

Міністерство освіти і науки України
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

АНДРУСИШИН Віталій Миколайович

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА
ОСНОВІ БЕЗПРОВІДНОЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ / AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF
ELECTRICITY CONSUMPTION BASED ON THE WIRELESS DATA TRANSMISSION

спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
магістерська програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

Магістерська робота

Виконав студент групи АКІТм-
21
В.М. Андрусишин

Науковий керівник:
к.т.н., доцент І.Р. Пітух

Магістерську роботу допущено до захисту:

" ____ " _____ 20__ р.

Завідувач кафедри

_____ А.І. Сегін

Тернопіль 2022

Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем
Освітній ступінь "магістр"

спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри СКС

А.І.Сегін

“ ____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

АНДРУСИШИН Віталій Миколайович

(прізвище, ім'я по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Автоматизована система контролю споживання електроенергії на основі
безпроводної передачі даних / Automated control system of electricity
consumption based on the wireless data transmission. керівник
роботи к.т.н., доцент І.Р. Пітух

затверджені наказом по університету від 31 грудня 2021 р. № 606

2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи

16 листопада 2022р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

- ___ 1. Механізми функціонування ринку електроенергії. _____
- ___ 2 Структура системи комерційного обліку енергоресурсів. _____
- ___ 3. Процеси збору й обробки інформації в автоматизованих системах. _____
- ___ 4. Технічні засоби автоматизації контролю споживання електроенергії. _____
- ___ 5. Технології безпроводної передачі даних. _____

4. Основні питання, які потрібно розробити

- ___ 1. Дослідження автоматизованих систем контролю та обліку енергоресурсів.
- ___ 2. Проектування автоматизованої системи контролю споживання електроенергії.
- ___ 3. Забезпечення надійності передачі даних в автоматизованій системі контролю споживання електроенергії. _____

5. Перелік графічного матеріалу у роботі

- ___ 1. Схема мережі передачі даних проектованої системи. _____
- ___ 2. Функціональна схема проектованої системи. _____

3. Схема підключення пристроїв обліку. _____

4. Структура кодера/декодера. _____

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 26 жовтня 2021р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження автоматизованих систем контролю та обліку енергоресурсів	12.2021р. – 02.2022р.	
2	Проектування автоматизованої системи контролю споживання електроенергії	03.2022р. – 06.2022р.	
3	Забезпечення надійності передачі даних в автоматизованій системі контролю споживання електроенергії	07.2022р. – 11.2022р.	

Студент _____ В.М. Андрусишин
(підпис)

Керівник роботи _____ к.т.н., доцент І.Р. Пітух
(підпис)

РЕФЕРАТ

Робота виконана на 88 сторінках та містить 39 рисунків, 5 таблиць, 4 додатки, 32 джерела за переліком посилань.

Мета кваліфікаційної роботи. Дослідження шляхів оптимізації автоматизованого контролю споживання електроенергії.

Результати роботи. Реалізовано автоматизовану систему контролю, що забезпечує опитування пристроїв обліку, обробку даних та надання інформації щодо споживання електричної енергії територіально розподілених об'єктів, оскільки передбачена дистанційна передача даних за допомогою GPRS та CSD технологій. Реалізовано програмний модуль забезпечення верхнього рівня системи. Апаратно реалізований на ПЛІС кодер/декодер модифікованого коректуючого коду системи залишкових класів, що дозволяє підвищити надійність передачі даних.

Рекомендації по використанню результатів роботи. Запропонована система контролю забезпечує максимальну автоматизацію процесу збору та обробки облікових даних для здійснення комерційних розрахунків споживачів за спожиту електроенергію з мінімальним впливом людського фактору на процедуру занесення інформації в програму і виконання нею математичних операцій може бути використана у промислових масштабах або у побутовій сфері.

Ключові слова: АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, КОНТРОЛЬ, ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГІЯ, БЕЗПРОВІДНА ПЕРЕДАЧА ДАНИХ, КОРЕКТУЮЧІ КОДИ.

ABSTRACT

Work is executed on 88 pages and including 39 illustrations, 5 tables, 4 additions, 32 sources after the list of references.

The purpose of the qualification work. Research of ways to optimize the automated control of electricity consumption.

Research results. An automated control system has been implemented that provides polling of accounting devices, data processing and providing information on the consumption of electrical energy of territorially distributed objects, as remote data transmission using GPRS and CSD technologies is provided. The software module for providing the upper level of the system has been implemented. The encoder/decoder of the modified correction code of the system of residual classes, implemented in hardware on the FPGA, which allows to increase the reliability of data transmission.

Recommendations for the use of work results: The proposed control system provides maximum automation of the process of collecting and processing accounting data for the implementation of commercial calculations of consumers for consumed electricity with minimal influence of the human factor on the procedure of entering information into the program and performing mathematical operations with it can be used on an industrial scale or in the domestic sphere.

Keywords: AUTOMATED SYSTEM, CONTROL, ELECTRIC POWER, WIRELESS DATA TRANSMISSION, CORRECTING CODES.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1. ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ТА ОБЛІКУ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ	11
1.1 Дослідження ринку електричної енергії	11
1.2 Аналіз автоматизованих систем контролю та обліку електричної енергії	16
1.3 Аналіз елементів автоматизованих систем контролю та обліку електроенергії	24
1.4 Визначення вимог до проектованої системи.....	34
2 ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	37
2.1 Розробка структури проектованої системи	37
2.2 Вибір обладнання для реалізації проектованої автоматизованої системи	40
2.3 Моделювання автоматизованої системи контролю споживання електроенергії	45
2.4 Програмне забезпечення автоматизованої системи контролю споживання електроенергії	48
2.4.1 Вибір прикладних програм для забезпечення роботи системи	48
2.4.2 Розробка додаткових модулів програмного забезпечення.....	50
3. ЗАБЕЗПЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В АВТОМАТИЗОВАНІЙ СИСТЕМІ КОНТРОЛЮ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.....	65
3.1 Системи передавання даних з використанням орєктуючи кодів.....	65
3.2 Модифіковані орєктуючи коди системи залишкових класів.....	73
3.3 Розроблення систем захисту інформації на основі орєктуючи кодів системи залишкових класів.....	80

ВИСНОВКИ.....	84
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	86
ДОДАТОК А Схема мережі передачі даних проектованої системи	89
ДОДАТОК Б Функціональна схема проектованої системи	90
ДОДАТОК В Лістинг програмного коду кодера/декодера	91
ДОДАТОК Г Копії публікацій.....	92

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- АСК - автоматизована система контролю;
- АСКОЕ - автоматизована система контролю й обліку електроенергії;
- ПЗПД - пристрої збору і передавання даних;
- ПЗ - програмне забезпечення;
- ЕЕ - електрична енергія;
- РЕЕ - ринок електричної енергії;
- РДД - ринок за двосторонніми договорами;
- РДН - ринок «на добу наперед»;
- ВДР - внутрішньодобовий ринок;
- БР - балансуєчий ринок;
- ОЕС - об'єднана енергетична система
- ОСП - оператор системи передачі;
- ОСР - оператор системи розподілу;
- ПО - пристрій обліку;
- ЛОЗОД - локальне обладнання для збору і обробки даних;
- МП - мобільний пристрій;
- ЦЗД - центр збору даних;
- ПЗД - пристрій збору даних;
- ЦЗОІ - центр збору та обробки інформації;
- СПЗ - спеціалізоване програмне забезпечення;
- ККОЕЕ - кодекс комерційного обліку електричної енергії;
- АСЗД - автоматизована система збору даних;
- АСТОЕ - автоматизована система технічного обліку електроенергії та енергоресурсів;
- СЗК - система залишкових класів;
- ПЛІС - програмовані логічні інтегральні схеми;
- ПЛІМ - програмовані логічні матриці.

ВСТУП

Актуальність теми. Проблеми обмеженості енергоресурсів поряд з підвищенням екологічної безпеки виробництв головним завданням є підвищення енергоефективності. У міжнародних компаніях динаміка впровадження відповідних проектів у таких галузях як проектування енергоефективних будівель та споруд, елементів виробничої інфраструктури, впровадження автоматизованих систем для обліку, зростає з кожним роком [1]. Головною задачею для керівників виробництв різних сфер діяльності має бути зниження енергоспоживання виробництва та підвищення якості обліку електроенергії. Перший крок на цьому шляху полягає у скороченні витрат електричної енергії за рахунок зниження її нераціонального витрачання під час транспортування та використання.

Керівнику підприємства, який прийняв рішення про зниження витрати електроенергії, необхідно мати правдиву інформацію про її ефективність використання, про основні втрати та їх причини, одержувати «кваліфіковане техніко-економічне обґрунтування конкретних першочергових заходів, що дають можливість знизити витрати електроенергії» [2]. Перелічені можливості забезпечуються автоматизованими системами контролю (АСК) та здійснення обліковування електричної енергії

Енергосистемами та великими промисловими підприємствами на даний час уже встановлені автоматизовані системи контролю й обліку електроенергії (АСКОЕ) [3], у них свій підхід до створення систем такого типу. Середнім і малим підприємствам потрібно мати стандартну і надійну систему обліку, яка повинна задовольняти їхні потреби. Система АСКОЕ дозволить знизити витрати споживання електроенергії підприємством шляхом: підвищення точності обліковування електроенергії, скорочення втрат і виявлення місць, де електроенергію крадуть, зниження споживаної потужності в години пікових навантажень, прогнозування навантаження і зниження заявленої потужності на наступний розрахунковий період,

переходу на розрахунок за електроенергію за диференційованими тарифами. Крім цього система обліку дозволить одержувати електроенергію з ринку, де вона дешевша, а також контролювати якість електроенергії. Автоматизація збору даних дає можливість одержувати всю інформацію з лічильників на комп'ютер – сервер, а вже він буде друкувати всі звіти в необхідній формі, будувати графіки навантаження та ін.

Автоматизовані системи обліку та контролю складаються з декількох основних компонентів, зокрема лічильників електроенергії або пристроїв збору, контролерів, і передавання даних (ПЗПД), модемів, кабелів та інших пристроїв, що забезпечують організацію комунікацією, комп'ютерів з установленим програмним забезпеченням (ПЗ) спеціального призначення.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є дослідження методів та засобів обліку енергоресурсів та проектування автоматизованої системи контролю споживання електроенергії.

Для досягнення сформульованої мети роботи необхідно:

- дослідити аналіз електричної галузі;
- проаналізувати елементи та структуру автоматизованих систем обліку електроенергії;
- розробити структуру автоматизованої системи контролю споживання електроенергії;
- обґрунтувати вибір елементів проектованої системи;
- реалізувати програмні модулі для забезпечення роботи розробленої системи;
- забезпечити надійну передачу даних у автоматизованій системі контролю споживання електроенергії.

Об'єкт дослідження: процеси контролю споживання та обліку енергоресурсів та шляхи їх вдосконалення.

Предметом дослідження є автоматизована система контролю споживання електроенергії.

Наукова новизна одержаних результатів: реалізований алгоритм кодування / декодування даних на основі модифікованих коректуючих

кодів СЗК, що забезпечує зменшення навантаження на безпроводний контролер та скорочення затримки передачі даних від застосування коректуючих кодів, розроблений кодер / декодер, який реалізований апаратно на ПЛС що забезпечує підвищення швидкодії кодування у порівнянні з іншими коректуючими кодами.

Практичне значення отриманих результатів: гнучкість та технічна можливість масштабування запропонованої автоматизована система зумовлює можливість її використання для забезпечення контролю споживання електроенергії на різних об'єктах, як для приватних будинків так і населених пунктів та промислових підприємств.

Апробація. За результатами досліджень підготовлено та опубліковані тези доповідей на наукових конференціях (додаток Г).

ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ТА ОБЛІКУ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

1.1 Дослідження ринку електричної енергії

Стратегічні завдання розвитку економіки України [4] й забезпечення її економічного росту включають глибокі якісні перетворення у енергетичному секторі, а також ефективну енергетичну політику за допомогою відповідних інструментів. Тенденції розвитку електроенергетичної галузі зумовлюють перехід від ринку «єдиного покупця» до більш ефективної моделі ринку, що зорієнтована на потреби споживачів. Тому, «згідно з вимогами Закону України «Про ринок електричної енергії, почала працювати нова модель ринку електричної енергії (ЕЕ)» [5].

Ринок електричної енергії (РЕЕ) – є системою відносин, які виникають між сторонами під час процесу здійснення купівлі / продажу ЕЕ чи допоміжних послуг, а також під час передачі та розподілу, постачанні ЕЕ до споживачів (рисунок 1.1).

Структура РЕЕ включає наступні сегменти [6]:

- ринок за двосторонніми договорами (РДД) – регулюють купівлю та продаж ЕЕ між двома учасниками ринку за межами організованих сегментів ринку, крім договорів на постачання ЕЕ споживачам. Утворення ціни відбувається на основі двосторонніх домовленостей сторін. Наприклад, між виробником ЕЕ або трейдером укладається договір з споживачами та відбувається продаж ЕЕ за визначеними сторонами цінами протягом визначеного часового періоду.

- ринок «на добу наперед» (РДН) – визначає, що купівля / продаж ЕЕ відбувається на наступну добу після доби проведення торгів. Визначення ціни для кожного розрахункового періоду відбувається за принципом граничного ціноутворення на базі балансу загального попиту / пропозиції.

- внутрішньдобовий ринок (ВДР) – визначає, що купівля / продаж ЕЕ здійснюється після закінчення торгів на РДН та протягом доби, коли

відбувається фізичне постачання енергії. Ціна встановлюється за принципом утворення ціни «за заявленою / пропонованою ціною». Наприклад, споживачам із певних причин необхідні додаткові об'єми ЕЕ в даний момент часу, тоді вони мають можливість придбати її, як правило, за ціною, що є вища від тієї за яку ЕЕ продавалася на РДН.

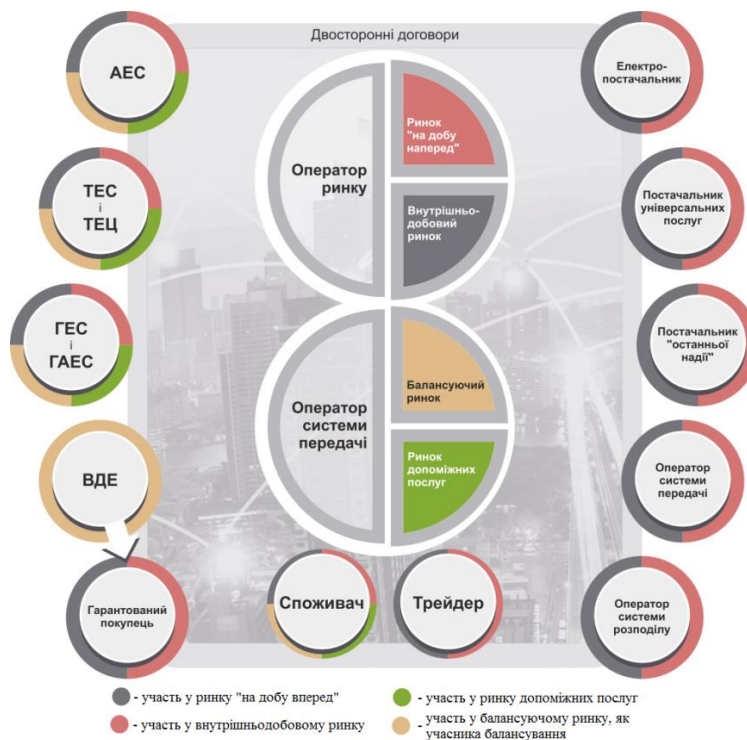


Рисунок 1.1 – Сегмент ринку електроенергії

– балансуючий ринок (БР) – забезпечує баланс в реальному режимі часу обсягу виробництва й імпорту, також, споживання й експорту, регулювання обмежень системи в ОЕС України. Забезпечує фінансове регулювання небалансів ЕЕ. Ціноутворення відбувається у відповідності з правилами ринку. На даному сегменті ринку здійснюється купівля / продаж об'ємів ЕЕ, що виходять за межі спрогнозованих об'ємів виробництва чи споживання на день. Наприклад, якщо виробники виробили більше ЕЕ, ніж продали на попередніх сегментах ринку, то вони продають надлишки або споживачі здійснили закупку ЕЕ на попередніх сегментах ринку не в повному обсязі від необхідної, тут є можливість її докупити. Це відбувається для того, щоб не відбулося розбалансування ринку, що може спричинити трагічні наслідки.

– ринок допоміжних послуг – визначає придбання оператором у постачальників допоміжних послуг. Ціна утворюється за правилами ринку.

Функціонування РЕЕ представлено на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Функціонування ринку електроенергії

Учасниками ринку електроенергії є [6]:

– виробники електричної енергії – організації, що отримали дозвіл на виробництво електроенергії та здійснюють її виробництво.

– енергопостачальник – підприємства, що отримали дозвіл на постачання ЕЕ споживачам та продають її за договорами постачання ЕЕ споживачам.

– трейдер – господарюючі суб'єкти, що отримали дозвіл для трейдерської діяльності (перепродажі ЕЕ) та здійснює закупівлю ЕЕ лише з метою її перепродажів, крім продажів за угодою постачання ЕЕ споживачу.

– оператор системи передачі (ОСП) – є відповідальним за здійснення експлуатації, диспетчеризації, забезпечення технічного обслуговування і розвитку систем передачі та міжнародних ліній передачі ЕЕ. Функції ОСП виконуються НЕК «Укренерго» у відповідності з ліцензіями для передачі ЕЕ.

– оператор системи розподілу (ОСР) – є відповідальним за безпеку, надійність та ефективність експлуатації, забезпечення технічного

обслуговування та розвитку систем розподілу ЕЕ. Функції ОСР виконуються відповідними обленерго у відповідності з ліцензіями для розподілу ЕЕ.

- оператор ринку – забезпечує оптимальне функціонування ринку ВДР і ринку РДН, а також організовує купівлю-продаж ЕЕ на даних ринках, наприклад, ДП «Оператор ринку».

- гарантований покупець – забезпечує закупку ЕЕ у виробників, для яких встановлений «зелений» тариф, наприклад, ДП «Гарантований покупець».

- споживач – всі хто здійснює закупку ЕЕ для власного споживання.

На сегменті РДН відбувається продаж ЕЕ, яка плануються споживатися на наступний день. З пропозицією виходять виробники і трейдери з ціною, за яку вони готові продати ЕЕ, попит забезпечений споживачами відповідно з ціною, за яку вони готові купити ЕЕ. Коли ціни та обсяги збігаються відбувається автоматична фіксація угод купівлі / продажу. Як правило проведенням купівлі/продажу ЕЕ на ринках (РДН, ВДР) займається державне підприємство «Оператор ринку», який є торговою біржею за своєю суттю. Реалізувати ЕЕ сюди приходять ДП «Гарантований покупець», а також інші недержавні трейдери та виробники.

Функціонування РЕЕ стримують проблеми, що мають системний характер, зокрема [7]:

- значний рівень фізичного та морального зношення обладнання та необхідність їх технічної та технологічної модернізації та недостатність необхідних для цього ресурсів;

- незбалансована структура генеруючих потужностей, недостача ресурсів для забезпечення ефективного регулювання потужності й частоти;

- недосконалі системи вимірювання, автоматизації, релейного захисту і оперативного управління;

- відсутні маневрові та пікові потужності;

- не стабільна робота обладнання і виникнення аварійних станів;

- висока собівартість ЕЕ з огляду на низьку ефективність її виробництва та передачі;

- відсутні механізми збору даних про обсяг та час споживання ЕЕ;
- нереалізований експортний потенціал електроенергетики, з огляду на не достатню інтеграцію у об'єднану енергосистему Європейського союзу;
- заборгованість, як дебіторська так і кредиторська суб'єктів діяльності на РЕЕ або неповна сплата за послуги у відповідність з умовами укладених договорів про комплекс послуг із постачання та розподілу ЕЕ;
- несанкціонований відбір або відновлення підключення електроживлення та споживання необлікованої ЕЕ, втручання у роботу приладів обліку (ПО) ЕЕ або елементів розподільчої системи;
- незадовільний стан електроустановок споживачів ЕЕ, розрахункових ПО ЕЕ, пристроїв релейного захисту, автоматики та комунікацій, за рахунок використання яких здійснюється регулювання навантаження в енергосистемах;
- перехресні субсидії певних категорій споживачів, зокрема побутових споживачів, за рахунок інших.

Розвиток енергетичної галузі [8] зумовлює актуальність об'єктивного проведення обліку спожитих ресурсів, посилення контролю за раціональним використанням, підвищення зручності процесів обліку та оплати за енергоресурси, а також реалізація ефективних заходів з метою попередження несанкціонованого відбору ЕЕ. Основним способом реалізації актуальних задач є проектування та реалізація АСК, які забезпечують можливість отримувати в реальному часі дані про поточне споживання ЕЕ.

Інформація отримана за допомогою АСК дозволить регулювати потужності подачі енергоносіїв, що дозволить знизити питомі втрати на їх транспортування, вчасно виявити та усунути несправності ПО - лічильників, визначити спроби неправомірних витрат ЕЕ, здійснювати контроль оплати за спожитим ЕЕ споживачами.

За умови забезпечення точності, повноти, достовірності та актуальності даних обліку, на базі яких здійснюються розрахунки за ЕЕ та управління режимами її споживання. Такі дані повинні формуватися повномасштабними АСКОЕ, які надійно функціонують в автоматичному режимі.

АСКОЕ – «сукупність організаційних, інформаційних, програмно-алгоритмічних і технічних засобів та методів, що включені до структури автоматизованого обліку та контролю споживання електроенергії» [3]. Системи успішно використовуються для забезпечення багатотарифного обліку як виробленої так і спожитої ЕЕ та її перерозподілу.

Система АСКОЕ забезпечує безперервне автоматизоване управління режимами використання та виробництва ЕЕ, на основі реальних даних одержання достовірних показників роботи, а також дозволяє вирішувати задачі комерційних розрахунків, зокрема система забезпечує:

- автоматизація технічного та комерційного обліковування споживання ЕЕ і потужностей на кожному об'єкті обліку;
- розрахунок середні значення потужностей (за певний проміжок часу) на кожному об'єкті розрахункового обліку;
- формування часові графіки навантажень (наприклад, 30хв, 60хв) на заданих часових інтервалах (наприклад, доба, місяць, рік);
- підвищення швидкодії обробки інформації та обміну нею;
- підвищення швидкості управління режимами споживання ЕЕ, визначення та розробки прогнозу усіх компонентів балансу ЕЕ;
- створення необхідних документів щодо обліку ЕЕ(наприклад, таблиці, довідки, акти, протоколи), які актуальні інтерес на поточний момент;
- автоматизація контролю технічного стану обладнання та ПО ЕЕ.

1.2 Аналіз автоматизованих систем контролю та обліку електричної енергії

Використання АСК та обліку ЕЕ забезпечує підвищення точність обліку балансу витрат за рахунок одночасного зняття показників із всіх лічильників споживачів. Також АСК дозволяють своєчасно виявляти несанкціоноване підключення до мережі та запобігати розкраданню ресурсів. При встановленні сучасного електронного лічильника можна навіть «вести облік активної та реактивної потужності, що дозволяє оплачувати лише

реально використану електрику»[3].

За принципом організації виділяють два основні типи таких систем:

- локальна;
- регіональна.

Локальна АСК (рисунок 1.3) - локальне обладнання для збору і оброблення даних (ЛОЗОД) використовуються для визначення витрат у межах підприємства та «складається із основних рівнів:

- прилади обліку;
- комунікації (пристроїв збору та передавання даних);
- сервер опитування (ЕОМ);
- робоче місце технолога (ПК, що підключені до локальної мережі)» [10].

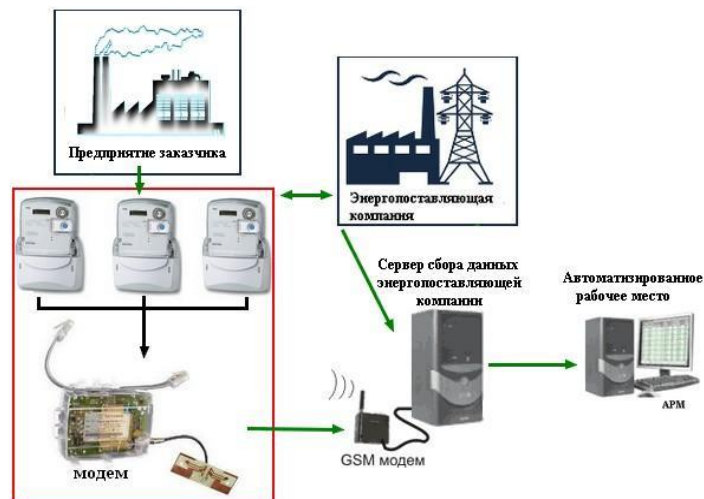


Рисунок 1.3 - Типова схема локальної АСК

Регіональні АСК (рисунок 1.4), як правило є багаторівневими, використовуються для отримання та оброблення інформації з кількох локальних систем [11]. Верхні рівні реалізуються у вигляді об'єднаних ліній зв'язку, що включають пристрої, які утворюють канали. Нижні рівні є локальними системами які передають інформацію із ПО споживачів.

АСК та обліку ЕЕ різних видів дозволяють здійснювати контроль як на рівні окремого підприємства, так і в регіоні в цілому. Це забезпечує можливість порівняння інформації з різних каналів для формування обґрунтованої та конкурентоспроможної вартості послуг.

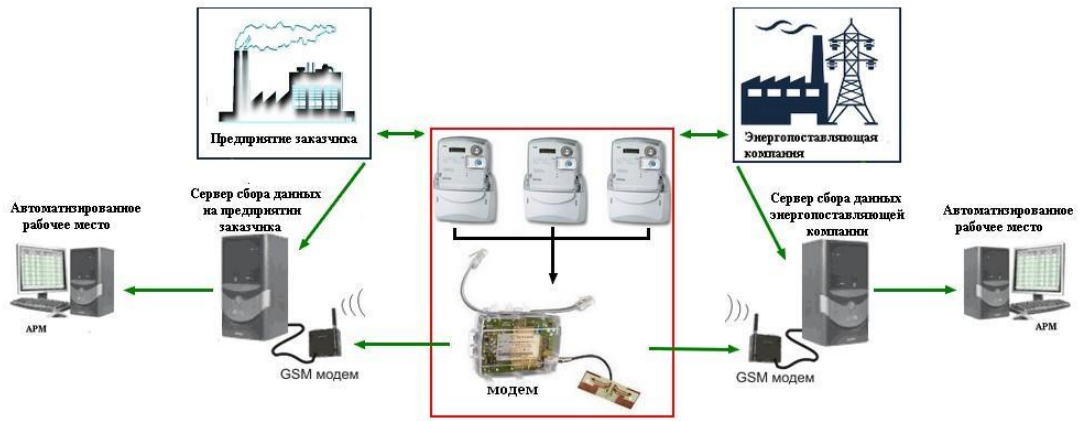


Рисунок 1.4 - Типова схема регіональної АСК

Проектування та реалізація АСК та обліку ЕЕ може здійснюватися за різними варіантами. Найбільш простим варіантом організації АСК є проведення опитування ПО через оптичний порт. Лічильники між собою не поєднані. Відсутній також зв'язок лічильники - центр збору даних (ЦЗД). Усі ПО опитуються послідовно при проведенні обходу оператором. Опитування проводиться за допомогою ПЗ, що розміщене на мобільному пристрої (МП), яке формує файл результатів опитування. У ЦЗД програмні модулі формують файл-завдання на опитування та завантажують інформацію до бази даних (БД). Синхронізація часу ПО відбувається під час опитування з часом МП. Синхронізація часу МП з часом ЦЗД проводиться у момент прийому файлів завдань на опитування ПО. Для найбільшої економії коштів створення даного варіанту АСК у якості ЦЗД можна використовувати МП.

Недоліками такого способу реалізації АСК є великі затрати на збір даних з ПО, а також використовувати в системах індукційних чи електронних ПО з імпульсними виходами неможливе.

Організація АСК з проведенням «опитування ПО через оптичний порт дозволяє вирішувати такі завдання:

- точне вимірювання параметрів постачання/споживання;
- облік енергоресурсів по підприємству, його інфраструктурних елементах (котельня та об'єкти житлового побуту, цехи, підрозділи, субабоненти);

- контроль енергоспоживання за точками та об'єктами обліку у визначених інтервалах часу (година, зміна, доба, декада, місяць, квартал, рік) стосовно визначених обмежень та технологічних лімітів потужності;
- обробка даних та формування звітів з обліку ЕЕ;
- діагностика повноти даних;
- опис електричних з'єднань об'єктів та їх характеристик;
- діагностика лічильників;
- підтримка загального системного часу» [12].

Реалізація АСК з проведенням опитування ПО за допомогою МП за допомогою перетворювачів інтерфейсу, мультиплексори чи модеми (рисунок 1.5). У системі такого типу ПО об'єднуються загальною RS-485-шиною, або інтерфейсом «струмова петля на мультиплексор (типу МПР-16), або пристроєм збору даних (ПЗД)» [9].

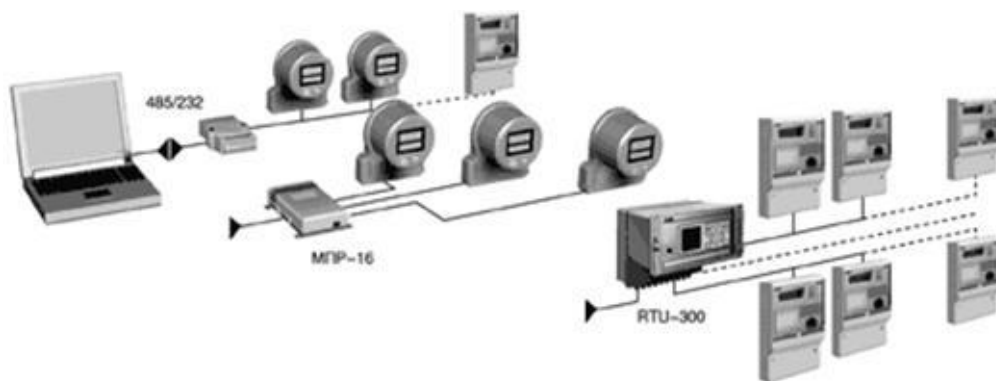


Рисунок 1.5 – АСК з опитуванням ПО через перетворювач інтерфейсів мультиплексор або модем

ПО можуть бути розташовані в різних розподільчих пристроях і опитуватися раз чи кілька разів протягом місяця використовуючи ПЗ, що розміщене на МП, яке формує файл результатів опитування. Між ПО та ЦЗД постійний зв'язок відсутній. ПЗД виконує функції такі як і комунікаційний сервер.

На обладнанні ЦЗД встановлені програмні модулі, які формують файл-завдання на опитування та здійснюють передачу дани до основної БД. Час на ПО синхронізується під час опитування з часом МП. Синхронізація

часу МП з часом ЦЗД проводиться у момент прийому файлів завдань на опитування ПО.

Виділене обладнання для ЦЗД у даному варіанті також є не обов'язковим, його функції можуть виконуватися МП.

АСК з проведенням опитування ПО за допомогою МП з використанням перетворювача інтерфейсу, мультиплексора чи модема забезпечить вирішення таких завдань [3,10-13]:

- точність вимірювань параметрів постачання ЕЕ та її споживання;
- обліку ЕЕ за підприємством в цілому та елементами його інфраструктури, наприклад, котельні, побутові об'єкти, виробничі цехи, структурні підрозділи та ін);
- контролю споживання ЕЕ за точками та об'єктами облікування в заданих інтервалах часу стосовно заданих границь та технологічних обмежень потужності;
- обробку даних та формування звітів з обліку електроенергії;
- діагностику повноти даних;
- опис електричних з'єднань об'єктів та їх характеристик;
- діагностику ПО;
- підтримку одного системного часу.

Реалізація АСК з проведенням автоматичного опитування ПО локальним центром збору та оброблення інформації (ЦЗОІ) наведена на рисунку 1.6 [11].

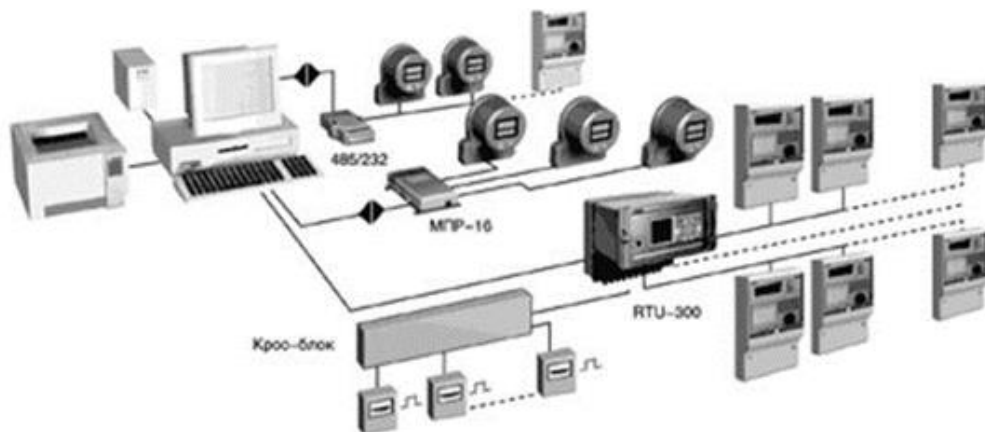


Рисунок 1.6 - АСК з проведенням автоматичного опитування ПО

В такій системі ПО та ЦЗОІ пов'язані за допомогою постійних прямих каналів зв'язку та опитуються відповідно із заданим розкладом. Первинна інформація з ПО передається та зберігається в БД. Час на ПО синхронізується з часом комп'ютера ЦЗОІ під час опитування. Як комп'ютер ЦЗОІ використовується локальна ПЕОМ де відбувається обробка даних і створення БД. Залежно від кількості ПО та інтервалів їх опитування, рівня кваліфікації користувачів, наскільки складна математична обробка тощо. Функціонування локальної БД може відбуватися у MS Access або СУБД Oracle. Дані у БД збираються із заданою періодичністю. АСК з проведенням автоматичного опитування ПО дозволяє забезпечити вирішення таких завдань як:

- вимірювання параметрів постачання/споживання необхідної точності;
- автоматизація комерційного та технічного обліку ЕЕ енергоресурсів підприємства і елементів його інфраструктури;
- здійснення контролю споживання ЕЕ та параметрів її якості за окремими об'єктами точками та об'єктами обліку за визначеними часовими інтервалами (5 хвилин, 30 хвилин, зона, зміна, доба, декада, місяць, квартал та рік) щодо встановлених обмежень та технологічних границь потужності;
- здійснення обробки даних та генерація звітів з обліку ЕЕ та контролю параметрів її якості;
- здійснення фіксації відхилень параметрів ЕЕ, що контролюються, оцінки даних параметрів у абсолютних і відносних одиницях з метою аналізу як споживання ЕЕ, так і виробничих процесів;
- сигналізація аварійних та перед аварійних станів за допомогою світлових та звукових сигналів, відхилення контрольованих параметрів від допустимих значень;
- здійснення діагностики повноти даних;
- опис електричних об'єктів їх характеристик та з'єднань;
- параметризація комунікацій та характеристик опитування;
- діагностика системи;

– підтримання єдиного часу системи.

Реалізація багаторівневих АСК [12] для територіально розподілених середніх або великих підприємств чи енергосистем наведена на рисунку 1.7.

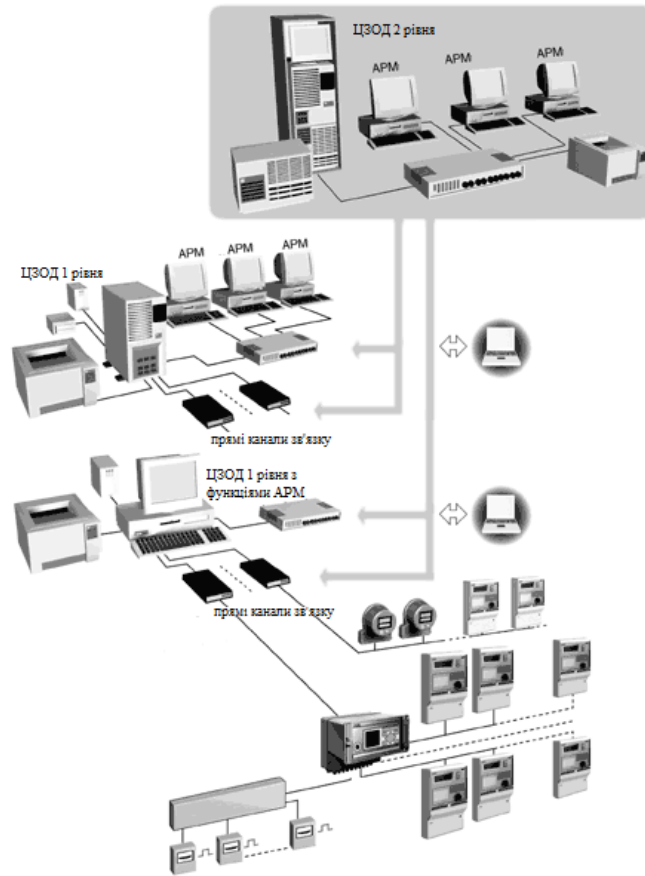


Рисунок 1.7 – Багаторівнева АСК

Основна частина ПО у таких системах постійно зв'язана з ЦЗД першого рівня за допомогою прямих каналів зв'язку та опитування відбувається у відповідності до розкладу, аналогічно до АСК з автоматичним опитуванням ПО. Між деякими ПО та ЦЗД першого рівня постійний зв'язок може бути не передбачений оскільки їх опитування може відбуватися аналогічно до АСК з проведенням опитування ПО за допомогою МП.

Системи такого типу використовуються також при реалізації АСК та «технічного обліку пари, води, газів, витрати тепла з парою та водою, витрати ЕЕ» [8]. Крім того, дана «система дозволяє вести оперативний контроль технологічних параметрів: тиску, температури, потужності, миттєвих значень витрати енергоносіїв та їхньої теплової енергії на підприємствах промисловості, енергетики, транспорту» [12].

У складі АСК використовуються персональних комп'ютерів (ПК) і спеціалізованого ПЗ (СПЗ), що забезпечує додаткову гнучкість систем та обумовлює актуальність у їх впровадженні. ПК, окрім вирішення основних завдань, що пов'язані функціональністю системи, можуть також забезпечити розв'язання ряду прикладних задач, наприклад:

- оцінка стану систем споживання ЕЕ;
- достовірність вимірювань як окремих компонентів так і комплексу в цілому,
- виявлення втрат та областей недоцільного використання ресурсів та оперативної їх локалізації.

Робота енергетичної галузі до АСК та обліковування спожитої ЕЕ висуває підвищені вимоги, зокрема, до їх рівня автоматизації, точності, надійності. Основною метою вдосконалення АСК та обліку ЕЕ є створення можливості одержання достовірного балансу виробництва, розподілу, передачі та споживання електричної потужності та енергії як цілому в державі так і за окремими споживачами ЕЕ. На даний час статті балансу складаються на основі даних, що отримані за допомогою індукційних ПО енергії, які встановлені на підстанціях споживачів. Даний баланс суттєво спотворюється в результаті похибок вимірювання лічильників ЕЕ на різних етапах електропостачання. Найбільшою похибкою характеризується несинхронність отримання показів ПО.

Підвищення точності вимірювання АСК та обліку ЕЕ можна досягнути за допомогою пропорційного підвищення точності вимірювання на усіх рівнях системи електропостачання.

Найбільшого поширення набули АСКОЕ та ЛОЗОД - це ПО або їх сукупність, що «дозволяють здійснювати вимірювання, збір, накопичення, обробку та зберігання вимірюваних даних за задані періоди часу» [13] щодо обсягів та параметрів потоків ЕЕ та показники потужності на окремому об'єкті вимірювання та оснащені інтерфейсом для зчитування даних дистанційно. Мета роботи даних систем аналогічна, а відмінність між ними лише у обсягах обладнання та можливостями самостійно генерувати звіти, а

також перегляду, аналізу й оптимізації споживання ЕЕ. Розширення функцій ЛОЗОД до АСКОЕ дозволить отримати повний контроль над споживанням ЕЕ на підприємстві. В результаті вступу у дію «Кодексу комерційного обліку електричної енергії» [14] (ККОЕЕ), відбулися зміни назва ЛОЗОД більше не використовуватиметься, хоча вона використовувалася для поділу об'єктів автоматизації обліку за об'ємами використання ЕЕ. Чинний ККОЕЕ надає нове визначення: автоматизована система збору даних комерційного обліку (АСЗД), що є підвидом АС, яка у своєму складі має підсистеми збору інформації та управління ПО ЕЕ. Функції у АСЗД аналогічні до ЛОЗОД.

Для обліку електроенергії внутрішніх навантажень і їх груп використовуються системи «АСТОЕ – автоматизована система технічного обліку електроенергії та енергоресурсів» [15]. АСТОЕ не мають відношення до енергетичних компаній, а їх встановлення здійснюється споживачами з метою контролю розподілу ЕЕ по об'єкту.

Ще одним різновидом АСК та обліку ЕЕ є веб-сервіс «АСКОЕ онлайн» [16], яка дозволяє здійснювати дистанційний облік ЕЕ через Internet. Її головною перевагою є те, що споживачі з мінімальними витратами отримують повноцінну АСК. Впроваджувати та обслуговувати верхній рівень АСК не потрібно, що дозволяє отримати економію ресурсів - сервери, ПЗ, обладнання комунікацій, оплата зв'язку та ін.

1.3 Аналіз елементів автоматизованих систем контролю та обліку електроенергії

Сучасні АСК споживання енергоресурсів це системи, що реалізують одночасно функції вимірювання та обліку обсягів ЕЕ на територіально розподілених об'єктах та подальшої передачі отриманих даних за рівнями ієрархії працюючи в реальному режимі часу. Система реалізується на базі комплексів технічних засобів автоматизації (ТЗА) та ПЗ [12, 17]. У спрощеному вигляді структура системи (рисунок 1.8) включає:

- ПО ЕЕ, встановлений у абонента;

- канал зв'язку, яким покази лічильника надходять до ПЗПД;
- ПЗПД, який може встановлюватися у багатоповерховому будинку або на трансформаторному пункті або підстанції;
- канали зв'язку між ПЗПД та ЦЗОІ;
- сервери та АРМ, що встановлені в ЦЗОІ для обробки інформації, що надходить.

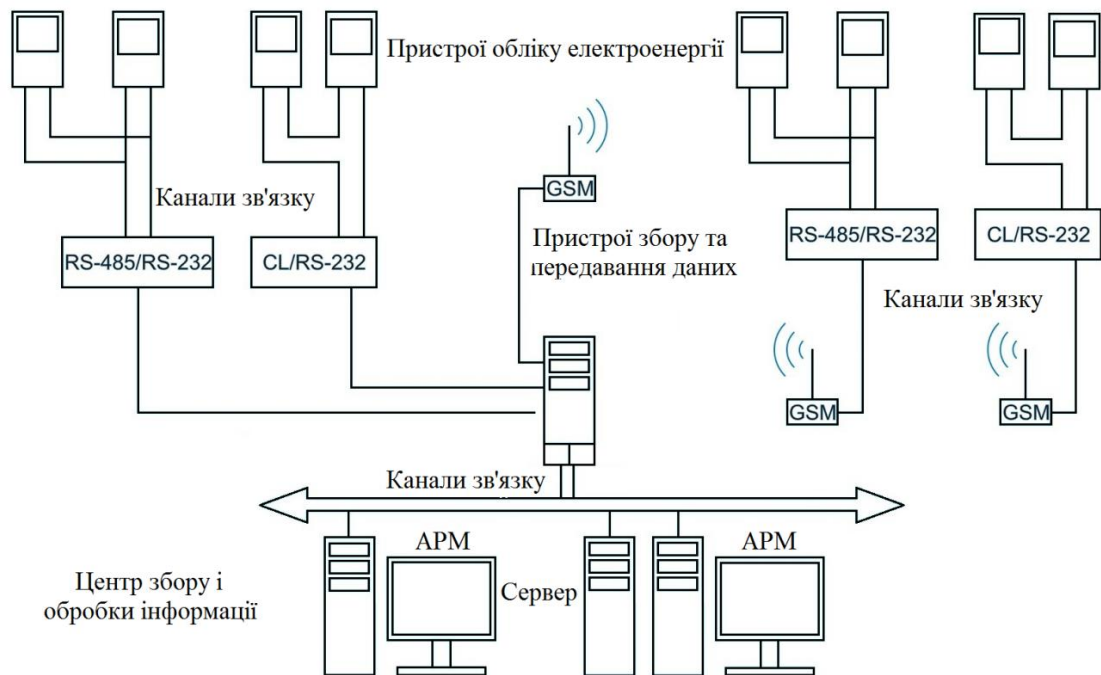


Рисунок 1.8 – Узагальнена структура АСК

Перші АСК були побудовані на базі ПО з механічними рахунковими пристроями. Дані від лічильників до ПЗПД передавалися за допомогою імпульсних виходів лічильників. У такій структурі системи існувало декілька критичних проблем. Оскільки від ПО необхідно було проводити два додаткових проводи до ПЗПД, що вимагало додаткових затрат, але було можливим, наприклад у багатоквартирних будинках, але в приватному секторі передача даних з імпульсних виходів ПО до ПЗПД, що встановлений на ТП, було важким, витратним і, відповідно, контрпродуктивним. Під час обриву, короткому замиканні або при порушенні цілісності дротів від імпульсного виходу ПО, передача даних про споживання ЕЕ припинялася і інформація не надходила до ПЗПД, тому реальні покази ПО та покази, що розраховані в ПЗПД відповідно до прийнятих імпульсів від ПО та

відправлених до ЦЗОІ, не збігалися. Це спричиняло низьку надійність і точність таких АСК.

На даний час, при проектуванні та реалізації нових АСК, абонентам встановлюють спеціальні «розумні лічильники». Вони дозволяють здійснювати передачу даних про споживання ЕЕ та інших додаткових параметрів до ПЗПД за допомогою різних каналів зв'язку (технології передачі даних по силових проводах, радіо каналах, тощо). У випадку порушення зв'язку, по кожному з каналів, у АСК, дані щодо споживання ЕЕ, ще зберігаються на певний період, як у лічильниках, так і в ПЗПД, що дозволяє здійснити добір даних, які пропущені після відновлення роботи каналу зв'язку.

Принцип роботи та призначення АСК полягає у зборі інформації споживачів ЕЕ про її напругу та потужність для обробки отриманих даних та створення звіту. Сьогодні, для проектування АСК використовується трирівнева архітектура.

Низовий рівень - інтелектуальні ПО ЕЕ з цифровими виходами або індукційні лічильники, які розташовані у споживачів. Вони «забезпечують безперервне вимірювання параметрів споживання енергоресурсів у певних точках обліку та передачу даних» [18] на середній рівень без участі інспекторів та контролерів. Для зняття показів та обслуговування системи АСК достатньо одного оператора.

Середній рівень - це комунікаційний рівень системи, на лінії якого розміщені різного типу контролери, що забезпечують передачу інформації. ПЗПД забезпечують цілодобове опитування ПО в режимі реального часу та передають дані до верхнього рівня системи.

Верхній рівень - це центральний вузол ЦЗОІ, на який поступають дані з усіх ПЗПД, що включені до АСК. На цьому рівні використовується СПЗ, що забезпечує відображення та аналіз одержаних даних, формування звітної документації, проведення нарахування сплати за показниками, візуалізацію даних обліку інформаційній системі підприємства. На даному рівні збирається, обробляється, аналізується, і зберігається вся інформація системи

контролю та обліку споживання ЕЕ.

Сучасні АСК це масштабні системи. Узагальнена схема трирівневої АСК та обліку ЕЕ [11] наведена на рисунку 1.9.

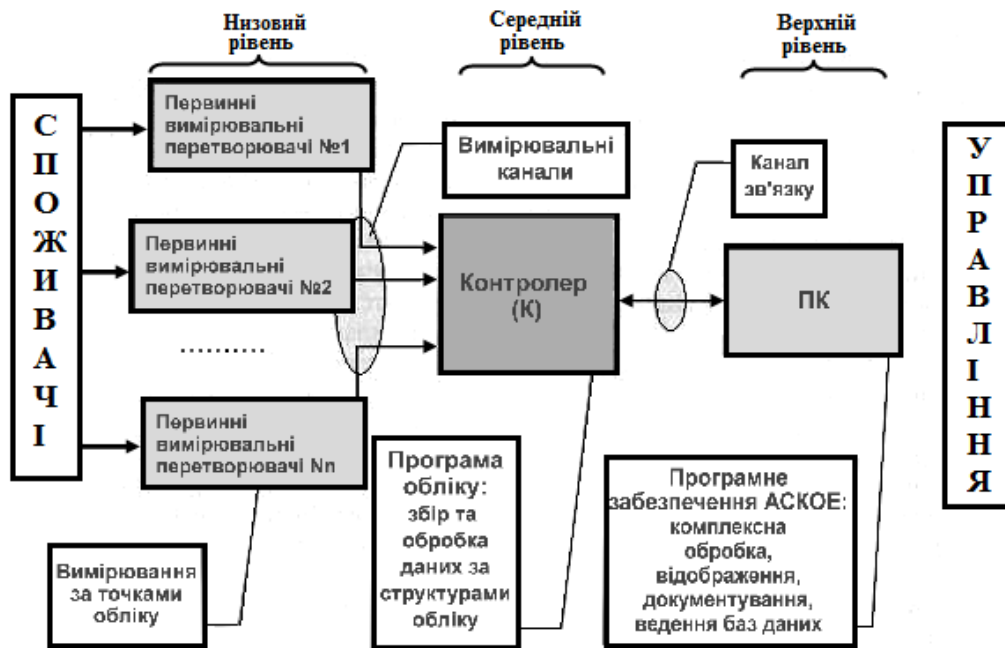


Рисунок 1.9 - Трирівнева структура АСК

Між низовим та середнім рівнем АСК реалізується постійний зв'язок за рахунок вимірювальних каналів, до яких включені всі пристрої та засоби вимірювання і лінії зв'язку між ними та контролером. Між середнім та верхнім рівнями АСК реалізується канал зв'язку шляхом використання фізичних провідних ліній зв'язку.

На сьогоднішній день ринок може запропонувати велику кількість типів АСК споживання ЕЕ, комплексів технічних засобів автоматизації (ТЗА) та пристроїв збору даних. Прикладом реалізації АСК для побутових споживачів може бути структура системи NovaSyS EnergySal [19] наведена на рисунку 1.10.

Об'єктами таких АСК можуть бути житлові масиви, мікрорайони населених пунктів, багатоквартирні будинки, приватні будівлі та ін.

Сучасні АСК на базі «розумних лічильників», дозволяють постачальникам отримувати точні та достовірні дані про споживання ЕЕ абонентами, що включені до системи, проводити автоматичний та

одночасний збір інформації з ПО, що є дуже важливим, контроль енергоспоживання з можливістю обмежувати потужність для будь-якого споживача, віддалено вмикати/вимикати подачу ЕЕ, наприклад у зв'язку із заборгованістю та у разі її погашення, оперативно виявляти несанкціонований відбір ЕЕ, наприклад підключення в обхід ПО, контроль технічних та комерційних втрат ЕЕ.

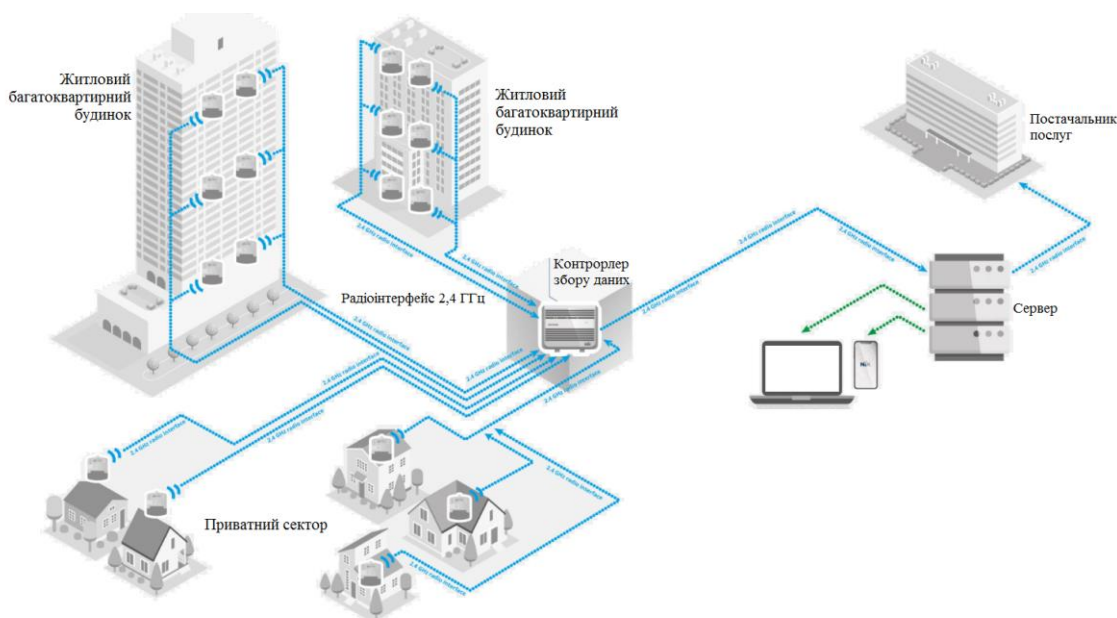


Рисунок 1.10 – Приклад реалізації АСК в побутовому секторі

Також впровадження АСК дозволяє вирішити проблему із доступом інспекторів до ПО споживачів.

Споживачам, що підключені до АСК, забезпечується точність та коректність показів, які надходять до системи постачальників від ПО для подальшого формування рахунків за спожиту ЕЕ. Помилки, що можуть бути допущені при ручному знятті показників, у АСК повністю усунуті. Наприклад, у випадку спірної ситуації, абонент може отримати дані про покази свого ПО, витрат ЕЕ за певний період часу з БД, що зберігається в АСК.

Прикладом реалізації АСК обліку ЕЕ промислового масштабу наведений на рисунку 1.11 [20].



Рисунок 1.11 – Приклад АСК у промисловому секторі

Сучасні АСК характеризуються високою точністю даних, які збираються, надійністю збору та зберігання даних, що робить їх актуальними як постачальникам ЕЕ, так і споживачам.

До складу представлених АСК, як правило входить наступні основні елементи [12-21]:

- первинні засоби вимірювання:
 - електронні лічильники ЕЕ з цифровим інтерфейсом для комерційного обліку, а також електронні та індукційні з імпульсними виходами для технічного обліку;
 - вимірювальні трансформатори струму та напруги;
 - контролери або джерела єдиного часу - пристрої, що забезпечують синхронізацію пристроїв часу;
- середовище передачі даних:
 - перетворювачі інтерфейсів;
 - модеми;
 - пристрої збору та передачі даних;
 - засоби комунікації між об'єктами АСК та ЦЗОІ – кабелі вита пара, телефонні лінії, канали радіо зв'язку, силові лінії.

– ПЗ та обчислювальні засоби (сервер, робоча станція, комп'ютер) для обробки інформації, зберігання та відображення даних, а також формування різних звітів.

У склад АСК також входять:

- блоки керування навантаженнями;
- обмежувачі потужності споживання.

Стрімкий розвиток мікроелектроніки та зменшення вартості електронних компонентів цифрових систем керування зумовили витіснення аналогових пристроїв. Перевагою мікроконтролерних систем розширення функцій та гнучкість, за рахунок програмного налаштування, а не використання апаратного забезпечення, що дозволяє підвищити точність і надійність обліку та знизити додаткові витрати. Ключовими елементами АСК споживання ЕЕ є ПО. Вони є первинними джерелами даних для інших компонентів системи оскільки забезпечують вимірювання споживаних ресурсів.

Цифрові ПО - високоточні лічильники ЕЕ (рисунок 1.12) на базі мікроконтролера характеризуються наступними перевагами: висока надійність роботи та клас точності, вбудована пам'ять забезпечує зберігання даних на протязі тривалого часу, що може бути використана для наступної обробки або аналізу, захист від критичних коливань напруги, можливість проведення «багатотарифної оплати за споживану енергію, автоматизованого обліку і контролю споживаної електроенергії» [10] компактні розміри і простота у його експлуатації й обслуговуванні.



Рисунок 1.12 – Загальний вигляд ПО в системах АСК.

Встановлення на об'єктах обліку ПО цифрові сигнали з яких передаються в так звані «суматори», що забезпечені пам'яттю, через системи комунікацій, останнім часом широкого розповсюджене використання GSM - зв'язку, оскільки він дозволяє здійснювати подальшу передачу даних до верхнього рівня в організовані та оснащені ЦЗОІ сучасним обладнанням і СПЗ дозволяє забезпечити спрощення ведення багатотарифного обліку, контроль за якістю ЕЕ, можливість автоматично передавати дані про обсяги спожитих ресурсів до організації енергопостачання та виключити необхідність знімати показники у ручному режимі.

Такі ПО трансформують струм, який проходить, у вимірювальні імпульси, що дозволяє визначити точний обсяг спожитої ЕЕ, а також визначають інші параметри мережі, які є важливими для здійснення багатотарифного обліку про: струм, напругу, частоту, зсув фаз. Відмінною рисою таких ПО від індукційних, електронних або гібридних є наявність імпульсного виходу або вбудованого модему. Завдяки включенню в АСК ці пристрої можуть дистанційно передавати дані та команди: сигнали про втручання в їх роботу, про розтин клемної коробки, про вплив магнітом на лічильний механізм, отримувати дані та команда: про відключення реле, про зміну тарифного розкладу.

Цифровий дисплей, керований за допомогою мікроконтролера, забезпечує встановлення та зміну режимів відображення даних програмним шляхом, наприклад, відображати дані про використану ЕЕ за певний період, за тарифним планом тощо. Для потреб АСК на сьогоднішній день виробляється велика кількість ПО основі мікропроцесора бувають різних типів та відрізняються за призначенням, наприклад, для однією і трьох фаз, одного і багатьох тарифів, бувають комбінованими, інтелектуальними та багатофункціональними [13, 15]. Приклад підключення різних цифрових ПО наведений на рисунку 1.13.

Простий цифровий ПО може виконувати ряд сервісних функцій, які не передбачені у всіх механічних лічильниках за допомогою додаткового апаратного обладнання і програмних налаштуваннях.

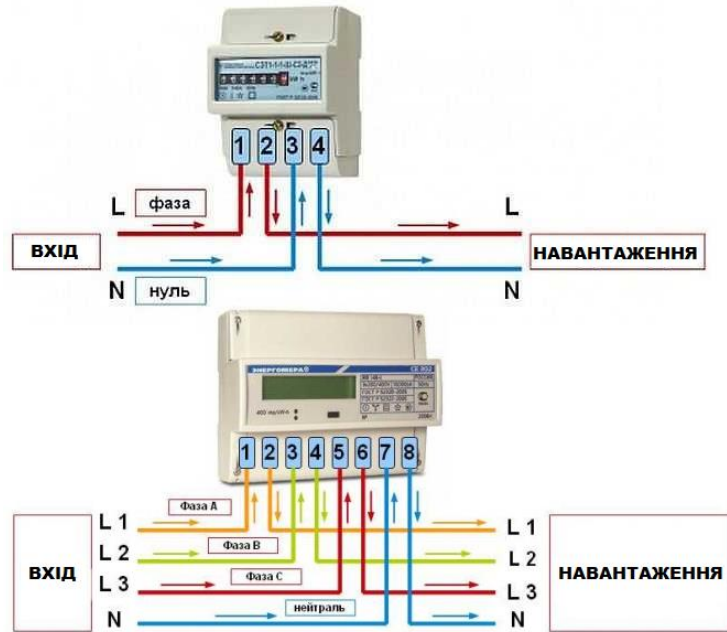


Рисунок 1.13 – Приклад підключення цифрових ПО

Наприклад, у залежності до вимог цифрові ПО можуть улюбий час здійснювати оперативну передачу даних використовуючи різні канали зв'язку до пунктів диспетчеризації організацій постачальників з метою проведення контролю та розрахунків споживання ЕЕ. Важливими є і сервісні функції, наприклад, можливість дистанційного доступу до ПО, до даних про споживання ЕЕ енергію та ін.

Для реалізації передавання даних у АСК на сьогоднішній день активно використовуються наступні технології [21]:

- GSM/GPRS: процес передавання даних відбувається за допомогою мережі GSM. Технологія використовується для передавання інформації про споживання ЕЕ від ПО за допомогою сформованої інфраструктури стільникової мережі, що характеризується досить широким територіальним покриттям.

- PLC: передача інформації реалізоване засобами силової мережі 0,4 кВ, каналом зв'язку S-SFSK (PLC), частотною смугою 20 – 148 кГц або 70 – 90 кГц. Дана технологія використовується для передавання інформації про споживання ЕЕ від ПО до ПЗПД. Найбільш широко застосовується в АСК адміністративних будівель, а також житловому та комунальному секторах.

– ETHERNET, INTERNET: передача інформації відбувається за рахунок технології обчислювальних мереж TCP-IP. Технологія використовується у системах, в яких потрібно здійснювати обмін великими обсягами даних та у випадках коли необхідно реалізувати автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора, яке територіально віддалене від ПЗПД чи серверу ЗД. Найчастіше, інфраструктура Ethernet (в т.ч. з доступом до мережі Internet) вже існує на об'єкті автоматизації.

– RS-485, RS-232, M-BUS: передача інформації реалізується через провідні послідовні інтерфейси. Технологія забезпечує надійність передачі даних між пристроями різних рівнів: верхнього, середнього і нижнього. Водночас передбачена можливість паралельного об'єднання значної кількості пристроїв із мінімальними затратами комунікацій (дротів).

Перелічені технології характеризуються як перевагами так і недоліками. До переваг можна віднести те, що передача даних відбуватиметься по уже сформованих інфраструктурах мереж з достатньо широким покриттям та великим вибором обладнання, передачею великих об'ємів даних з великою швидкістю. До недоліки слід віднести те, що може відбуватися стягнення оплати за телекомунікаційні послуги, передача даних буде залежати від робочого стану обладнання оператора послуг мобільного зв'язку, рівень GSM-сигналів у багатьох випадках є невисоким у спеціалізованих приміщеннях і це зумовлює необхідність встановлення додаткового обладнання – антен. Недоліком може бути також потреба у прокладанні ліній провідних зв'язку – кабелів. Для того, щоб підключити технологічне устаткування, що використовує послідовні інтерфейси, можуть знадобитися перетворювачі інтерфейсів, що зумовлює додаткові витрати. При використанні деяких із розглянутих технологій передачі інформації може виникати потреба у кваліфікованих фахівцях, яких є не достатня кількість.

ПЗПД - це промислові комп'ютери для промислових та комерційних АСК споживання ЕЕ. Він призначений як для збору інформації з ПО, так і для обробки та передавання даних на верхній рівень системи. ПЗПД,

використовується у складних АСК, наприклад, для отримання даних з ПО кожної години або хвилини для моніторингу за витратами та навантаженням. Приклади ПЗПД наведені на рисунку 1.14, а - ПЗПД УСПД164-01Б, б - контролер збору даних, в - мережевий концентратор, г- PLC-модем [3, 15].

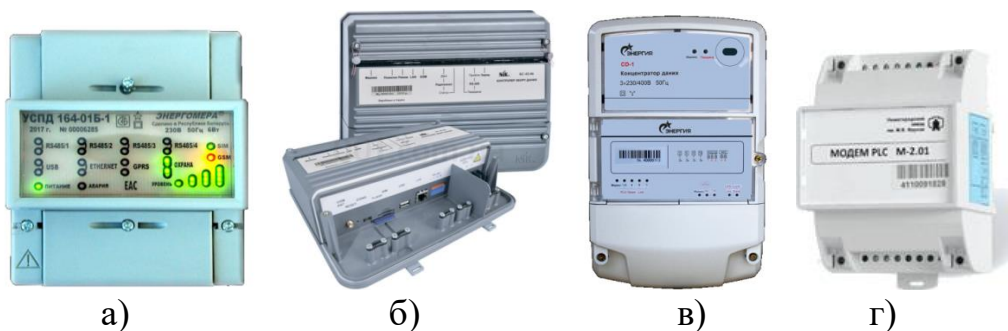


Рисунок 1.14 – Зовнішній вигляд ПЗПД

ПЗ відновиться до верхнього рівня АСК «складається з декількох основних компонентів:

- БД у якій відбувається збір та зберігання отриманих значень вимірювань;
- блок обробки даних, що забезпечує формування запитів, обробку даних, що надійшли від ПО та їх передачу до БД;
- блок відображення даних - інтерфейсу користувачів для візуалізації одержаних даних;
- блок формування звітів – забезпечує генерацію звітних форм

1.4 Визначення вимог до проектованої системи

На стадії розробки концепції АСК визначено перелік задач, які повинні виконуватися системою. Щодо функціонування АСК:

- автоматизований збір та передачу інформації від первинних ПО комерційного і технічного (основних / дублюючих) на наступний рівень ієрархії;
- безперервне накопичення та збереження оперативної інформації в БД, збереження даних обліку ЕЕ у автоматичному режим та можливість створювати архів за допомогою зовнішнього носія;

- забезпечувати можливості введення даних у ручному режимі з відповідними ознаками ручного введення;
- забезпечувати можливість налаштування та конфігурації АСК;
- забезпечувати можливість оперативного прямого доступу до будь-яких даних ПО (у тому числі й параметризації);
- ведення єдиного системного часу з можливістю його коригування;
- можливість обліку по зонах доби, заданих користувачем АСК;
- автоматизований розрахунок втрат у трансформаторах і лініях за затвердженими методиками та розрахунок за відсутності даних;
- аналіз та планування енергоспоживання.

Функції АСК щодо обміну інформації та інтеграції у інших АСКОЕ повинні забезпечувати:

- організацію інформаційного обміну між рівнями АСК;
- можливість визначати та здійснювати оперативний контроль за величиною балансу ЕЕ та її потужності (надходження, сальдо-перетоки, відпустку, споживання) за об'єктами обліку і фактичні втрати по мережах в цілому і по заданих елементах мережі за класами напруги (з урахуванням затвердженої методики розрахунку втрат) за визначені періоди часу;
- можливість визначати величину обсягу поступлення, постачання та передачі ЕЕ за кожною точкою / групою обліку (основний / дублюючий і обвідних лічильник) з оптимальним інтеграційним періодом у автоматичному режимі роботи системи;
- організацію інформаційного обміну між АСК і суб'єктами ОРЕ України;

Функції АСК щодо інформаційної безпеки повинні забезпечувати:

- можливість відновлення даних БД з резервних копій;
- забезпечення формування ознак достовірності та верифікації даних;
- забезпечувати захист даних від несанкціонованого доступу шляхом контролю доступу до АСК на основі паролів.

Функції АСК щодо ведення та формування документації процесу:

- автоматизоване ведення журналів подій АСК і ПО;

- генерація звітів у автоматичному режимі та за запитом екранних форм з оперативним відновленням параметрів ЕЕ на підставі інформації з масиву даних, як не корегуються;

- можливість автоматичного відновлення змісту екранних форм по мірі надходження нових параметрів обліку в БД;

- можливість вибору в екранних формах часового поясу для точок обліку, за якими актуальний вибір часового поясу;

- реалізація алгоритму заміни лічильників.

Функції АСК щодо моніторингу та попередження аварійних ситуацій передбачає:

- можливість діагностики стану технічних засобів і каналів зв'язку системи у автоматизованому режимі;

- візуальна і звукова сигналізація при виникненні позаштатних ситуацій;

- оперативний перехід на резервні канали зв'язку у випадках виходу з ладу основних каналів в автоматичному чи автоматизованому режимі.

2 ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

2.1 Розробка структури проекрованої системи

Проектування АСК є найважливішим етапом впровадження систем, від того, як спроектвана система залежить їх подальше успішне встановлення і підключення. Під час процесу проектування повинні бути враховані особливості об'єкта автоматизації, наприклад, ресурс, що підлягає обліку, а також обсяг виробництва цього ресурсу.

Для передачі даних в проектованій АСК споживанні ЕЕ передбачається використовувати наступні канали зв'язку:

- CSD – на даний момент є найбільш надійним та гарантованим способом передавання інформації. При використанні CSD встановлюється прозорий канал зв'язку між модемами та дані передаються від пристрою, що підключений до одного модему на другий пристрій, який підключений до іншого. CSD використовується для реалізації систем яких необхідний ініціативний зв'язок об'єкта з диспетчерським пунктом. Недоліком CSD є відносно висока вартість в зв'язку з гарантованим часом з'єднання.

- GPRS – один з найбільш широко застосовуваних способів обміну даними, який дозволяє користувачам мережі стільникового зв'язку здійснювати обмін інформацією як з іншими пристроями мережі GSM так і з зовнішніми мережами, наприклад мережі інтернет. Даний спосіб дозволяє абоненту постійно знаходитись на зв'язку. Недоліком є те що канал не є пріоритетним на відміну від CSD і час надсилання пакетів не регламентований.

Оскільки GPRS канал має переваги над CSD, то як основний канал будемо використовуватися GPRS [22].

В залежності від виду використання АСК, можливі різні види створення мережі [10]. Схема підключення ПО споживачів з безпосередньою передачею показів до ЦЗОІ АСК споживання ЕЕ наведена на рисунку 2.1.

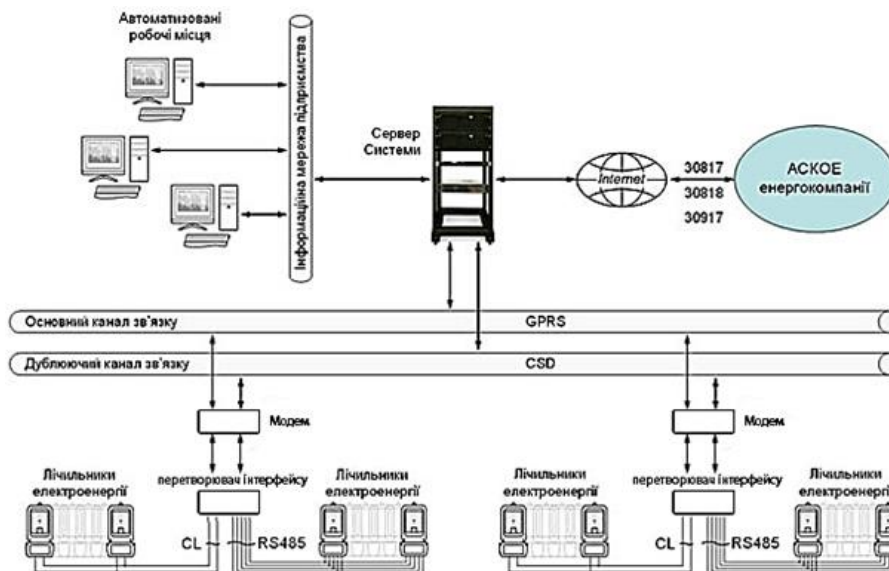


Рисунок 2.1 – Схема підключення ПО до АСК

Отже, автоматизація збору даних забезпечує можливість одержувати всю інформацію з ПО на комп'ютер – сервер, а вже він буде формувати та друкувати всі звіти в необхідній формі, будувати графіки навантаження і т.п.

Схема підключення ПО споживачів до АСК де передача даних реалізована на АРМ оператора наведена на рисунку 2.2.

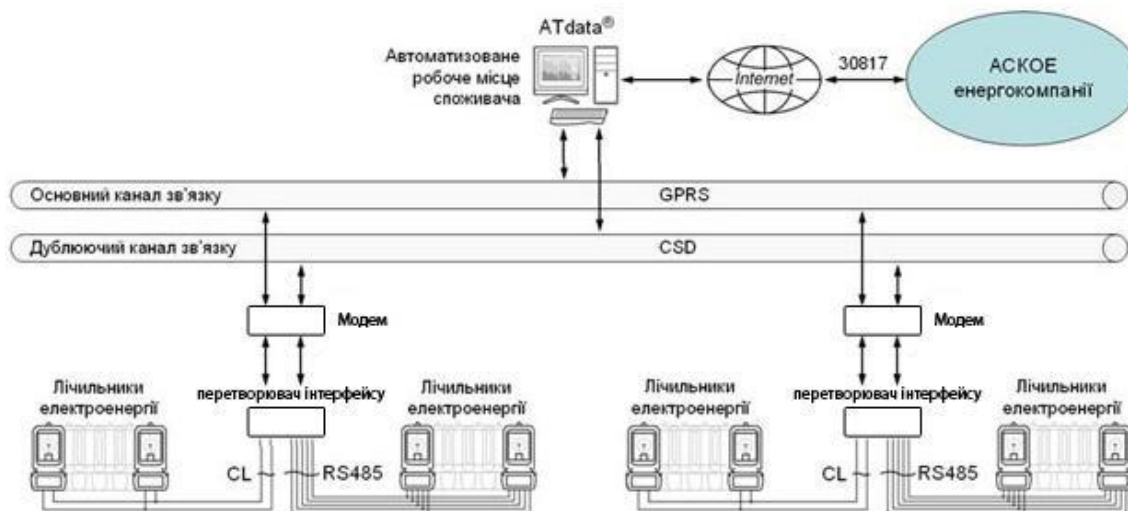


Рисунок 2.2 – Схема підключення ПО до АСК з передачею даних на АРМ

На основі проведених розрахунків кількості і видів обладнання, що використовується для встановлення АСК вони можуть змінюватися і якраз на даному етапі є можливість здійснити підбір необхідних ТЗА та приладів, що задовольнятимуть вимоги.

Для промислового сектору схема підключення ПО буде мати вигляд наведений на рисунку 2.3.

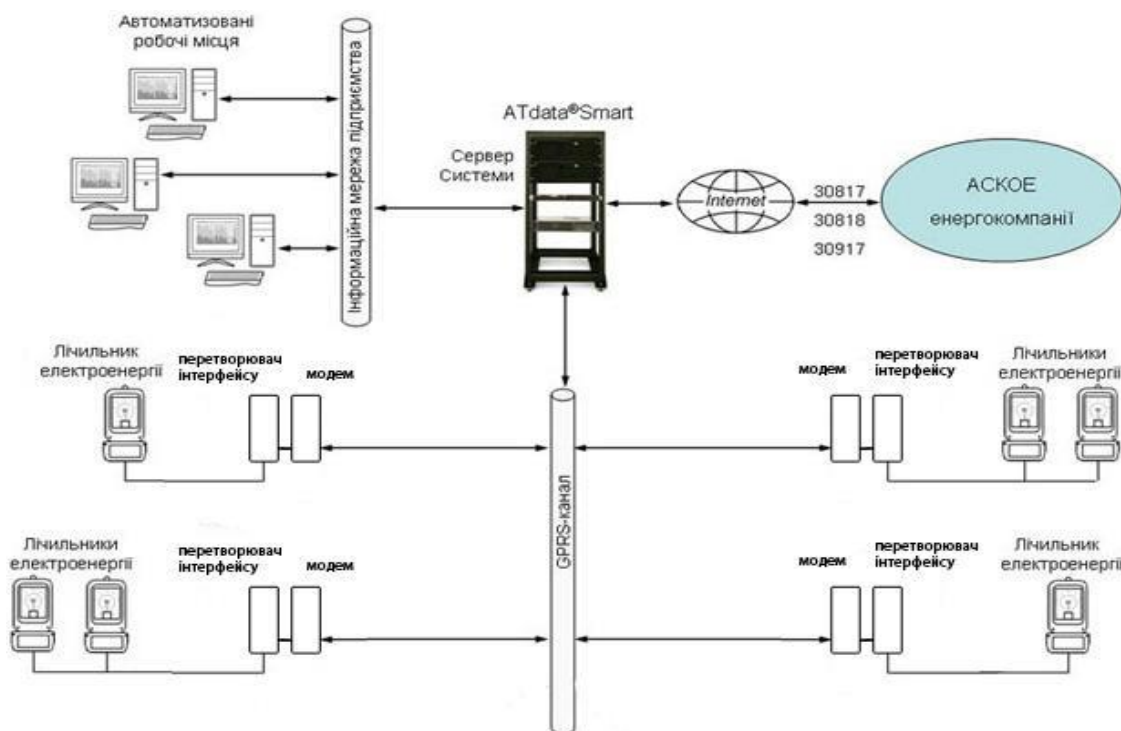


Рисунок 2.3 – Схема підключення ПО споживачів допромислової АСК

Передача пакетів даних між елементами мережі може бути реалізоване різними способами:

- датаграмний - кожен з пакетів передається по мережі незалежно від того, як відбувається передача пакетів до чи після нього;
- використовуючи віртуальний виклик – є доповненням попереднього способу та дозволяє зменшити можливість блокування роботи окремих вузлів відповідно виникнення ситуацій коли блокуються проходження датаграм;
- використовуючи віртуальний канал – перед фазою передачі пакетів повідомлення від одного ПО до іншого є фаза налаштування логічного з'єднання або віртуального з'єднання між ними;
- з використанням віртуального з'єднання – схожий до попереднього, під час фази налаштування віртуального каналу відбувається резервування буферів до ЗП ВК, що входять у маршрут передачі пакетів, які достатні для проходження пакетів без затримок.

Схема мережі для передачі даних АСК споживання ЕЕ наведена в додатку А. Функціональна схема АСК споживання ЕЕ наведена у додатку Б. Проектована АСК дозволить знизити витрати споживання ЕЕ за рахунок:

- підвищення точності обліку електроенергії;
- скорочення втрат і виявлення місць, де електроенергію відбирають несанкціоновано;
- зниження споживаної потужності в години пікових навантажень;
- прогнозування навантаження і зниження заявленої потужності на наступний розрахунковий період;
- переходу на розрахунок за електроенергію за диференційованими тарифами.

2.2 Вибір обладнання для реалізації проекрованої автоматизованої системи

Для реалізації АСК споживання ЕЕ потрібно наступне обладнання :

- лічильник електроенергії;
- локальні ПЗПД;
- сервер системи.

Лічильник електроенергії Actaris SL7000 Smart (рисунок 2.4) - електронний багатофункціональний ПО. SL7000 Smart - цілком «програмований електронний прилад, що забезпечує, крім вимірювань споживання ЕЕ та потужності, контроль і моніторинг параметрів електричної мережі та якості електричної енергії» [23].

Лічильники SL7000 Smart (SL 761) характеризуються розширеними функціональними можливостями, що «дозволяють організовувати багатотарифний облік, автоматичне зчитування та архівацію даних вимірів, а також декількома комунікаційними інтерфейсами для роботи в складі автоматизованих систем комерційного обліку енергоресурсів (АСКОЕ). Лічильники SL 7000 Smart (SL761) виготовляються відповідно до «класу точності 0.2s, 0.5s або 1.0:» [23].



Рисунок 2.4 – Лічильник електроенергії Actaris SL7000 Smart

Лічильник SL7000 Smart має широкий діапазон номінальних струмів. Для ПО прямого включення він становить від 5 до 120 А, для трансформаторного - від 1 до 10 А. Міжповірочний інтервал лічильника SL7000 Smart - 6 років.

Основними функціональними особливостями SL 7000 Smart є:

- багатотарифні 1- і 3-фазні вимірювання «активної / реактивної енергії та потужності;
- «вимірювання струму і напруги, частоти, $\cos \varphi$ та інших величин
- висока точність і стабільність вимірювань;
- багатофункціональний дисплей з підсвічуванням;
- дистанційне або локальне зчитування даних, три комунікаційних порту, до 16 керуючих / імпульсних вводів / висновків;
- захист від несанкціонованого доступу;
- комунікаційний протокол DLMS / COSEM» [23].

ПО SL7000 Smart в повній мірі відповідає вимогам нормативів Директиви С6 № 89/336, а також наступних стандартів Міжнародної електротехнічної комісії:

- IEC 61036 для електронних лічильників активної електроенергії класу 1,0.
- IEC 60687 для електронних лічильників активної електроенергії класу 0,2 S і 0,5 S.

Лічильник SL7000 Smart зареєстрований у Державному реєстрі засобів

вимірювальної техніки під № У805-04.

Для організації передачі даних у проектованій системі обрано модем фірми Wavacom, а саме Fastrack M1306B (рисунок 2.5) [24].



Рисунок 2.5 – Модем Fastrack M1306B

Модем Fastrack M1306B - це зовнішній GSM модем, який втілює всі можливості платформи WISMO. Він підтримує режим GPRS (клас 10). Виконаний у захищеному корпусі, модем забезпечує його використання в жорстких умовах. Він дозволяє виключити додаткові компоненти завдяки вбудовуванню користувачького ПЗ в WISMO за допомогою Open AT.

Модель Fastrack M1306B (рисунок 2.6) має 32 Мб Flash пам'ять і 4Мб SRAM. На відміну від моделей M12xx, модем M1306B має менші розміри (на 25 мм коротше), поліпшені характеристики при переході в режим "shut down", вага зменшений на 23г.

Характеристики модему Fastrack M1306B:

- двохдіапазонний EGSM / GPRS прилад (EGSM900/1800 МГц), використовується для передавання голосових повідомлень, інформації, факсів та SMS;

- є сумісним із стандарт ETSI GSM phase 2 (Normal MS) ;

- 4клас (2Вт частоті 900МГц); 1клас (1Вт частота 1800МГц).

Передача голосу: телефонія; аварійний виклик; системи кодування звуку: FR / EFR / HR; функція DTMF. Передавання інформації / факсів шляхом GSM: асинхронна прозора і не прозорий до 14400біт / с ;підтримка протоколів FAX клас 1 і клас 2; MNP2, V42bis. Передача пакетів за допомогою GPRS: GPRS 10клас; схема кодування: від CS1 до CS4; підтримання RBCCH; сумісний з SMG31bis .

«Властивості в режимі SMS: текст і PDU; точка-точка (MT / MO); ідентифікація поточної зони. Інші сервіси GSM: переадресація викликів, обмеження входять і виходять дзвінків; конференція; очікування вхідного дзвінка, утримання дзвінка; визначник номера; підтримка сервісу USSD для високошвидкісного інтерактивної взаємодії між абонентом і GSM провайдером; відображення вартості вхідного дзвінка і залишку на рахунку ;закриті групи користувачів; точна переадресація викликів» [24].

Інші можливості: управління телефонною книгою ME + SIM; фіксовані номери дозвону; SIM Toolkit Клас 2; обмеження доступу до SIM, визначеному GSM провайдеру, мережі; годинник реального часу; оновлення програмного забезпечення через протокол Xmodem; управління групою символів UCS2 (unicode).

Інтерфейси: RS232 та аудіо за допомогою mini sub D 15-тишоводного конектора, що підтримує (віддалене управління за допомогою AT команд (GSM 07.07 і 07.05); швидкість обміну від 300 до 1156200 біт / с; автовизначення швидкості обміну (від 300 до 38400 біт / с); живлення через 4-хвиводної роз'єм micro-Fit; конектор антени типу SMA; висувається утримувач SIM-карти (інтерфейс для 3V/5V).

Джерело живлення та розміри: вхідна напруга 5,5-32 У; 5мА у режим очікування, 140 мА в режимі зв'язку (GSM900 12В); 5мА у режим очікування, 100 мА в режимі зв'язку (GSM1800 12В); пікове значення 1,7 А 5,5 В; вага: менше 82 г; типорозмір: 75 x 54 x 25 мм. Умови експлуатації: робочий температурний діапазон:-20С +55С; температура зберігання:-30С 85С.

Для реалізації проекрованої АСК обрано претворювач інтерфейсу RS485 □ RS232 (рисунок 2.6) [25]. Конвертер призначений для використання в засобах автоматизації, у тому числі у складі АСКОЕ, служить для перетворення вхідного електричного інтерфейсу RS485 у вихідний електричний інтерфейс RS232.

Вхідний електричний інтерфейс RS485 дозволяє підключити багатофункціональні лічильники електричної енергії з трьох-п'ятипровідним включенням за логічною схемою «один до багатьох». Вихідний інтерфейс

RS232 призначений для підключення каналотворюючих пристроїв за логічною схемою «один до одного». Пристрій забезпечує підключення до промислової інформаційної мережі RS-485 пристрої з інтерфейсом RS-232

Конвертер може служити джерелом живлення для зовнішнього пристрою з напругою 12В постійного струму, оскільки має вбудоване джерело струму. Встановлюється на DIN-рейку.



Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд перетворювача інтерфейсу

Для реалізації також використовується перетворювач напруги AC → AC-DC (рисунок 2.7), який можна встановлювати на DIN-рейку [25]. Конвертер призначений для використання в засобах автоматизації, у тому числі у складі автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії, служить для перетворення змінного струму напругою 220В в постійний струм напругою 12В, а також перетворення постійного струму напругою 12В від зовнішнього джерела струму (акумулятора) в змінний струм напругою 220В



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд перетворювача напруги AC → AC-DC

При використанні конвертера спільно з комунікаційними пристроями можлива додаткова функція управління подачею вихідної напруги. Напруга живлення – 220В. Вихідна напруга – 220В; DC 12В (подача живлення 12В на

виході перетворювача здійснюється тільки на час відсутності основного живлення). Номінальний струм навантаження – 1А (для DC 12В), 0,3А (для 220В). Робочий діапазон температур – від -20 до + 45 °С [10]

Для проектованої системи в якості джерела живлення (рисунок 2.8) призначено для використання в засобах автоматизації, у тому числі у АСК, обрано для перетворення змінного струму напругою 220В в постійний струм напругою 12В [25].



Рисунок 2.8 – Зовнішній вигляд джерела живлення

Для реалізації АСК обрано пристрій захисту від перенапруги DP-0.2 (рисунок 2.9) призначений для захисту ланцюгів живлення електронної апаратури від імпульсних перенапружень в мережі змінного струму напругою 220В. [25]



Рисунок 2.9 - Зовнішній вигляд пристрою захисту від перенапруги

2.3 Моделювання автоматизованої системи контролю споживання електроенергії

Створення імітаційної моделі мережі ми проведемо в програмному засобі NetCracker – засіб для автоматизованого створення моделей локальних як однорівневих так і багаторівневих мереж та розподілених

комп'ютеризованих мереж.

«NetCracker дозволяє розробляти багаторівневі проекти із заданим проектувальником ступенем деталізації» [20]; при цьому є досить зручний інтерфейс та засоби швидкого перегляду всіх рівнів проекту. Для реалізації функцій імітаційного моделювання у складі NetCracker передбачені засоби завдання характеристик трафіку «різних протоколів; засоби візуального контролю заданих параметрів; засоби накопичення статистичної інформації та формування звітної документації про проведені» [20] експерименти.

Імітаційну модель побудовано за схемою мережі, яка наведена на рисунку 2.10.

Спроектвана мережа у своєму складі має такі основні частини:

- мережа підприємства;
- мережа району;

В свою чергу в мережу підприємства входять: сервера обліку даних; сервер обробки даних; web сервер; сервер бухгалтерії.

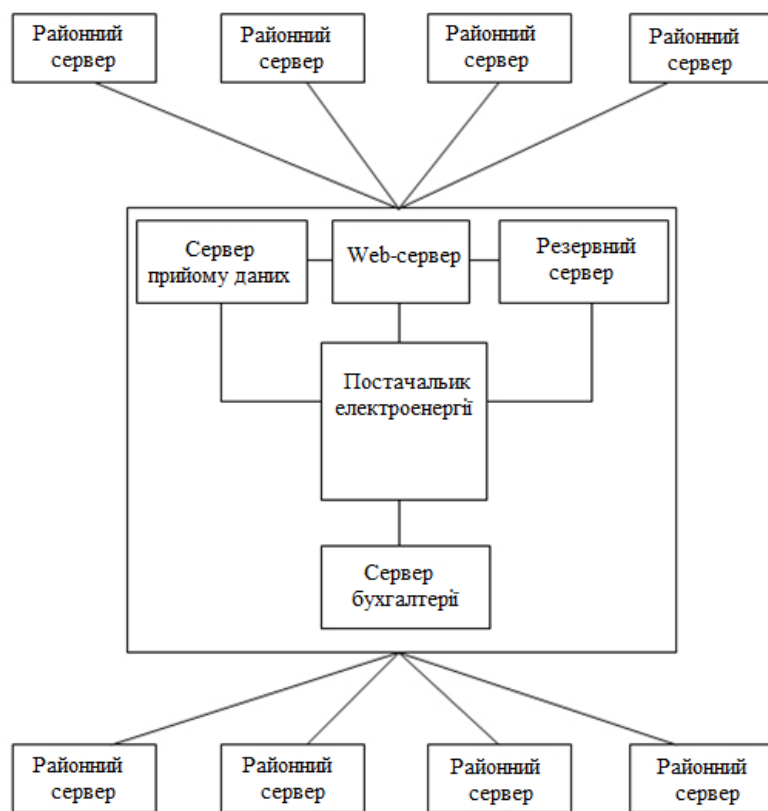


Рисунок 2.10 - Модель мережі

Всі сервери з'єднані за допомогою маршрутизатора. Інформація від

споживача через GSM модем за допомогою GSM зв'язку передається на сервер обліку даних підприємства за допомогою GSM модему підприємства. На підприємстві інформація обробляється та виводиться на принтер, який підключений до сервера бухгалтерії. На районному рівні мережа побудована аналогічно і є повністю ідентичною. Інформація з району за допомогою інтернету передається до головного серверу для обробки та зберігання. Модель мережі в програмному продукті зображена на рисунку 2.11

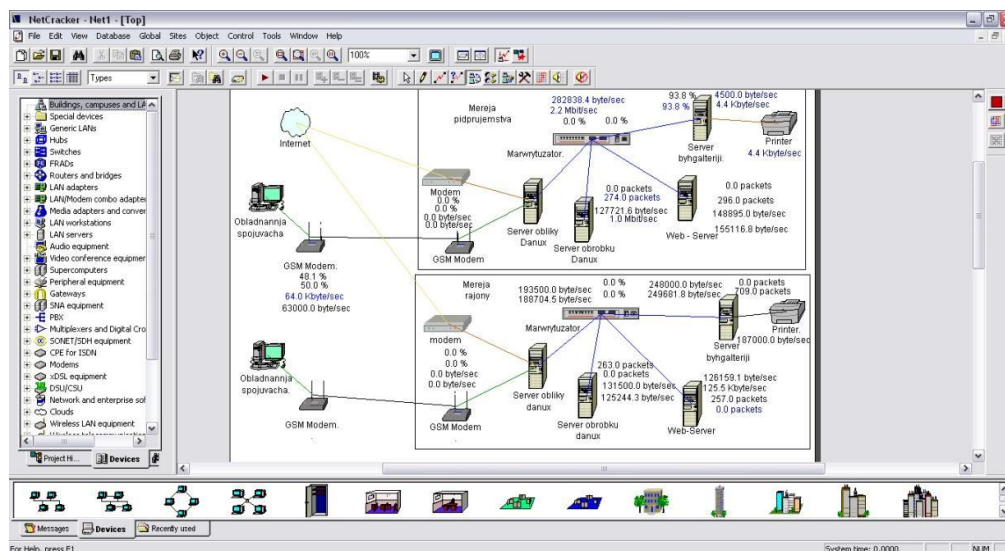


Рисунок 2.11 - Імітаційна модель мережі АСК

На рисунку 2.12 зображено дану модель в дії.

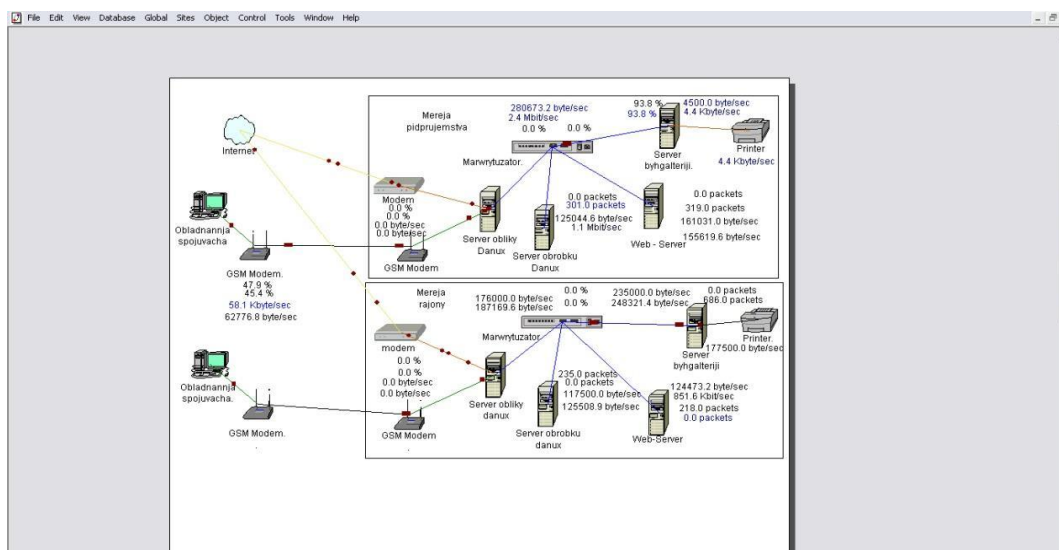


Рисунок 2.12 - Імітаційна модель мережі аАСК в дії

Net Cracker забезпечує оперативність розробки та введення в експлуатацію нових сервісів або послуг, а також ефективне управління

сервісною і ресурсною інфраструктурами.

2.4 Програмне забезпечення автоматизованої системи контролю споживання електроенергії

2.4.1 Вибір прикладних програм для забезпечення роботи системи

Для створення АСК споживання електроенергії необхідне наступне ПЗ:

- для пристроїв обліку;
- сервера;
- спеціальне ПЗ [26].

ПЗ ПО електроенергії Actaris SL7000 Smart використовується те, яке є в комплекті з лічильником електроенергії. В даному випадку для лічильника Actaris SL7000 Smart використано ПЗ Dino +.

СПЗ Dino + дозволяє оптимально розподілити внутрішні ресурси лічильника і, тим самим, мінімізувати час доступу до комерційних даних при використанні лічильника в складі системи обліку. Поряд з цим, необхідно зазначити, що програмування лічильників SL-7000 значно складніше, ніж програмування інших лічильників, що, у свою чергу, вимагає від технічних фахівців відповідного рівня кваліфікації.

Для коректної роботи модема використано платформу MUSE Platform яка надає можливість використовувати внутрішній мікроконтролер модему і резерви флеш-пам'яті для створення своїх власних унікальних додатків.

За допомогою програмно-налагоджувальних засобів "OPEN AT", що входять до складу MUSE, забезпечується можливість створити ПЗ під конкретне завдання на мові високого рівня (C++) і потім завантажувати його безпосередньо в FLASH пам'ять модуля WISMO. Це дозволяє відмовитися від зовнішнього мікроконтролера, керуючого периферійними пристроями, наприклад, GPS - приймачами, датчиками, лічильниками, системами сигналізації та ін.

До складу MUSE входить налагоджувальний комплект (Starter KIT) і набір програмно-налагоджувальних засобів. Налагоджувальний комплект

призначений для налаштування GSM / GPRS модемів фірми Wavocom, налагодження програмного забезпечення, а також для розробки і проектування різних пристроїв на основі GSM / GPRS модемів. Маючи цей налагоджувальний комплект, можна відразу запустити безкорпусні модулі в роботу, контролювати сигнали на всіх висновках модуля, а також завантажувати нове ПЗ.

ПЗ сервера включає система управління базою даних (СУБД) – Oracle Database Vault, що забезпечує суворий внутрішній контроль дотримання вимог регулюючих органів і захист від внутрішніх загроз. Oracle Database Vault не тільки не дозволяє користувачам із широкими привілеями переглядати конфіденційні дані додатків, але й реалізує політики доступу до додатків, баз даних та інформації залежно від користувача, місця й часу. Oracle Database Vault захищає додатки бази даних прозоро для користувача, без необхідності вносити зміни в існуючі додатки.

Преваги Oracle Database Vault полягають у тому, що здійснюється контроль над користувачами із широкими привілеями. Посади адміністраторів IT-інфраструктури, баз даних і додатків передбачають високий ступінь довіри до людей, які їх займають. Однак необхідність дотримуватися нормативних вимог, аутсорсинг, консолідація додатків і зростаюче занепокоєння із приводу внутрішніх загроз привело до введення практично обов'язкових правил суворого контролю над доступом до конфіденційних даних. Зміна існуючого коду додатків для того, щоб він відповідав новим правилам контролю, є витратним процесом, який не зможуть собі дозволити багато підприємств. Завдяки галузям застосування Oracle Database Vault підприємства можуть обмежити доступ до даних додатків користувачам із широкими привілеями, навіть адміністраторам баз даних. Галузі застосування можна легко й швидко задати для корпоративних додатків або наборів таблиць.

Правила й фактори Oracle Database Vault істотно підвищують безпеку додатків, оскільки встановлюють контроль над тим, хто, коли й де одержує доступ до додатків, баз даних та інформації. Можна гнучко використовувати

різні фактори, такі як IP-адреса й метод автентифікації, щоб забезпечити дотримання вимог до авторизації без зміни існуючих додатків. Наприклад, доступ до бази даних можна обмежити певним середнім рівнем. Додаткове керування здатні забезпечити правила, які можна встановити для всіх команд SQL.

Розподіл обов'язків Oracle Database Vault має потужні засоби розподілу обов'язків і захищає БД від несанкціонованих змін. За замовчуванням Oracle Database Vault пропонує три чітких зони розподілу обов'язків: адміністрування безпеки, керування обліковими записами й керування ресурсами. Наприклад, Oracle Database Vault не дає адміністраторові бази даних із привілеєм створення облікових записів користувачів можливості створювати нових користувачів, якщо в такого адміністратора немає відповідного обов'язку. Ви також можете розподілити обов'язки з адміністрування ресурсів на обов'язки з резервного копіювання, забезпечення продуктивності й відновлення. За бажанням обов'язки можна консолідувати.

2.4.2 Розробка додаткових модулів програмного забезпечення

Термін білінгова система походить від англійського слова billing, що в перекладі означає розрахунки. Білінгові системи забезпечують нарахування та облік, контроль і аналіз в режимі реального масштабу часу відносно надходження інформації про платежі оплат юридичних та фізичних осіб, їх заборгованості, іншої необхідної оперативної інформації [27]. Важливим аспектом є інтегрованість та синхронізація білінгових систем з іншими модулями АСК, такими як клієнт-банк, бухгалтерський облік та ін.

Білінгова система дає можливість користувачу АСК отримувати в реальному масштабі часу оперативні дані про стан розрахунків з контрагентом: сальдо на будь-яку дату, інформацію про рівень проплат та рівень спожитої електроенергії, тощо.

Нарахування в білінговій системі здійснюється на основі показників лічильників, які вносяться передаються через GSM зв'язок. Існує можливість внесення коректив користувачем АСК. Білінгова система враховує

особливості розподілу підприємств по типах та категоріях.

Важливого значення в білінговій системі є операція контролю розрахунків з визначеним контрагентом, функція визначення сальдо розрахунків з даним абонентом. Для зручності в користуванні в білінгових системах є довідники тарифів та контрагентів з функцією пошуку, які синхронізовані з БД системи клієнт-підприємство та загальноміською БД

Звітність в білінгових системах організована з врахуванням динамічності зміни вимог та різноплановості необхідних документів [28]: довідки про загальну реалізацію ЕЕ; стан розрахунку за ЕЕ згорнута; стан розрахунку за ЕЕ детальна; стан розрахунку за ЕЕ в процентному співвідношенні по групам та підгрупам підприємств; стан розрахунку для казначейства; надходження грошових коштів; по ненарахованих платниках; сальдо платника за період часу; виписка оплат по банківських рахунках; список дебеторів та кредиторів; довідки по оплаті для контролерів деталізована; для контролерів згорнута; обігові відомості деталізована, згорнута; розрахунок ціни позову; акт звірки з клієнтами; стан особового рахунку.

ПЗ експорту облікових даних призначається для вибірки облікової інформації із бази даних АСК по заданих критеріях, подальшого транспортування, обробки та відображення її в білінговій програмі. Основне призначення ПЗ – максимальна автоматизація процесу отримання, обробки та використання облікових даних для здійснення комерційних розрахунків споживачів за спожиту електроенергію з мінімальним впливом людського фактору на процедуру занесення інформації в білінгову програму і виконання нею математичних операцій.

На даний час процес занесення облікової інформації в білінгову програму не автоматизований. Дані заносяться вручну адміністратором /оператором білінгової програми. Джерелом інформації є звіти про об'єми спожитої електроенергії, що надаються споживачам по настанню договірною розрахункового періоду. Достовірність звітних даних перевіряється інспекторами шляхом візуального контролю зняття показників з ПО, що

встановлені в споживачів.

В поточному стані АСК та білінгова програма не взаємозв'язані та функціонують незалежно одна від одної. Проектування ПЗ повинно бути інструментом для організації зв'язку між програмним забезпеченням АСК та білінговою програмою. Забезпечення наявності такого зв'язку є логічно обгрунтованим кроком для автоматизації виробничого процесу енергозбуту.

В структуру АСК входять програмні модулі призначені для виконання різноманітних функцій. Програмні модулі повинні взаємодіяти між собою і в цілому складати єдиний програмний комплекс АСК.

Дані отримані засобами АСК, повинні в кінцевому результаті використовуватись для розрахунків із споживачами за використану електроенергію та забезпечувати контроль за режимами споживання ЕЕ, тому БД АСК буде джерелом інформації для білінгової програми, яка в подальшому буде забезпечувати реалізацію функції формування рахунку за спожиту ЕЕ кожному споживачу по настанню договірною розрахункового періоду. До ПЗ в складі системи висуваються наступні вимоги [15]:

- ПЗ повинно бути стандартним з високою продуктивністю та надійним захистом від несанкціонованого доступу та зовнішніх негативних впливів.

- ПЗ повинно бути закінченим продуктом та мати практичний досвід експлуатації, для цього обов'язкове проведення дослідної експлуатації в тестовому режимі для оперативного виявлення помилок, недоліків та їх усунення.

- архітектурна побудова ПЗ визначає розробник програмного забезпечення. Рекомендується задіяти архітектуру інших програм комплексу АСК, що побудовані по принципу "клієнт – сервер".

- ПЗ повинне підтримувати одночасну роботу не менше 10-х активних користувачів білінгової програми.

- ПЗ повинне об'єднувати користувачів білінгової програми та сервер на якому ведеться база даних АСКОЕ за допомогою внутрішньої інформаційної мережі TCP/IP.

- ПЗ повинно взаємодіяти з СУБД.
- операційна система, під управлінням якої буде функціонувати ПЗ, повинна відповідати встановленій на комп'ютерах користувачів білінгової програми та сервері АСК, містити стандартний набір прикладних програм (в тому числі Microsoft Office), та допоміжні програми для забезпечення одночасного виконання комплексу задач.

- ПЗ повинно забезпечувати автоматизоване виконання таких операцій як: вибірка інформації із БД по певних критеріях, транспортування даних, обробка даних, формування звітних документів по заданому алгоритму.

Інтерфейс, як засіб спілкування користувача з ПЗ, повинен забезпечити прости та доступний діалог. Мова українська або російська. Відображення інформації (у тому числі підготовка звітних форм чи банківських рахунків) здійснюється по заздалегідь підготовлених екранних або звітних формах білінгової програми , відповідно до певних критеріїв вибірки : (місячний звіт тощо). Відбувається вибірка відповідальної інформації БД АСК , її обробка і відображення у вказаному користувачем (адміністратором) білінгової програми вигляді.

ПЗ в цілому являється інструментом, за допомогою якого використовуючи технічні засоби зв'язку, інші прикладні програми, підпрограми, програмні модулі та ін., проводяться наступні операції :

- Процес експорту облікових даних , які знаходяться в базі АСКОЕ та зчитуються безпосередньо з електронних багатофункціональних ПО ЕЕ встановлених в споживачів або отримуються електронною поштою у спеціальному форматі , без попередньої обробки та спотворення в білінгову програму.

- Вибірка даних по конкретному споживачу із бази по заданому алгоритму: назва споживача (ідентифікується в базі по коду ЄДРПОУ) – площадка вимірювання (назва підстанції) – точка обліку (приєднання, серійний номер лічильника) – показник за заданий інтервал часу. Сумарне споживання ЕЕ підприємством по всіх точках обліку за заданий період часу

розраховується білінговою програмою.

- Транспортування вибраних даних (масиву даних) інформаційною мережею TCP/IP за допомогою спеціального протоколу користувача білінгової програми центрального офісу РЕМ.

- Транспортування вибраних даних (масиву даних) корпоративними каналами зв'язку чи глобальною мережею INTERNET спеціальним протоколом користувачам білінгової програми розташовані в філіях.

- Конвертація вибраних даних в різні формати , що застосовуються для інформаційного обміну (формування пакетів по протоколах обміну).

- Занесення отриманої інформації в базу даних білінгової програми згідно її структури побудови .

- Формування та відображення звітних форм білінговою програмою на основі отриманих даних обліку.

- Організація , вибір та налаштування каналів та способів зв'язку.

- Адміністрування та моніторинг роботи програмного забезпечення в цілому.

- Формалізувати форму представлення інформації.

- Уніфікувати вхідну та вихідну документацію.

- Визначити способи представлення інформації на всіх етапах її руху і обробки.

- Вибрати носії інформації ; визначити зміст і порядок розміщення інформації на машинних носіях.

- Вибрати вигляд , терміни і необхідний обсяг збереженої інформації, а також способи її зберігання , пошуку і внесення змін в масиви даних і способи контролю інформації.

- Розробити класифікатори і словники найменувань окремих показників.

- Регламентувати інформаційні зв'язки між задачами , взаємний обмін даними з суміжними підсистемами.

- Визначити склад і структуру бази даних.

Робота ПЗ з каналами та засобами зв'язку повинна відбуватися з

стандартними технічними комунікаційними засобами (контролери локальної мережі, маршрутизатори, модеми) забезпечуючи доступ до БД АСК білінговою програмою по запиту користувача чи в автоматичному режимі.

В межах центрального офісу для забезпечення зв'язку між користувачами білінгової програми та сервером з базою даних АСК запропоновано використати існуючу локальну мережу TCP/IP за наступною схемою. Додатково, необхідно передбачено можливість роботи проектного ПЗ з віддаленими робочими місцями користувачів білінгової програми, що знаходяться в філіях. Для виконання завдання запропоновано використовувати існуючі, чи ті що в перспективі будуть створені, канали корпоративного зв'язку: оптоволоконні лінії, кабельні телефонні мережі, орендовані канали, радіочастотні канали, Ethernet і т.п.

Проектоване ПЗ повинне насамперед взаємодіяти з СПЗ АСК роздрібного ринку – Electra, СУБД – Oracle та білінговою програмою. Для вирішення поставлених завдань додатково проектоване ПЗ повинно взаємодіяти з:

- ПЗ обслуговування та супроводу локальної мережі (TCP/IP, ETHERNET і т.п.);
- системним програмним забезпеченням MS Windows;
- прикладним ПЗ в складі MS Windows, що дозволяє забезпечувати зв'язок з віддаленим АРМ і т.ін.

Адміністрування ПЗ призначено для забезпечення її ефективної роботи користувачами включає:

- підтримку роботи виконання поставлених задач (додавання, видалення, перепризначення пріоритетних задач, послідовність їх виконання);
- налаштування параметрів функціонування;
- реєстрацію користувачів і контроль повноважень доступу.

Оскільки проектоване ПЗ буде працювати з комерційними даними виникає необхідність її захисту від стороннього доступу .

Для захисту інформації від несанкціонованого доступу і коректувань на

різних етапах її руху повинна бути розроблена процедура регламентованого доступу до всіх модулів програмного комплексу .

Запропоновано впровадити різні рівні доступу для користувачів і адміністраторів в залежності від потрібного об'єму інформації , яка необхідна їм для виконання своїх службових обов'язків. Рівні доступу до БД АСК і програмних модулів повинні забезпечуватись унікальними іменами та паролями користувачів. Кожен окремо взятий користувач повинен мати доступ до тих даних чи інструментальних засобів , які необхідної йому в процесі виконання своїх посадових обов'язків. Паролі користувачам надає адміністратор програмного забезпечення в залежності від завдань що ними виконуються. При цьому, комерційна інформація не повинна підлягти ручному коректуванню як адміністраторами , так і користувачами.

Введення розробленого ПЗ в експлуатацію можливе після повного виконання наступних робіт :

- повне завершення розробки ПЗ;
- тестування ПЗ, виявлення та усунення недоліків;
- інсталяція ПЗ на сервер (основна частина) та робочі місця користувачів білінгової програми (клієнтські частини) в залежності від структури ПЗ;
- налаштування роботи ПЗ.

Після встановлення ПЗ, виконавець (розробник проодить навчання обслуговуючого та експлуатаційного персоналу, що складається з числа працівників структурних підрозділів підприємства. Експлуатаційний персонал, користувачі білінгової програми – служби дирекції енергозбуту, дирекції з економіки та фінансів. Обслуговуючий персонал, адміністратори ПЗ – служби дирекції інформаційних технологій .

Після проведення навчання адміністратор повинен вміти проводити :

- повну або часткову інсталяцію ПЗ;
- загальне налаштування ПЗ;
- відновлення роботи програмного забезпечення у випадку відмов;
- призначення користувачів і наділення їх необхідними правами,

розподіл рівнів доступу;

- моніторинг роботи користувачів, програмних модулів і ПЗ цілому;
- виконання нестандартних операцій по виборці даних (для прикладу – написання SQL запитів);
- налаштування ПЗ на виконання нових виробничих завдань (при необхідності);
- налаштування роботи ПЗ з засобами та каналами зв'язку;
- адміністрування локальної обчислювальної мережі.

Користувачі ПЗ повинні вміти:

- працювати з ПК на рівні досвідченого користувача;
- працювати з білінговою програмою;

Для ефективної роботи адміністратора повинна бути розроблена інструкція з настановою по встановленню та експлуатації ПЗ і дій персоналу у випадку виникнення позаштатних ситуацій. Основні обов'язки адміністратора повинні відобразитись в його посадовій інструкції.

Розроблене ПЗ являє собою білінгову програму для обробки даних.

При створенні ПЗ було поставлено такі основні задачі:

- ідентифікація користувачів;
- проведення обліку даних;
- введення даних про нормативно-правову базу;
- здійснення контролю за документацією;

Для виконання задачі ідентифікації користувачів, потрібно щоб АСК:

- дозволяла працювати зареєстрованим користувачам;
- забезпечувала гнучку адаптацію щодо доступності процедур для окремих користувачів;
- забезпечувала зберігання даних в БД про користувачів та проведені ними дії.

Для реалізації описаних процедур ПЗ АСК забезпечує роботу функції ідентифікації користувачів. Її виконання відбувається за рахунок підфункцій: введення даних користувачів АСК, перегляд інформації, опрацювання даних.

Підфункція системи введення даних користувачів реалізується шляхом

підфункцій 2 рівня введення даних, перевірки правильності введення, та зберігання даних.

Підфункція обробка даних реалізується за допомогою підфункцій 2 рівня пошук даних та сортування даних, що реалізуються підфункціями 3 рівня. Для підфункції пошук даних це: задання умови для пошуку; виконання умови та перегляд результату проведеного пошуку. Для підфункції сортування даних відповідно: завдання та виконання умови сортування, перегляд результатів і зберігання змін.

Для виконання задачі здійснення обліку даних необхідно, щоб АСК:

- забезпечувала можливості введення даних про ділянку;
- забезпечувала можливості перегляду даних;
- забезпечувала можливості контролю коректності введення даних;
- забезпечувала здійснення пошуку потрібних даних;
- забезпечувала можливість сортування даних.

Реалізація описаних процедур АСК забезпечені роботою функції проведення обліку даних споживачів виконання якої реалізують підфункції: Введення даних споживачів, перегляд інформації та обробка даних.

Підфункції ПЗ АСК введення даних про споживачів реалізоване шляхом підфункції 2 рівня: ввід даних; перевірка коректності введення даних; огляд результатів та автоматичне зберігання.

Підфункція системи перегляд інформації реалізована шляхом підфункції 2 рівня перегляд документів. Підфункція ПЗ АСК обробка даних реалізована шляхом підфункцій 2 рівня пошук і сортування.

Виконання задач підфункції пошуку даних реалізується підфункцією 3 рівня: задання та виконання умов пошуку інформації та перегляд результатів проведеного пошуку. Підфункція сортування даних реалізована підфункціями: задання умов та виконання сортування.

Для виконання задачі введення правової бази, АСК:

- забезпечує можливість введення інформації;
- забезпечує перегляд даних;
- контролює коректність введення інформації;

– забезпечує можливість здійснювати пошук даних.

Реалізація описаних процедур АСК реалізовано роботою функції введення нормативно-правової бази. Її виконання забезпечуються такими підфункціями: введення даних нормативно-правової бази, огляд інформації, оброблення даних та формування потрібної інформації.

Перелік процедур, які виконуються даною функцією є аналогічним до попередньої функції, тому для реалізації оптимальним є рішення використання структури функції дані споживачів. Відмінність полягає в процедурах, що виконуються для інформації з нормативно-правовою базою.

Для виконання задачі здійснення контролю за документами, АСК проводить облік документів та назв документів забезпечення.

Підфункція обліку документів реалізована підфункціями 2 рівня: перегляд даних документаційного забезпечення, збереження документів забезпечення а також використання та знищення документів.

Підфункція обліку назв документів забезпечення реалізується аналогічно до попередніх функцій та має підфункції, які забезпечують ведення даних, огляд та знищення існуючої інформації.

Етапи реалізації ПЗ представлена на рисунках (2.13-2.21). На рисунку 2.13 наведене стартове вікно вікно програми АСКОЕ+.

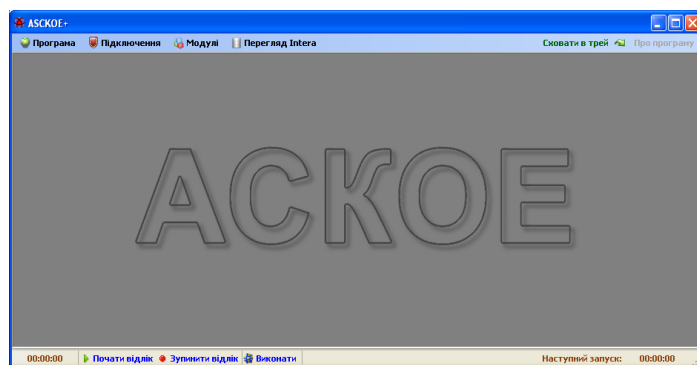


Рисунок 2.13 – Стартове вікно програми АСКОЕ+

На рисунку 2.14 наведене вікно даних про підприємство. Інформація, яку можна побачити в даному вікні про підприємство на якому використовується автоматизований комерційний облік електроенергії: назва підприємства; номер джерела подачі електроенергії; код підприємства та код

підприємства в базі даних; дата передачі останнього пакету.

Також в даному вікні можна здійснити пошук договору та ПО.

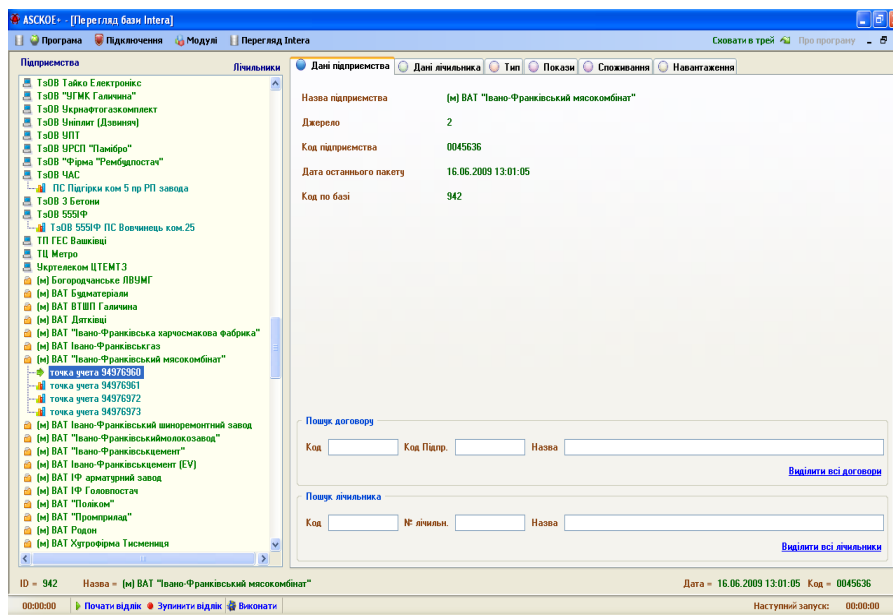


Рисунок 2.14 – Вікно даних про підприємство

На рисунку 2.15 наведене вікно даних лічильника. В даному вікні відображається наступна інформація: назва лічильника; тип лічильника; номер лічильника; технічні дані лічильника; дату останнього навантаження на електроенергію; дату останнього споживання електроенергії та код каналу.

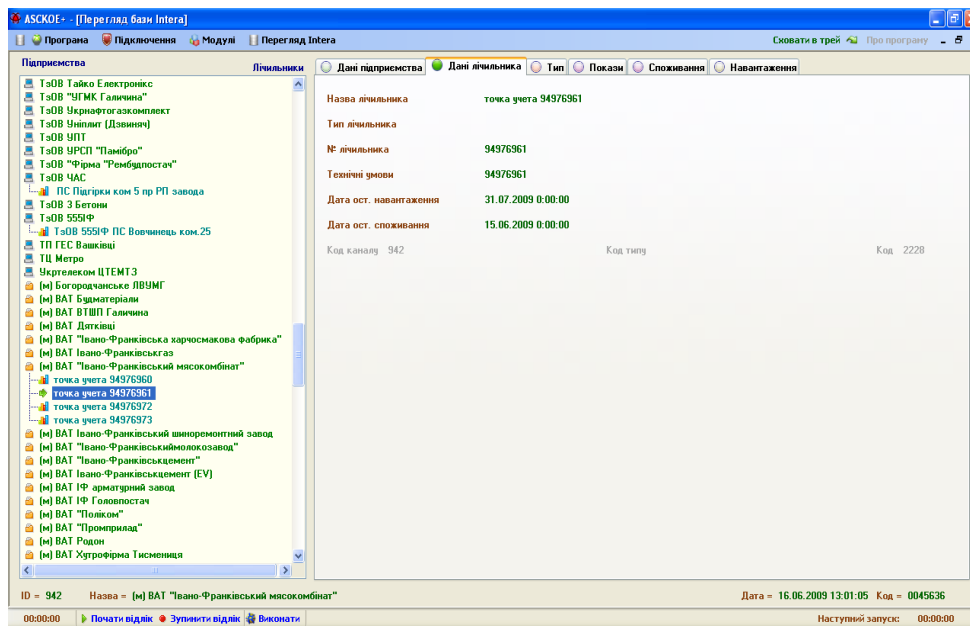


Рисунок 2.15 – Вікно типу лічильника

Тобто в даному вікні відображена виключно інформація про лічильник електроенергії який використовується в споживача електроенергії.

На рисунку 2.16 наведено вікно типу підключення лічильника. Вікно відображення типів підключення містить таку інформацію про вид енергії; споживання ЕЕ: період споживання; сума зон; добове споживання і показники лічильника: період споживання; сума зон; добові показники.

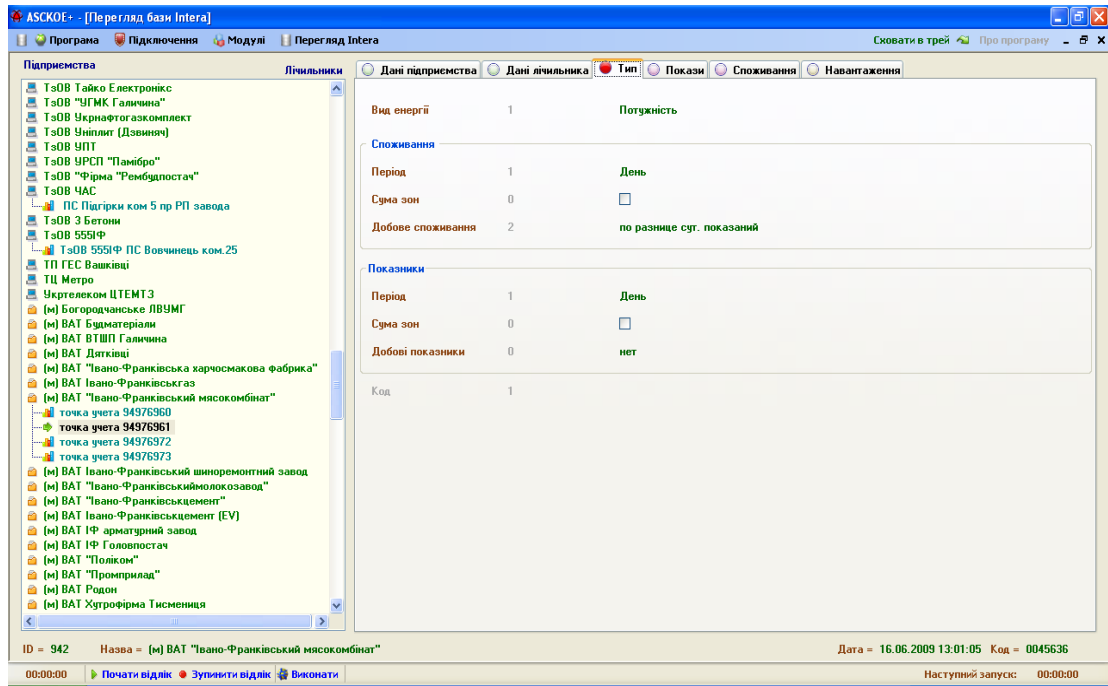


Рисунок 2.16 – Тип підключення

Тобто в даному вікні відображена інформація про тип підключення лічильника. Також в даному вікні є можливість керування такою інформацією як споживання ЕЕ та показники лічильника

На рисунку 2.17 наведено вікно показників лічильника електроенергії. В даному вікні можна побачити інформацію про добове споживання електроенергії вибраного нами споживача електроенергії. Показники споживання електроенергії відображаються в наступному вигляді:

- 1-фазне споживання;
- 3-фазне споживання;
- 4-фазне споживання;

Приєм показників здійснюється кожної доби в 23 год.

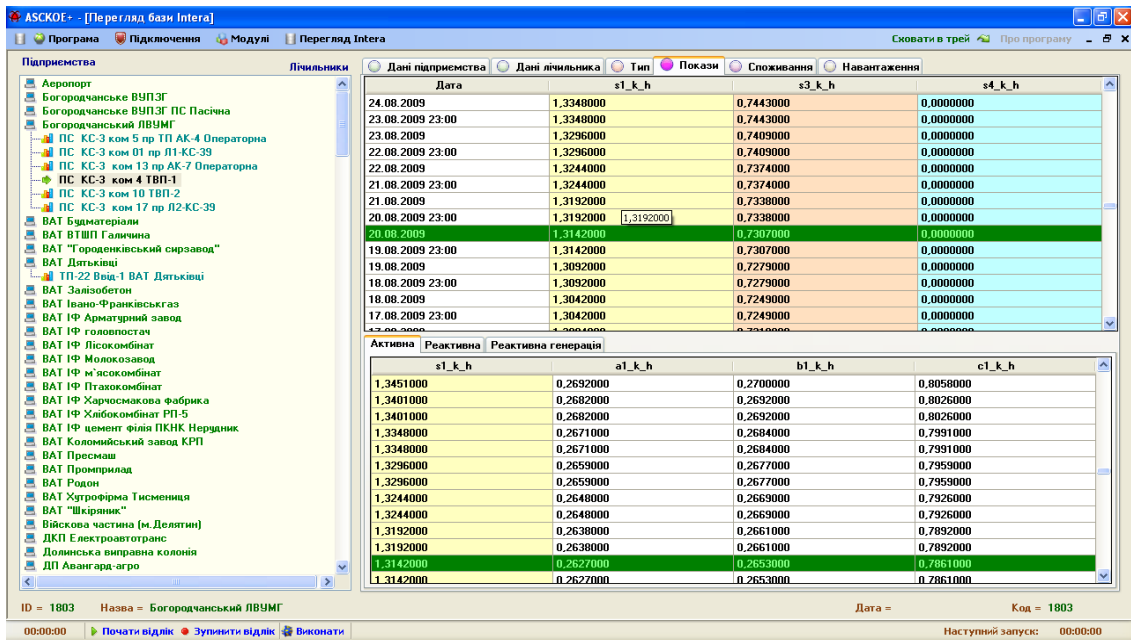


Рисунок 2.17 – Вікно показників лічильника електроенергії

Також в нижній частині вікна (нижня таблиця) ми можемо побачити показники активної та реактивної ЕЕ, а також реактивну генерацію.

На рисунку 2.18 наведене вікно показників навантаження на мережі.

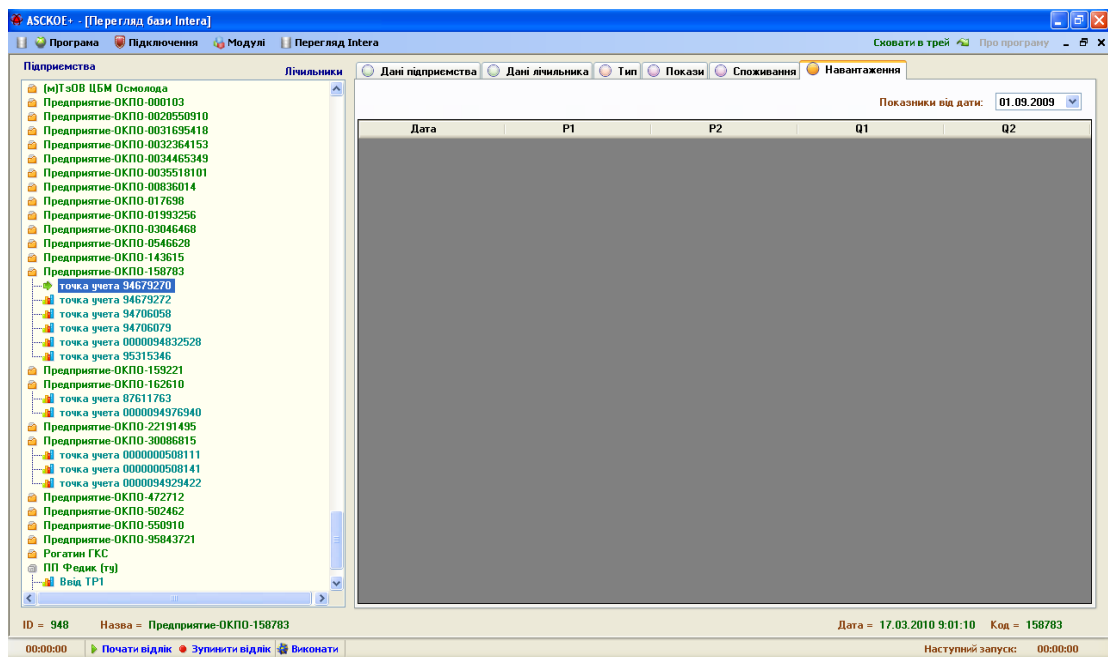


Рисунок 2.18 – Вікно навантаження мережі

На рисунку 2.19 наведене вікно звітної таблиці відповідності. В даній таблиці відповідності можна побачити наступну інформацію: порядковий номер таблиці; код споживача електроенергії; назву споживача; номер

лічильника; номер в контактному листі; тип споживача електроенергії; розміщення споживача. Тобто в даній таблиці відповідності можна побачити детальну інформацію про споживачів електроенергії в яких використовується АСК споживання ЕЕ.

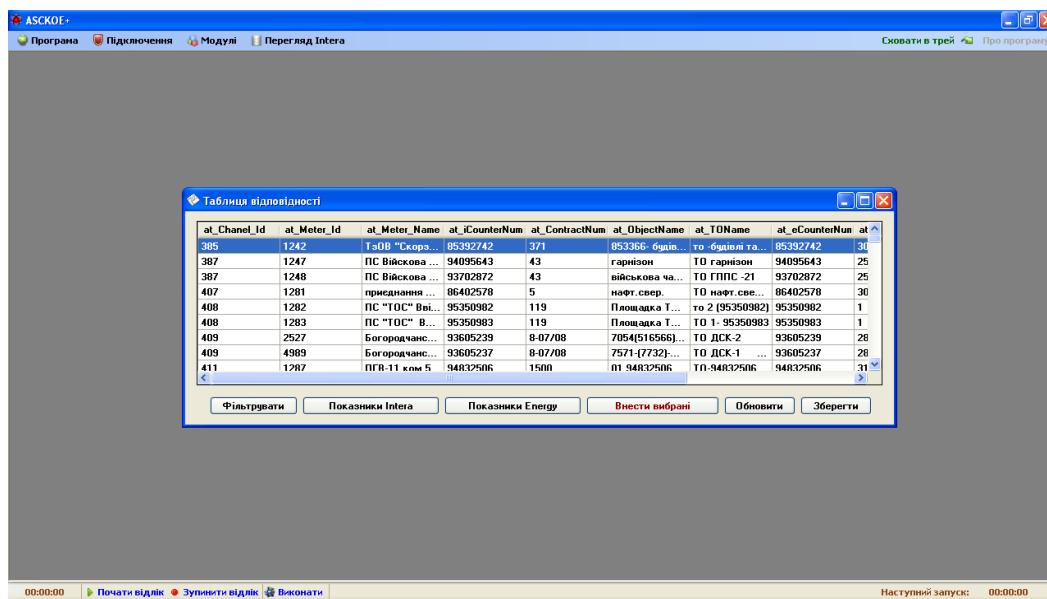


Рисунок 2.19 – Вікно звітної таблиці відповідності

На рисунку 2.20 можна побачити вікно звітних форм. В даному вікні знаходиться звітна інформація про показники лічильників.

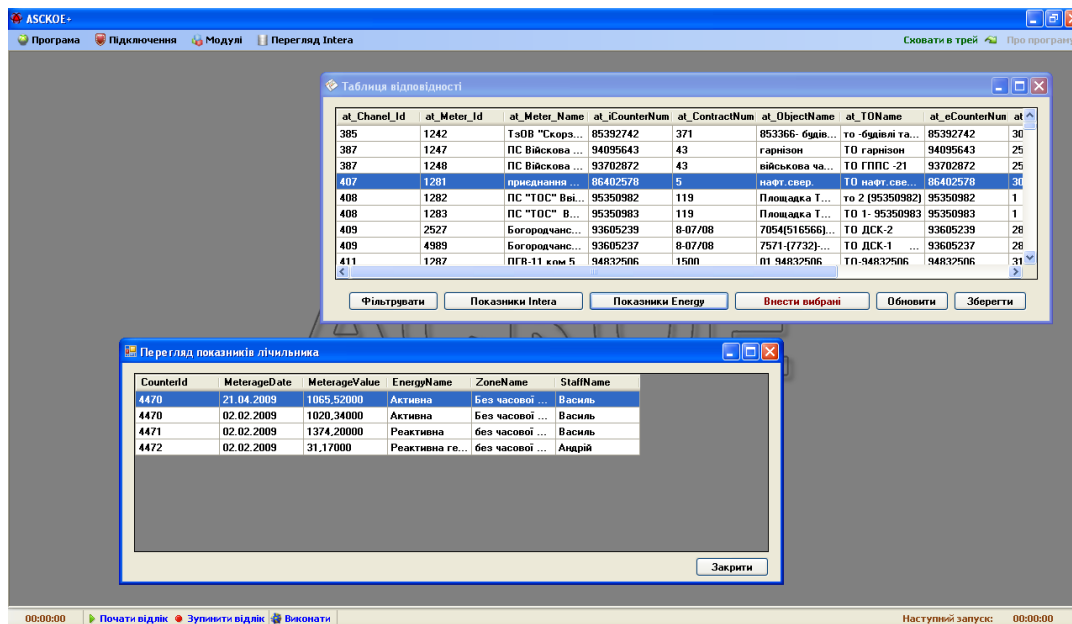


Рисунок 2.20 – Вікно звітних форм

В таблиці звітності знаходиться наступні дані: номер споживача; ата

зняття показів; кількість використаної ЕЕ; тип використаної ЕЕ; зонна належності. В даній звітній формі отримуємо повний звіт про користування електроенергією споживачем.

На рисунку 2.21 наведено форму налаштування та редагування інформації яка передається з розподільних електромереж (РЕМ).

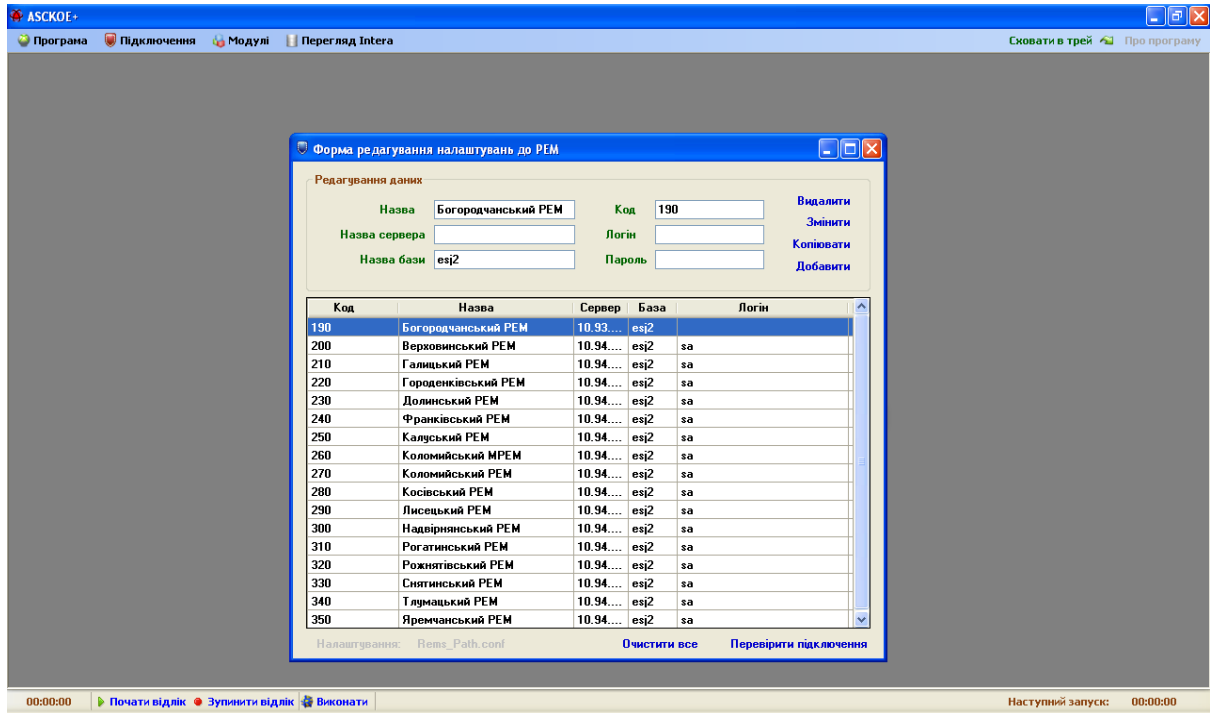


Рисунок 2.21 – Форма налаштування та редагування інформації яка передається з РЕМ

В даній формі можна побачити та редагувати наступні дані: код РЕМ; назву РЕМ; IP адресу сервера РЕМ; назву бази РЕМ; логін для доступу та пароль для доступу.

3. ЗАБЕЗПЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В АВТОМАТИЗОВАНІЙ СИСТЕМІ КОНТРОЛЮ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

3.1 Системи передавання даних з використанням коректуючих кодів

«Підвищення надійності та зменшення часу затримки передавання повідомлень є основними вимогами для успішного функціонування безпроводних мереж» [29] в автоматизованих системах на промислових підприємствах, що функціонують в режимі реального часу. «Для підвищення надійності їх роботи використовують процедуру виявлення помилок та повторну передачу спотворених пакетів або коректуючі коди» [30]. Проте застосування повторного передавання пакетів за умов наявності каналів з високою можливістю помилок призведе до зниження, в загальному, пропускну здатності і не зможе дати гарантію жорстких вимог до часової затримки передач даних.

Використання циклічного надлишкового коду дозволяє тільки виявити наявність помилки в названих блоках даних. У випадку виявлення помилок відбувається надсилання запиту для повторної передачі спотвореного (пошкодженого) пакету даних. Якщо враховувати обмеження функціональних характеристик безпроводних мереж, задача вибору коректуючих кодів для застосування є актуальною.

Зростання пропускну здатності каналів передачі цифрових даних ускладняється перешкодами при передачі і вимагає адекватного розвитку засобів виявлення помилок. Для значної частини систем передачі цифрових даних виправлення помилок виконується шляхом повторної передачі блоку. Для таких систем, на відміну від коригуючих кодів, фази виявлення помилок і їх виправлення рознесені. При використанні спектральної модуляції домінують багаторазові бітові спотворення даних, оскільки одиночна помилка передачі каналного сигналу може змінити довільне число біт

канального символу. Цю особливість бітових спотворень необхідно враховувати при створенні засобів контролю помилок в каналах зі спектральною модуляцією.

У каналах передачі даних зі спектральної модуляцією цифрова інформація фактично передається символами, кожен з яких модулюється одним канальним сигналом Контрольований блок B , що містить m біт:

$$b_l \in \{0,1\}, l = 1, \dots, m$$

можна розглядати що складається з $t = m/k$ канальних символів:

$$B = \{X_1, X_2, \dots, X_t\}$$

Кожен j -тий з символів $X_j, j \in \{1, 2, \dots, t\}$ включає k суміжних

$$X_j = \{x_1, x_2, \dots, x_k\} = \{b_{(j-1)k+1}, b_{(j-1)k+2}, \dots, b_{j \cdot k}\}$$

біт контрольованого блоку.

При передачі цифрових даних для виявлення помилок найбільш часто використовують циклічні коди і зокрема CRC (Cyclic Redundancy Check-циклічна надлишкова перевірка). Як і контрольні суми, CRC відносяться до засобів блокового контролю.

Сутність контролю з використанням CRC полягає в тому, що блок $B = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}$ представляється поліномом $P(B)$ ступеня $m+k$:

$$P(B) = b_1 * x^k + b_2 * x^{k+1} + b_3 * x^{k+2} + \dots + b_{m-1} * x^{k+m-1} + b_m * x^{k+m}.$$

Контрольний код $R(B)$ обчислюється як залишок при діленні полінома $P(B)$ на який утворює поліном $Q(X)$ ступеня k CRC.

За основним критерієм ефективності-надійності виявлення помилок, циклічні коди перевершують контрольні суми. Помилки при передачі блоку даних не виявляється, якщо поліном $E(X)$, відповідний вектору помилки ділиться, який утворює поліном $Q(X)$ CRC без залишку. Показано [13], що всі поліноми $E(X)$, що відповідають зазначеним нижче помилок не діляться на спеціальним чином обраний базовий поліном $Q(X)$, а отже, вони виявляються гарантовано:

1. Всі спотворення бітів b_1, b_2, \dots, b_m непарної кратності, якщо базовий поліном $Q(X)$ може представлений виглядом добутку поліномів:

$$Q(X)=(x+1)*S(X);$$

2. Всі дворазові спотворення бітів b_1, b_2, \dots, b_m контрольованого блоку, якщо базовий поліном $Q(X) = q_0 + q_1 \times x + q_2 \times x^2 + \dots + q_k \times x^k$ містить не менше трьох ненульових компонент.

3. Група помилок, локалізовані в рамках k розрядів.

Для інших помилок, що залишок $R(B)$ являє собою результат хешування блоку даних у простір $2k$ всіх можливих контрольних кодів. Відповідно, ймовірність P_{CRC} того, що ці помилки не будуть виявлені з використанням CRC з утворюючим поліномом $Q(X)$ ступеня k визначається як $P_{CRC} = 2^{-k}$.

У каналах зі спектральною модуляцією, CRC дозволяє гарантовано виявити тільки одноразову помилку передачі модульованого сигналу, оскільки спотворюється при цьому біти локалізовані в рамках групи з k бітових позицій, а значення k на практиці менше ступеня утворення полінома CRC. При більшій кратності помилок модульованого сигналів, CRC не гарантує їх виявлення.

CRC володіє рядом недоліків, найбільш важливим з яких є принципово послідовний характер обчислення контрольного коду, що обумовлює існування обмежень на швидкість виконання операцій, пов'язаних з контролюванням помилок. Цей недолік особливо актуальний в сучасних умовах швидкого зростання швидкостей передачі даних.

Іншим ефективним засобом виявлення помилок в каналах зі спектральною модуляцією є заважливі контрольні суми (Weighed Check Sum - WCS). На відміну від CRC, використання технології WCS враховує особливості виникнення бітових спотворень в каналах зі спектральною модуляцією і дозволяє гарантовано виявляти бітові спотворення, що виникають у двох символах. Недоліком WCS є те, що вона не дозволяє гарантовано виявляти бітові спотворення, викликані помилковою передачею більше 2-х каналних сигналів. Істотним недоліком WCS є також значно більше в порівнянні з CRC число контрольних розрядів, рівне $k*(1+\log_2 t)$.

Таким чином, існуючі засоби виявлення багатократних помилок в

каналах зі спектральною модуляцією не забезпечують ефективного вирішення виявлення бітових спотворень, що викликані помилковою передачею більше 2-канальних сигналів.

«Сьогодні можна говорити про створення нового класу завадостійких кодів для каналів із стиранням. Кодами з цього класу можна закодувати повідомлення кінцевого розміру (файл) потенційно необмеженим потоком незалежних символів пакетів. Ця властивість нового класу кодів принципово відрізняє його від класичних блокових або згорткових, завадостійких кодів із заданою швидкістю. При кодуванні файлу цими кодами отримуємо також файл кодованих даних, а не потік» [31]. З цієї причини, для кодів з нового класу з'явився термін "rateless" на протигагу класичним кодами, для яких використовується термін "fixed rate". «Новий клас кодів також називають класом фонтанних кодів (Digital Fountain Codes)».

Кодер такого коду за запитом завжди може додати "на льоту" (on the fly, online) невелике число кодових пакетів. Ця властивість кодера в зарубіжній літературі іноді іменують терміном "local encodability". Незалежність генерування кодових символів забезпечується застосуванням статистичного кодування. Додати "на льоту" трохи перевірочних символів для класичних кодів не завжди вдається. Кодові символи виявляються залежними один від одного.

Центральне місце в цьому розділі відводиться LT коду як найбільш значимого, ідейно цікавого й історично першим конструктивному "хорошому" rateless коду. Для кращого розуміння суті питання коротко розглянуті два важливих типу кодів з фіксованою швидкістю.

До коду, який зміг би контролювати помилки, у засобах обробки інформації, насамперед, ставиться вимога арифметичності. Під арифметичністю коду, контролюючого помилки, розуміється його властивість, яка полягає в наступному: у разі виконання якоїсь арифметиної операції з двома так званими-правильними кодовими числами (словами) результат теж буде правильним кодовим числом [31]. Також потрібно, щоб в процесі обчислення помилки не переміщалися з розряду в розряд.

Одним із кодів, що задовольняють перераховані вимоги, є коди в залишках. Можливість використання кодів у залишках для контролю над помилками на різних етапах існування інформації. Універсальність кодів в залишках пояснюється не тільки їх високими коректуючими здібностями, арифметичністю та можливостями протидіяти пакетам помилок, а також їх можливістю пристосовуватися до гнучкої зміни коригувальних властивостей без зміни способу кодування. Система числення в залишкових класах відкриває можливість використання єдиного перешкодостійкого коду для боротьби з помилками, що виникають під час передаванні інформації по каналах зв'язку і при її обробці в цифрових інформаційних системах.

Нехай задана сукупність з n цілих позитивних взаємно простих чисел p_1, p_2, \dots, p_n . Назвемо кодом системи залишкових класів (СЗК) [32] довжини P сукупність уявлень цілих позитивних чисел $0 \leq A < P_n$, де $P_n = p_1, p_2, \dots, p_n$, а комплексом залишків за заданою системою модулів: $A(a_1, a_2, \dots, a_n)$, де a_i ($i=1, 2, \dots, n$) – найменші невід'ємні відрахування (залишки) числа A по модулях, відповідно, p_1, p_2, \dots, p_n ; P_n – числовий діапазон представлення чисел в СЗК.

На діапазон можливої зміни накладемо обмеження. Для цього будемо вважати, що для однозначного уявлення числа A досить до залишків, причому до $k < n$. За робочі підстави приймемо p_1, p_2, \dots, p_k . Діапазон однозначного уявлення з цих підстав, відповідно, дорівнює $P_k = p_1 p_2 \dots p_k$. Таким чином, при поданні числа A залишками a_1, a_2, \dots, a_n використовується $r = n - k$ додаткових залишків. Іншими словами, з уявлення $A(a_1, a_2, \dots, a_n)$ можна викинути будь-які r залишків без шкоди для однозначності представлення числа A , внаслідок чого залишковий код є несистематичним або нероздільним кодом. У несистематичних кодах кожна розрядна цифра несе частину інформації про число, включаючи і надлишкові символи. У несистематичному коді будь-яке з r розрядних чисел можна вважати надлишковими символами.

Розглянутий залишковий код, який може контролювати помилки, являє собою нелінійний код, званий R-кодом. У залишках можна побудувати і лінійний коригувальний код, такий код називають L-кодом. Для його

побудови досить зняти обмеження на попарно взаємну простоту підстав. Цікаво відзначити, що зняття умови парної взаємної простоти підстав призводить до того, що надмірність у поданні числа A з'являється не тільки за рахунок скорочення числа робочих підстав, але і за рахунок того, що діапазон представлення числа A буде менше.

Будемо називати діапазон P_n повним діапазоном, а діапазон P_k – робочим діапазоном. Надалі модулі k будемо умовно називати інформаційними, а $n-k$ – контрольними. Умовність даних назв пов'язана з тим, що інформаційна та контрольна частини цілком рівноправні щодо як величини самого числа, так і будь-якої операції. Непозиційні коди забезпечують виявлення і виправлення помилки. Оскільки, всі числа, які беруть участь в операціях, повинні лежати в діапазоні $[0, P_k)$, очевидно, що якщо в результаті якої-небудь операції було отримано число A , не менше P_k то це означає, що при проведенні операції була допущена помилка.

Відомо чимало методів виявлення помилок в надмірному коді СЗК. До основних з них слід віднести метод виявлення помилок з допомогою узагальненої позиційної системи і способи виявлення помилок з допомогою позиційних характеристик числа. Методом, яким можна скористатися для виявлення помилок, є безпосередній переклад числа, представленого залишками a_1, a_2, \dots, a_n , в позиційну систему числення.

Таким чином, як критерій безпомилкового прийому числа A використовується той факт, що надлишкові цифри ОПС для правильного числа дорівнюють нулю. Перевагою даного методу є те, що якщо стоїть завдання тільки встановлення факту виникнення помилок, то при нерівності нулю будь-якої розрядної цифри $a_{k+1}', \dots, a_{n-k}'$ процес перекладу припиняється. Це дозволяє скорочувати в середньому обсяг обчислень, необхідний для виявлення помилок, порівняно з методом, заснованим на використанні ПСС.

Перейдемо до розгляду методів виявлення помилок за допомогою позиційних характеристик числа.

Контроль над помилками для будь-якого коду зводиться до встановлення факту приналежності числа безлічі чисел, складових нульове

простір коду. Безліч вихідних рішень декодера коду утворюється двома можливими рішеннями: «код не містить помилок» і «код містить помилки». Тому бажано для числа A обчислювати таку характеристику, яка мала б якомога менший діапазон зміни.

Зрештою процедура виявлення помилок в залишкових кодах зводиться до обчислення такої позиційної характеристики $\pi(|A|^+)$, що інакше кажучи, якщо $\pi(|A|^+) = 0$ – помилки немає, в іншому випадку сталася помилка. За характером зміни позиційні характеристики можна поділити на лінійні і нелінійні. Лінійні позиційні характеристики монотонно змінюються (зростають або убывають) при зростанні аргументу, а нелінійні змінюються немонотонно.

Відзначимо, що складність і необхідну час визначення позиційних характеристик зростає із збільшенням числа модулів, тому методи нормованого рангу і ядра числа слід використовувати для невеликої кількості підстав (5-6), в цьому випадку вони дають вигоду у часі по порівняно з методом ортонормованих векторів. Для більшого ж числа модулів СЗК найбільш оптимальним за швидкістю і універсальності є метод, заснований на переведенні числа в позиційну систему числення

Основним способом корекції помилок є метод проєкцій. Його суть в наступному. Нехай в коді СЗК з підставами p_1, p_2, \dots, p_n (причому $P_k = p_1 p_2 \dots p_k$ – величина робочого діапазону, а $P_n = p_1 p_2 \dots p_n$ – величина повного діапазону) в результаті якої операції або при передачі числа виявилось, що отримано число $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$. Назвемо число A_i , отримане з A закресленням цифри a_i , проєкцією числа A по підставі p_i ; число A_{ij} , отримане з A закресленням залишків a_i і a_j , проєкцією A по підставах p_i і p_j ; і так далі.

Як і раніше, число A , де $A \in [0, P_k)$, будемо називати правильним; якщо ж $A \in [P_k, P_n)$, то A – неправильне число. Якщо виявиться, що проєкції A_i , – числа A по всіх підставах збігаються, то число A правильне. Якщо ж існує таке A_s , що A_s – правильне, за умови, що A_i – неправильні числа, де $i = 1, 2, \dots, s-1, s+1, \dots, n$, то саме в залишку по модулю p_s . Тим

самим помилка буде локалізована.

Припустимо тепер, що за проєкціями A_i не вдалося локалізувати помилку. Це означає, що помилка не є поодинокую. Тоді розглядаються проєкції по парі модулів, по трійках модулів і т.д. (при умові великої мінімальної відстані кодів). Якщо помилки вдалося локалізувати з допомогою проєкцій числа A по t модулям, причому $A_{s_1 s_2 \dots s_t}$ – правильне число, то саме залишки по модулях $p_{s_1}, p_{s_2}, \dots, p_{s_t}$ є помилковими.

Перейдемо до розгляду іншого методу корекції помилок, що використовує поняття альтернативної сукупності. Взагалі кажучи, для корекції помилок введення тільки одного надлишкового підстави недостатньо. Однак існують випадки, коли за наявності тільки одного контрольного підстави все ж вдається однозначно встановити помилкову цифру.

Неправильне число A називають k -альтернативно коректованим (або просто k -альтернативним) числом, якщо існують до таких правильних чисел A_1, A_2, \dots, A_k , кожне з яких відрізняється від A цифрою по одному якого-небудь підстави, причому ці підстави різні для різних A_r ($r=1, k$). Сукупність підстав $(p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{ik})$, за якими числа A_1, A_2, \dots, A_k відрізняються від A , називають альтернативної сукупністю числа A .

З урахуванням викладеного методу проєкцій необхідною і достатньою умовою входження підстави p_i , – в альтернативну сукупність неправильного числа A є те, що проєкція числа A по модулю p_i , – є правильне число. Таким чином, альтернативну сукупність можна сформуувати, знайшовши правильні проєкції серед всіх проєкцій по одній підставі. Іншим способом побудови альтернативної сукупності є метод нулевізації, що дозволяє визначити таблицю розподілу помилок.

В силу конструкції коду СЗК при виконанні послідовності модульних операцій за участю неправильного числа A помилка може або усунеться, або залишитися на місці, але жодним чином вона не може переміститися в цифру з якого-небудь іншого підстави. Що ж до альтернативної сукупності

результату операцій, то вона може істотно відрізнятись від альтернативної сукупності A .

Прийmemo угоду: в ланцюзі операцій, виконуваних по реальній програмі, остання будується таким чином, що всі проміжні результати, так само як і кінцевий результат, у разі відсутності помилок у ході реалізації програми є правильними числами. Справедливо твердження: помилковою може бути цифра по якомусь основі, що входить до перетин альтернативної сукупності неправильного числа A з альтернативною сукупністю результату виконання над числом A раціональної операції по програмі.

Під умовною альтернативною сукупністю неправильного числа A розуміють сукупність підстав, по яких можлива помилка, з урахуванням характеру альтернативних сукупностей попередніх неправильних результатів по ходу виконання програми.

Згідно з викладеним представляється можливим визначити кілька способів організації контролю і корекції помилок. Один шлях полягає в послідовних визначеннях умовних альтернативних сукупностей в ході виконання програми та їх стягуванні до помилкового підставі. Інший шлях полягає у прийнятті якої гіпотези з альтернативної сукупності числа A , проведенні корекції за цією гіпотезою і виконанні подальших обчислень надалі до виявлення неспроможності прийнятої гіпотези і переходу на іншу гіпотезу. Якщо при цьому неспроможність прийнятої гіпотези не проявляється, то отримані результати приймаються за істинні.

Як бачимо, швидкодія методу корекції помилок, заснованого на понятті альтернативної сукупності, також невелика.

3.2 Модифіковані коректуючі коди системи залишкових класів

В модифікованих коректуючих кодах «СЗК пакет даних в двійковому кодi, який підлягає передаванню, розбивається на блоки однакової довжини (тетради або байти)» [32]

$$a^1 \dots a^1 \underset{j}{a^1} \underset{3}{a^1} \underset{2}{a^1} \underset{1}{a^1} \underset{0}{a^1}, a^2 \dots a^2 \underset{j}{a^2} \underset{3}{a^2} \underset{2}{a^2} \underset{1}{a^2} \underset{0}{a^2}, \dots, a^k \dots a^k \underset{j}{a^k} \underset{3}{a^k} \underset{2}{a^k} \underset{1}{a^k} \underset{0}{a^k},$$

де a^j – є розрядом даних у двійковому коді, $j = 4, 8$.

Та значення контрольного розряду визначається

$$b_{k+1} = (v_1 \cdot b_1 + v_2 \cdot b_2 + \dots + v_i \cdot b_i + \dots + v_k \cdot b_k) \pmod{p}, \quad (3.1)$$

де v_i – коефіцієнти лінійної форми взаємно прості з p ; b_i – байт даних в двійковій або 10-ковій системі числення,

$$b_i = a^7 \dots a^3 \underset{3}{a^i} \underset{2}{a^i} \underset{1}{a^i} \underset{0}{a^i} = a_0 \cdot 2^0 + a_1 \cdot 2^1 + a_2 \cdot 2^2 + a_3 \cdot 2^3 + \dots + a_7 \cdot 2^7.$$

Нехай під час процесу передачі даних відбулася помилка у одному із блоків (пошкодження відбулися з 1 по 8 двійковий розряд) і отримали число а не те, що мало бути

$$A' = (b_1, b_2, \dots, b'_i, \dots, b_k, b_{k+1}).$$

Значення контрольного розряду обчислюємо за формулою:

$$b'_{k+1} = (v_1 \cdot b_1 + v_2 \cdot b_2 + \dots + v_i \cdot b'_i + \dots + v_k \cdot b_k) \pmod{p}.$$

Знайдемо різницю розрахованого та прийнятого контрольного символами $\delta = b'_{k+1} - b_{k+1}$. Отже, при $\delta=0$ – помилка відсутня; при $\delta \neq 0$ – відбувається помилка.

Для того, щоб виявити помилки у якому-небудь із блоків даних

потрібно має кожному із значень δ_i відповідати помилка – одне її значення. Для того, щоб ця виконувалася коефіцієнти лінійної форми мають бути взаємнопростими з p і значення контролюючого модулю має бути рівним $p \geq 2^m$, при коли розбитий пакет даних на байти, наприклад 8, кількість двійкових розрядів у вибраному блоці даних це - m .

Для того, щоб оцінити ефективність коректуючого коду потрібно шукати зв'язок між можливістю виявлення або виправлення помилок та надлишковістю. Мінімальною кодовою відстанню модифікованого коду СЗК є $d_{min} = n - k + 1$, n – довжина коду, загальна, k – інформаційні блоки ,

кількість.

В результаті модифіковані коди СЗК можуть виявляти увесь комплекс із t або меншу кількість помилок за умови, що $d_{\min} \geq t + 1$; при значенні $d_{\min} \geq 2t + 1$ – даний код може виправляти всі сукупності із t або меншої кількості помилок. У випадку введення двох контрольних розрядів цей код буде забезпечувати гарантію того, що помилка виправиться в одному з блоків даних.

Якщо виникає необхідність використовувати два та більше контрольні розряди існують такі варіанти для вибору коефіцієнта лінійної форми:

- 1) контрольні модулі – однакові, а коефіцієнти лінійної форми – різні;
- 2) коефіцієнти лінійної форми – однакові, а модулі різні.

Значення коефіцієнтів лінійної форми, необхідних для розрахунку перевірочних чисел, згідно (3.1) наведено у таблиці 3.1. Оскільки модулі p_i обралися різними тоді коефіцієнти повинні бути взаємно-простими числами з p_i .

Таблиця 3.1 – Коефіцієнти модифікованого кодів СЗК у випадку різних значень контрольних модулів

Число для перевірки $bk + j$	Коефіцієнти v_i	Модуль p_i
$bk + 1$	11,13,17,19,23,29,31,37,41,43,47,53,59,61,67,71	7463
$bk + 2$	11,13,17,19,23,29,31,37,41,43,47,53,59,61,67,71	7467
$bk + 3$	11,13,17,19,23,29,31,37,41,43,47,53,59,61,67,71	7479
$bk + 4$	11,13,17,19,23,29,31,37,41,43,47,53,59,61,67,71	7487
$bk + 5$	11,13,17,19,23,29,31,37,41,43,47,53,59,61,67,71	7491

$bk + 6$	11,13,17,19,23,29,31,37,41,43,47,53,59,61,67,71	7499
$bk + 7$	11,13,17,19,23,29,31,37,41,43,47,53,59,61,67,71	740з
$bk + 8$	11,13,17,19,23,29,31,37,41,43,47,53,59,61,67,71	7509

Другий варіант вибору коефіцієнтів лінійної форми наведено в таблиці 3.2. В цьому прикладі модулі p_i обрано однакові, тоді коефіцієнти лінійної форми повинні бути різними числами, взаємно-простими з p_i .

Наприклад, виявлення помилок шляхом використанням модифікованого коду СЗК. Як контрольний модуль виберемо $p = 16$; коефіцієнти лінійної форми: $v_1=3, v_2=5, v_3=7$ інформаційні блоки даних в 10-ковій системі числення: $b_1=2, b_2=10, b_3=9$. Обчислимо значення контрольного розряду $b_{k+1} = (3 \times 2 + 5 \times 10 + 7 \times 9)(\text{mod } 16) = 7$; знайдемо помилку у першому блоці $b'=4$, при цьому значення контрольного розряду $b'_{k+1}=(3 \cdot 4+5 \cdot 10+7 \cdot 9) (\text{mod } 16) =13$. Відповідно, $\delta=b'_{k+1} - b_{k+1} =13 -7=6$.

Таблиця 3.2 – Коефіцієнти модифікованого коду СЗК у випадку однакових значень контрольних модулів

Число $bk + j$	Коефіцієнти $v_1 - v_{17}$	Модуль p_i
$bk + 1$	7,71,151,239,13,79,163,251,17,83,167,257,67,137,227,281,41	256
$bk + 2$	11,73,157,89,241,19,173,263,41,109,197,277,103,163,47,127,73	256
$bk + 3$	13,79,163,251,23,97,179,269,43,113,199,281,107,167,17,173,125	256
$bk + 4$	17,83,167,257,29,101,181,271,47,127,211,239,41,79,151,13,67	256
$bk + 5$	19,89,103,173,263,37,7,71,151,239,17,79,157,239,43,181,59,125	256
$bk + 6$	23,97,107,179,269,271,73,157,241,19,71,239,151,61,229,11,13	256

$bk + 7$	29,101,241,59,181,271,73,163,89,251,23,67,43,277,19,109,13,756	
$bk + 8$	31,277,103,113,191,257,29,101,41,193,241,97,239,19,263,13,1256	

У випадку коли $\delta \neq 0$, це означає, що помилку було виявлено. Використання модифікованого коду СЗК за допомогою одного контрольного модуля гарантовано виявляє помилки в одному із блоків даних та на 87 відсотків виявляє їх у двох із блоків, а його коректуючі можливості безпосередньо залежать від значення контрольних модулів. «Для виправлення помилок використаємо поняття альтернативної множини. Альтернативна множина для модифікованих кодів СЗК це множина блоків даних, $\Theta = (b^1, b^2, \dots, b^k)$ помилки у розряді кожного з яких може призвести до якоїсь величини нев'язки – δ_i » [32]. Значення нев'язки може дорівнювати $0 < \delta_i < p_{k+1}$.

Для кожного блоку b_i можна визначити значення помилки x_{ai}^i (таблиця 3.3). Значення нев'язки обчислюємо за формулою:

$$\delta = b'_{k+1} - b_{k+1} = (v_1 \cdot b_1 + v_2 \cdot b_2 + \dots + v_i \cdot b'_i + \dots + v_k \cdot b_k) \pmod{p_{k+1}} - (v_1 \cdot b_1 + v_2 \cdot b_2 + \dots + v_i \cdot b_i + \dots + v_k \cdot b_k) \pmod{p_{k+1}} \quad (3.2)$$

При виникненні помилки в блоці даних значення b_i дорівнює $b'_i = b_i + x$, де x – значення помилки, $1 \leq x \leq 2m-1$. При помилці в блоці даних b_i за формулою (3.2) знаходимо нев'язку $\delta_i = v_i \cdot x \pmod{p_{k+1}}$ (таблиця 3.3). «Для виправлення однократної помилки (помилки в одному блоці даних) необхідно, щоб для кожного значення нев'язки альтернативна множина Θ складалася із одного блоку даних. Значення контрольного модулю вибираємо із умови» . [31]

$$p_k = \sum_{i=1}^m p_i + m + 1, \quad (3.3)$$

де m – кількість блоків даних.

Наприклад, для локалізації помилок може бути використана альтернативна множина. Тоді дані будуть складатися із 3 блоків з

розрядністю по 3 біти кожен, отже $m = 3$, оскільки дані три-розрядні, то обираємо модуль $p_i = 8$. Коефіцієнти лінійної форми вибираємо: $v_1=3, v_2=5, v_3=7$.

Значення контрольного модуля розрахуємо згідно умови (3) $p_{k+1} \geq (8 + 8 + 8 - 3 + 1) = 22$. Також обираємо просте число, що є найближчим, тобто є $p_{k+1}=23$. Нев'язку обчислюємо за формулою (3.2)

$$\delta_i = \bar{b}_i - \bar{b}_{k+1} = (3 \cdot b_1 + 5 \cdot b_2 + 7 \cdot b_3) \pmod{23} - (3 \cdot b_1 + 5 \cdot b_2 + 7 \cdot b_3) \pmod{23}$$

Таблиця 3.3 – Значення помилки для кожного блоку даних

Значення невязки: δ	Блок даних: b_i					
	b_1	b_2		b_i		b_k
1	x_1	x_1		x_1		x_1
	b_1	b_2		b_i		b_n
2	x_2	x_2		x_2		x_2
	b_1	b_2		b_i		b_n
$p_k - 1$	$x_{p_k - 1}$	$x_{p_k - 1}$		$x_{p_k - 1}$		$x_{p_k - 1}$
	b_1	b_2		b_i		b_n

відповідно, невязки для кожного блоку даних дорівнюють:

$$\delta_{1i} = 3 \cdot x b_i \pmod{23}; \delta_{2i} = 5 \cdot x b_i \pmod{23}; \delta_{3i} = 7 \cdot x b_i \pmod{23}.$$

Альтернативні множини для кожної невязки приведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Альтернативні множини для кожної невязки

Значення невязки: δ_i	Блоки даних			Значення невязки: δ_i	Блоки даних		
1	–	–	–	12	4	7	5
2	–	5	–	13	–	–	–
3	1	–	7	14	–	–	2

4	-	-	-	15	5	3	-
5	-	1	4	16	-	-	-
6	2	-	-	17	-	-	-
7	-	6	1	18	6	-	-
8	-	-	-	19	-	-	6
9	3	-	-	20	-	4	-
10	-	2	-	21	7	-	3
11	-	-	-	22	-	-	-

Як видно із таблиці 3.4, для 8 обраних із значень нев'язок, а саме 2, 6, 9, 10, 14, 18, 19 та 20 альтернативна множина буде складатися з 1 блоку, який дозволить одразу виправляти помилки. Для інших 5 значень нев'язок, зокрема, 3, 5, 7, 15 та 21 альтернативна множина складатиметься з 2 блоків з даними, а також для однієї нев'язки - 12 альтернативна множина складає 3 блоки даних. Можна зробити висновок, що помилка у одному із трьох блоків призводить до аналогічного значення для нев'язки. Тому, альтернативну множину будуть складати два і більше блоки даних, тоді щоб локалізувати помилку виникає потреба у додатковому аналізі контрольних чисел, або необхідно збільшити кількість контрольних модулів. Передбачається використання модифікованого коду СЗК з метою збільшення рівня надійності передачі даних в безпроводних мережах автоматизованої системи контролю споживання ЕЕ.

Більш доцільним буде «перевірочні символи всіх блоків зберігати в кінці пакету. Таке розміщення перевірочних символів дозволить приймати пакети даних безпроводним сенсорам, які не використовують додаткове кодування в СЗК» [32].

Для того, щоб використовувати коректуючий код СЗК на рівні протоколу MAC потрібно поділити дані, зокрема MHR та MAC payload поля, на декілька блоків, у даному випадку обрано 5 від D1 до D5 (рисунок 3.1) Інформаційний блок буде довжиною $k = 17 \text{байт}$. Блоки для перевірки від R

1 до R 5 будуть формуватися за відповідними блоками даних та зберігатися після останнього.

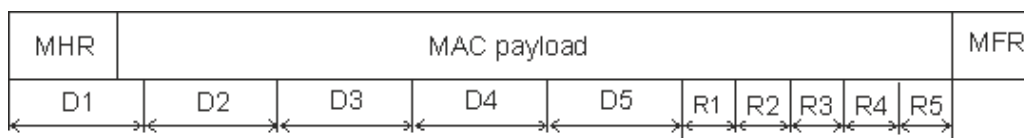


Рисунок 3.1 – Структура фреймів даних за результатами кодування

Після того, як отриманий пакет даних відбувається перевірка цього цілісності шляхом використання CRC кодів. У випадку не виявлення у пакеті помилки тоді відсутня необхідність у додатковій перевірці шляхом застосування кодів СЗК. Якщо у пакеті помилка була виявлена з використанням CRC у такому випадку відбувається виправлення виявлених помилок шляхом застосування модифікованих коректуючих кодів СЗК.

Для проведення експериментальних досліджень часу кодування/декодування було використано середовище Matlab. Зокрема для R – коду СЗК, М - коду СЗК та Ріда-Соломона RS (127, 87) з наступними значеннями: 25байт - загальна довжина коду (n); 17 байт - кількість інформаційних символів (k); 8 - кількість перевірочних символів (r); 4 - кількість помилок(t).

В таблицю 3.5 занесено результати проведених досліджень часових затрат на кодування.

Таблиця 3.5 – Параметри кодів

Код	Час кодування, (мс)	Швидкість коду, $R = k/n$
R-код СЗК	117,5	0,64
RS (127, 87)	109,7	0,685
М-код СЗК	22,5	0,68

З таблиці 3.5 видно, що коректуючий М-код системи залишкових класів забезпечує близько в 5 раз підвищення швидкодії кодування у порівнянні з двома розглянутими.

3.3 Розроблення систем захисту інформації на основі коректуючих кодів системи залишкових класів

Для зменшення навантаження на безпроводний контролер та затримки від застосування коректуючих кодів пропонується кодер/декодер реалізувати апаратно на ПЛІС.

Програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС) з'явилися в результаті вдосконалення у всіх напрямках програмованих логічних матриць, коли для багатьох розробників апаратури цифрової обробки сигналів стало ясно, що програмована логічна інтегральна схема - зручна в освоєнні і застосуванні елементна база, альтернативи якої часто не знайти.

Програмовані логічні матриці (ПЛМ) використовуються для реалізації цифрових комбінаційних пристроїв з великим числом входів. Саме їх вважають першими ПЛІС. Функції застосовуються (як правило) для моделювання комбінаторної логіки і засоби синтезу генерують комбінаторну логіку за описом функції. У функціях заборонений тимчасовий контроль. При виклику функції створюється регістр, розмірність і ім'я якого збігається з розмірністю і ім'ям функції. Через цей регістр функція повертає результат своєї роботи. Функція може повертати також ціле або дійсне число. Всі параметри, що передаються у функцію, мають тип `input`.

Отже для початку напишемо рівняння у вигляді:

$$b_{k+1} = (v1 \cdot b1 \text{ mod } p + v2 \cdot b2 \text{ mod } p + \dots + vi \cdot bi \text{ mod } p + \dots \dots + vk \cdot bk \text{ mod } p)(\text{mod } p) \quad (3.4)$$

На основі формули (3.4) можна синтезувати загальну структуру кодера, що наведена на рисунку 3.2, де MUL_i – блоки множення по модулю p ; ADD – блок додавання по модулю p .

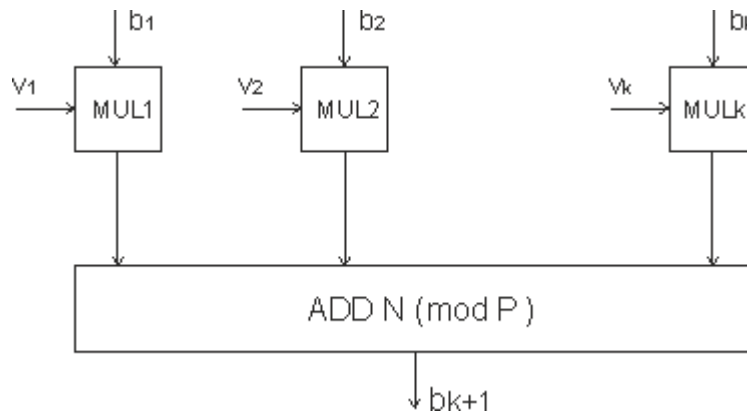


Рисунок 3.2– Загальна структура кодера

Розробники Verilog забезпечили те, що синтаксис є максимально схожий з мовою C також схожий і препроцесор, що значною мірою спрощує роботу з ним. У Verilog і C подібні основними керуючими конструкціями if, while, подібні вони і однойменними конструкціями мови . Угоди щодо форматування виводу також дуже схожі. ПЛІС представляє з себе напівпровідниковий пристрій, конфігурацію якого можна змінювати вже після виготовлення, тобто в будь-який момент часу при експлуатації. Це можливо завдяки тому, що у користувача є можливість вносити зміни в логіку роботи принципової схеми, використовуючи, наприклад, вихідний код на мові проектування VHDL або Verilog. В даному випадку використовується Verilog.

Реалізовано на ПЛІС кодер/декодер модифікованого коректуючого коду СЗК з трьома блоками даних і одним контрольним символом. Схема кодера була реалізована мовою Verilog у середовищі Quartus I. Для реалізації обрано ПЛІС фірми Altera з серії MAX II, EPM240T100C3 (рисунок 3.3), де EO – вхід вводу помилки; b1, b2, b3 – інформаційні входи; bv1, bv2, bv3 – інформаційні виходи; δ – значення нев'язки; bk – прийнятий коректуючий символ; b0k – обчислений коректуючий символ. Апаратні затрати: 141/240 (59%). Максимальна затримка формування коректуючого символу становить 25 нс. Експериментально встановлено, що реалізація кодера на основі рівняння зменшує затримку формування коректуючого символу, приблизно на 30%, за рахунок паралельної роботи блоків множення

ПО МОДУЛЮ *p*.

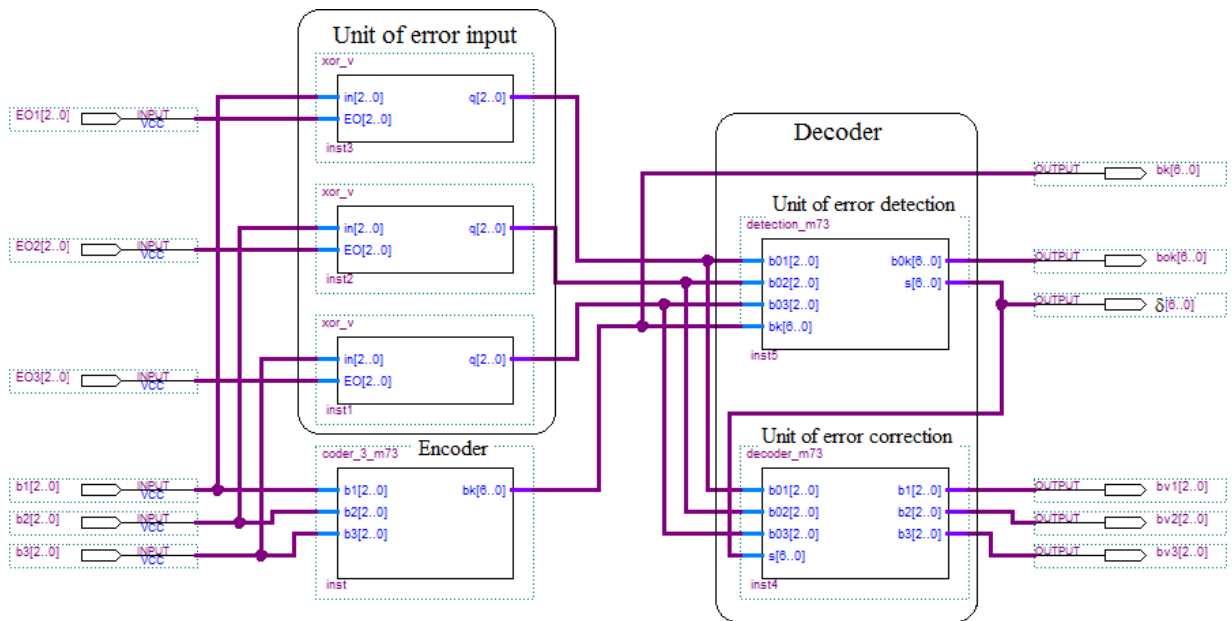


Рисунок 3.3 – Реалізація на ПЛІС кодера/декодера модифікованого коректуючого коду СЗК

Декодер у своїй структурі містить два блоки:

- блок виявлення помилок;
- блок корекції даних.

В блоці виявлення помилок (блок Unit of error detection) на основі прийнятих даних формуються перевірочні символи і обчислюється нев'язка (s) на основі якої в блоці (Unit of error correction) відбувається корекція даних. Виправлення помилок здійснюється на основі таблиць нев'язок для кожного блоку даних. Декодер реалізований на ПЛІС фірми Altera, Family MAX II, Device EPM570T100C3.

Апаратні затрати: total logic elements 334/570 (59%). Максимальна затримка формування вихідних сигналів становить 49нс.

Для перевірки роботи кодера/декодера розроблено модуль Unit of error input, який забезпечує введення помилок у любий із блоків даних (рисунок 3.3). Для імітації спотворення даних необхідно на вхід EO певного каналу, реалізувати введення вектора помилки. Відповідний розряд у блоку даних інвертується одиничним бітом вектора помилки. Для компактнішого представлення значень на рисунку 3.9 вектор помилки

приведений у двійкову систему числення а решта значень у десяткову систему. Тоді, з вектором помилки, $e = 101$ на вході EO2 відбувається пошкодження даних у блоці $b2$ b, $b2' = b2 \oplus e = 001 \oplus 101 = 100$, значення нев'язки $\delta = 2$, \oplus – додавання по модулю 2. Якщо нев'язка $\delta_{2i} = 2$, то відповідає значенню помилки $x_i = 3$, тобто для виправлення помилки необхідно $b2 = b2' - x = 4 - 3 = 1$

Проведене моделювання та верифікація роботи розроблених пристроїв показали їх коректну роботу, що ілюструється діаграмами (рисунок 3.4).

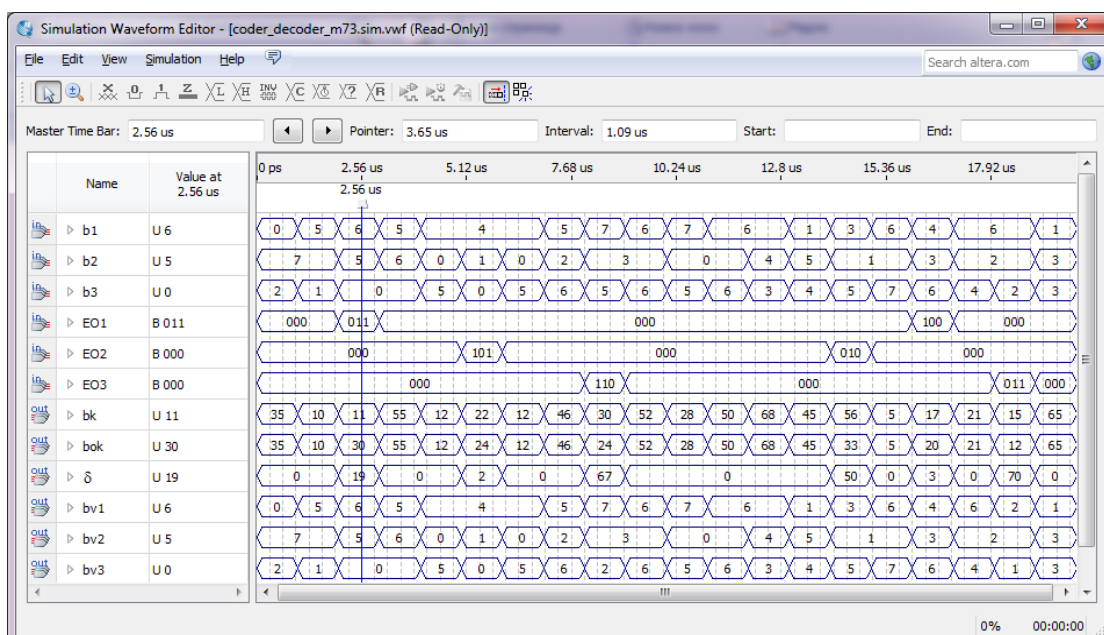


Рисунок 3.4 – Часові діаграми роботи кодера/декодера

Приведені основні характеристики роботи кодера/декодера дозволяють підсумувати наступне: зменшення навантаження на безпроводний контролер та затримки від застосування коректуючих кодів; спрощення процедури формування символів для перевірки, що дозволяє підвищити швидкість кодування до 5 разів у порівнянні з іншими кодами.

ВИСНОВКИ

В роботі проведено дослідження способів та засобів обліку енергоресурсів та спроектовано автоматизовану систему контролю споживання електроенергії на основі безпроводної передачі даних.

Проведені дослідження структури ринку електроенергії, механізмів функціонування сегментів ринку та його учасників дозволили зробити висновки про актуальність об'єктивного проведення обліку енергоресурсів, посилення контролю за їх споживанням та підвищення зручності процесів нарахування оплати за надані послуги енергопостачальникам.

Дослідження АСКОЕ показали, що їх використання забезпечує підвищення точності обліку витрат за рахунок одночасного зняття показників із всіх пристроїв обліку, а також дозволяє своєчасно виявляти несанкціоноване підключення до мережі та запобігати розкраданню ресурсів.

Проведений аналіз структури АСКОЕ дозволив виявити переваги та недоліки різних варіантів їх реалізації. Аналіз елементів ЕСКОЕ показав, що системи реалізуються на базі комплексів технічних засобів автоматизації, зокрема пристроїв обліку, каналів зв'язку та пунктами збору і обробки даних та програмного забезпечення. Проведені дослідження дозволили сформулювати вимоги до проектованої системи, основними є рівень автоматизації, точність та надійність.

В результаті розроблено трирівневу структуру автоматизованої системи контролю споживання електроенергії, схеми підключення споживачів електроенергії побутового та промислового секторів. Розроблено схему мережі передачі даних. Обґрунтовано вибір технології передачі даних та елементів системи для забезпечення автоматизації збору даних. Розроблено функціональну схему АСК споживання електроенергії.

Для функціонування системи здійснено підбір існуючого ПЗ та реалізовано додаткові програмні модулі верхнього рівня, що дозволяє користувачу АСК отримувати оперативні дані в режимі реального часу.

Для підвищення надійності передачі даних у автоматизованій системі

контролю споживання електроенергії розроблений алгоритм кодування та декодування даних на основі модифікованих коректуючих кодах СЗК, що дозволить зменшити навантаження на безпроводний контролер та затримки від застосування коректуючих кодів. Розроблений кодер/декодер, який реалізований апаратно на ПЛІС, за допомогою мови Verilog. Опис схеми кодера/декодера здійснений мовою Verilog з використанням середовища Quartus II. Також здійснено його реалізацію на ПЛІС «Altera з серії MAX II, EPM240T100C3» [33]. Проведене моделювання та верифікація роботи розроблених пристроїв, що показали їх коректну роботу.

Запропоновано модифіковані коректуючі коди СЗК, який відрізняється простою процедурою формування символів перевірки, що дозволяє підвищити швидкість кодування до 5 разів у порівнянні з відомими кодами. Застосування таких кодів для безпроводних мереж дозволяє збільшити надійність передачі даних та пропускну здатність мережі загалом оскільки зменшено кількість повторного передавання.

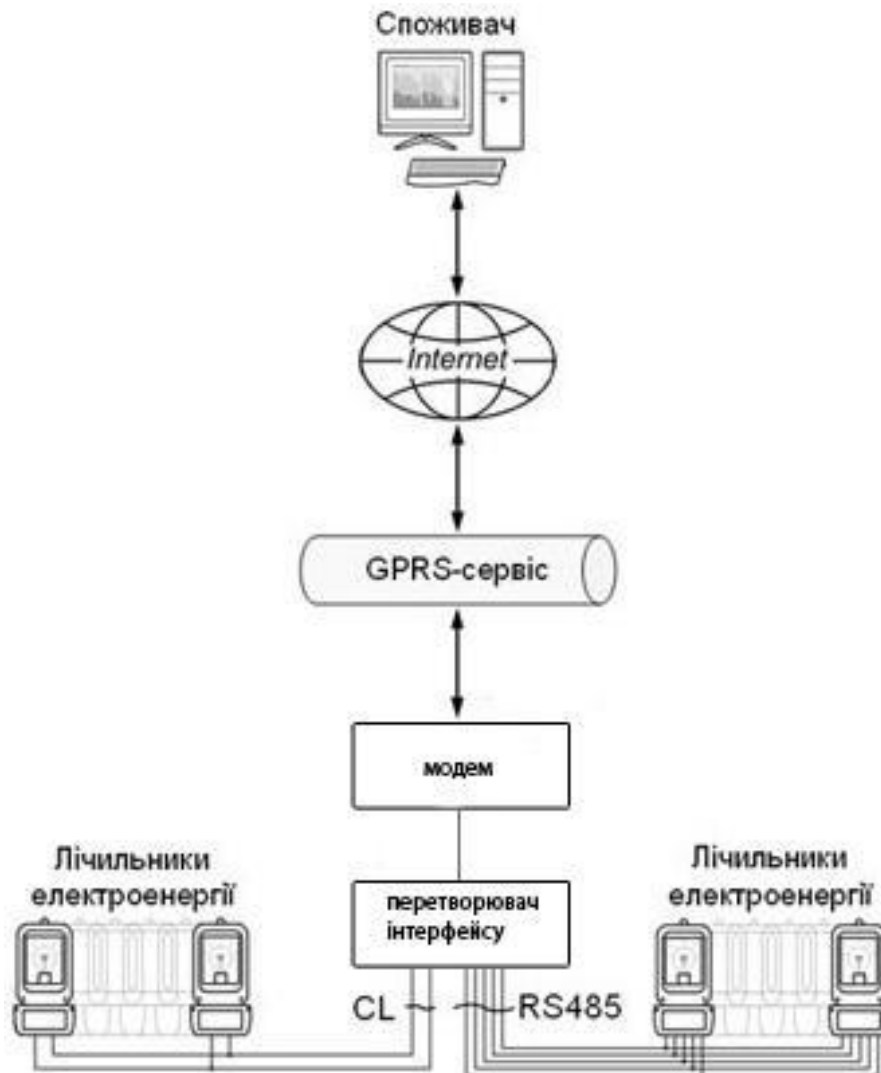
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Канюк Г.І., Пугачова Т.М., Без'язичний В.Ф., Близниченко О.М., Шматков Д.І. Основи енерго- і ресурсозбереження: навчальний посібник. – Харків: друкарня “Мадрид”, 2016. – 230 с.
2. Василега, П.О. Електропостачання. - Суми: СумДУ, 2019. - 521 с.
3. Автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://energyline.com.ua/uk/askue-2/>
4. Національна економічна стратегія 2030. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://nes2030.org.ua/>
5. Закон України «Про ринок електричної енергії» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>
6. Блінов, І., Парус, Є., & Шкарупило, В. (2021). Структура та моделі інформаційної взаємодії учасників ринку електричної енергії. Publishing House «European Scientific Platform». <https://doi.org/10.36074/stmivyreemonograph.2021>
7. Казанський С. В. Ринки електричної енергії: світовий досвід та українські реалії.. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 250 с.
8. Електроенергетика України. Структура, керування, інновації : монографія / І. В. Хоменко, О. А. Плахтій, В. П. Нерубацький, І. В. Стасюк. – Харків: НТУ «ХП», ТОВ «Планета-Прінт», 2020. – 132 с.
9. Методологічні засади підвищення енергоефективності промислових підприємств України : монографія / за заг. ред. д-ра екон. наук, проф. С.Ф. Смерічевського. – Познань: Wydawnictwo naukowe WSPiA, 2019. – 220 с.
10. Обладнання для автоматизації в енергетиці. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.proxis.ua/uk/services/energetics/>
11. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://energetika.in.ua/ua/books/book-5>

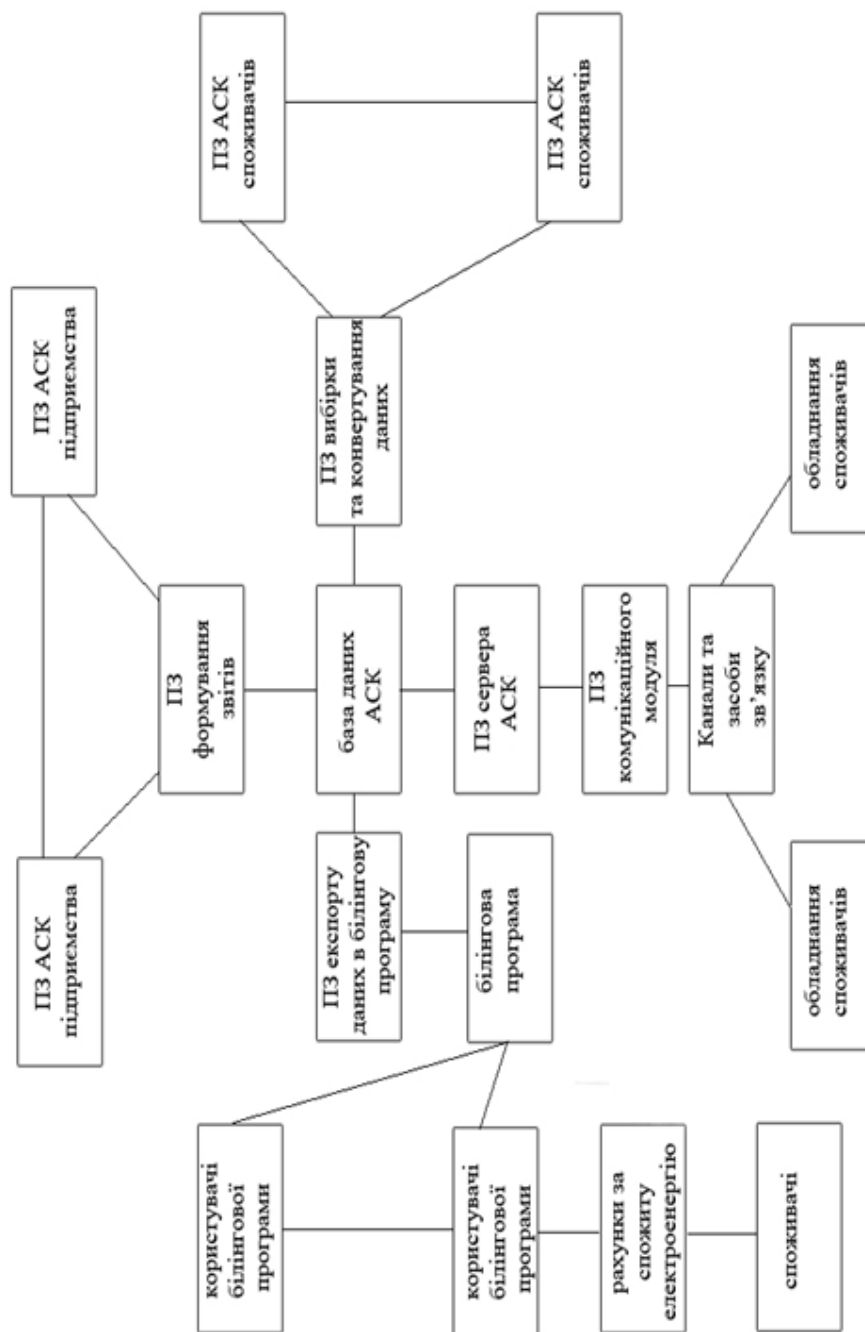
12. Автоматична система контролю та обліку електроенергії. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uadoc.zavantag.com/text/30740/index-4.html>
13. Лут М.Т., Радько І.П. Технічні засоби і системи обліку електричної енергії : Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Лут М.Т., Радько І.П. – ЦП «Компринт», 2015.- 439 с.
14. Кодекс комерційного обліку електричної енергії, В-во: Індустрія, 2022.- 128с.
15. Що таке система АСТОЕ? . [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://samelectryk.in.ua /електрообладнання/електролічильники/472-що-таке-система-астое>
16. Веб сервіс АСКОЕ онлайн. Дистанційний облік електроенергії через інтернет [Електронний ресурс].- Режим доступу: Источник: <https://asoe.com.ua/https://asoe.com.ua/>
17. Праховник А. В. Концептуальні положення побудови АСКОЕ в умовах запровадження перспективних моделей енергоринку України / А. В. Праховник, О. В. Коцар // Енергетика та електрифікація. – 2009. – № 2. – С. 45–50
18. Характеристики засобів обліку електричної енергії. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://hoe.com.ua/page/harakteristiki-priladiv-obliku-elektrichnoji-energiji>
19. АСКОЕ для побутового сектора NovaSyS EnergySale [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://nik.net.ua/solution/ami-residential>
20. Принцип роботи АСКОЕ. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://energozona.com/askoe/zagalna-informaciya.phtml>
21. Binh Le Nguyen. Transmission and Processing for Data Center Networking.- IOP Publishing, 2020. — 226 p.
22. Відмінність GSM і GPRS . [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-GSM-and-GPRS>
23. Лічильники SL7000 Smart. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://www.gvte.com.ua/rus/katalog/schetchik-Actaris-SL7000>

24. Модем Fastrack M1306B. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://shop-gsm.ua/ru/products/gsm-modem-wavcom-fastrack-m1306b/>
25. Пристрої та системи комерційного обліку електроенергії. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.trios.com.ua/
26. Wang L., Tan K.C. Modern Industrial Automation Software Design. Wiley-IEEE Press; 2006,352 p.
27. How Telecom Billing Systems Work. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bluewave.net/2021/05/11/how-telecom-billing-systems-work>
28. Волянський Р.С. Системи вимірювання, обліку та керування енерговикористанням.- Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2016. — 120 с.
29. Яцків В. В. Концепція побудови безпроводних сенсорних мереж на основі колективного інтелекту / В. В. Яцків, Н. Г. Яцків // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 2015. - № 2. - С. 217-221.
30. Цаволик Т.Г. Коректуючі коди системи залишкових класів зі спеціальною системою модулів.- АСІТ'2015, Тернопіль:ТНЕУ, 2015.-с. 61-62.
31. Семеренко, В. П. Теорія циклічних кодів на основі автоматних моделей : монографія / В. П. Семеренко. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 444 с.
32. Теоретичні основи модифікованої досконалої форми системи залишкових класів/Я.М. Ніколайчук, М.М. Касянчук, І.З. Якименко // Кібернетика та системний аналіз. - 2016. - Т. 52, № 2. - С. 51-55.
33. Altera з серії MAX II. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: EPM240T100C3 <https://marsohod.org/shop/boards/brd-marsohod>

Схема мережі передачі даних проектованої системи



Функціональна схема проектованої системи



Лістинг програмного коду кодера/декодера

```

module    coder_3_m73
  (b1,b2,b3,bk); input wire
  [2:0] b1,b2,b3;
      wire [5:0]
      v1 =6'd54;
      wire [5:0]
      v2 =6'd25;
      wire [5:0]
      v3 =6'd67;
      // wire[15:0] m =7'd73; //10'd15; 10-ти бітне
      десяткове число 15 output [6:0] bk;
      assign          bk
      =(v1*b1+v2*b2+v3*b3)%73;
endmodule

module decoder_m73
  (b01,b02,b03,b1,b2,b3,s); input [2:0]
  b01,b02,b03;
  input wire [6:0] s;
  output wire [2:0]b1, b2,b3;
      no_error_1(b1,b01,s);
      no_error_2(b2,b02,s);
      no_error_3(b3,b03,s);
endmodule

```

Копії публікацій