товмачука					
вул.		Феофанівська					
вул.		Карла Еміля Франца (з провулком)					
вул.		Ганни Янушевич					
вул.		Осипа Вулицького (з трьох провулків)					
вул.		Знової Канок					
вул.		Ліди Литовської					
вул.		Карола Майєлі					
вул.		Софії Скумевської					

Головна сторінка

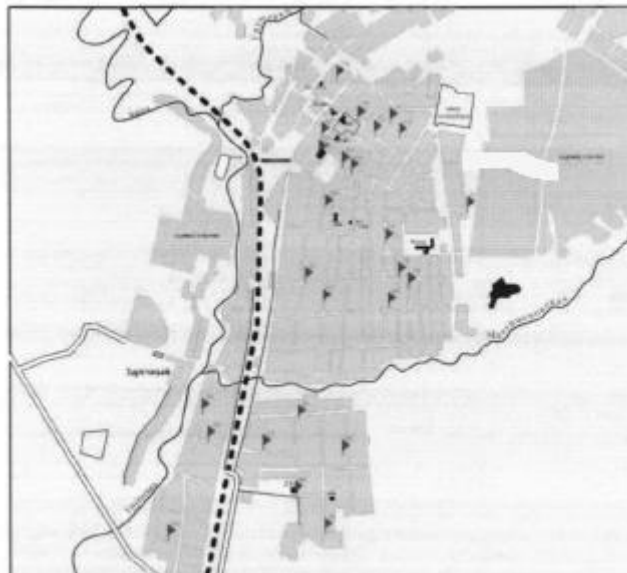


Схема розміщення БУЛ в м. Чернівці

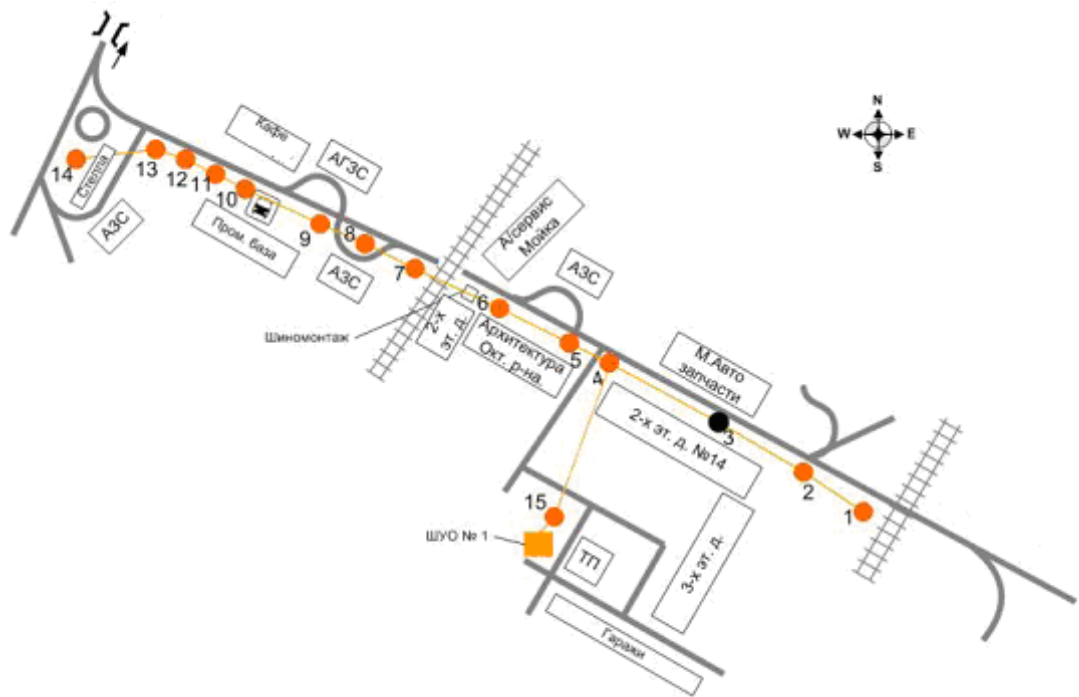
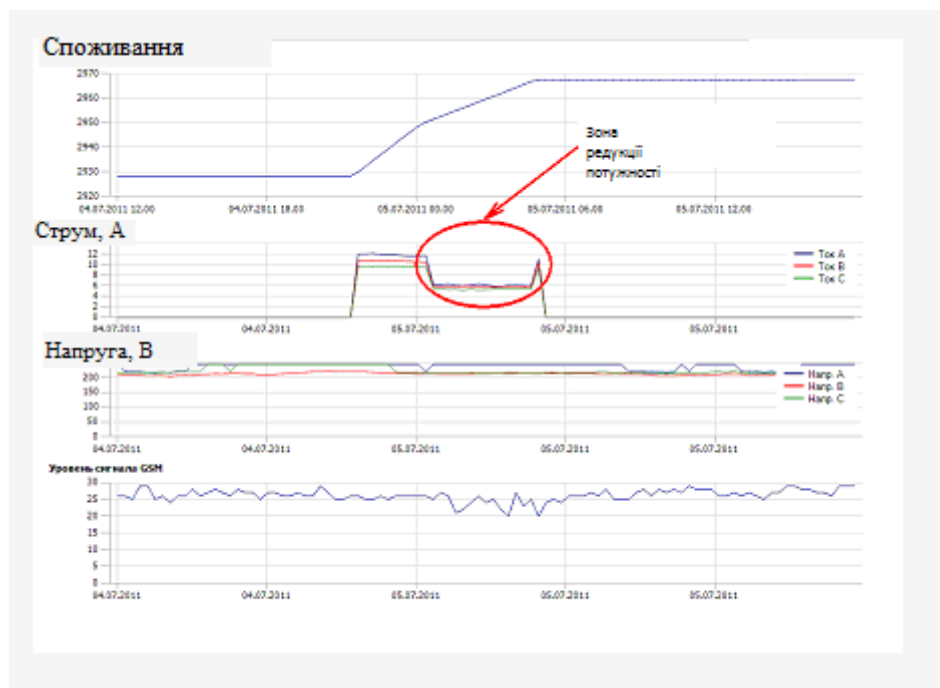


Схема лінії освітлення вул.. Степана Бандери в м. Чернівці



Приклади екранних форм: а) результати моніторингу; б) графіки споживання електроенергії, фазних струмів і напруг