

Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії

СИТНИК Олег Валерійович

**АПАРАТНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ
ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ / HARDWARE OF ELECTRIC POWER CONTROL
AUTOMATED SYSTEM**

спеціальність; 123 – Комп'ютерна інженерія
освітньо-професійна програма - Комп'ютерна інженерія

Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи Кім-21
О.В. Ситник

Науковий керівник:
д.т.н., професор, В.М. Теслюк

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«___» _____ 2021 р.

Завідувач кафедри КІ
О.М.Березький

Тернопіль – 2021

Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії
Освітній ступінь «магістр»
спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія
освітньо-професійна програма – Комп'ютерна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О.М. Березький

“ ____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ситнику Олегу Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи «Апаратні засоби автоматизованої системи обліку електроенергії / Hardware of electric power control automated system»
керівник роботи д.т.н., проф. В.М. Теслюк
затверджені наказом по університету від 10 грудня 2020 р. № 167.
2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи 6 грудня 2021 року
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи
Об'єкт дослідження – системи обліку електроенергії.
Предмет дослідження – апаратні засоби автоматизованої системи обліку електроенергії.
4. Основні питання, які потрібно розробити
 - охарактеризувати компоненти системи збору та обробки даних;
 - провести аналіз елементної бази АСОЕ;
 - проаналізувати методи збору та обробки даних;
 - зробити аналіз мов програмування, інтерфейсів зв'язку;
 - розробити концептуальну модель системи збору та обробки даних для енергетики;
 - розробити алгоритм обчислення показників просторової кореляції;
 - розробити апаратно-програмні засоби автоматизованої системи обліку електроенергії;
 - розробити блок-схеми алгоритмів.
5. Перелік ілюстративного матеріалу у роботі:
 - дерево цілей;
 - концептуальна модель системи збору та обробки даних;

- структура пристрою збору даних;
- алгоритми функціонування пристрою збору даних.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Нормо-контроль	Мельник Г.М., доцент		

7. Дата видачі завдання 26 жовтня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Перший розділ	26.11.2020 – 1.04.2021	
2	Другий розділ	2.04.2021 – 4.07.2021	
3	Третій розділ	5.07.2021 – 26.11.2021	
4	Нормоконтроль, попередній захист	27.11.2021 – 3.12.2021	
5	Подача в бібліотеку ЗУНУ електронного варіанту	6.12.2021	
6	Захист	20.12 – 30.12.2021	

Студент _____ Ситник О. В.
(підпис)

Керівник роботи _____ д.т.н., професор, В.М. Теслюк
(підпис)

Зміст

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	10
1.1 Історія становлення і аналіз існуючих лічильників електричної енергії.....	10
1.2 Аналіз пристроїв збору та збереження даних	15
1.3. Аналіз програмних засобів автоматизованих систем обліку електроенергії	19
1.4 Аналіз мов програмування	21
1.5 Постановка задач дослідження	24
1.6 Висновки до розділу 1	25
2 СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ	27
2.1 Дерево цілей, аналіз елементної бази, методів збору, обробки, програмних засобів та інтерфейсів зв'язку	27
2.2 Розробка концептуальної моделі системи збору та обробки даних для енергетики	34
2.3 Розробка структури пристрою збору даних	36
2.4 Розробка блок-схеми алгоритму функціонування пристрою збору даних.....	38
2.5 Висновки до розділу 2	44
3 РОЗРОБКА АПАРАТНО-ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.....	46
3.1 Розробка процесорного вузла.....	46
3.2 Розрахунок обсягу пам'яті ОЗП та ПЗП і вибір мікросхем пам'яті.....	53
3.3 Розробка вузла обміну з комп'ютером	60
3.4 Розробка блок-схеми та підпрограм роботи вузла обміну з комп'ютером....	65
3.5 Розробка блок-схеми алгоритму та підпрограми підрахунку кількості імпульсів від лічильників	72
3.6 Користувацький інтерфейс	75
3.7 Висновки до розділу 3	80
ВИСНОВКИ	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	82
Додаток А	Ошибка! Закладка не определена.
Структури і блок-схеми алгоритмів	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток Б.....	Ошибка! Закладка не определена.
Світлокопії виданих публікацій	Ошибка! Закладка не определена.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- АСОЕ – автоматизована система обліку електроенергії (енергоресурсів);
- АСКОЕ – автоматизована система комерційного обліку електроенергії;
- АСТОЕ – автоматизована система технічного обліку електроенергії;
- ПЗД – пристрій збору даних;
- ПЗЗД – пристрій збору та збереження даних;
- ПЗП – пам'ять постійного зберігання, постійний запам'ятовувальний пристрій;
- ОЗП – оперативна пам'ять, оперативний запам'ятовувальний пристрій;
- N-МОН – метал-оксид-напівпровідник – технологія побудови логічних електронних схем;
- ІАД – інтелектуальний аналіз даних;
- ПЗ – програмне забезпечення;
- АЛП – арифметично-логічний пристрій;

ВСТУП

Актуальність роботи. Одним з важливих напрямків розвитку економіки країни є автоматизація виробництва на основі мікроелектронної техніки для розвитку існуючих та нових технологічних процесів на підприємствах. Для вирішення цього напрямку використовують автоматизовані системи обліку споживання енергоносіїв (електроенергія, газ, тепло, вода та т. п.) [1-5].

Основним завданням автоматизованих систем обліку електроенергії (АСОЕ) є: вирішення задач комерційного і технічного обліку електроенергії та інформаційного забезпечення розрахунків за електроенергію.

Інші завдання АСОЕ:

- контроль поточних параметрів режимів електроспоживання, в т.ч. показників якості електроенергії,
- аналіз режимів електроспоживання,
- інформаційне забезпечення задач керування режимами електроспоживання.

Умова ефективного функціонування АСОЕ: можливість інтеграції АСОЕ конкретних споживачів в АСОЕ енергопостачальної компанії.

Переваги функціонування АСОЕ:

- одержання енергопостачальною компанією даних комерційного обліку електроенергії безпосередньо з приладів обліку електроенергії;
- оперативне виявлення і документування фактів порушення постачальником або споживачем договірних відносин (необґрунтоване обмеження електропостачання, перевищення лімітів потужності, планів споживання, порушення норм якості електроенергії тощо);
- можливість проведення комплексних розрахунків за електричну енергію;
- автоматизація розрахунків за електроенергію;
- дистанційна параметризація приладів обліку (програмування в приладах обліку тарифних зон, лімітів потужності, планів електроспоживання тощо);

- автоматизований оперативний контроль поточних параметрів електроспоживання з боку диспетчерських служб підприємства та енергопостачальної організації;
- інформаційне забезпечення задач керування режимами електропостачання споживачів.

Мета і завдання дослідження. Метою кваліфікаційної роботи є розробка первинного пристрою збору даних, який має забезпечити прийом та підрахунок споживаної електроенергії від приладів обліку та передачу збережених даних на комп'ютер нижнього рівня.

У відповідності із поставленою метою кваліфікаційна робота включає розв'язки таких задач:

- охарактеризувати компоненти системи збору та обробки даних;
- проаналізувати елементну базу;
- проаналізувати методи збору та обробки даних;
- зробити аналіз мов програмування;
- зробити аналіз інтерфейсів зв'язку;
- розробити концептуальну модель системи збору та обробки даних для енергетики;
- розробити апаратно-програмні засоби автоматизованої системи обліку електроенергії.

Об'єктом досліджень є системи обліку електроенергії.

Предметом досліджень є апаратні засоби автоматизованої системи обліку електроенергії.

Методи досліджень є: теорія цифрових автоматів, теорія алгоритмів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в розробці алгоритмів функціонування систем обліку електроенергії.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробленні апаратних засобів автоматизованої системи обліку електроенергії.

Публікації результатів досліджень. За результатами досліджень опубліковані двоє тез доповідей V науково-практичної конференції молодих

вчених і студентів «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі» (2 грудня 2021 р., м. Тернопіль, Західноукраїнський національний університет) [6, 7]:

Ситник О. В., Каліновський Р. М. Алгоритми підпрограм роботи вузла обміну з комп'ютером для АСОЕ. *Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі* : тези доп. V Наук.-практ. конф. молодих вчених і студентів (2 груд. 2021 р.). Тернопіль : ЗУНУ, 2021.

Ситник О. В., Каліновський Р. М. Алгоритм функціонування пристрою збору даних для АСОЕ. *Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі* : тези доп. V Наук.-практ. конф. молодих вчених і студентів (2 груд. 2021 р.). Тернопіль : ЗУНУ, 2021.

Кваліфікаційна робота складається із трьох розділів, висновків, списку використаної літератури та додатку [8, 9].

У першому розділі описано історію становлення і здійснено аналіз існуючих лічильників електричної енергії, проаналізовані пристрої збору та збереження даних, програмні засоби автоматизованих систем обліку електроенергії, мови програмування, здійснено аналіз завдання на випуск кваліфікаційну роботу та постановку задач.

В другому розділі приведено дерево цілей, зроблено аналіз елементної бази, методів збору, обробки, програмних засобів та інтерфейсів зв'язку, розроблено концептуальну модель системи збору та обробки даних для енергетики, структуру пристрою збору даних, блок-схеми алгоритму його функціонування.

В третьому розділі здійснено розробку процесорного вузла, розраховано обсяг пам'яті ОЗП та ПЗП і вибір мікросхем пам'яті, розроблено вузол обміну з комп'ютером, розроблено блок-схеми та підпрограми роботи вузла обміну з комп'ютером, блок-схеми алгоритму та підпрограми підрахунку кількості імпульсів від лічильників, приведено користувацький інтерфейс

У додатках приведено світлокопії виданих публікацій, структура дерева цілей, структура пристрою збору даних, блок-схема алгоритму підпрограми SCHET, довідка про впровадження (використання).

1 АНАЛІЗ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

1.1 Історія становлення і аналіз існуючих лічильників електричної енергії

Облік в енергосистемах з'явився разом з першими електростанціями та мережами загального призначення в кінці XIX століття. Першими приладами обліку стали амперметри та вольтметри, пізніше з'явилися ватметри, а на початку XX сторіччя – індукційні лічильники активної та реактивної електроенергії. Перші в історії системи обліку електроенергії являли собою “метод шкали, олівця та паперу”, тобто – епізодичне візуальне знімання показів первинних приладів, запис цих даних в журнал та їх ручне сумування. При такому обліку результуюча похибка складала 10 – 12%, не дивлячись на те, що первинні прилади мали відносну похибку 2 – 4%. Це відбувалося через помилки при записуванні показів лічильників, різного часу знімання показів, помилок при проведенні розрахунків.

З ходом часу актуальність проблем, пов'язаних з обліком енергоносіїв, зростала і на початку 70-х років минулого сторіччя з'являються перші автоматизовані системи обліку енергоносіїв. В той же період були сформовані і основні принципи побудови таких систем. Прикладами таких перших систем можуть служити система на базі лічильників Landis&Gyr (1972 рік), а в колишньому СРСР розроблена в 1975 році інформаційно-вимірювальна система енергообліку ИИСЭ-48 та запущена в експлуатацію на початку 80-х років система ЦТ-5000 [10]. На протязі десяти років це був найбільш сучасний на території СРСР комплекс технічних засобів інформаційної електровимірювальної та керуючої системи. Він дозволяв проводити зчитування інформації з індукційних лічильників, обладнаних пристроями формування імпульсів типу Е440 [10], а в подальшому і з більш сучасних УП-2 та УП-3 [10]. В склад комплексу входили пристрій обробки інформації та інформаційне табло. За рахунок інтерфейсів ИРПР та ИРПС комплекс дозволяв виводити дані на відеотермінальні апарати типу ВТА2000-30, ВТА2000-15, абетково-цифрові друкуючі пристрої (наприклад, типу “Электроника-УВВПЧ.30.004), електронно-обчислювальні машини типу СМ-1800. Комплекс був виконаний на базі мікропроцесорного набору серії КР580

та мікросхем серій КР140, К155, К161, К555, КР573 та ін. Програмне забезпечення комплексу було спроектоване за модульним принципом, що давало можливість з невеликими затратами адаптувати його до різного складу периферійного обладнання та до конкретних функцій, які комплекс виконував на підприємстві.

З здобуттям незалежності республік СРСР та розвитку національної економіки окремих держав встало питання організації обліку енергоресурсів та на підставі цього їх економії [11, 12]. Це дало поштовх для розвитку та впровадження в експлуатацію компонентів автоматизованих систем обліку енергоресурсів, і зокрема АСОЕ.

Автоматизована система складається з декількох основних компонентів:

- лічильники електроенергії;
- контролери, або пристрої збору та збереження даних;
- пристрої для організації зв'язку;
- комп'ютери з встановленою на них програмою.

Розглянемо більш детально окремі компоненти автоматизованої системи обліку електроенергії (АСОЕ).

Лічильники електроенергії. Вони є первинним джерелом інформації. Лічильники є активної або реактивної електроенергії. Розташовані вони на підстанції і ведуть підрахунок споживаної електроенергії по окремих фідерах. Електролічильники бувають двох типів: індукційні та більш сучасні електронні. Для зчитування даних з індукційних лічильників в них вмонтовано електронні датчики "оберт-імпульс". Датчики після повного оберту диску лічильника видають на пристрій збору імпульсний сигнал. Сучасні електронні лічильники мають вмонтовані датчики імпульсів та інтерфейсні виходи для зв'язку з комп'ютером. Останні мають більшу точність вимірювання, об'єм зберігання даних до 60 діб, вимірюють фазні напруги та струми, $\cos \varphi$.

За даними Держспоживстандарту [13], станом на 01.07.2007 р. до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки занесено 176 типів лічильників електроенергії, у тому числі 68 – вітчизняного виробництва. На сьогодні в Україні експлуатується близько 2 млн. трифазних (у виробничому

секторі) та 18,8 млн. однофазних (у побутовому секторі) робочих лічильників електроенергії. Слід зазначити, що основна кількість лічильників, які експлуатуються в побутовому секторі – це індукційні лічильники. Також значна кількість таких лічильників використовується на промислових підприємствах для організації внутрішнього технічного обліку по цехах, підрозділах, лабораторіях. Найбільш розповсюджені моделі таких лічильників – це лічильники виробництва заводу “ЛЭМЗ” (м. Санкт-Петербург, Росія) та його дочірнього підприємства “ЛЭМЗ-Україна” (м. Київ) [14, 15] типів СО-ЭЭ6706 (активний, однофазний, клас точності – 2, номінальний струм 5 – 60 А), СА3У-И670М, СА4У-И672М (активний, однофазний, прямого або трансформаторного ввімкнення по струму – відповідно максимальний струм: 5-20А або 5А, клас точності – 2), СА3У-И670 (активний), СР4У-И673 (реактивний) – трьохфазні лічильники трансформаторного ввімкнення по струму, клас точності – 2.

Сучасна цифрова система має мати точні мікропроцесорні лічильники. На комерційний облік ставлять високий клас 0,2S або 0.5S, на технічний: 1,0 [16-19]. Цифрові лічильники можуть враховувати за диференційованими тарифами активну та реактивну енергію і потужність у двох напрямках, фіксувати максимальну потужність навантаження на заданому інтервалі часу, зберігати обмірювані дані у своїй пам'яті до року, вимірювати і деякі параметри якості електроенергії. Вони мають вбудовані датчики типу “оберт-імпульс”, а також різні типи інтерфейсів (струмове коло, RS232, RS485).

Популярні в Україні цифрові лічильники, які зареєстровані в Держреєстрі і використовуються в якості засобів обліку електроенергії:

1. Електролічильники та інші компоненти АСОЕ виробництва вітчизняного підприємства “Телекарт-Прилад” (м. Одеса) [20].

Підприємство “Телекарт-Прилад” створене на початку 90-х років. Воно є на даний час одним з провідних на Україні.

Продукція: широкий спектр лічильників “Енергія-9”. Є однофазні типу СТК1-10, які є активними, побутовими та трьохфазні типу СТК3. Останні є активно-реактивними, двонаправленими і слугують для промислових підприємств.

Призначення лічильників СТКЗ в залежності від виконання [21]:

- вимірювання активної та реактивної електричної енергії в одному або у двох напрямках за диференційованими у часі тарифами у трифазних мережах змінного струму промислової частоти;
- забезпечення моніторингу основних параметрів вимірювальної мережі;
- формування бази даних, що містить вимірювальну інформацію;
- передача інтерфейсними каналами (імпульсні виходи або інтерфейс RS485) вимірювальної інформації, що зберігається в базі даних, пристроям обліку електричної енергії вищого рівня.

Основні технічні характеристики лічильників:

- клас точності 0,2, 0,5, 1,0 у разі вимірювання активної енергії та 0,5, 1,0, 2,0 відповідно, у разі вимірювання реактивної енергії;
- номінальне значення напруг 57,5В, 100В, 127В, 220В;
- номінальна частота мережі 50Гц;
- номінальні і максимальні значення сили струму 1А, 5А, 10А, 40А і 1,5А, 7,5А, 40А, 100А відповідно;

Програмне забезпечення лічильників передбачає:

- період інтегрування (1, 3, 5, 10, 15, 30, 60хв);
- число секунд корекції часу (раз в день), в межах ± 10 с;
- автоматичний перехід на літній/зимовий час з попередньою установкою параметрів переходу;
- можливість програмування до 12 сезонів та до 6 часових тарифних зон для кожного сезону;
- накопичення та збереження кількості вимірюваної енергії по кожному виду і напрямку енергії по кожному тарифу у форматі “Всього”, “За місяць” (поточний і попередній);
- накопичення та збереження числа вимикань електроживлення (зникнень напруги мережі), час і дату останніх 50-ти випадків вимикань;
- накопичення та збереження максимальної потужності за добу (поточну і попередню), за місяць (поточний і попередній);

- накопичення та збереження графіка навантажень, що складається із 2160 точок за вибраним періодом інтегрування;
- вивід всіх даних на електронне табло лічильника та за інтерфейсним каналом на комп'ютер вищого рівня.

2. Наступним виробником лічильників є об'єднання “Київприлад” [22], яке виготовляє лічильники моделей “Каскад”. Лічильники є подібними за функціями, організацією інтерфейсу та за ціною до попередніх.

3. Фірма Elster – лічильники “Альфа” [16, 23].

4. ЗАО “Elgama-Elektronika” (м.Вільнюс, Литва) [24] виготовляє лічильники моделей “Elgama” типів LZQM, EMS, EPQS.

5. Фірма Actaris (Франція) виготовляє лічильники моделей Actaris SL7000 Smart. Офіційним представником на Україні є підприємство “Актарис-Україна”, розташоване в м. Київ [25].

Лічильник цієї фірми завойовує популярність на енергетичному ринку України. Він є найбільш універсальним з існуючих моделей лічильників для промислових підприємств.

Його призначення:

- вимірювання активної та реактивної енергії в двох напрямках в 3-х та 4-х провідних колах змінного струму в багатотарифних режимах (за зонами доби);
- обчислення повної енергії, потужності та коефіцієнту потужності;
- реєстрація результатів вимірювань та обчислювань;
- виконання функцій моніторингу сили струму, напруги, частоти та інших величин;
- використання у складі автоматизованих систем обліку електроенергії.

Основні технічні характеристики Actaris SL7000 Smart:

- робочий діапазон напруги – від $3 \times 57,7/100\text{В}$ до $3 \times 240/415\text{В}$ при автоматичному налаштуванні;
- робочий діапазон струмів в залежності від схеми ввімкнення – від 1А до 100А;
- клас точності в залежності від схеми ввімкнення – 0,2s, 0,5s або 1,0;

- вимірювальні параметри – активна, реактивна та повна енергія в одному або двох керунках, електроенергія (газ, вода), виміряна зовнішніми лічильниками (до 4 шт.), миттєві, мінімальні, максимальні, середньоквадратичні значення частоти, фазових напруги та струмів;
- період інтеграції потужності – 1, 2, 3, 5, 10, 12, 15, 20, 30, 60 хвилин;
- графіки навантаження – одночасний запис до 16 незалежних каналів;
- дисплей – багатосегментний ЖКІ з підсвіткою, програмована послідовність повідомлень;
- комунікаційні інтерфейси – 4 керуючих виходи, 2 керуючих входи, 6 імпульсних телеметричних виходів, 4 імпульсних телеметричних входів, 2 інтерфейси RS232 або RS232 і RS485, оптичний інтерфейс;
- відповідність стандартам комунікаційного обміну - МЭК61107, RS232, RS485, DLMS-Cosem, МЭК 62056;
- діапазон робочих температур – від -20°C до $+60^{\circ}\text{C}$.

1.2 Аналіз пристроїв збору та збереження даних

Наступною компонентою АСОЕ є контролери, або пристрої збору та збереження даних (ПЗД) [26].

Пристрій збору даних проводить циклічне опитування стану всіх під'єднаних до нього точок обліку (в залежності від каналу зв'язку з лічильниками та їх типу) та зберігає зчитану інформацію в оперативній пам'яті. ПЗД може мати різний об'єм збереження даних, але його задачею є зберігати значення первинної інформації від лічильників у відповідності до реального часу, тобто ПЗД крім пам'яті обов'язково повинен мати у своїй схемі годинник. На нижньому рівні повинно здійснюватися безпосереднє вимірювання електричної енергії в точках обліку, дискретизація інформації і передача її у вигляді нормованого електричного сигналу. Кількість ПЗД визначається кількістю підстанцій та пристроїв обліку, встановлених на кожній підстанції.

Комп'ютер вищого рівня проводить періодичне зчитування даних з ПЗД. Він розташований, в основному, в відділі головного енергетика підприємства, в диспетчерській, або у постачальника електроенергії ПЗД.

ПЗД і комп'ютер утворюють пристрій збору та збереження даних (ПЗЗД), який проводить:

- збір даних від лічильників;
- перевірку достовірності інформації, зібраної з лічильників;
- збереження первинної інформації для кожної точки обліку;
- відображення результатів обчислення енергії та потужності на дисплеї комп'ютера у вигляді графіків, таблиць тощо;
- складання та роздрук звітних документів;
- архівування даних;
- ведення служби часу АСОЕ;
- ввід даних по точках обліку (номер та тип лічильника, назва точки обліку, коефіцієнт трансформації).

Отже, ПЗЗД не тільки збирає дані з лічильників, а й їх обробляє і передає на верхній рівень. ПЗЗД об'єднує вирішення завдань як комерційного, так і технічного обліку. Сучасних ПЗЗД крім індукційних лічильників з імпульсними виходами мають цифрові електронні лічильники. Такі системи є здешевленими, порівняно з системами, що містять електронні лічильники.

Переваги ПЗЗД:

- передача даних з значно меншою швидкістю (це знижує вимоги до каналів передачі даних, дає можливість використовувати наявні канали передачі даних);
- спрощення завдання об'єднання системи АСОЕ із системою керування підприємством (за рахунок використання різних каналів зв'язку);
- підвищення гнучкості системи.

Розглянемо контролери, які промислово випускаються на Україні.

1. Пристрій зонного обліку УЗУ-01 виробляє НДЛ “Струм” (м. Вінниця) [27]. Його призначення для підрахунку кількості імпульсів, що поступають від лічильників електроенергії, вимірювання поточного часу, обчислення споживаної

електричної енергії та електричної потужності. Пристрій підраховує та обробляє кількість імпульсів за трьома тарифними зонами.

Основні технічні характеристики:

- кількість вхідних каналів – 8;
- параметри вхідних імпульсних сигналів: форма імпульсів – прямокутна, частота імпульсів не більше 10 Гц, довжина імпульсів не менше 15 мс;
- пристрій забезпечує можливість підключення до лічильників по двохпровідних лініях зв'язку типу “вита пара” з активним опором не більше 1кОм, ємністю не більше 0.1 мкФ/км, перерізом дроту не менше 0,05мм²;
- дискретність установки значень поточного часу – 1 секунда;
- конструкція пристрою дозволяє можливість обміну інформацією з зовнішніми пристроями за допомогою стандартного інтерфейсу RS232;
- конструкція пристрою забезпечує збереження даних та відлік поточного часу при вимкненні мережі живлення на період не менше 40 днів;
- межі допустимого значення абсолютної похибки пристрою при вимірюванні часу не перевищують ± 5 секунд за 24 години;
- межі допустимого значення відносної похибки пристрою при підрахунку імпульсів не перевищують $\pm 0,03\%$;
- режим роботи пристрою: процес збору, обробки та збереження відбувається цілодобово;
- живлення пристрою відбувається від мережі змінного струму з номінальною напругою (220 ± 22) В;
- споживана потужність – не більша ніж 9 В·А;
- середня наробка на відмову складових частин пристрою не менша, ніж 20000 годин;
- маса пристрою не більша 1,5кг.

2. СІНЕТ-1 – це наступний багатоканальний пристрій, який виробляється на Україні [28]. Виробником є ЗАТ “ІНЕТ” (м. Київ) – одна з провідних компаній, які працюють на ринку України в галузі багатоканальних, багатотарифних інформаційно-вимірювальних пристроїв контролю та обліку електроенергії [29].

Рік її заснування – 1990. Компанія створює власні пристрої обліку електричної енергії та інших енергоносіїв.

Основні характеристики СІНЕТ-1:

- кількість точок обліку – до 64;
- організація груп обліку – до 32;
- обчислення параметрів електроенергії по точках та по групах обліку;
- фіксування фактів перевищення планової кількості енергії на добу, місяць, квартал;
- індикація на табло календарного часу, параметрів електроенергії, параметрів контролю стану;
- можливість співпраці з зовнішніми пристроями – іншими СІНЕТ-1 по інтерфейсу RS485, мережевими контролерами і засобами вищого рівня по каналам зв'язку;
- межі відносної допустимої похибки при обчисленні енергії дорівнюють $\pm 0,1\%$ від значення прирості енергії;
- межі абсолютної допустимої похибки формування добового інтервалу часу дорівнюють ± 2 сек.;
- на виводах підключення прямих ліній зв'язку з лічильниками пристрій формує імпульси з амплітудним значенням напруги 12 В;
- потужність споживання не перевищує 220 В·А;
- при зникненні живлення пристрій зберігає дані обліку протягом одного місяця.

3. Контролери, які зчитують дані з лічильників конкретних моделей (MCL 3.x та PCCL4.x – зчитують дані тільки з лічильників виробництва фірми “Elgama” [24]).

1.3. Аналіз програмних засобів автоматизованих систем обліку електроенергії

Проведемо аналіз найбільш поширених програмних засобів АСОЕ.

1. Програмно-технічний комплекс “Парус-ЭЧ” (Росія) [30] – розподільчий комплекс програмних та апаратних засобів, які встановлені на підстанціях та диспетчерських пунктах і забезпечують збір даних з електронних лічильників “Альфа”. Кожна з підстанцій має технологічний контролер, в склад якого входить одноплатний промисловий комп’ютер та від 1-ої до 4-ох плат 8-канального мультиплексора. До плат можна підключити 32 лічильники “Альфа”. Контролер кожні 0,5 години зчитує лічильники, а центральний комп’ютер диспетчерської один раз на добу зчитує інформацію всіх технологічних контролерів.

2. Наступним є вимірювально-обчислювальний комплекс “Альфа-ЦЕНТР” [16]. Він призначений для вимірювання та обліку електричної енергії та потужності. Також комплекс проводить автоматичний збір, обробку та збереження отриманої інформації в зручному для аналізу вигляді на електростанціях, підстанціях, промислових підприємствах.

3. Третім визначимо підприємство ТОВ “ЕЛПРО-М” [31]. Воно пропонує першу в Україні автоматизовану інформаційно-розрахункову систему обліку та керування енергоспоживанням. Вона відрізняється від існуючих систем обліку наявністю двох взаємодіючих контурів, які реалізують взаємодоповнюючі один одного підсистеми комерційного і технічного обліку з оперативним аналізом споживаної потужності та автоматизацію безпосереднім керуванням навантаженнями по системі диспетчерського керування енергоспоживанням підприємства.

4. Система Atdata®Smart ТОВ ТРІОС [32] забезпечує прийом даних з лічильників SL7000, LZQM, “Євроальфа”, “Енергія-9”. Архітектура системи – двохрівнева, для багатьох користувачів, інтерфейси зв’язку – RS-485, RS-232, протокол TCP/IP, GSM-зв’язок. Кількість лічильників в системі – більше 1000, форма представлення інформації – графічна, таблична. Область застосування –

забезпечення автоматизації комерційного обліку електроенергії у всіх категорій споживачів.

5. П'ятою виділимо систему комерційного обліку “Альтаір” [33]. Її виробник – підприємство “Телекарт-Прилад” (Одеса) [20]. Система побудована на базі електролічильників типу “Енергія” свого виробництва. Вона призначена для експлуатації на енергосистемах малих та середніх промислових підприємств та дозволяє проводити облік розподілу та споживання електроенергії (активної та реактивної, в трьох тарифних зонах), або за кожною точкою обліку, або за заданим споживачем групами обліку, накопичувати ці дані та відображувати їх як в тестовому, так і в графічному вигляді.

6. Досить поширеною є автоматизована система обліку “Омега” [33]. Вона реалізовує багаторівневу систему збору і обробки даних. Пункти прийому платежів і розрахункові центри забезпечують накопичення й аналіз даних про споживання електроенергії, формування бази даних і підготовки звітності. Система враховує пільги, кредитування, обмеження споживання електроенергії. Використання системи обліку “Омега” є ефективним у вирішенні проблеми обліку й оплати електроенергії.

7. На сьомій сходинці автоматизована система обліку SMART IMS виробництва ТзОВ “Енергофінпром” [34]. Вона являє собою сучасну систему міського або районного масштабу, яка дозволяє вести неперервний дистанційний облік електроенергії в побутовому секторі. Система надає можливість передачі даних по побутовій електромережі, є сумісною з сучасними програмами дистанційного розрахунку за електроенергію.

Існують два типи систем обліку електроенергії:

- автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ);
- автоматизовані системи технічного обліку електроенергії (АСТОЕ).

АСКОЕ займаються збором даних про споживання електроенергії від лічильників комерційного обліку. Лічильники комерційного типу, це такі електролічильники, за показами яких підприємство розраховується за спожиту електроенергію з енергопостачальними організаціями. Ця задача є дуже важливою для підприємства. Також АСКОЕ забезпечують передачу даних по

каналах зв'язку (виділена лінія, телефонна лінія, GSM-зв'язок тощо) на вищій рівень (наприклад, Обленерго). Це дозволяє ідеально створити централізацію обліку.

Слід відмітити, що більшість АСКОЕ можуть виконувати і функції технічного обліку, тобто вміщують в собі і АСТОЕ. Технічний (внутрішній) облік є необхідним керівнику енергетичним господарством підприємства для того, щоб шляхом аналізу визначати можливості економії енергоресурсів, регулювати режим навантаження, визначати порушення режиму енергопостачання та прогнозувати перспективи розвитку підприємства.

АСТОЕ відрізняються від АСКОЕ меншою ціною, в якості ліній зв'язку використовуються телефонні мережі, вони не вимагають дорогих лічильників, не потрібно мати каналів передачі даних на вищій рівень, тому що кінцевою ланкою такої системи є комп'ютер у керівника енергетичного господарства. Існує багато варіантів проектування систем технічного обліку, один з варіантів побудови такої системи в частині проектування первинного пристрою збору даних представлений в даній випускній кваліфікаційній роботі.

1.4 Аналіз мов програмування

Проведемо аналіз мов програмування.

Мови програмування низького рівня орієнтовані на конкретний тип процесора і враховують його особливості.

Асемблер – це загальноприйнята назва транслятора з автокоду [35]. Асемблер переводить початкову програму, написану на автокодї, в машинну мову. Позаяк асемблер виконує трансляцію на мову завантажувача, то при завантаженні програми проходить налаштування умовних адрес. Під умовними адресами розуміють адреси розташування даної програми в пам'яті комп'ютера і її зв'язки з іншими незалежно трансльованими програмами.

Перевагою мов низького рівня є те, що в результаті їх використання створюються ефективні і компактні програми, оскільки розробник отримує доступ до всіх можливостей процесора.

Недоліком є те, що:

- програмістів такого рівня є мало, тому що програміст, який працює з мовами низького рівня, має бути високої кваліфікації і добре розуміти будову комп'ютера;

- результуюча програма не може бути перенесена на комп'ютер з іншим типом процесора.

Використання мов низького рівня – написання:

- невеликих системних додатків;
- драйверів пристроїв;
- модулів стиків з нестандартним обладнанням.

Вимоги до програм мов низького рівня: компактність, швидкодія і можливість прямого доступу до апаратних ресурсів.

Мови програмування високого рівня є більш зрозумілими людині, ніж комп'ютеру. В цих мовах не враховуються особливості конкретних комп'ютерних архітектур. По цій причині створені програми легко переносяться з комп'ютера на комп'ютер, де встановлено транслятор цієї мови. Розробка програм на таких мовах є простішою і помилки допускаються рідше.

Розглянемо мови програмування високого рівня.

Java – об'єктно-орієнтована мова програмування [36]. Java розроблена на початку 90-их 20 ст. компанією Sun Microsystems. При реалізації Java програма компілюється в байткод, а той, в свою чергу, – в рідний машинний код при запуску. Sun Microsystems надає компілятор Java та віртуальну машину Java, які задовольняють специфікації Java Community Process, під ліцензією GNU General Public License. Синтаксис мови запозичено з C і C++. На відміну від C і C++, Java має простішу об'єктну модель і менше низькорівневих можливостей. Java була створена, як мова програмування, яка не залежить від архітектури комп'ютера і її можна використовувати для створення вбудованого в різноманітні побутові

електронні прилади (мобільні засоби зв'язку, пристрої дистанційного керування тощо) програмного забезпечення.

JavaScript – мова сценаріїв. Вона має схожу із Java назву і синтаксис, але не пов'язана із Java.

.NET Framework (читається дот-нет) [37] – програмна технологія. Вона була запропонована фірмою Microsoft, як платформа для створення як звичайних програм, так і веб-програм. .NET Framework є продовжувачем ідей та принципів, що лягли в основу розробки технології Java. Однією з таких ідей є сумісність служб, написаних різними мовами, якою володіє також і платформа Java. Кожна версія в .NET не конфліктує між різними версіями. .NET початково була розроблена для платформи Microsoft Windows, але на даний час існує реалізація для платформи FreeBSD (від Microsoft) і обмежений варіант технології для ОС Linux в рамках вільних проєктів Mono, DotGNU.

C++ – це універсальна мова програмування високого рівня з підтримкою об'єктно-орієнтованої та процедурної парадигм програмування [38]. Розробником мови є Б'ярн Страуструп (англ. Bjarne Stroustrup), лабораторія розробки – AT&T Bell Laboratories (Мюррей-Хілл, Нью-Джерсі). Рік заснування – 1983. Розроблена на основі мови C. Визначена стандартом ISO/IEC 14882:2003. У 90-х роках ХХ століття C++ була однією з найвживаніших мов програмування загального призначення.

Розглянемо мови програмування середнього рівня.

Ці мови стартували на початку 60-х ХХ століття. Характерною особливістю цих мов є: відносна простота; незалежність від конкретного комп'ютера; можливість використання потужних синтаксичних конструкцій.

На відміну від мов низького рівня, з якими справляються професіонали – на цих мовах можуть писати невеликі програми і люди, які не є професійними програмістами.

Pascal є алгоритмічною мовою програмування універсального призначення [39]. Її діалекти – UCSD, Borland, Turbo підтримують об'єктно-орієнтоване програмування. Стандартом мови Паскаль є ISO 7185:1990B, для мови Extended Pascal – ISO 10206:1990. Стандарти були затверджені в 1990 році. Мова Pascal

стандартизована в багатьох країнах, а у 1983 році було прийнято міжнародний стандарт (ISO 7185:1983).

Паскаль широко використовують у навчальних закладах при вивченні програмування. Спочатку Паскаль не був придатний для написання великих проектів, тому, що не було передбачено можливості складання програми з кількох програмних частин. Завдяки появі діалектів мови появилася можливість окремого компілювання програмних частин, що сприяло перетворенню Pascal на засіб написання великих програмних систем. Переваги мови Pascal:

- мова в природній і елегантній формі відображає найважливіші сучасні концепції технології розробки програм;
- мова є легкою для вивчення й освоєння;
- мова є придатною для дуже широкого спектру додатків, у тому числі для розробки дуже великих і складних програм, наприклад, операційних систем;
- мова є технологічною для реалізації практично усіх, у тому числі і нетрадиційних, машинних архітектур.

1.5 Постановка задач дослідження

Метою кваліфікаційної роботи є розробка первинного пристрою збору даних, для забезпечення прийому та підрахунку споживаної електроенергії від приладів обліку та передачі збережених даних на комп'ютер нижнього рівня.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- здійснити характеристику компонентів системи збору та обробки даних;
- проаналізувати елементну базу;
- проаналізувати методи збору та обробки даних;
- зробити аналіз мов програмування;
- зробити аналіз інтерфейсів зв'язку;
- розробити концептуальну модель системи збору та обробки даних для енергетики;

- розробити апаратно-програмні засоби автоматизованої системи обліку електроенергії:

- розробити блок-схеми алгоритмів;
- провести тестування реалізованих алгоритмів.

У відповідності до вимог при розробці пристроїв збору даних для автоматизованих систем обліку електроенергії та вихідних даних до випускної кваліфікаційної роботи пристрій збору даних (ПЗД) повинен забезпечувати такі основні функції:

- ввід даних від лічильників електроенергії у вигляді імпульсів або даних;
- максимальна кількість лічильників (каналів вимірювання), які підключаються до пристрою збору даних – 32;

- ПЗД повинний мати вбудований таймер/годинник і забезпечувати облік електроенергії відповідно до заданих періодів інтеграції з ряду 1, 2, 5, 10, 15, 30, 60 хвилин (у даному проекті цей інтервал складає 30 хвилин);

- Об'єм оперативного запам'ятовуючого пристрою повинен забезпечувати збереження даних не менше 7 діб;

- ПЗД повинен забезпечувати похибку обчислення по каналах обліку не гірше 0,5%, похибка ходу годинника повинна бути не гірше 1 секунди на добу;

- ПЗД має забезпечити передачу даних на персональний комп'ютер по послідовному інтерфейсу у вигляді масиву кількості імпульсів за кожним каналом вимірювання;

- ПЗД повинен забезпечувати увімкнення джерела резервного живлення;

- при вимиканні зовнішнього живлення ПЗД повинен забезпечувати фіксацію часу зникнення живлення, збереження даних, роботу годинника та календаря протягом не менше 40 діб, фіксацію часу відновлення живлення.

1.6 Висновки до розділу 1

Результатами першого розділу є:

- проведений аналіз існуючих лічильників електричної енергії;
- проаналізовано пристрої збору та збереження даних;
- проведений аналіз програмних засобів автоматизованих систем обліку електроенергії;
- проаналізовано мови програмування.

Таким чином, на основі проведеного аналізу показано актуальність проведення наступних досліджень та здійснено постановку задач на наступні розділи.

2 КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ І АЛГОРИТМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЗБОРУ ДАНИХ

2.1 Дерево цілей, аналіз елементної бази, методів збору, обробки, програмних засобів та інтерфейсів зв'язку

Для розробки ефективних компонентів для синтезу системи збору та обробки даних для енергетики здійснюємо:

- розробку дерева цілей, структура якого наведена в додатку А на рисунку А.1.

- аналіз елементної бази, яка складається з спеціалізованих НВІС, напівзамовних НВІС, замовних НВІС, аналогових інтегральних схем та схем пам'яті;

- аналіз методів збору та обробки інформації, який складається з аналізу методів оцифрування та попередньої обробки, створення баз даних, аналізу методів обміну даними між компонентами системи та аналізів методів візуалізації результатів;

- аналіз програмних засобів, а саме аналіз системного програмного забезпечення, аналіз тестового програмного забезпечення та аналіз прикладного програмного забезпечення;

- аналіз основних послідовних та паралельних інтерфейсів зв'язку.

Базовим елементом ПЗД є процесор. За останні роки в мікроелектроніці стрімкий розвиток отримав напрямок, пов'язаний з випуском одно кристальних мікроконтролерів. Вони представляють собою прилади, конструктивно виконані у вигляді БІС, та мають в собі (в залежності від складності) всі складові мікро-ЕОМ: мікропроцесор, пам'ять програм та пам'ять даних, а також програмовані інтерфейсні схеми для зв'язку з зовнішнім середовищем. Використання мікроконтролерів в системах керування забезпечує досягнення виключно високих показників ефективності при низькій вартості. Структурна організація, набір команд та апаратно-програмні засоби вводу-виводу інформації мікроконтролерів

краще всього підходять для вирішення задач керування та регулювання в приладах, пристроях та системах автоматики.

Виходячи з вихідних даних до роботи у якості процесора вибраний мікроконтролер КМ1816ВЕ48, який є простим пристроєм та повністю відповідає всім вимогам. Він має на кристалі наступні апаратні засоби: процесор розрядністю один байт, програмований ПЗП програм ємністю 1 кБайт, ОЗП даних ємністю 64 байти, програмований 8-ми-бітний таймер-лічильник, програмовані схеми вводу-виводу (27 ліній), блок векторного переривання від двох джерел, генератор, схема синхронізації та керування. Його структура у разі необхідності за допомогою зовнішніх мікросхем може бути розширена, а шляхом підключення різних інтерфейсних мікросхем кількість ліній зв'язку може бути збільшена практично без обмежень. Мікроконтролер вимагає одне джерело живлення напругою +5 В, споживає потужність порядку 1,5 Вт. Він може працювати в діапазоні частот синхронізації від 1 до 6 МГц, а мінімальний час виконання команди складає 2,5 мкс.

Для розширення пам'яті програм вибрана мікросхема типу 573РФ. Репрограмований постійний запам'ятовуючий пристрій з довготривалим терміном збереження інформації при увімкненому та вимкненому джерелі живлення забезпечує електричний запис інформації та стирання інформації ультрафіолетовим світлом, виконаний за n-МОН технологією з плавним затвором. Ці мікросхеми можуть працювати у наступних режимах: збереження, зчитування, загальне стирання, загальний запис.

Для збереження даних вибираємо статичне ОЗП, виконане на базі КМОП-технології. Вони характеризуються тим, що в стані спокою, тобто при постійних вхідних сигналах споживають струм в межах мікроампер. Таким чином, в цьому стані їх довгий час можна жити без батареї.

З метою синхронізації роботи ПЗД та забезпечення формування сторінок пам'яті для збереження даних з прив'язкою до масштабу реального часу в системі необхідно використати таймер-годинник. Ідеально до вибраної структури ПЗД підходить мікросхема КР512ВИ1, яка має в собі вбудовані регістри годинника та календаря, генератор тактової частоти, блок керування з заданою частотою, блок

керування таймером та ОЗП на 50 байт для зовнішнього використання. По шині даних та керуючих виходах вона повністю сумісна з мікроконтролером K1816BE48. Мікросхема живиться від джерела +5В, має мінімальне споживання на рівні 100 мкА, що дає можливість підключати для її живлення акумулятор.

Для забезпечення підключення 32 вхідних датчиків до входу процесора використаємо 8-ми канальні аналогові комутатори з дешифратором K590KN6. Їхня структура та наявність схем керування дозволяє об'єднувати їх по виходу за схемою АБО. Вони можуть комутувати вхідні сигнали в межах ± 15 В, а вмонтований дешифратор дозволяє за зовнішніми командами підключати на вихід 1 з 8 вхідних каналів.

Виходячи з необхідності забезпечення зменшення споживаної ПЗД потужності та середньої швидкодії у якості допоміжних вибираємо мікросхеми серій K1533 та K561, які побудовані на основі МОН-технологій, мають мале споживання, одне джерело живлення та швидкодію на рівні 100 нс.

Таким чином, виходячи з вищенаведеного для побудови пристрою збору даних використана елементна база вітчизняного виробництва, яка відповідає всім вимогам випускної кваліфікаційної роботи, є дешевою та доступною, а в разі необхідності може замінитися імпортними аналогами.

Проведемо аналіз методів збору, обробки, програмних засобів.

Інтелектуальний аналіз даних (ІАД) – виявлення прихованих закономірностей чи взаємозв'язків між змінними у великих масивах необроблених даних [40-44]. Зазвичай підрозділяється на завдання класифікації, моделювання і прогнозування.

ІАД включає методи й моделі статистичного аналізу та машинного навчання, але на відміну від них зосереджується на автоматичному аналізі даних. Інструменти ІАД дозволяють проводити аналіз даних предметними фахівцями (аналітиками), які не володіють відповідними математичними знаннями.

Основні задачі ІАД:

1. Класифікація – віднесення вхідного вектора (об'єкта, події, спостереження) до одного з наперед відомого класу.

2. Кластеризація – поділ множини вхідних векторів на групи (кластери) за рівнем «схожості» один на одного.

3. Регресія – встановлення залежності неперервними вхідним і вихідним векторами.

4. Асоціація – пошук повторюваних патернів.

5. Послідовні шаблони – аналогічна задача до асоціації, але з урахуванням часової складової. Наприклад, пошук причинно-наслідкових зв'язків.

6. Прогнозування – є аналогічне задачі регресії, але з урахуванням часової складової. Наприклад, прогноз трендів фінансових показників.

7. Аналіз відхилень – виявлення найбільш нехарактерних патернів.

Бази даних. Спочатку бази даних утворилися як засоби обробки інформації. Вони виникли в зв'язку з застосуванням комп'ютерних систем у сфері підприємництва, фінансів та керівництва. Перші бази даних – це були будь-які масиви, в яких накопичувалися дані і в подальшому опрацьовувалися. Поступово термін «бази даних» набув більш визначеного поняття. Появилася окрема галузь комп'ютерних наук в яку ввійшли технології створення, зберігання і застосування баз даних.

Властивостями сучасних баз даних є:

- вони структурують і класифікують дані за певною множиною формальних та змістовних ознак;

- в них присутнє спеціальне програмне забезпечення – системи управління базами даних;

- методів і засобів зберігання даних (технологій фізичного рівня) є незалежними від методів та засобів опрацювання і сприйняття даних (технологій логічного рівня);

- способи представлення і обробки даних не залежать від їх змісту та галузі застосування;

- методи і процедур опрацювання не залежать від обсягів даних;

- можливим є застосування однієї бази даних для розв'язання різного роду задач.

Термін “база даних” має багато визначень. Тому що цей термін в цілому є достатньо об’ємним, складним та багатостороннім.

Існує визначення, що база даних – це множина взаємопов’язаних даних, які об’єднані спільним середовищем зберігання, спільним застосуванням, єдиною формою представлення, єдиними методами і засобами керування.

Управління даними. Програми обслуговування баз даних слугують для збереження даних у спеціальному форматі. За допомогою них можна здійснювати вибір, опрацювання, друк і т. п. Якщо база даних готова, то за допомогою Microsoft Access дозволено здійснювати у ній пошук даних за критеріями, що задаються користувачем. Як приклад може бути телефонний довідник.

Для того, щоб уніфікувати механізм пошуку даних, значення набору даних зберігаються у уніфікованій формі. Для цього дані зберігаються у вигляді таблиць, кожен запис даних (блок даних) є окремим рядком таблиці. Набір даних формується з записів, а кожний запис даних – має окремі поля – стовпчики таблиці. Стовпці бази однакові, тобто вони мають одну і ту ж саму послідовність полів, але значення поля у кожен запис має своє.

Процес створення бази даних має декілька етапів. На першому етапі визначається структура бази даних. А саме, встановлюється, з яких полів буде складатися окремий запис бази даних. Також на цьому етапі задається тип кожного поля. Типи бувають текстові і числові. Текстові призначені для зберігання тексту. Обробка для таких даних є слабшою, ніж у числових. З числовими даними можна проводити обчислення, а з текстовими пошук. Кожне поле має своє ім’я. Разом з типом поля вказуються різноманітні його характеристики (вага, маса, довжина, об’єм і т. п.). На другому етапі розробки бази даних здійснюється ввід даних. На цьому етапі використовуються спеціальні форми (бланки). Вони спрощують як ввід так і вивід окремих записів. Форми допомагають виводити на монітор (чи друкувати) значення не всіх полів кожного запису, а тільки вибраних.

Для пошуку інформації у базі даних задаються критерії пошуку. Вони застосовуються до значень певних полів бази даних. Запити навіть можна

зберегти для повторного використання. Якщо запити визначені точно, то вибірка з бази здійснюється швидко.

Третій етап – це оформлення одержаної посортованої інформації.

Системне програмне забезпечення – програмне забезпечення, яке призначене для експлуатації та технічного забезпечення комп'ютера. Часто є частиною операційної системи, або однією з її утиліт. Прикладами системного програмного забезпечення можуть бути:

- операційна система;
- компілятор;
- інтерпретатор;
- оптимізатор;
- файлові утиліти;
- драйвер.

Зупинимося на деяких з них конкретніше. Операційна система являє собою комплекс програм, які забезпечують управління апаратними засобами комп'ютера; підготовляють роботу з файлами і прикладним програмним забезпеченням; здійснюють введення і виведення даних.

Інтерпретатор являє собою програму чи технічні засоби, що необхідні для виконання інших програм, вид транслятора, який здійснює пооператорну (покомандну) обробку, перетворення у машинний код та виконання програми або запиту.

Компілятор являє собою комп'ютерну програму або набір комп'ютерних програм, які компілюють (перетворюють) код програми, яка написана на деякій мові програмування, на семантично еквівалентний код в іншій мові програмування. Таке перетворення необхідне для виконання програми на комп'ютері.

Драйвер це – програма, за допомогою якої операційна система отримує доступ до керування апаратним забезпеченням.

Прикладне програмне забезпечення це – пакети прикладних програм, які являють собою готові комплекти програм, які вимагають незначного налаштування на розв'язок поставлених перед ними проблем. За допомогою

прикладного програмного забезпечення проходить з'єднання втілення комп'ютерних технологій у всі сфери життя – промисловість, наукові експерименти, інженерне проектування, освіти, діловодство, побут.

Для автоматизації діловодства і управлінських робіт активно застосовуються п'ять електронних технологій, які забезпечуються великою кількістю прикладного ПЗ: персональні бази даних, обробка текстів, електронні таблиці, ділова графіка і обмін даними локальними мережами зв'язку.

Розглянемо інтерфейси зв'язку Зосередимося на локальній комп'ютерній мережі (LAN). LAN – це об'єднання деякого числа комп'ютерів (деколи великого) на порівняно невеликій території. Дана локальна мережа будується на основі топології "зірка" з використанням хабів, комутаторів та кабелю UTP чи STP 5-ї категорії («вита пара»). Дана технологія називається Fast Ethernet. Вона проводить обмін інформацією на швидкості $> 100\text{Мбіт/с}$, що достатньо для задоволення потреб користувачів мережі.

RS-232 (COM) – це стандарт, що визначає інтерфейс обміну даними між пристроєм передачі інформації (модемом) і комп'ютером шляхом послідовної передачі. Стандарт характеризує тип конектора, призначення його контактів і напруги, що використовуються для з'єднання двох пристроїв (наприклад, послідовний порт COM1 комп'ютера і модем) таким чином, щоб вони могли посилати дані один одному.

RS-232 має стандартну швидкість передачі рівну 9600 біт/с і передає на відстань до 15 м. Існує в 8-, 9-, 25- і 31-контактних варіантах рознімань. Найчастіше використовується 9-контактне рознімання.

У загальному випадку описує 4 інтерфейсні функції:

- визначення керуючих сигналів через інтерфейс;
- визначення формату даних користувача, переданих через інтерфейс;
- передачу тактових сигналів для синхронізації потоку даних;
- формування електричних характеристик інтерфейсу.

Інтерфейс USB – це є зовнішня шина, що служать для підключення різних пристроїв: зовнішні жорсткі диски, CD-, DVD-пристрої, сканери, принтери, цифрові камери вводу зображення і ін.

Інтерфейс USB дозволяє підключати до 127 пристроїв. На практиці під'єднують не більше десяти, більше не дозволяє максимальна пропускна спроможність каналу. Обмін даними з швидкодійними пристроями здійснюється на швидкості 12 Мбіт/с, а з повільними – на 1.5 Мбіт/с. Максимально допустима довжина кабелю складає 5 м, її збільшують за допомогою додаткових концентраторів. У складі шини USB є лінія живлення з допустимим струмом навантаження до 500 мА.

Інтерфейс користувача (дружній інтерфейс) – це спосіб зручної взаємодії користувача з інформаційною системою. Він являє собою сукупність засобів для обробки та відображення інформації, максимально пристосованих для зручності користувача; у графічних системах, з допомогою вікон, їх різними кольорами, розмірами, розташуванням, сортуванням елементів вікон, гнучкими налаштуваннями як самих вікон, так і окремих їх елементів і іншими користувацькими налаштуваннями.

2.2 Розробка концептуальної моделі системи збору та обробки даних для енергетики

В склад автоматизованої системи обліку електроенергії (рисунок 2.1), починаючи з нижнього рівня входять наступні компоненти:

- лічильники електроенергії;
- пристрій збору даних;
- засоби комунікації (комунікаційний модуль);
- вищий рівень прийому та обробки даних – сервер користувача на підприємстві та сервер Обленерго.

Лічильники електроенергії (в залежності від виконання) забезпечують вимірювання активної та реактивної електроенергії за диференційованими у часі тарифами та формування первинної бази даних.

Пристрій збору даних, в залежності від реальної схеми автоматизованої системи, забезпечує зчитування даних по імпульсним каналам зв'язку від 1 до 32 лічильників електроенергії та збереження даних у внутрішній пам'яті.

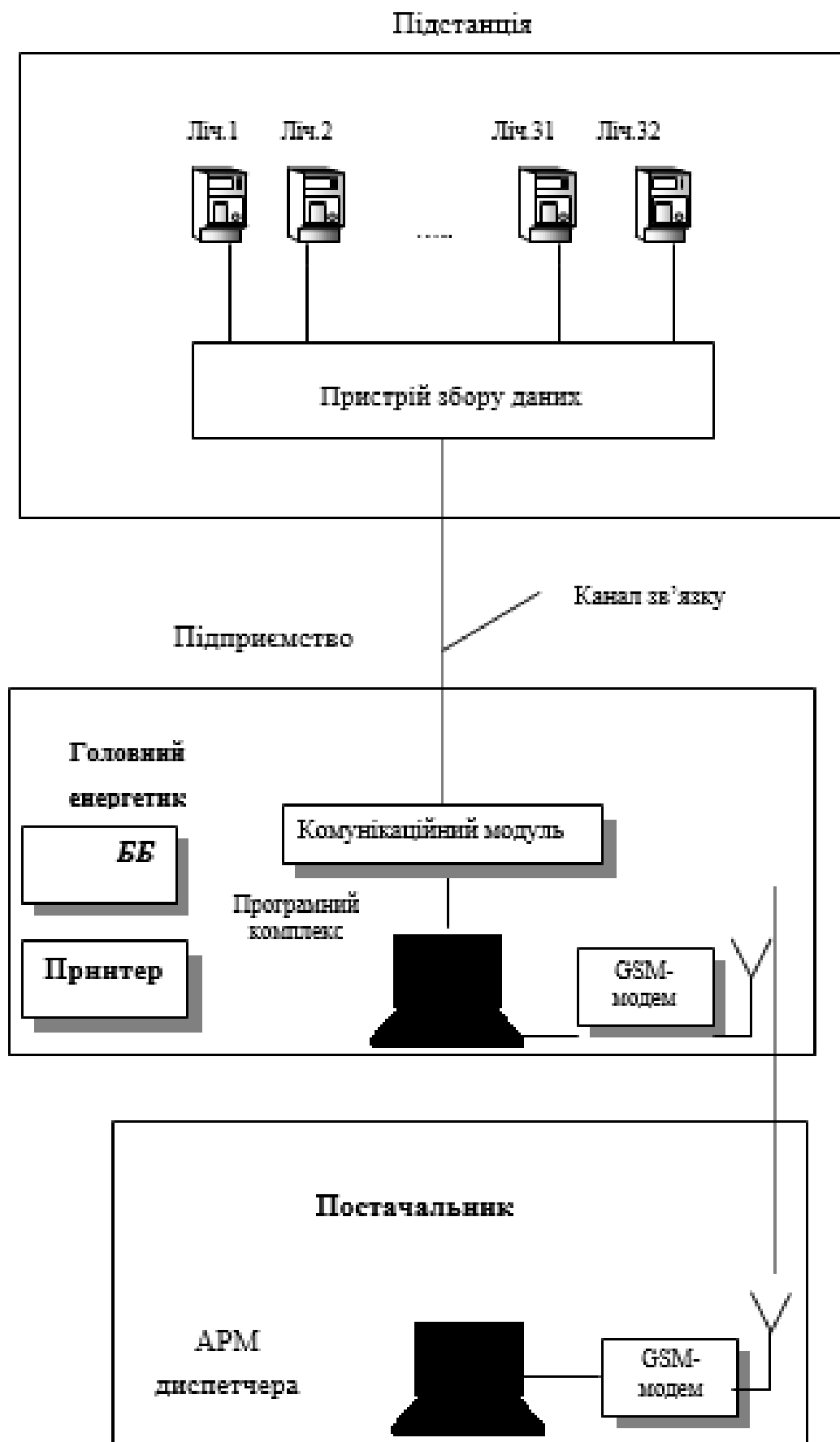


Рисунок 2.1 – Концептуальна модель системи збору та обробки даних

Взаємодія розглянутих компонентів нижнього рівня (ПЗД) і верхнього рівня – сервер бази даних споживача здійснюється за допомогою GSM-каналу зв'язку (через інтерфейс RS232), який відповідає вимогам МККТТ для каналів тональної частоти. Каналостворювальна апаратура повинна забезпечити передачу інформації із швидкістю не нижче 9600 бод. Також можливий варіант організації зв'язку безпосередньо через інтерфейс RS232, якщо комп'ютер користувача розташований на відстані не більше 10 метрів від пристрою збору даних.

Засоби верхнього рівня, в склад яких входять сервер бази даних та користувацький інтерфейс, здійснюють періодичне зчитування даних через засоби комунікації з пристрою збору даних та формування звітних документів, які забезпечують оперативний контроль за станом електроспоживання на підприємстві та формування звітів за споживану електроенергію за встановлені періоди.

2.3 Розробка структури пристрою збору даних

Основним вузлом пристрою збору даних є процесорне ядро, яке забезпечує керування та реалізацію всіх алгоритмів збору та обробки даних, тобто опитування, оцифрування, попередню обробку даних, створення внутрішньої бази даних, обмін між компонентами системи, візуалізація результатів при передачі даних на пристрої вищого рівня. Воно включає процесор, постійний запам'ятовуючий пристрій та регістр фіксації молодшого байту адреси. Процесор за програмою функціонування, яка зберігається у постійному запам'ятовуючому пристрої забезпечує виконання всіх функцій – підрахунок даних по каналах вимірювання, запис даних в оперативний запам'ятовуючий пристрій, прийом і виконання команд з персонального комп'ютера та передачу даних на комп'ютер, керування роботою інших вузлів пристрою збору даних. Для цього використовується восьмирозрядна шина даних та порти процесора. Регістр

фіксації адреси забезпечує формування молодшого байту адреси при роботі процесора з зовнішніми пристроями.

Вхідні перетворювачі забезпечують прийом та перетворення імпульсних сигналів від датчиків лічильників електроенергії в нормовані за амплітудою та кривизною фронтів перепади напруги, які відповідають логічним “0” та “1”. Комутатор призначений для підключення до входу процесора вибраного ним вхідного каналу вимірювання.

Основні функції обміну даними та командами з персональним комп'ютером забезпечує процесор. Вхідний формувач лінії зв'язку призначений для перетворення сигналів послідовного інтерфейсу амплітудою ± 12 В в логічні рівні, які відповідають +5 В для логічної “1” та 0 В для логічного “0”. Вихідний формувач лінії зв'язку забезпечує перетворення сигналу 0 В...+5 В логічних рівнів в рівні, які відповідають послідовному інтерфейсу. Основною функцією таймера є прив'язка підрахованої процесорним ядром та записаної в оперативний запам'ятовуючий пристрій інформації до масштабу реального часу. Установка та запуск таймера здійснюється за командами від персонального комп'ютера.

Для збереження даних по всіх каналах вимірювання використовується ОЗП.

Вузол живлення формує всі напруги живлення, які необхідні для функціонування пристрою:

- +5 В для живлення основних вузлів ПЗД;
- +12 В для живлення датчиків електроенергії та вхідних перетворювачів;
- -12 В для живлення вхідного та вихідного формувачів лінії;
- +5 В1 утворюється, як комбінація напруги +5В основного блоку живлення та напруги акумуляторної батареї +4,5В, яка вмикається при вимкненні основного джерела живлення. Це джерело підключається ОЗП та таймера та забезпечує збереження даних та підрахунок часу при вимкненні процесора.

Структура пристрою збору даних приведена в додатку А на рисунку А.2.

2.4 Розробка блок-схеми алгоритму функціонування пристрою збору даних

Взявши за основу розроблену структурну схему ПЗД та вимоги до програмних засобів обладнання такого типу, розроблений алгоритм роботи пристрою. Його можна розділити на три основні режими:

- режим запиту від персонального комп'ютера;
- режим установки;
- режим підрахунку імпульсів.

Спрощена блок-схема алгоритму роботи ПЗД приведена на рисунку 2.2.

Розглянемо більш детально роботу ПЗД у всіх режимах.

Режим запиту від персонального комп'ютера. У цьому режимі здійснюється прийом та виконання команд від персонального комп'ютера. Список команд наведено у таблиці 2.1.

ПЗД завжди знаходиться у режимі очікування команди від персонального комп'ютера. При надходженні на вхід INT мікроконтролера стартового біта команди (рисунок 2.3) спочатку виконується прийом команди у внутрішній регістр мікропроцесора, далі код прийнятої команди порівнюється з кодами команд, наведеними в таблиці 2.1. В разі неспівпадіння прийнятого коду з жодною з команд ПЗД переходить в інший режим. При співпадінні кодів команд на персональний комп'ютер видається байт підтвердження рівний коду прийнятої команди, що є підтвердженням правильної дешифрації команди, а потім проходить процес виконання самої команди.

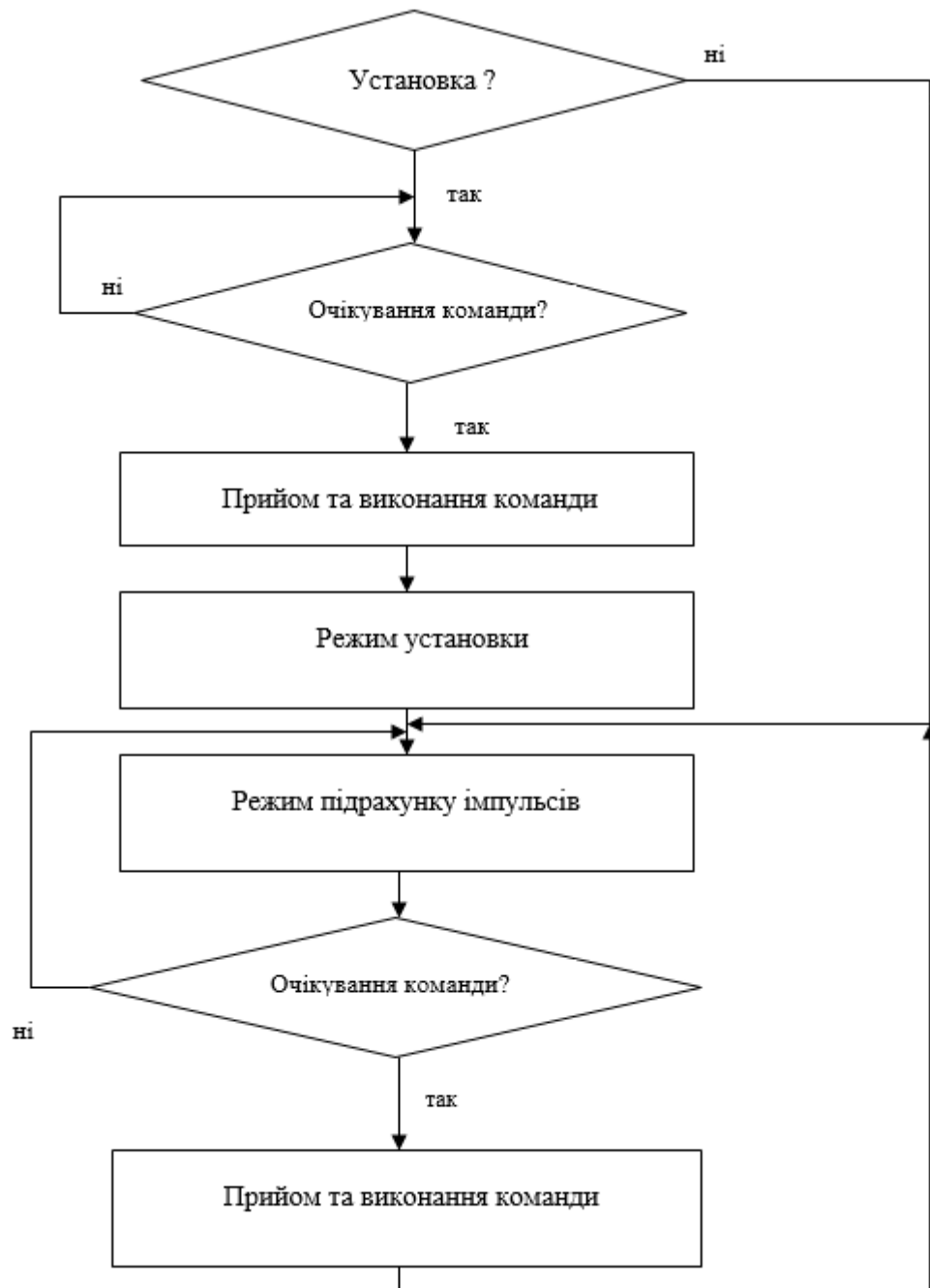


Рисунок 2.2 – Спрощена блок-схема роботи пристрою збору даних

Таблиця 2.1 – Список команд режиму запиту від персонального комп'ютера

Назва команди	Кодова посилка на ПЗД	Відповідна посилка від ПЗД
1. Перевірка каналу	96h	96h + байт стану
2. Видати код годинника	D4h	D4h + 2 байти коду часу
3. Установка годинника	93h + 2 байти коду	93h
4. Почати розрахунок	CBh	CBh
5. Обнулення ОЗП	DAh	DAh
6. Корекція часу +1 секунда	E5h	E5h
7. Корекція часу -1 секунда	EAh	EAh
8. Установка номеру доби для виводу даних	8Xh (X - номер доби)	8Xh + 2 байти початкової адреси даних
9. Перехід в режим підрахунку імпульсів	CBh	CBh
10. Вивід рядка поточного стану датчиків	AXh + CAh (X – номер секції)	AXh + 35 байт коду
11. Вивід рядка добового масиву даних	AXh + 8Yh (X – номер секції, Y – номер півгодини)	AXh + 35 байт коду
12. Перехід в режим установки	C9h	C9h

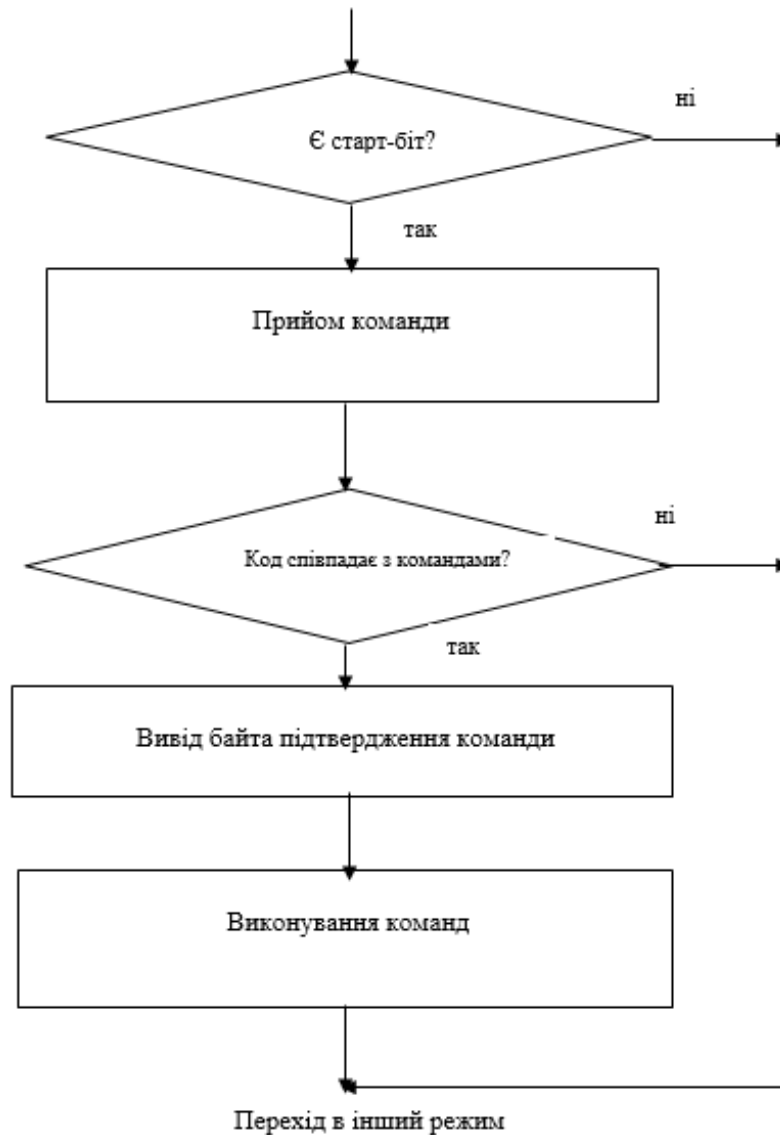


Рисунок 2.3 – Спрощена блок-схема алгоритму режиму запиту

Розглянемо детальніше команди обміну з персональним комп'ютером.

За допомогою команди «Перевірка каналу» здійснюється перевірка каналу зв'язку з комп'ютером. При цьому на комп'ютер видається байт коду стану «Норма». Одержання комп'ютером будь-якої іншої комбінації свідчить про збій у каналі зв'язку.

Команди «Видати код годинника», «Установка годинника», «Корекція часу +1 секунда», «Корекція часу –1 секунда» дають можливість контролювати та коректувати точність ходу таймера/годинника.

За командами “Установка номера доби для виводу даних” та “Видати рядок добового масиву даних” виконується зчитування з ОЗП в персональний комп’ютер масиву даних за 48 півгодин вказаної доби. Видача даних починається по команді “Установка номера доби для виводу даних”, що вказує, за яку з восьми діб необхідно вивести масив. По цій команді встановлюється початкова адреса в ОЗП даного масиву. Подальша послідовна подача команди “Видати рядок добового масиву даних” приводить до збільшення адреси на 32, зчитування з ОЗП 32 байт інформації (16 точок обліку) та трьох байт контрольної суми і виводу їх на персональний комп’ютер. Загальний об’єм інформації, що видається за одну добу становить 1536 байт.

За командою “Вивід рядка поточного стану лічильників”, яка складається з двох байт, де в першому байті вказується номер секції, а в другому – визначник команди виводу поточного рядка даних, виконується зчитування з ОЗП в комп’ютер масиву даних за поточну півгодину (№” байти інформації та 3 байти контрольної суми).

Команди “Почати рахунок” та “Перехід в режим установки” забезпечують перехід в режим підрахунку імпульсів та в режим установки початкових параметрів відповідно. Для переходу з режиму в режим необхідно подати три команди підряд. Це зроблено для захисту від випадкового збою ПЗД.

Режим установки. Цей режим використовується для початкової установки основних вузлів ПЗД. Він ініціалізується після вмикання живлення при відімкненому акумуляторі (рисунок 2.4), а також командою “Перехід в режим установки”. Мікроконтролер зчитує стан регістра 0Dh таймера. При наявності “1” у старшому розряді ПЗД переходить до очікування команд, які виконуються у цьому режимі.

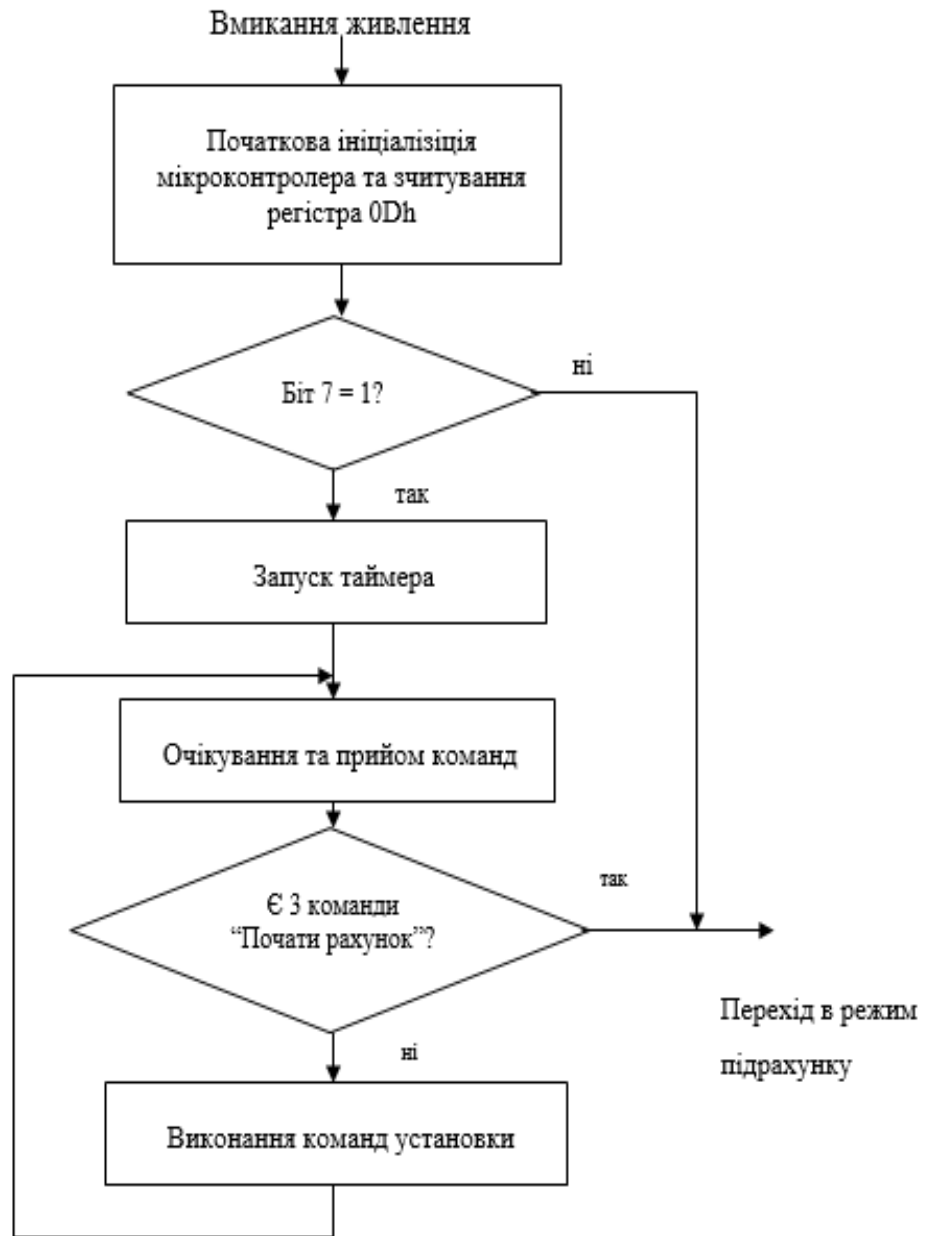


Рисунок 2.4 – Спрощена блок-схема алгоритму режиму установки

Розглянемо команди, які виконуються в режимі установки.

За командою “Перевірка каналу” ПЗД видає на комп’ютер байт стану “Збій”, таким чином повідомляючи комп’ютер, що ПЗД перейшов в режим установки.

В цьому режимі відкривається доступ до установки таймера та обнулення ОЗП даних. За командою “Установка годинника” ПЗД приймає та записує в таймер два байти коду часу – години та хвилини. Після того стан таймера можна

проконтролювати командою “Видати код годинника”, яка видає на комп’ютер два байти поточного стану таймера – години та хвилини.

Команда “Обнулення ОЗП” виконує запис нулів у всі комірки ОЗП даних.

Після установки та запуску таймера три підряд команди “Почати рахунок” викликають формування початкової адреси сторінки ОЗП по коду часу таймера та переводять ПЗД в режим підрахунку імпульсів.

Режим підрахунку імпульсів. У цьому режимі відбувається підрахунок вхідних сигналів по 32 каналах (рисунок 2.5).

Мікроконтролер видає на комутатор адресу опитуваного датчика. Комутатор підключає до входу Т1 мікроконтролера даний датчик. При наявності на вході Т1 рівня логічної “1” у відповідному розряді внутрішнього регістра прапорів відбувається фіксація імпульсу та запис коду в додаткову сторінку ОЗП за адресою, що відповідає даному датчику.

По закінченні опитування всіх 32 датчиків виконується зчитування регістра хвилин таймера та перевірка – чи пройшло півгодини. Якщо поточна півгодина закінчена, то здійснюється перезапис вимірянних за півгодину кодів з додаткової в поточну сторінку ОЗП, занулення додаткової сторінки та формування нової адреси поточної сторінки ОЗП.

По закінченні режиму підрахунку імпульсів мікроконтролер аналізує вхід INT. При наявності запиту на прийом команди від комп’ютера ПЗД переходить у режим запиту, при відсутності – знову повертається в режим підрахунку імпульсів.

2.5 Висновки до розділу 2

В даному розділі проведено аналіз елементної бази, методів збору, обробки, програмних засобів та інтерфейсів зв’язку, а також спроектовано дерево цілей, розроблено концептуальну модель системи збору та обробки даних для

енергетики, розроблено структуру і блок-схему алгоритму функціонування пристрою збору даних.

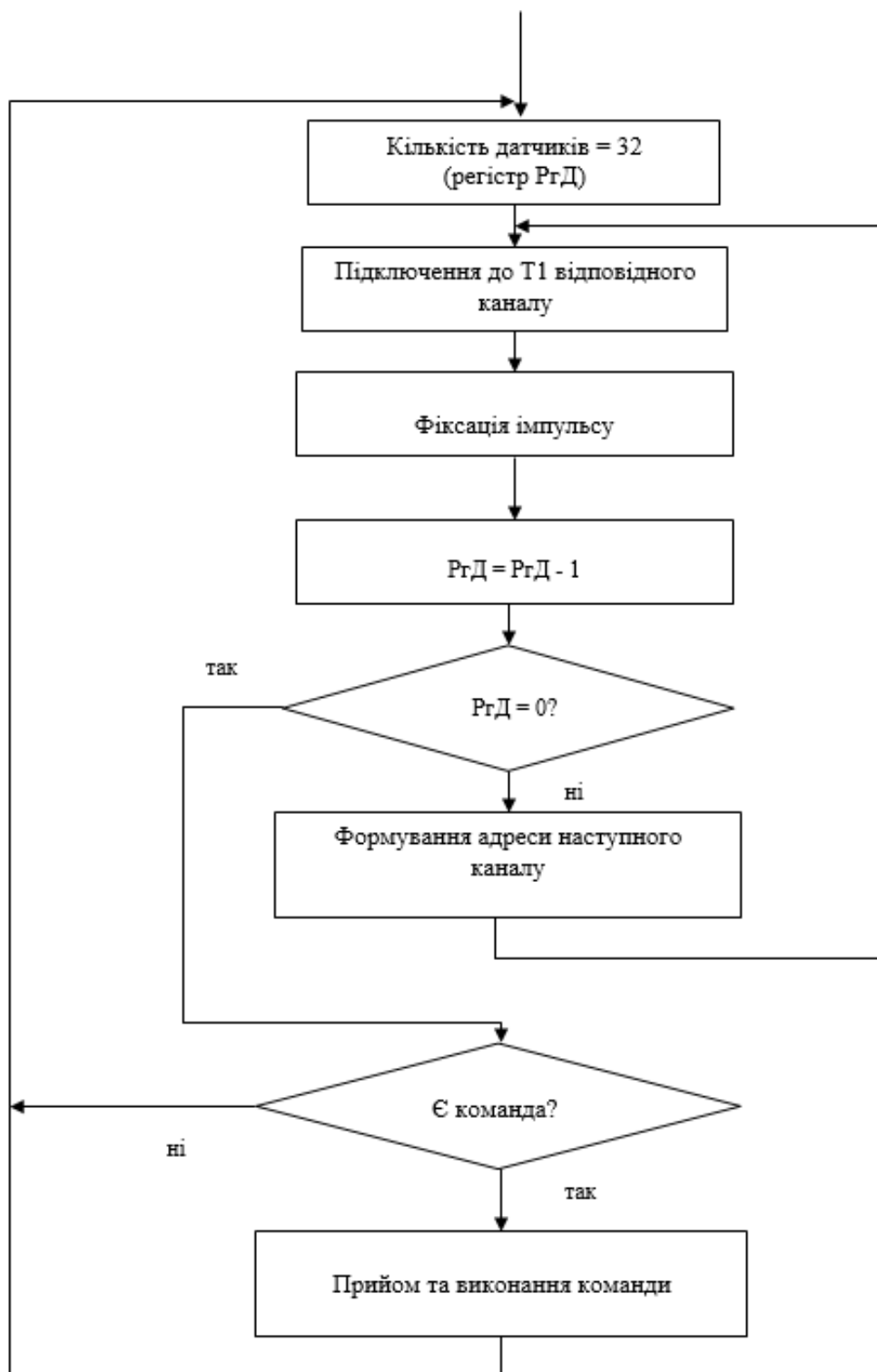


Рисунок 2.5 – Спрощена блок-схема алгоритму підрахунку імпульсів

3 РОЗРОБКА АПАРАТНО-ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

3.1 Розробка процесорного вузла

У якості процесора використано мікроконтролер K1816BE48. Він конструктивно виконаний в корпусі БІС з 40 зовнішніми виводами. Всі виводи електрично сумісні з елементами ТТЛ: входи представляють собою одиничне навантаження, а виходи можуть бути напружені одною ТТЛ-нагрузкою. Умовне позначення мікросхеми наведено на рисунку 3.1.

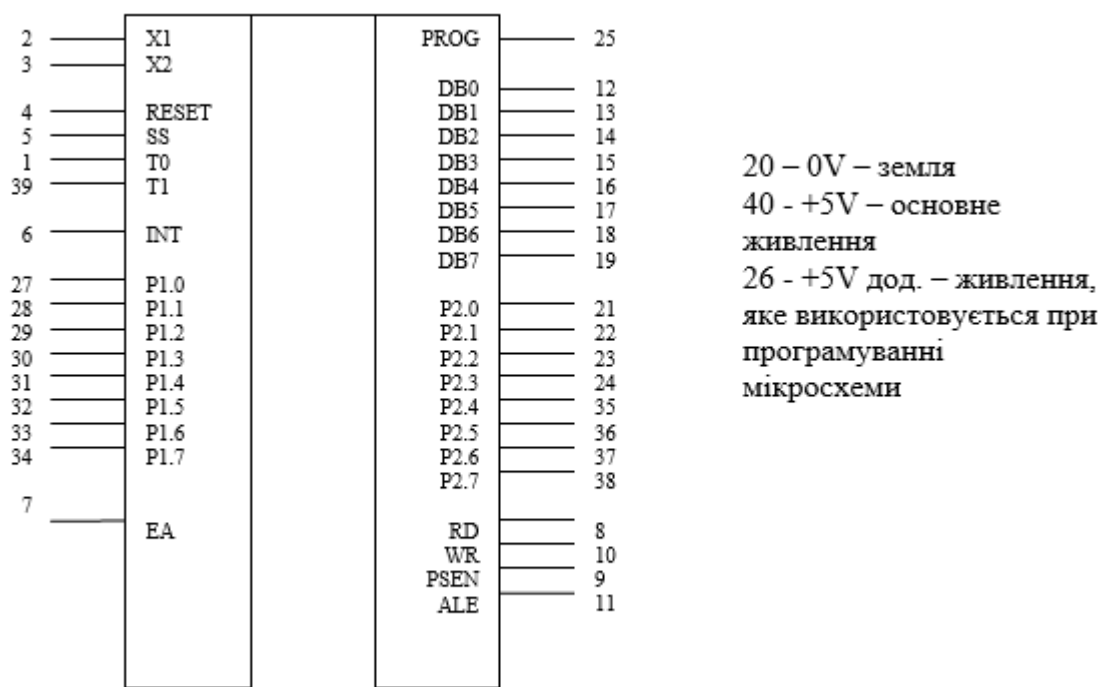


Рисунок 3.1 – Умовне позначення мікроконтролера K1816BE48

Призначення решти виводів наведено в таблиці 3.1. Основу структури мікроконтролера складає внутрішня 8-ми бітна двонаправлена шина, яка зв'язує між собою всі вузли мікросхеми: арифметично-логічний пристрій (АЛП), пристрій керування, пам'ять та порти вводу/виводу інформації.

Таблиця 3.1 – Призначення решти виводів мікроконтролера K1816BE48

Назва виводу	Функція
PROG	Вхід для подачі програмуючого імпульсу при загрузці пам'яті програм
X1	Вхід для підключення виводу кварцового резонатора або вхід для сигналу від зовнішнього джерела синхронізації
X2	Вхід для підключення другого виводу кварцового резонатора
RESET	Вхід сигналу загального скиду при запуску мікроконтролера
SS	Вхід для формування сигналу зупинки після виконання кожної команди при налагодженні програм
PSEN	Дозвіл зовнішньої пам'яті програм, сигнал виробляється тільки при звертанні до зовнішньої пам'яті програм
ALE	Строб адреси зовнішньої пам'яті. Він використовується для прийому та фіксації адреси зовнішньої пам'яті у зовнішньому регістрі, сигнал є ідентифікатором машинного циклу, так як завжди виводиться з частотою, в 5 разів меншою основної частоти синхронізації
RD	Стробуючий сигнал при зчитуванні з зовнішньої пам'яті або пристроїв вводу/виводу
WR	Стробуючий сигнал при запису у зовнішню пам'ять або пристрої вводу/виводу
T0	Вхідний сигнал, який опитується командами умовного переходу JT0 та JNT0
T1	Вхідний сигнал, який опитується командами умовного переходу JT1 та JNT1
INT	Сигнал запиту на переривання від зовнішнього джерела, викликає обслуговування переривання
EA	Відключення внутрішньої пам'яті програм, рівень 1 на цьому вході заставляє процесор виконувати вибірку команд із зовнішньої пам'яті

Продовження таблиці 3.1

P1.0...P1.7	Восьмибітний двонаправлений порт вводу/виводу інформації, кожен розряд може бути запрограмований на ввід або вивід
P2.0...P2.7	Восьмибітний двонаправлений порт вводу/виводу інформації, кожен розряд може бути запрограмований на ввід або вивід, крім того розряди P2.4-P2.7 використовуються для відключення мікросхем розширення вводу/виводу
DB0...DB7	Восьмибітний двонаправлений порт вводу/виводу інформації, може виконувати прийом та видачу байтів синхронно з сигналами RD та WR

В склад АЛП входять наступні блоки: комбінаційна схема обробки байтів, регістр-акумулятор, два допоміжних регістри, схема десяткового коректора та схема формування прапорців. Акумулятор використовується в якості регістра операнда та регістра результату. Комбінаційна схема АЛП може виконувати наступні операції: додавання байтів з переносом або без нього, інкремент, декремент, інверсію, циклічний зсув вліво або вправо, обмін тетрад в байті, десяткову корекцію вмістимого акумулятора. При операцій обробки даних в АЛП виробляються прапорці стану, які фіксуються в регістрі слова стану програми.

Внутрішня пам'ять мікроконтролера вміщує фізично розділені пам'ять програм (1 кБайт) і пам'ять даних. Максимальний адресний простір, який відводиться для програм (разом з зовнішньою пам'яттю), складає 4 кБайти. Мапа адрес пам'яті програм наведена на рисунку 3.2. Резидентна пам'ять даних ємністю 64 байти має в своєму складі два банки робочих регістрів по вісім регістрів в кожному, стек на вісім рівнів, а також 32 байти загального призначення. Мапа пам'яті даних наведена на рисунку 3.3.

Для зв'язку з об'єктом керування, для вводу та виводу даних використовується 27 ліній. Ці лінії згруповані в три порти по вісім ліній в кожному та можуть бути використані для виводу, вводу або вводу/виводу через двонаправлені лінії. Крім портів вводу/виводу існує три лінії, сигнали на яких можуть міняти процес виконання програми за командами умовного переходу.



Рисунок 3.2 – Мапа адрес пам'яті

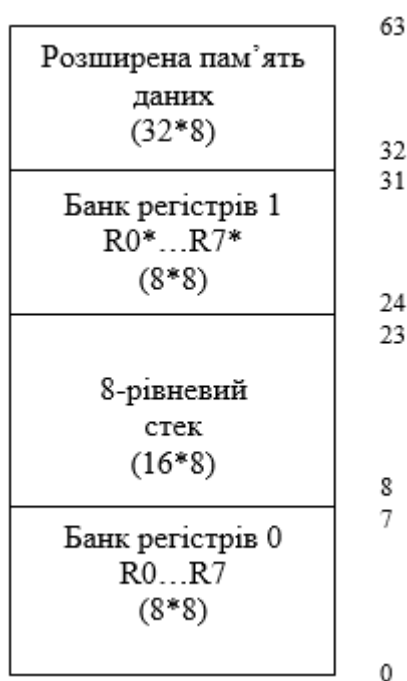


Рисунок 3.3 – Мапа пам'яті даних

Спеціальна схемотехніка портів P1 та P2, яка отримала назву квазідвонаправленої, дозволяє виконувати ввід, вивід або ввід/вивід. Кожна лінія портів P1 та P2 може бути програмним шляхом настроєна на ці три режими. Порт

DB представляє собою двонаправлений буфер з трьома станами і призначений для побайтного вводу, виводу або вводу/виводу інформації.

Пристрій керування разом з логічною схемою переходів в кожному циклі команди формує послідовність сигналів, які керують роботою всіх блоків мікроконтролера та системою їх взаємозв'язку. Синхронізацію процесора визначає кварцовий резонатор, який підключається до виводів X1 та X2, або LC-ланцюг, або зовнішній сигнал синхронізації. Генератор працює в діапазоні частот від 1 до 6 МГц. В склад генератора входять два лічильники з модулями перерахунку 3 та 5. Перший формує сигнал системної синхронізації – 0,5 мкс, а на виході другого формується сигнал ALE, який ідентифікує машинний цикл та використовується для стробування адреси зовнішньої пам'яті. Крім того до пристрою керування відносяться схема формування загального скиду мікроконтролера, схеми обробки переривань та таймер-лічильник, який може використовуватися для формування часових затримок та для підрахунку зовнішніх подій.

Система команд мікроконтролера включає в себе 96 основних команд та орієнтована на реалізацію процедур керування. Всі команди мають формат один або два байти. Час виконання команд складає 2,5 мкс або 5,0 мкс при тактовій частоті 6 МГц. Більшість команд виконується за один машинний цикл. В МК48 використовуються чотири способи адресації: пряма, безпосередня, непряма та неявна. Всю множину команд можна розділити на п'ять груп за функціональним призначенням: команди пересилки даних, арифметичних операцій, логічних операцій, передачі керування та керування режимами роботи мікроконтролера.

До переваг системи команд МК48 можна віднести: ефективний ввід/вивід, що вміщує можливості маскування та керування окремими бітами портів. Можливість переходів в програмі по значенню окремих бітів, можливість обробки як двійкових, так і двійково-десяткових чисел. При виконанні команд можуть використовуватися значення окремих прапорців, які входять в слово стану програми, а також прапорців користувача.

Розглянемо окремі групи команд. При їх розгляді використовуються мнемокоди мови асемблера МК48.

Група команд пересилки даних. Дана група складається з 24 команд. Це команди пересилки з регістрів загального призначення, слова стану програми, таймера в акумулятор та навпаки (тип MOV), команди обміну інформацією між акумулятором та зовнішньою пам'яттю (MOVX), обміну регістра з акумулятором (XCH), ввід та вивід даних по шині DB (IN та OUTL). Всі команди, крім MOV PSW A, не впливають на стан прапорців. Команди пересилки даних всередині мікроконтролера виконуються за один машинний цикл, обмін з зовнішньою пам'яттю та портами вимагає двох машинних циклів.

Група команд арифметичних операцій. Дана група складається з 12 команд і дозволяє виконувати наступні операції над 8-бітними цілими двійковими числами без знаку: двійкове додавання (ADD), двійкове додавання з переносом (ADDC), десяткова корекція (DA), інкремент (INC) та декремент (DEC). Всі більш складні операції (віднімання, множення, ділення) виконуються за підпрограмами.

Група команд логічних операцій. Дана група складається з 28 команд і дозволяє виконувати наступні операції над байтами: логічне І (ANL), логічне АБО (ORL), виключаюче АБО (XRL), інверсію (CPL), скид (CLR), зсув вправо циклічний (RR A) або через перенос (RRC A) та зсув вліво циклічний (RL A) або через перенос (RLC A) вмісту акумулятора.

Група команд передачі керування. Дану групу складають 19 команд, з них дві команди безумовного переходу, 14 команд умовного переходу, команда виклику підпрограм та дві команди повернення з підпрограм. В командах безумовного переходу (типу JMP) прямо вказується адреса, за якою відбувається перехід. Команди умовного переходу дають можливість переходу в програмі по стану переносу, нуля в акумуляторі, стану входів T0 та T1, стану прапорців F0 та F1, стану бітів акумулятора. Команда CALL викликає перехід до виконання підпрограми, а команди RET та RETR викликають повернення з підпрограми в основний цикл програми.

Група команд керування режимом роботи МК. В цю групу входять команди керування таймером-лічильником (STRT T, STRT CNT, STOP CNT), перериваннями (EN I, DIS I, EN TCNTI, DIS TCNTI) та прапорцями переключення

банків регістрів (SEL RB0, SEL RB1) та банків постійної пам'яті (SEL MB0, SEL MB1).

Для розширення можливостей пристрою використовується зовнішня пам'ять програм та пам'ять даних. Рисунок 3.4 ілюструє процес вибірки команди із зовнішньої пам'яті.

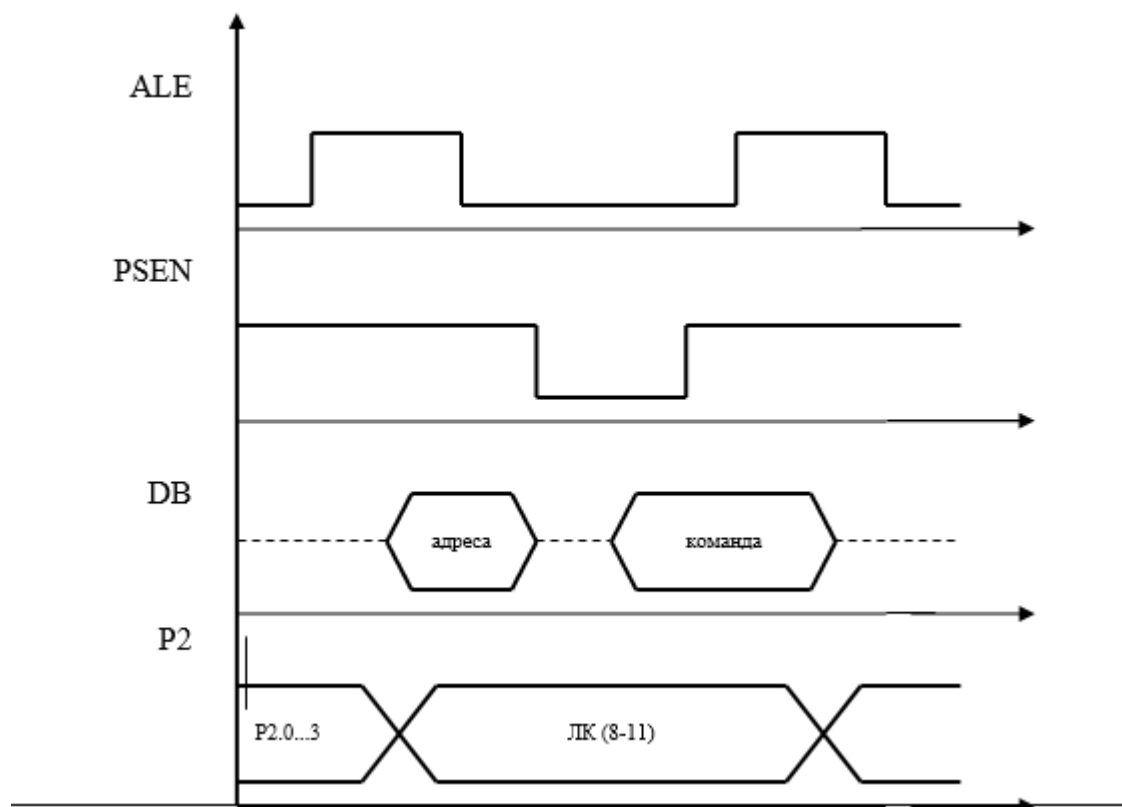


Рисунок 3.4 – Процес вибірки команди із зовнішньої пам'яті

Процес вибірки команди із зовнішньої пам'яті:

- стан лічильника команд виводиться через порт DB та молодшу тетраду порту P2;
- за зрізом сигналу ALE на зовнішньому регістрі фіксації адреси (D11) фіксується адреса;
- сигналом PSEN дозволяється робота зовнішньої пам'яті;
- за спадом сигналу PSEN шина DB переходить в режим вводу.

Зовнішня пам'ять даних (D14) доступна мікропроцесору за допомогою команд пересилки MOVX A,@R0 та MOVX @R0,A, які виконують операції передачі байту між зовнішньою пам'яттю даних та акумулятором. Сигналом ALE

непряма адреса, яка виводиться на шину даних, фіксується в регістрі D11. Далі старший байт адреси виводиться на з порту P2 на входи A9...A14 пам'яті. По сигналу A15 за допомогою мікросхеми D9 формується сигнал вибору D14, після чого за допомогою сигналів мікроконтролера WR та RD проводиться запис або зчитування інформації з пам'яті.

Фіксацію даних від лічильників мікропроцесор здійснює по входу T1 за допомогою комутатора 32 вхідних сигналів, зібраного на мікросхемах K590KN6 (D1,D2,D4,D5), які об'єднані за схемою монтажного АБО. Входи 2 мікросхем є входами дозволу мікросхеми. Ці сигнали формує дешифратор K561ІД1. Мікроконтролер циклічно видає на виходи P1.0...P1.4 сигнали M1...M5, які у відповідності до таблиці 3.2 підключають вимірювальні входи до T1.

Формувач D8, резистори R44, R45 забезпечують формування рівня, сумісного з TTL-входом процесора. Номінали вибрано таким чином, щоб забезпечити рівень логічної «1» не більше 5 В.

$$U_{вих} = U_{вх} \times R44 \ / \ (R44 + R45);$$

При $U_{вх} = 12В$, $R44 = 4,7 кОм$, $R45 = 7,5 кОм$ отримуємо $U_{вих} = 4,6 В$, що відповідає нашій умові.

3.2 Розрахунок обсягу пам'яті ОЗП та ПЗП і вибір мікросхем пам'яті

Одним з основних вузлів пристрою збору даних є пам'ять даних та пам'ять для збереження програми.

Для збереження підрахованої інформації, використано статичний ОЗП. Розрахуємо обсяг, необхідний для збереження даних, та, виходячи з цього, виберемо конкретний тип мікросхеми.

Таблиця 3.2 – Відповідність вимірювальних входів до T1

M5	M4	M3	M2	M1	Вхід	M5	M4	M3	M2	M1	Вхід
0	0	0	0	0	Вхід1	1	0	0	0	0	Вхід17
0	0	0	0	1	Вхід2	1	0	0	0	1	Вхід18
0	0	0	1	0	Вхід3	1	0	0	1	0	Вхід19
0	0	0	1	1	Вхід4	1	0	0	1	1	Вхід20
0	0	1	0	0	Вхід5	1	0	1	0	0	Вхід21
0	0	1	0	1	Вхід6	1	0	1	0	1	Вхід22
0	0	1	1	0	Вхід7	1	0	1	1	0	Вхід23
0	0	1	1	1	Вхід8	1	0	1	1	1	Вхід24
0	1	0	0	0	Вхід9	1	1	0	0	0	Вхід25
0	1	0	0	1	Вхід10	1	1	0	0	1	Вхід26
0	1	0	1	0	Вхід11	1	1	0	1	0	Вхід27
0	1	0	1	1	Вхід12	1	1	0	1	1	Вхід28
0	1	1	0	0	Вхід13	1	1	1	0	0	Вхід29
0	1	1	0	1	Вхід14	1	1	1	0	1	Вхід30
0	1	1	1	0	Вхід15	1	1	1	1	0	Вхід31
0	1	1	1	1	Вхід16	1	1	1	1	1	Вхід32

При розрахунку будемо виходити з таких даних:

- кількість вхідних каналів вимірювання $K = 32$;
- кількість діб збереження даних по завданню на дипломний проект $D = 8$;
- кількість півгодин в добі $\Pi = 48$;
- кількість хвилин в півгодині $X = 30$;
- кількість секунд в хвилині $C = 60$;
- максимальна кількість імпульсів за секунду, які видає індукційний лічильник електроенергії при максимальному навантаженні – для електролічильника САЗУ-И670 $A=2$.

Максимальне число імпульсів, які можуть бути підраховані за одну півгодину по одному каналу:

$$N_1 = A \times X \times C = 20 \times 30 \times 60 = 3600 \text{ імпульсів}$$

Для електронних лічильників типу Енергія-9, Elgama, Astaris параметр $A=7$, тоді $N1 = 25200$ імпульсів.

Таким чином, для збереження $N1$ вистачає в пам'яті двох байт двійкового коду $B=2$.

Тоді загальний необхідний об'єм пам'яті розраховемо за формулою:

$$N = Д \times К \times П \times Б = 8 \times 32 \times 48 \times 2 = 24756 \text{ байт}$$

Виходячи з існуючої структури мікросхем пам'яті необхідно організувати оперативний запам'ятовуючий пристрій об'ємом 32 Кбайти (32768×8).

Для зменшення кількості обладнання пропонується вибрати статичне ОЗП типу LST62832 або DS1230, так як побудова аналогічної пам'яті на вітчизняних мікросхемах типу К537 сприятиме збільшенню кількості обладнання та подорожчання всього пристрою.

Умовне позначення мікросхеми наведено на рисунку 3.5, призначення виводів у таблиці 3.3.

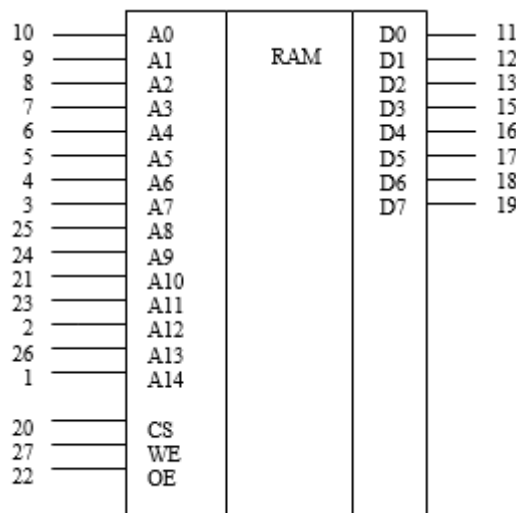


Рисунок 3.6 – Умовне позначення мікросхеми LST62832

Таблиця 3.3 – Призначення виводів мікросхеми LST62832

Вивід	Призначення
A0 – A14	Адресні входи
D0 –D7	Входи-виходи даних
CS	Вибір мікросхеми
WE	Дозвіл запису
OE	Дозвіл виводу даних

Мікросхема має структуру 32к × 8, розроблена за CMOS-технологією, має одно джерело живлення +5В, максимальний споживаний струм 5 мА, максимальну тривалість циклів запису та зчитування 100 нс.

В таблиці 3.4 приведено основні режими роботи мікросхеми.

Таблиця 3.4 – Основні режими роботи мікросхеми

CS	WE	OE	Операція
0	1	0	Зчитування даних
0	0	1	Запис даних
1	X	X	Збереження даних

Для розміщення інформації за 8 діб розбиваємо весь обсяг пам'яті на 8 сторінок по 4096 байт.

Таким чином початкові та кінцеві адреси сторінок виглядають так:

0 доба	0000H – 0FFFH
1 доба	1000H – 1FFFH
2 доба	2000H – 2FFFH
3 доба	3000H – 3FFFH
4 доба	4000H – 4FFFH
5 доба	5000H – 5FFFH
6 доба	6000H – 6FFFH
7 доба	7000H – 7FFFH

Повна карта розподілу пам'яті наведена в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Повна карта розподілу пам'яті

N ст ОЗП	Початкова адреса сторінки (R7, R0)								Час (поч.)
	0 доба	1 доба	2 доба	3 доба	4 доба	5 доба	6 доба	7 доба	
1	00 00	10 00	20 00	30 00	40 00	50 00	60 00	70 00	00.00
2	00 40	10 40	20 40	30 40	40 40	50 40	60 40	70 40	00.30
3	00 80	10 80	20 80	30 80	40 80	50 80	60 80	70 80	01.00
4	00 C0	10 C0	20 C0	30 C0	40 C0	50 C0	60 C0	70 C0	01.30
5	01 00	11 00	21 00	31 00	41 00	51 00	61 00	71 00	02.00
6	01 40	11 40	21 40	31 40	41 40	51 40	61 40	71 40	02.30
7	01 80	11 80	21 80	31 80	41 80	51 80	61 80	71 80	03.00
8	01 C0	11 C0	21 C0	31 C0	41 C0	51 C0	61 C0	71 C0	03.30
9	02 00	12 00	22 00	32 00	42 00	52 00	62 00	72 00	04.00
10	02 40	12 40	22 40	32 40	42 40	52 40	62 40	72 40	04.30
11	02 80	12 80	22 80	32 80	42 80	52 80	62 80	72 80	05.00
12	02 C0	12 C0	22 C0	32 C0	42 C0	52 C0	62 C0	72 C0	05.30
13	03 00	13 00	23 00	33 00	43 00	53 00	63 00	73 00	06.00
14	03 40	13 40	23 40	33 40	43 40	53 40	63 40	73 40	06.30
15	03 80	13 80	23 80	33 80	43 80	53 80	63 80	73 80	07.00
16	03 C0	13 C0	23 C0	33 C0	43 C0	53 C0	63 C0	73 C0	07.30
17	04 00	14 00	24 00	34 00	44 00	54 00	64 00	74 00	08.00
18	04 40	14 40	24 40	34 40	44 40	54 40	64 40	74 40	08.30
19	04 80	14 80	24 80	34 80	44 80	54 80	64 80	74 80	09.00
20	04 C0	14 C0	24 C0	34 C0	44 C0	54 C0	64 C0	74 C0	09.30
21	05 00	15 00	25 00	35 00	45 00	55 00	65 00	75 00	10.00
22	05 40	15 40	25 40	35 40	45 40	55 40	65 40	75 40	10.30
23	05 80	15 80	25 80	35 80	45 80	55 80	65 80	75 80	11.00
24	05 C0	15 C0	25 C0	35 C0	45 C0	55 C0	65 C0	75 C0	11.30
25	06 00	16 00	26 00	36 00	46 00	56 00	66 00	76 00	12.00
26	06 40	16 40	26 40	36 40	46 40	56 40	66 40	76 40	12.30
27	06 80	16 80	26 80	36 80	46 80	56 80	66 80	76 80	13.00
28	06 C0	16 C0	26 C0	36 C0	46 C0	56 C0	66 C0	76 C0	13.30
29	07 00	17 00	27 00	37 00	47 00	57 00	67 00	77 00	14.00
30	07 40	17 40	27 40	37 40	47 40	57 40	67 40	77 40	14.30
31	07 80	17 80	27 80	37 80	47 80	57 80	67 80	77 80	15.00
32	07 C0	17 C0	27 C0	37 C0	47 C0	57 C0	67 C0	77 C0	15.30
33	08 00	18 00	28 00	38 00	48 00	58 00	68 00	78 00	16.00
34	08 40	18 40	28 40	38 40	48 40	58 40	68 40	78 40	16.30
35	08 80	18 80	28 80	38 80	48 80	58 80	68 80	78 80	17.00
36	08 C0	18 C0	28 C0	38 C0	48 C0	58 C0	E8 C0	78 C0	17.30
37	09 00	19 00	29 00	39 00	49 00	59 00	69 00	79 00	18.00
38	09 40	19 40	29 40	39 40	49 40	59 40	69 40	79 40	18.30
39	09 80	19 80	29 80	39 80	49 80	59 80	69 80	79 80	19.00
40	09 C0	19 C0	29 C0	39 C0	49 C0	59 C0	69 C0	79 C0	19.30
41	0A 00	1A 00	2A 00	3A 00	4A 00	5A 00	6A 00	7A 00	20.00
42	0A 40	1A 40	2A 40	3A 40	4A 40	5A 40	6A 40	7A 40	20.30
43	0A 80	1A 80	2A 80	3A 80	4A 80	5A 80	6A 80	7A 80	21.00
44	0A C0	1A C0	2A C0	3A C0	4A C0	5A C0	6A C0	7A C0	21.30
45	0B 00	1B 00	2B 00	3B 00	4B 00	5B 00	6B 00	7B 00	22.00
46	0B 40	1B 40	2B 40	3B 40	4B 40	5B 40	6B 40	7B 40	22.30
47	0B 80	1B 80	2B 80	3B 80	4B 80	5B 80	6B 80	7B 80	23.00
48	0B C0	1B C0	2B C0	3B C0	4B C0	5B C0	6B C0	7B C0	23.30

Додаткові комірки, які виділяються в пам'яті:

0C 00... 0C 3F додаткова пам'ять для збереження поточної сторінки,

0D 00, 0D 01 збереження стану регістра R7,R0.

Для збереження програми роботи пристрою збору даних вибирається мікросхема K573PФ2, яка має обсяг пам'яті 2048 × 8 байт. Цього обсягу достатньо для розміщення програми.

Умовне позначення мікросхеми наведено на рисунку 3.6.

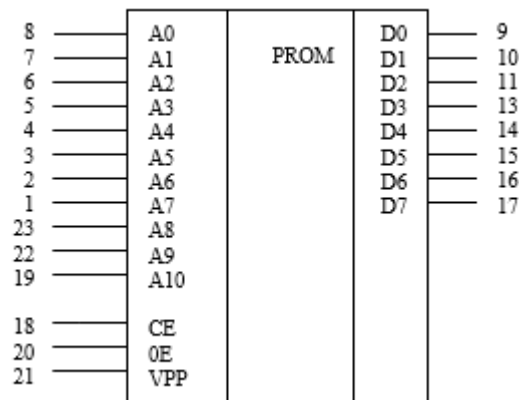


Рисунок 3.6 – Умовне позначення мікросхеми K573PФ2

Призначення виводів мікросхеми K573PФ2 приведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Призначення виводів мікросхеми K573PФ2

Вивід	Призначення
A0 – A14	Адресні входи
D0 –D7	Входи-виходи даних
CE	Вибір мікросхеми
OE	Дозвіл по виходу
VPP	Напруга програмування

Основне живлення мікросхеми + 5В, напруга програмування + 25 В.

Технічні характеристики мікросхеми:

- час вибору адреси ≤ 450 нс;
- час зберігання інформації ≥ 25000 годин;

- кількість циклів програмування ≥ 100 ;
- максимальна споживана потужність:
 - в режимі зчитування ≤ 580 мВт;
 - в режимі зберігання ≤ 200 мВт.

Основні режими роботи мікросхеми наведено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Основні режими роботи мікросхеми

CE	OE	VPP	A0...A10	D0...D7	Режим
1	X	+5В	X	Z (третій стан)	Збереження (не вибір)
1	1	+25В	A	Вхідні дані	Програмування
0	0	+25В	A	Вихідні дані	Контроль після програмування
0	0	+5В	A	Вихідні дані	Зчитування

В режимі збереження (CE = 1) виходи мікросхеми знаходяться у третьому стані, при цьому мікросхема споживає понижену потужність.

В режимі зчитування мікросхема являє собою статичний ПЗП і вихідні рівні визначаються записаною інформацією та логічними рівнями на адресних та управляючих входах.

Режим програмування та контролю після програмування проводиться за допомогою спеціальних програматорів. Незапрограмована мікросхема має на виходах рівень "1". Запис інформації в мікросхему проводиться у відповідності з часовими діаграмами та таблицями даних при програмуванні одночасно всього байту з подальшим контролем після програмування.

Повторний запис в мікросхему можливий після її стирання. Він проводиться шляхом опромінення мікросхеми ультрафіолетовим випромінюванням з довжиною хвилі ≤ 400 нм, що падає перпендикулярно на прозору кришку корпусу. При цьому на мікросхему не повинні подаватися управляючі сигнали та напруга живлення. У якості джерел ультрафіолетового опромінення можна використовувати лампи типу ДРТ, ДРБ.

3.3 Розробка вузла обміну з комп'ютером

Мікропроцесорна система без засобів введення і виведення даних виявляється малоефективною. Характеристики і об'єми інформації вводу-виводу в системі визначаються, насамперед, специфікою її застосування, наприклад, в мікропроцесорній системі управління деяким промисловим процесом не потрібна клавіатура і дисплей, оскільки майже напевно її дистанційно програмує і контролює головний мікрокомп'ютер (з використанням послідовної лінії інтерфейсу RS-232).

Оскільки дані звичайно представлені на шині мікропроцесора в паралельній формі (байтами, словами), їх послідовний ввід-вивід є дещо складним. Для послідовного введення потрібні засоби перетворення послідовних вхідних даних в паралельні дані, які можна розмістити на шині. З іншого боку, для послідовного виведення необхідні засоби перетворення паралельних даних, представлених на шині, в послідовні вихідні дані. У першому випадку перетворення здійснюється регістром зсуву з послідовним входом і паралельним виходом (SIPO), а у другому – регістром зсуву з паралельним входом і послідовним виходом (PISO).

Інтерфейс RS-232 є найбільш поширеним стандартним послідовним методом зв'язку між мікрокомп'ютерами і периферійними пристроями.

Структура байту при передачі даних виглядає так, як показано на рисунку 3.7.

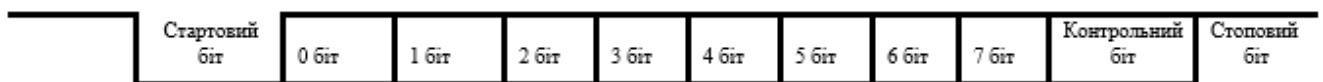


Рисунок 3.7 – Структура байту при передачі даних

Послідовні дані передаються в синхронному або асинхронному режимі.

Основні сигнали при послідовній передачі:

RXD – дані, що приймаються (вхідні послідовні дані);

TXD – дані, що передаються (вихідні послідовні дані);

CTS – скидання передачі. На цій лінії периферійний пристрій формує сигнал низького рівня, коли готовий приймати інформацію від процесора;

RTS – запит передачі. На цій лінії периферійний пристрій формує сигнал низького рівня, коли готовий сприймати інформацію від процесора.

Обмін даними між периферійним пристроєм та комп'ютером може здійснюватись в двох режимах:

- дуплексному – одночасно може йти прийом та передача даних;
- півдуплексному – в один і той же момент комп'ютер може або передавати, або приймати дані. В мінімальному випадку (який використовується при обміні ПЗД та комп'ютера у випускній кваліфікаційній роботі) достатньо ліній RXD, TXD та сигнального заземлення SG.

Основні технічні вимоги до передавача сигналу:

- вихід має витримувати коротке замикання та режим холостого ходу;
- опір при виключеному живленні $> 300 \text{ Ом}$;
- значення сигналу при навантаженні от 3000 до 7000 Ом ;
рівень посилки ("1") – від -5В до -15В ;
рівень паузи ("0") – від $+5\text{В}$ до $+15\text{В}$;
- час наростання та спаду сигналу в межах перехідної зони між мінімальними рівнями посилки та паузи $< 1 \text{ мс}$.

Основні вимоги до приймача сигналу:

- вхідний опір – $3000 \dots 7000 \text{ Ом}$;
- максимальна шунтуюча ємність на вході приймача - $\leq 2500 \text{ пФ}$;
- межі рівней вхідної напруги:
рівень посилки ("1") – від -3В до -25В ;
рівень паузи ("0") – від $+3\text{В}$ до $+25\text{В}$;
- вихідна напруга приймача сигналу має відповідати рівням ТТЛ.

У якості приймачів та передавачів сигналів інтерфейсу використовуються мікросхеми, побудовані на основі компараторів (наприклад, K170АП2, K170УП2, ST232, МАХ232). Але також схеми можна побудувати на основі стандартних операційних підсилювачів.

Для побудови засобів інтерфейсного обміну у ПЗД використана одна мікросхема К1401УД2, яка включає в себе чотири незалежних операційних підсилювачі, на базі яких побудовано компаратори сигналів.

Одновходовий компаратор сигналів (рисунок 3.8) приймача призначений для порівняння різнополярних вхідних напруг, причому в момент їх рівності за абсолютною величиною вихідна напруга компаратора $U_{вих}$ переключасться в інший граничний стан.

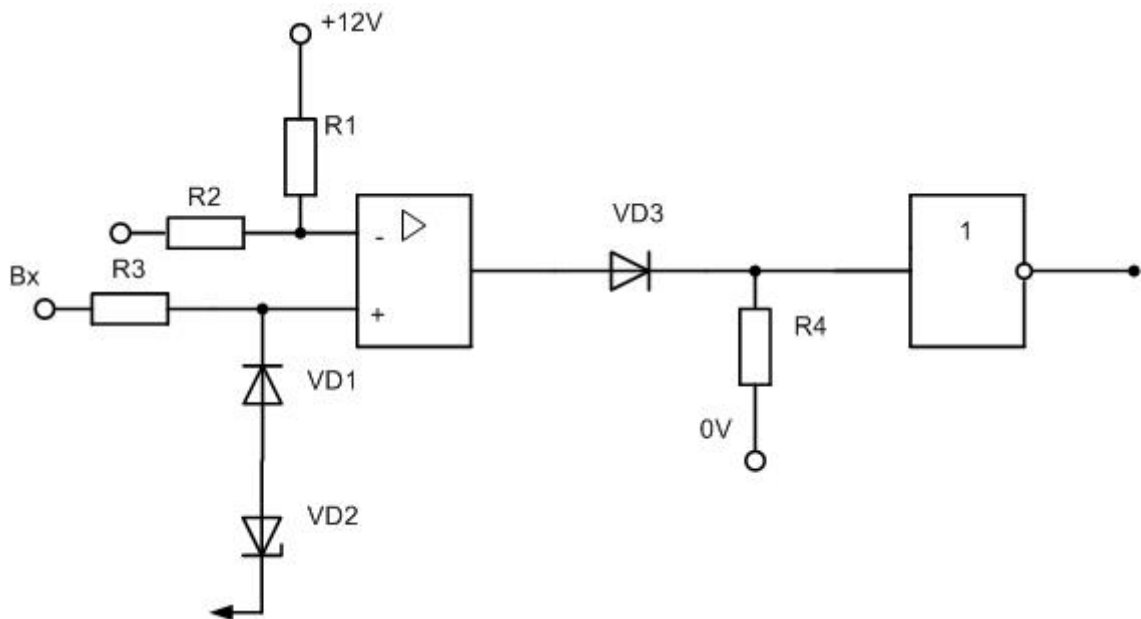


Рисунок 3.8 – Одновходовий компаратор сигналів

Рівень спрацьовування компаратора розраховується за формулою:

$$U_c = E_{оп} \times R_2 \setminus (R_1 + R_2) \quad (3.1)$$

де U_c – рівень спрацьовування компаратора. Приймається рівним + 4В.

На рисунку 3.9 показані діаграми спрацьовування вхідного компаратора.

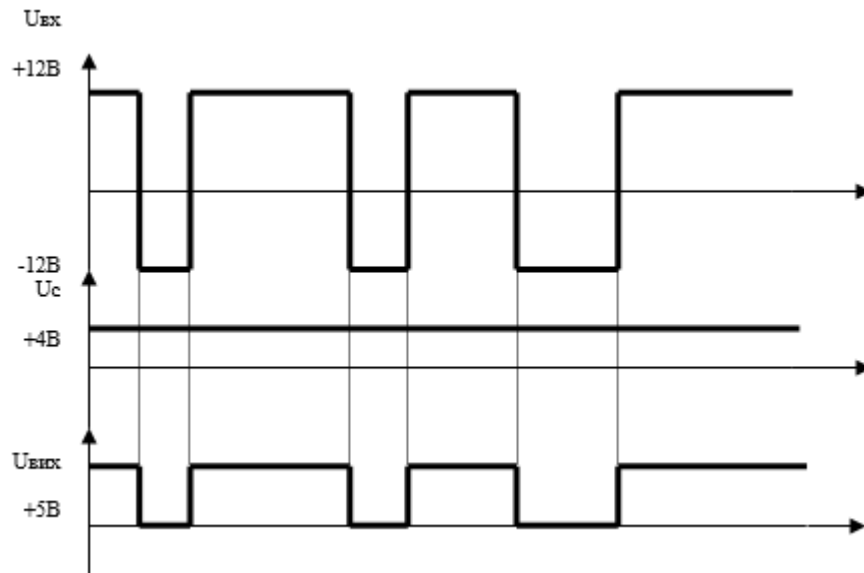


Рисунок 3.9 – Діаграми спрацьовування вхідного компаратора

Розрахуємо резистори R1 та R2. Виходячи з $U_c = +4\text{В}$ та $E_{оп} = +12\text{В}$

$$U_c \times (R_1 + R_2) = E_{оп} \times R_2,$$

$$4 \times (R_1 + R_2) = 12 \times R_2,$$

$$R_1 = 2R_2.$$

Вибираємо $R_1 = 20 \text{ кОм}$ (виходячи з параметрів К1401УД2), тоді $R_2 = 10 \text{ кОм}$.

В схемі рисунку 3.10 резистор R3 та стабілітрони VD1, VD2 (КС512) використовуються для захисту та обмеження вхідного сигналу RXD на рівні -12В ... +12В. Діод VD3 забезпечує на вході мікросхеми К561ЛН2 (перетворювача рівнів) вхідний сигнал 0В ... +12В (відрізаючи мінусову напругу). R4 служить для захисту входу К561ЛН2, яка забезпечує перетворення вхідного сигналу в рівні TTL для подачі на вхід мікроконтролера.

Аналогічно розрахуємо параметри вихідного передавача, зібраного на іншому підсилювачі тієї ж мікросхеми К1401УД2 (рис. 5.10).

При передачі вхідний сигнал подається з виходу К561ЛН2 (D1) на рівнях 0В та +5В. Таким чином для нормального спрацьовування компаратора D2 на рівнях +12В та -12В відповідно вибираємо $U_c = +3\text{В}$.

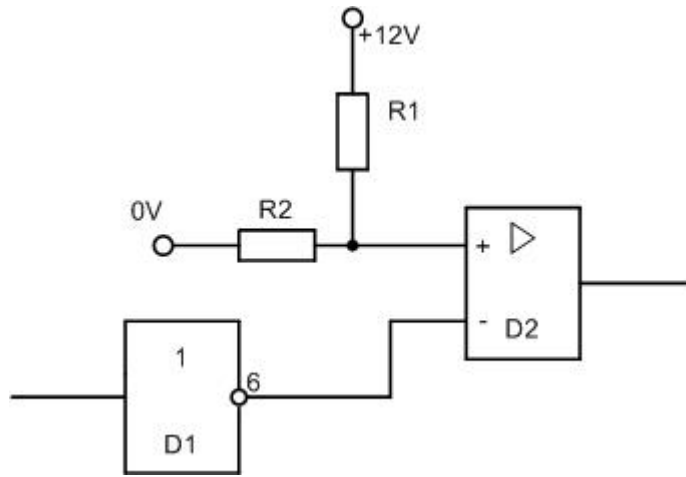


Рисунок 3.10 – Підсилювач мікросхеми К1401УД2

Тоді з (3.1) маємо:

$$3 \times (R1 + R2) = 12 \times R2$$

$$R1 = 3R2$$

Вибираємо $R1 = 30 \text{ кОм}$, $R2 = 10 \text{ кОм}$. З виходу D2 цей сигнал поступає на вхід комп'ютера у якості відповідей ПЗД на команди.

Для візуального контролю вхідного та вихідного сигналу використовуємо два формувачі сигналів на К561ЛА7 та світлодіоди на панелі ПЗД (рисунок 3.11).

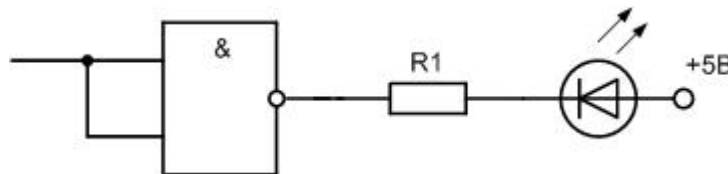


Рисунок 3.11 – Схема візуального контролю

$R1$ розрахуємо виходячи з параметрів світлодіода:

$$R1 = (U_{ж} - U_{д}) / I_{д},$$

де $U_{ж}$ – напруга живлення = +5В;

$U_{д}$ – пряме падіння на діоді = +2,5В;

$I_{д}$ – струм через світлодіод (АЛ310) = 10 мА.

Таким чином:

$$R1 = (5 - 2,5) \cdot 10 \times 10^{-3} = 250 \text{ Ом, з ряду вибираємо 240 Ом.}$$

3.4 Розробка блок-схеми та підпрограм роботи вузла обміну з комп'ютером

Обмін з персональним комп'ютером ПЗД здійснює через мікроконтролер за допомогою двох підпрограм VVOD та VYVOD.

Підпрограма VVOD. Ця підпрограма забезпечує прийом 8 біт послідовного коду та одного біту контрольного коду. Загальна кількість прийнятих одиниць має бути непарною, тоді прапорець F0 = 0, інакше 1. Швидкість прийому – 300 бод.

Процес прийому команди складається з наступних дій:

- очікування INT=0 (надходження стартового біту);
- через 3,3 мс прийом першого біту коду (аналіз входу INT, установка прапорця C та зсув акумулятора A вліво на 1 розряд);
- зменшення на 1 реєстра кількості бітів та перевірка його на рівність 0;
- якщо реєстр не рівний 0, то через 3,3мс виконується прийом наступного біту коду аналогічно описаному вище;
- якщо реєстр рівний 0, то здійснюється перезапис A в реєстр R4 та аналіз прапорця F0.

Використані реєстри та прапорці:

- біт переносу C – тимчасове збереження стану входу INT;
- F0 – правильність прийому даних;
- акумулятор A – накопичення прийнятих біт;
- реєстр R2 – лічильник бітів;
- реєстр R4 – збереження прийнятого коду.

Блок-схема алгоритму наведена на рисунку 3.12.

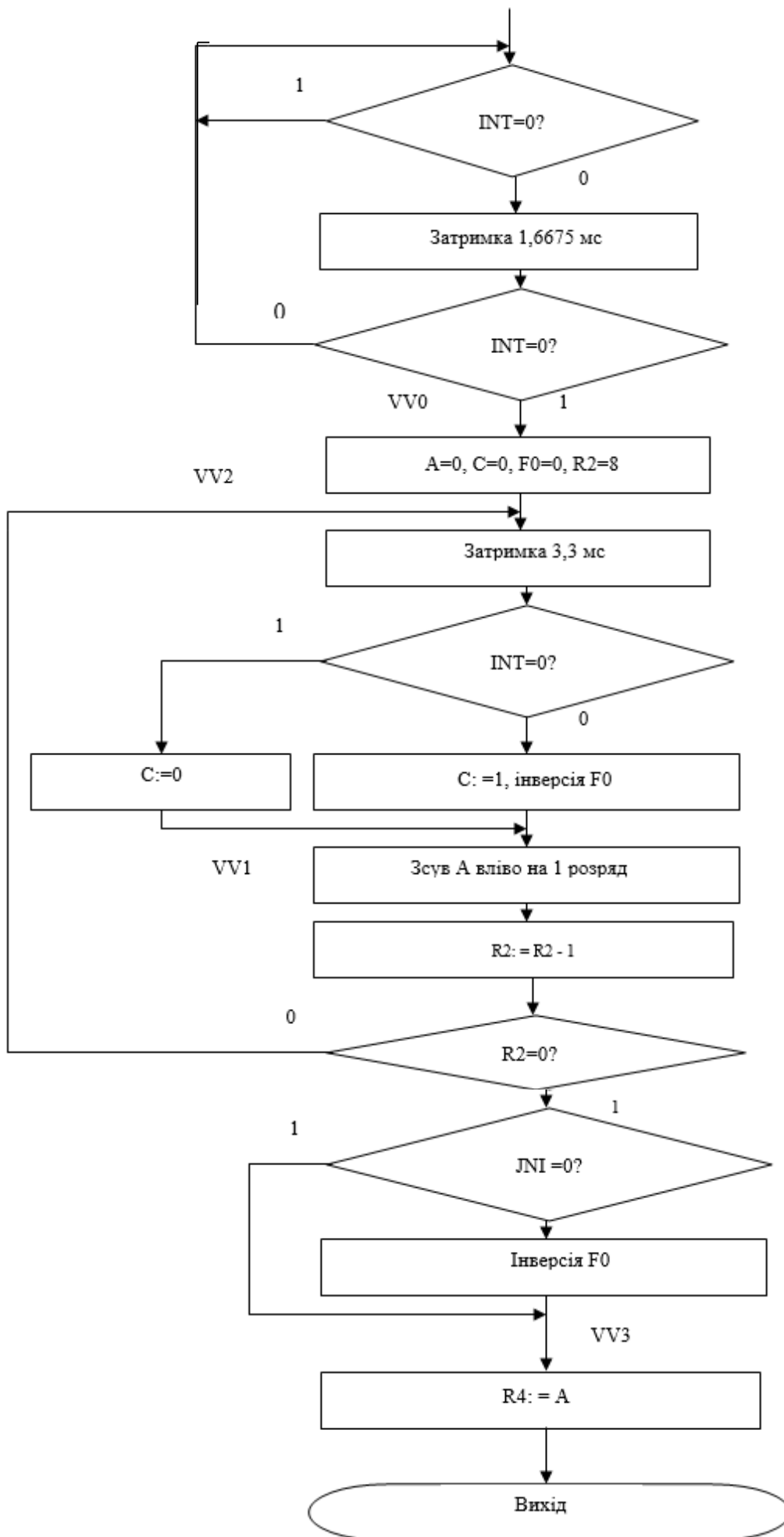


Рисунок 3.12 – Блок-схема алгоритму роботи підпрограми VVOD

Текст підпрограми наступний:

```
VVOD:   JNI VVOD           ;прийом стартового біту
        CALL DELAY2
        JNI VV0
        JMP VVOD
VV0:    CLR A             ;початкова установка
A, C, F0, R2
        CLR C
        CLR F0
        MOV R2, #8
VV2:    CALL DELAY5      ;затримка 3,3мс
        JNI VV1          ;INT=1?
        CPL C            ;так C=1
        CPL F0
VV1:    RLC A             ;вивід біта в A
        DJNZ R2, VV2     ;R2=R2-1=0? Ні - VV2
        CALL DELAY5
        JNI VV3          ;прийом контрольного біта
        CPL F0
VV3:    MOV R4, A
        RET
```

Підпрограма VYVOD забезпечує вивід послідовності:

- стартовий біт = 0;
- 8 біт коду;
- контрольний біт;
- стоповий біт = 1.

Контрольний біт доповнює 8 інформаційних біт до непарної кількості 1.

Процес виводу байту складається з наступних дій:

- вивід стопового біту = 0;
- перезапис коду в акумулятор;
- зсув акумулятора в розряд C;

- аналіз значення C і вивід в залежності від цього 1 або 0 на вихід P1.7;
- повтор процедури, поки значення регістра бітів R2 не стане рівним 0;
- вивід стопового біту.

Використані регістри та прапорці:

- A – тимчасове збереження байту;
- C – тимчасове збереження біту, що передається на P1.7;
- F0 – прапорець контрольного біту;
- R2 – лічильник бітів.

Блок-схема алгоритму наведена на рисунку 3.13, текст підпрограми наступний:

```

VYVOD:  MOV A,R4
        ORL P1,#80H           ;вивід 1 на лінію
        CALL DELAY5
        ANL P1,#7FH         ;вивід стартового біту
        CALL DELAY5
        CLR F0
        MOV R2,#8
PK3:    RLC A                 ;вивід біта інформації
        JC PK1
        ANL P1,#7FH
        CPL F0
        JMP PK2
PK1:    ORL P1,#80H
PK2:    CALL DELAY5
        DJNZ R2,PK3
        JF0 PK4
        ORL P1,#80H
        JMP PK5
PK4:    ANL P1,#7FH
PK5:    CALL DELAY5
        ORL P1,#80H         ;вивід стопового біта
        CALL DELAY5
        RET

```

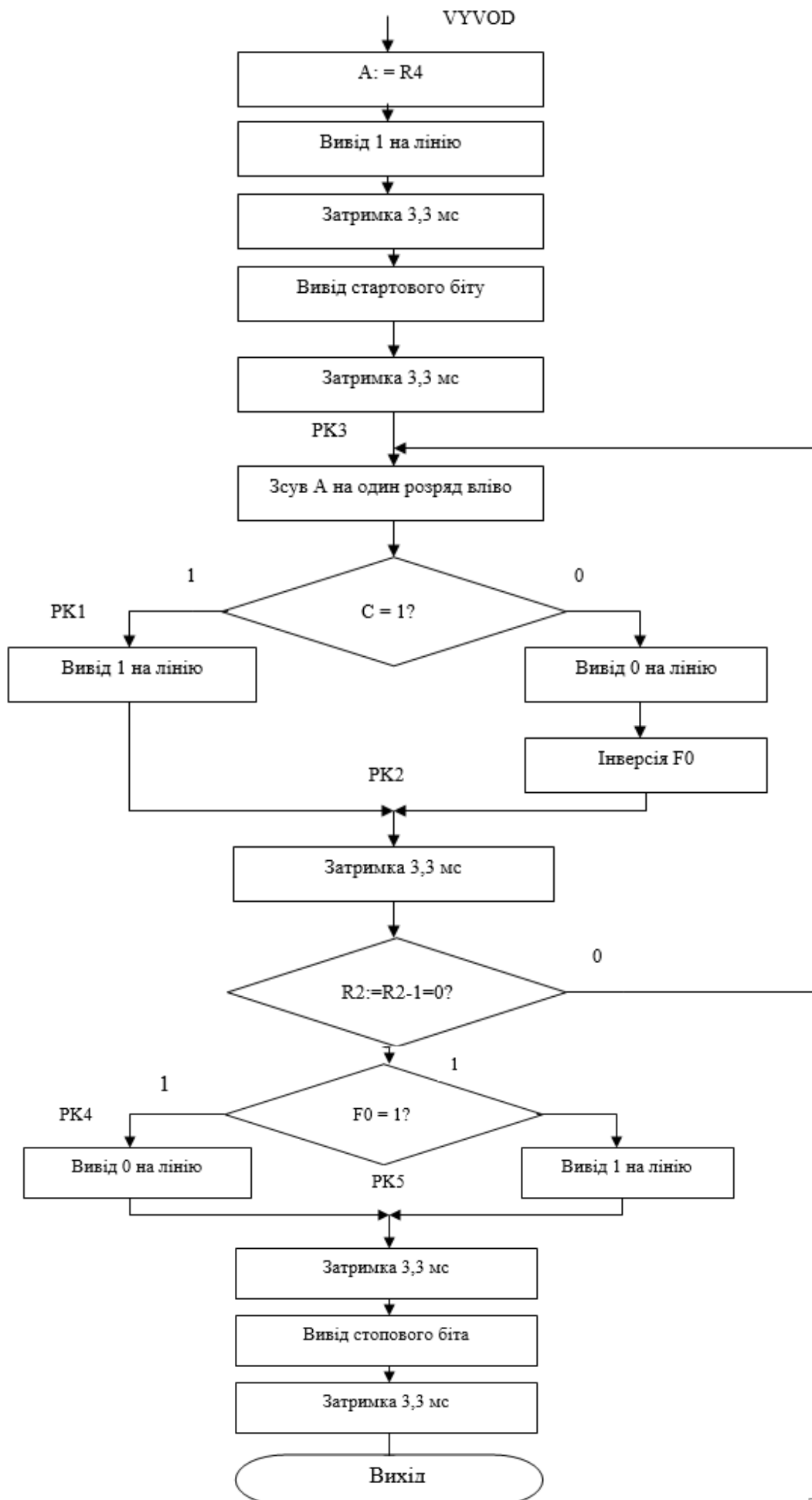


Рисунок 3.13 – Блок-схема алгоритму роботи підпрограми VYVOD⁷

В якості допоміжних підпрограм використовуються дві підпрограми часової затримки DELAY2 та DELAY5. Вони використовують метод вкладених програмних циклів. В регістри записуються необхідні значення, які обчислюються виходячи з машинного такту виконання 2,5 мкс. При кожному проході програми, починаючи з внутрішнього циклу, значення регістрів зменшується на 1 до повного обнулення регістрів.

DELAY5 забезпечує затримку 3,3 мс для швидкості 300 бод, DELAY2 - половинну затримку 1,675 мс.

Для збереження коефіцієнтів використовуються регістри R3 та R4.

$$T_{\text{затр}} = 5 + 5 + 8 \times (10 + 5 \times 81) + 5$$

Блок-схема алгоритму підпрограми DELAY5 наведена на рисунку 3.14.

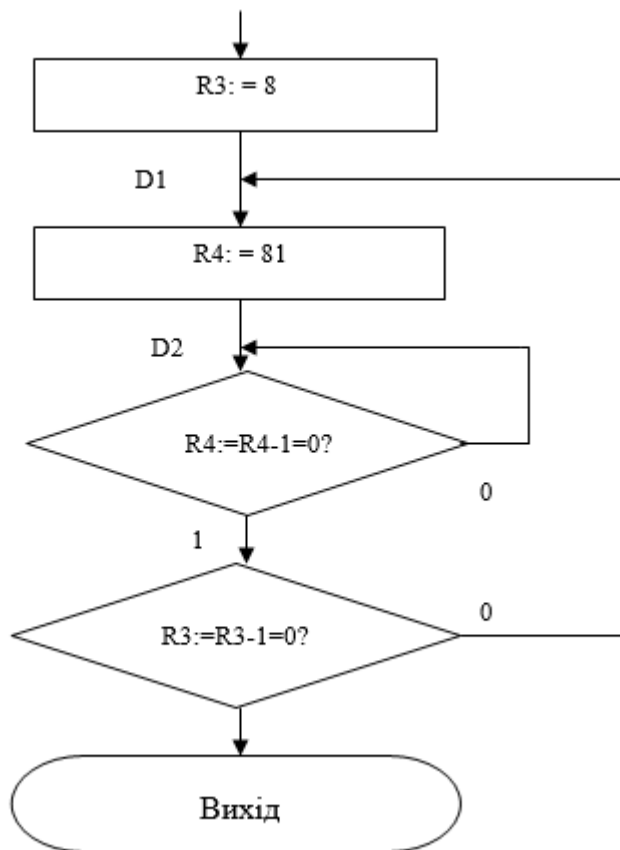


Рисунок 3.14 – Блок-схема алгоритму роботи підпрограми DELAY 5

Текст підпрограми DELAY5 наступний:

```
DELAY5:  MOV R3, #8
         D2:  MOV R4, #51H
         D1:  DJNZ R4, D1
           DJNZ R3, D2
           RET
```

Блок-схема алгоритму підпрограми DELAY2 наведена на рисунку 3.15.

$$T = 5 + 5 + 7 \times (10 + 5 \times 45) + 3 \times 2,5 + 5$$

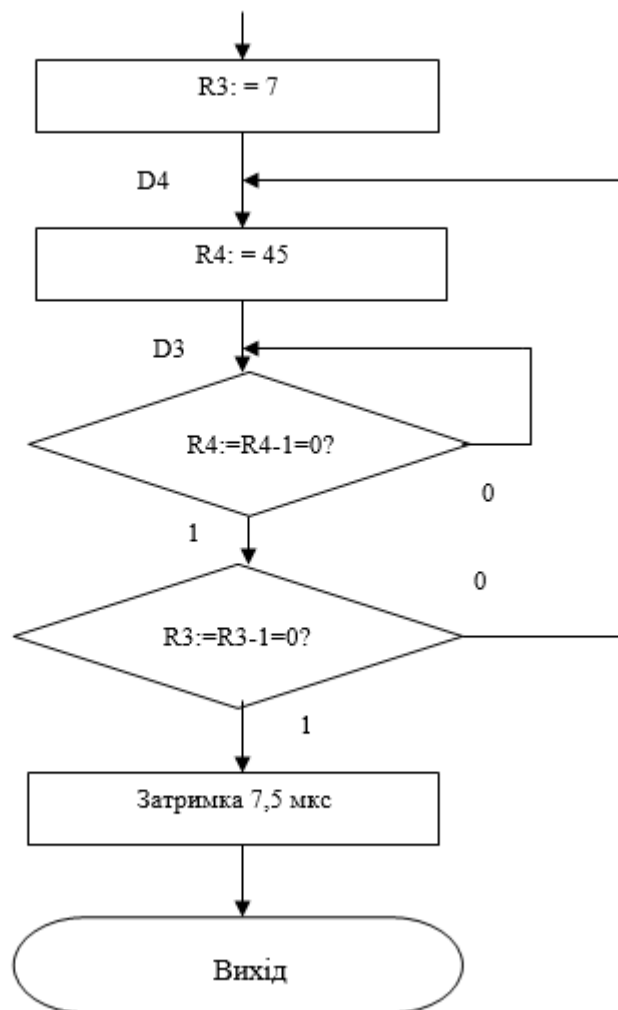


Рисунок 3.15 – Блок-схема алгоритму роботи підпрограми DELAY 2

Текст підпрограми DELAY5 наступний:

```
DELAY2:  MOV R3, #7
          D4:  MOV R4, #2DH
          D3:  DJNZ R4, D3
          DJNZ R3, D4
          NOP
          NOP
          NOP
          RET
```

3.5 Розробка блок-схеми алгоритму та підпрограми підрахунку кількості імпульсів від лічильників

Підпрограма SCHEТ є одною з основних підпрограм програмного забезпечення ПЗД. Її основні функції:

- опитування 32 вхідних каналів;
- фіксація наявності імпульсу по кожному каналу;
- підрахунок кількості імпульсів по кожному каналу за поточні півгодини;
- запис підрахованих імпульсів в свою сторінку пам'яті по завершенні поточної півгодини.

Для реалізації цього алгоритму використовуються ресурси мікроконтролера (внутрішні регістри прямого доступу та внутрішнє ОЗП), а також області пам'яті ОЗП та регістри таймера.

Основний регістр програмної фіксації стану 32 вхідних каналів реалізовано в внутрішніх комірках мікроконтролера за адресами 30Н...33Н, стан яких посеційно в циклі опитування перезаписується в регістри R3, R4. В таблиці 3.8 наведено побітний розподіл комірок пам'яті для точок обліку.

Таблиця 3.8 – Побітний розподіл комірок пам'яті для точок обліку

Адреса комірки	0 біт	1 біт	2 біт	3 біт	4 біт	5 біт	6 біт	7 біт	Номер секції
30H	Ліч.7	Ліч.6	Ліч.5	Ліч.4	Ліч.3	Ліч.2	Ліч.1	Ліч.0	0 секція
31H	Ліч.15	Ліч.14	Ліч.13	Ліч.12	Ліч.11	Ліч.10	Ліч.9	Ліч.8	
32H	Ліч.7	Ліч.6	Ліч.5	Ліч.4	Ліч.3	Ліч.2	Ліч.1	Ліч.0	1 секція
33H	Ліч.15	Ліч.14	Ліч.13	Ліч.12	Ліч.11	Ліч.10	Ліч.9	Ліч.8	

Для реалізації підпрограми SCHET використовуються допоміжні вкладені підпрограми:

USTFL – опитування точки обліку та установка прапорця.

SDFL – зсув регістрів стану вхідних точок обліку R3, R4 вправо.

CHASI – зчитування значення номеру доби, годин та хвилин з таймера.

PEROBN – перезапис даних з додаткової сторінки з початковою адресою 0C00H в поточну сторінку, адреса якої зберігається в регістрах R7, R0.

OBN – занулення додаткової сторінки з початковою адресою 0C00H.

NFAC – формування адреси сторінки ОЗП для запису даних після завершення півгодини.

SUTKI – забезпечує сумування коду доби до адреси, сформованої підпрограмою NFAC.

ZAPTAD – перезапис поточної адреси сторінки ОЗП з регістрів R7, R0 в комірки 0D00H, 0D01H ОЗП.

Більш детально розглянемо процедуру фіксації імпульсу в регістрах мікроконтролера (підпрограма USTFL). У кожному циклі роботи підпрограми SCHET проходить почергове опитування стану 32 вхідних каналів вимірювання та фіксація цього стану в ОЗП. Це наглядно видно з блок-схеми алгоритму підпрограми USTFL (рисунок 3.16). Блок-схема алгоритму підпрограми SCHET приведена в додатку А на рисунку А.3.

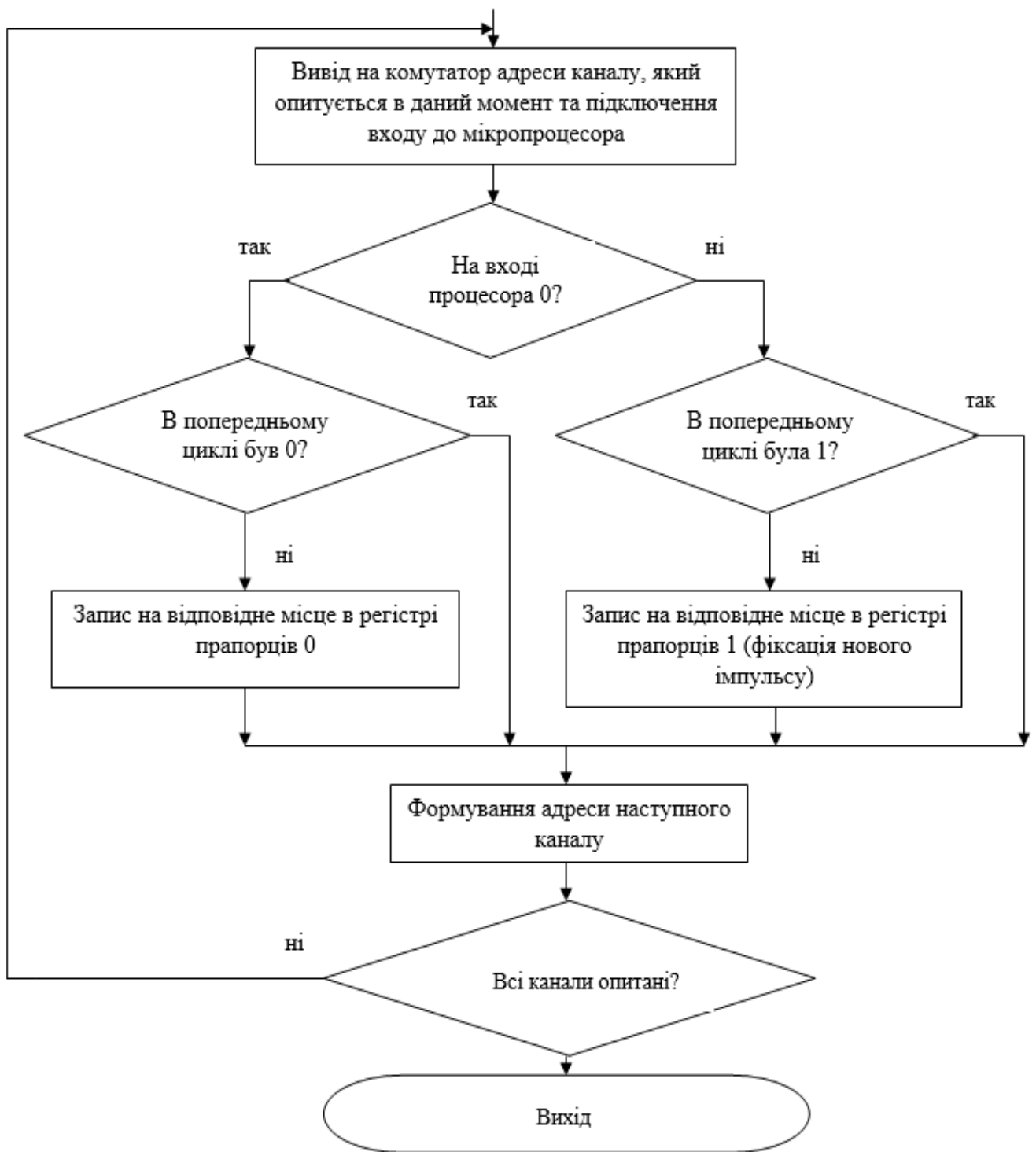


Рисунок 3.16 – Блок-схема алгоритму підпрограми USTFL

3.6 Користувацький інтерфейс

У якості прикладного програмного забезпечення для зчитування даних з пристрою збору даних та візуалізації результатів на комп'ютері вищого рівня зі всіх існуючих програмних компонентів ми використовуємо прикладне програмне забезпечення підприємства “Телекарт-Прилад”.

Усі програмні компоненти АСКОЕ зв'язуються між собою, використовуючи мережевий протокол TCP/IP. Фізичний рівень зв'язку між компонентами АСКОЕ не має значення: це може бути локальна мережа, пряме з'єднання із сервером по телефонній лінії, Інтернет, корпоративна мережа і т.п. Такий підхід дозволяє створювати розгалужену структуру каналів зв'язку, автоматизованих робочих місць, організації.

У найпростішому випадку усі компоненти – СУБД, серверні служби й АРМи – можуть бути встановлені на одному комп'ютері. У більш складному випадку – вони усі можуть бути рознесені по різних комп'ютерах.

Ключові функції системи виконує прикладний сервер. Саме через нього проходять усі запити від АРМів, саме він підтримує зв'язок з комунікаційними серверами. І саме прикладні сервери різних організацій можуть обмінюватися інформацією між собою.

Таким чином, типова схема організації зв'язку між компонентами АСКОЕ виглядає як на рисунку 3.17.

Вікно програми. Для роботи диспетчера передбачений багатовіконний інтерфейс, що відповідає стандартам Windows. Головне вікно програми розбите на області:

- структура об'єктів обліку;
- властивості виділеної точки обліку;
- список відкритих вікон;
- робоча область багатовіконного інтерфейсу.

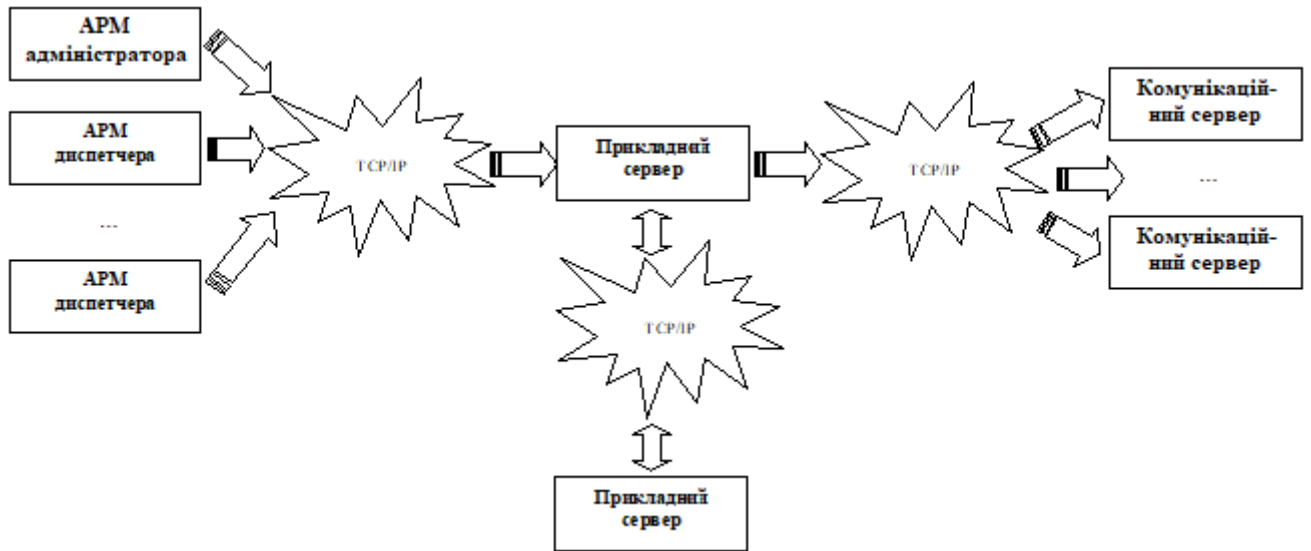


Рисунок 3.17 – Типова схема організації зв'язку між компонентами АСКОЕ

Структура об'єктів обліку представлена у вигляді деревоподібної структури, у якій об'єкти обліку (підстанції) розкриваються в точки обліку (лічильники). Виділивши будь-який об'єкт в структурі, можна скористатися контекстним меню. У цьому меню будуть міститися саме ті команди, що можуть бути застосовані до виділеного об'єкту.

Коли в структурі об'єктів обліку виділений об'єкт, у нижньому лівому куті відображаються його властивості. Перелік властивостей залежить від типу виділеного об'єкту.

Список відкритих вікон – це зручний структурований список, що дозволяє контролювати активні диспетчерські процеси і швидко переключатися між відкритими вікнами.

У робочій області багатовіконного інтерфейсу будуть відкриватися вікна, у яких, власне, і відбувається робота диспетчера.

Зовнішній вигляд головного вікна програми приведено на рисунку 3.18.

Робота з лічильниками. Працюючи із системою обліку, диспетчер має можливість:

- одержувати дані безпосередньо від лічильника (миттєві виміри, перевірка і синхронізація часу і т.п.);
- читати і змінювати параметри лічильника;
- керувати контактором лічильника і навантаженням.

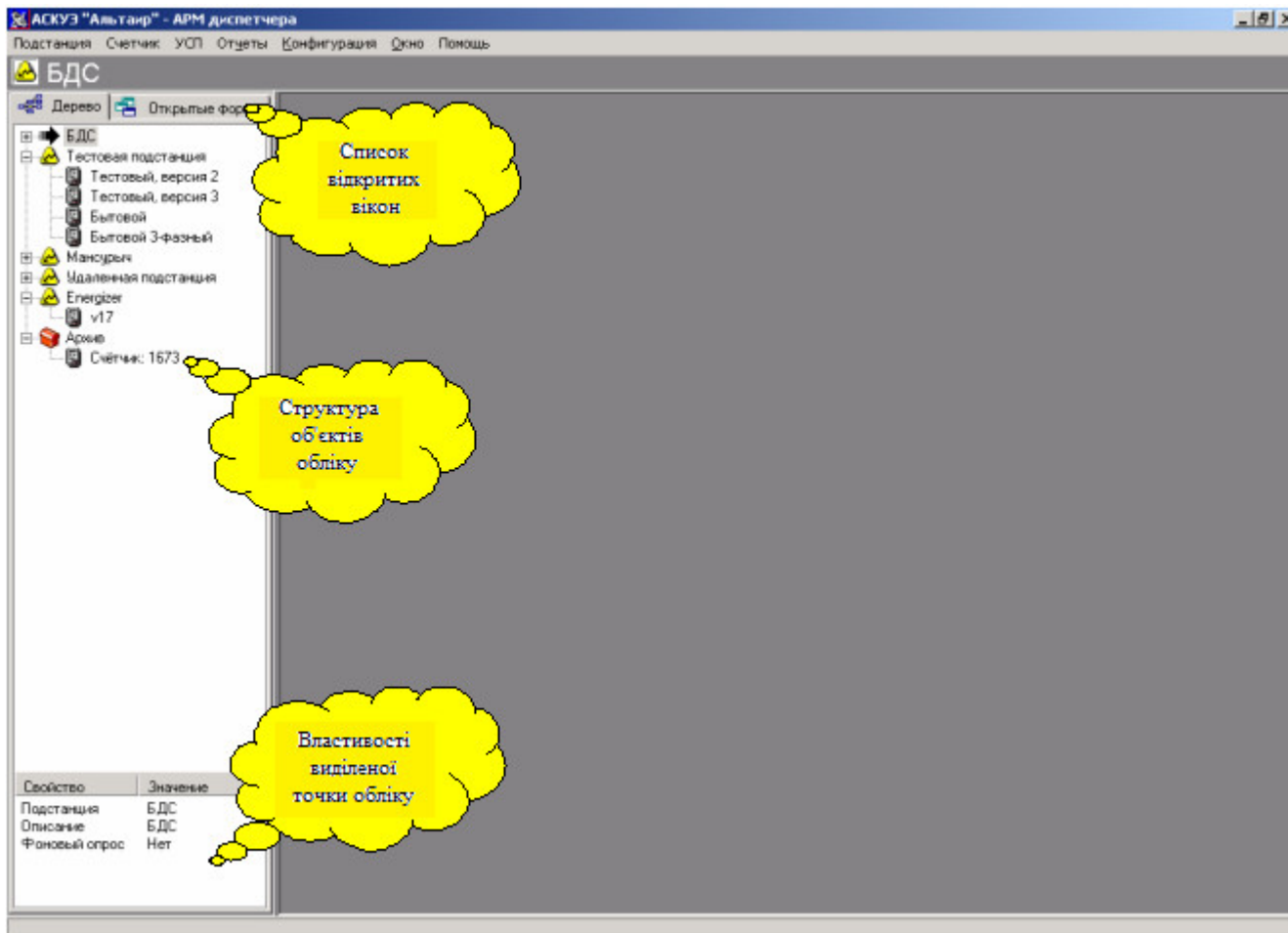


Рисунок 3.18 – Зовнішній вигляд головного вікна програми

Для цього потрібно виділити потрібний лічильник у структурі об'єктів обліку і вибрати відповідну команду:

- з контекстного меню;
- з меню "Счетчик" головного меню.

Програма АСКУЕ підтримує різні версії лічильників, що, як відомо, відрізняються своїми функціональними можливостями. Тому деякі команди можуть бути недоступні, що визначається можливостями кожного конкретного лічильника.

Поточні виміри. Промислові версії лічильників дозволяють одержувати миттєві значення струмів, напруг, потужностей, а також параметрів, що характеризують якість мережі. Ця можливість дозволяє оперативно контролювати якісні показники мережі, що в програмі представлено в зручній графічній формі (рисунок 3.19).

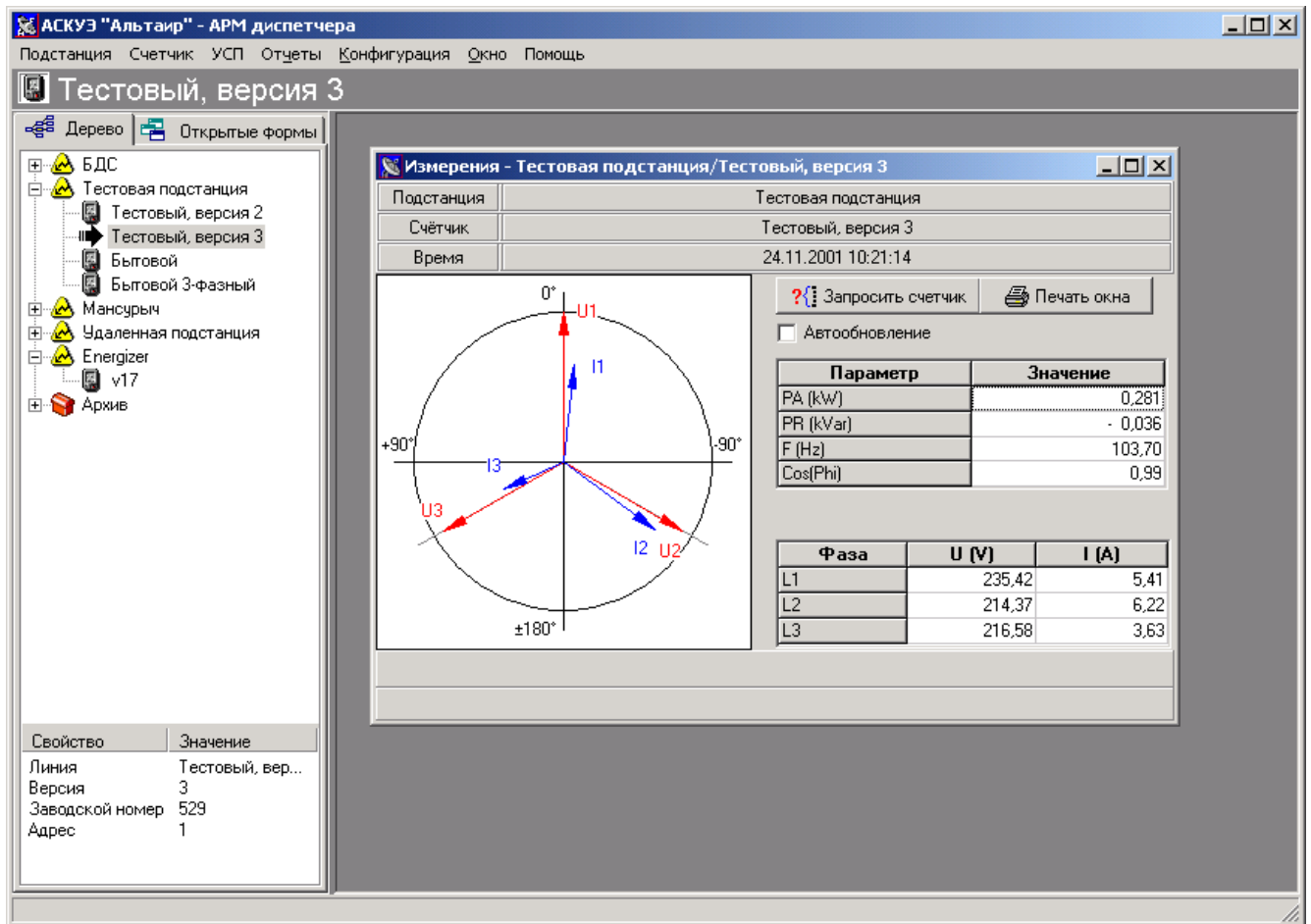


Рисунок 3.19 – Вікно поточних вимірів

З рисунка 3.19 видно, що крім графічного відображення векторної діаграми струмів і напруги, виводиться докладна цифрова інформація про активну і реактивну потужність, частоту мережі, якість мережі ($\cos(\phi)$), а також про значення напруги і струмів за кожною фазою. У верхній частині також відображається момент часу, на який показана інформація була актуальною.

Щоб повторити запит до лічильника на миттєві виміри, можна натиснути кнопку "Запросить счетчик". Також можна скористатися прапорцем "Автообновление" – у цьому випадку запити до лічильника будуть відправлятися автоматично, забезпечуючи постійну актуальність інформації, що відображається.

Робота зі звітами. На підставі зчитаної з лічильників статистики, АСКОЕ дозволяє формувати різні звіти:

- графік навантаження по точці і по групі обліку з різними періодами інтеграції;
- споживання енергії по точках і по групі обліку за довільний період;

- покази лічильників по видах енергії на будь-який момент часу;
- зведені звіти про споживання енергії по групах обліку з розбивкою на різні періоди;
- звіт про аварійні події на підстанціях.

Графік навантаження по точці обліку. Для перегляду й аналізу графіка навантаження за одним лічильником необхідно виділити його в структурі об'єктів обліку і обрати команду "График нагрузки" одним зі способів:

- з контекстного меню;
- з меню «Отчеты» головного меню програми.

В результаті з'являється вікно графіку навантаження, що показано на рисунку 3.20.

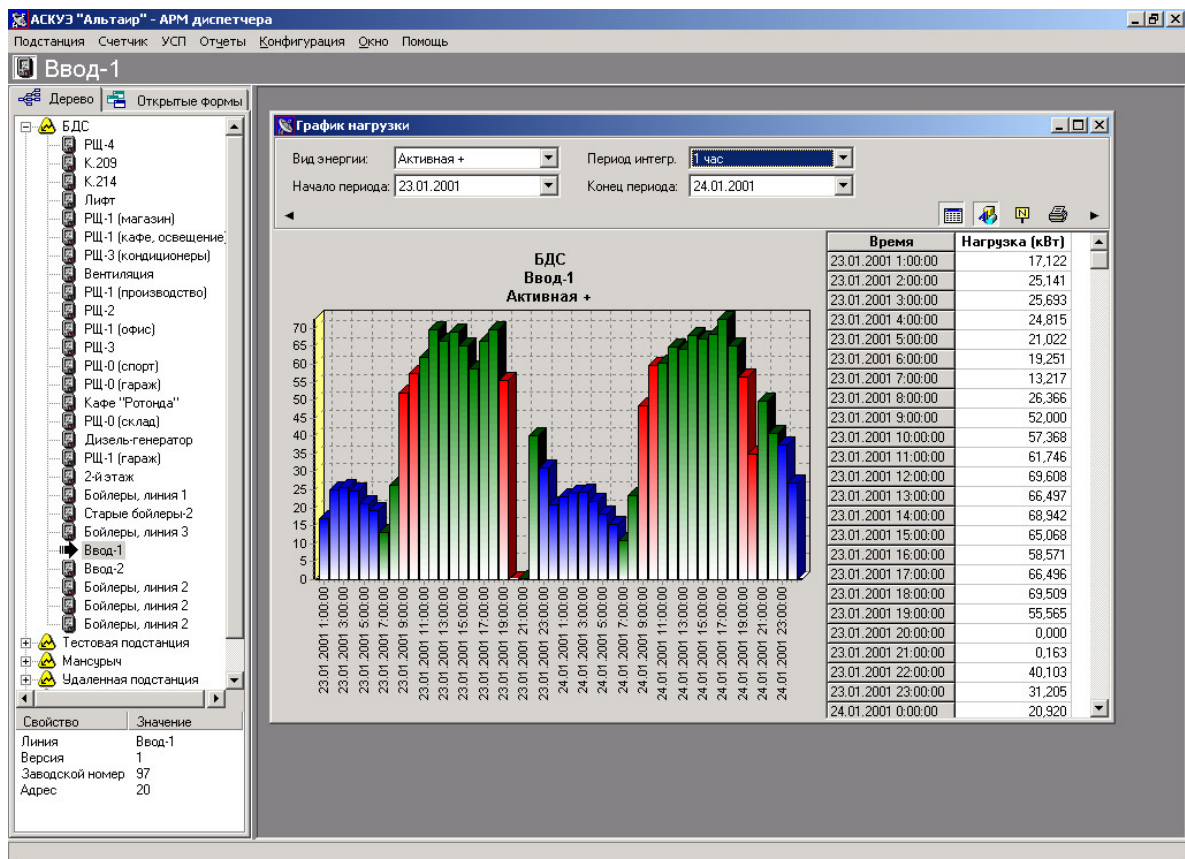


Рисунок 3.20 – Вікно графіку навантаження

Графік навантаження являє собою графік усередненої за період інтеграції потужності по лінії, на якій встановлений лічильник. Кольорами виділені різні тарифні зони:

- синій – нічний тариф;

- зелений – напівпіковий тариф;
- червоний – піковий тариф.

У правій частині вікна відображається таблиця чисельних значень графіка навантаження.

Можна оперативно працювати з цією формою, змінюючи бажані параметри:

- вид енергії (активна/реактивна, споживання/генерація);
- період інтеграції;
- інтервал часу звіту;
- зрушення по даті вперед/назад на одну добу;
- режим відображення: показувати/не показувати таблицю, вид графіка і

т.п.

3.7 Висновки до розділу 3

В даному розділі здійснено розробки процесорного вузла, вузла обміну з комп'ютером. Проведено розрахунок обсягу пам'яті ОЗП та ПЗП і обґрунтовано вибір мікросхем пам'яті. Побудовані блок-схеми та підпрограми роботи вузла обміну з комп'ютером, блок-схеми алгоритму та підпрограми підрахунку кількості імпульсів від лічильників. Також приведено користувацький інтерфейс.

ВИСНОВКИ

1. Зроблено аналіз пристроїв збору та збереження даних, які використовуються для обліку електроенергії.
2. Проаналізовані програмні засоби автоматизованих систем обліку електроенергії, здійснено аналіз елементної бази, методів збору, обробки, програмних засобів та інтерфейсів зв'язку.
3. Розроблено концептуальну модель системи збору та обробки даних для енергетики, що дало можливість розробити структуру та алгоритми роботи пристрою обліку електроенергії.
4. Розроблено структуру пристрою збору даних, структуру процесорного вузла та структуру вузла обміну з комп'ютером.
5. Розроблені алгоритми роботи вузла обміну з комп'ютером і підрахунку кількості імпульсів від лічильників.
6. Проведено розрахунок обсягу пам'яті ОЗП та ПЗП і вибір мікросхем пам'яті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Коцар О. В. Автоматизовані системи контролю, обліку та управління енерговикористанням: Навч. посібник. К.:КПІ ім. Ігоря Сікорського, Дніпро: Середняк Т. К., 2017. 44 с.
2. Медиковський М. О., Цмоць І. Г., Скорохода О. В., Цимбал Ю. В. Інтелектуальні компоненти енергетичних систем на основі концепції Smart Grid. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2015. № 4 (42). С. 25–29.
3. Петришин І., Бас О. Запровадження інтелектуальних інформаційно-вимірювальних систем обліку природного газу в Україні. Метрологія та прилади. № 6, 2018. С. 59-67.
4. Медиковський М. О., Цмоць І. Г., Цимбал Ю. В. Інформаційно-аналітична система для управління енергоефективністю підприємств у м. Львів. Актуальні проблеми економіки. 2016. № 1. С. 379-384.
5. Медиковський М., Цмоць І., Подольський М. Обґрунтування принципів побудови та розроблення узагальненої архітектури інформаційно-аналітичної системи для оцінювання, прогнозування та управління енергоефективністю економіки регіону. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". 2013. № 751: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. С. 40–51.
6. Ситник О. В., Каліновський Р. М. Алгоритми підпрограм роботи вузла обміну з комп'ютером для АСОЕ. *Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі* : тези доп. V Наук.-практ. конф. молодих вчених і студентів (2 груд. 2021 р.). Тернопіль : ЗУНУ, 2021. С.
7. Ситник О. В., Каліновський Р. М. Алгоритм функціонування пристрою збору даних для АСОЕ. *Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі* : тези доп. V Наук.-практ. конф. молодих вчених і студентів (2 груд. 2021 р.). Тернопіль : ЗУНУ, 2021. С.
8. Березький О. М., Дубчак Л. О., Мельник Г. М. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи з освітнього ступеня "Магістр".

Спеціальність: 123 - Комп'ютерна інженерія. Магістерська програма – «Комп'ютерна інженерія». Тернопіль : ЗУНУ, 2021. 32 с.

9. Методичні вказівки до оформлення курсових проектів, звітів про проходження практики, випускних кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності «Комп'ютерна інженерія» / І.В. Гураль, Л.О. Дубчак / Під ред. О.М. Березького. Тернопіль: ТНЕУ, 2019. 33 с.

10. Чекин В.И. История создания, опыт построения и эксплуатации АИИС КУЭ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.sicon.ru/download/seminar2012/05_Chekin.pdf.

11. Інструкція про порядок комерційного обліку електричної енергії. Додаток до Договору між членами оптового ринку електричної енергії // Затв. Радою оптового ринку електричної енергії України, протокол №8 від 09.06.1998 р.

12. Правила Оптового ринку електроенергії України (Правила ринку). Додаток 2 до Договору між членами Оптового ринку електроенергії / Затв. Радою Оптового ринку електроенергії України 02.10.1997 р.

13. Про затвердження національних стандартів, змін до національних стандартів, скасування міждержавних стандартів та внесення змін до наказів Держспоживстандарту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0255609-07#Text>.

14. Ленинградский электромеханический завод [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Ленинградский_электромеханический_завод.

15. Счетчики электрические трехфазные индукционные [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.tehpostach.kiev.ua/pasport/pasport-sa4u-i672m.pdf>.

16. Рожков П.П., Рожкова С.Е. Конспект лекцій з дисципліни “Мікропроцесорна техніка”. Харків: ХНАМГ, 2008. 116 с.

17. Нестерчук Д.М., Квітка С.О., Галько С.В. Основи метрології та засоби вимірювань: навчальний посібник. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2017. 256 с.

18. Паламар М., Стрембіцький М., Паламар А. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів: навчальний посібник. Тернопіль, 2018. 149 с.

19. Волошко А., Данильчик А., Коцарь О., Тарасевич В., Якимаха С. Система информационных энергосберегающих технологий [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docplayer.com/122942302-Sistema-informacionnyh.html>.

20. “Телекарт-Прилад” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://telecard.com.ua/uk/>.

21. Лічильник електричної енергії багатофункціональний типу «Енергия-9» виконання СТКЗ-XXQXXXX.XXXXX [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://telecard.com.ua/images/file/National_economy/metering_device/ПАСПОРТ_Укр_СТКЗ-XXQXXXX.XXXXX.pdf.

22. Київприлад [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kievpribor.com.ua/>.

23. Эльстер Метроника [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.izmerenie.ru/ru/index>.

24. Элгاما-электроника. Приборы учета электроэнергии [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.elgama.com.ua/>.

25. Счетчик Actaris (Itron) SL7000 Smart (SL 7000 Smart) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.gvte.com.ua/rus/katalog/schetchik-Actaris-SL7000>.

26. Концепція побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку України // Затв. спільним наказом Мінпаливенерго, НКРЕ, Держкоменергозбереження, Держстандарту, Держбуду та Держкомпромполітики України №32/28/28/276/75/54 від 17.04.2000 р.

27. Приватне мале науково-впроваджувальне інноваційне підприємство "Струм" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://leadscanner.com.ua/company/13306137>.

28. Коцар О.В., Волошко А.В. Оптимізація обліку перетоків реактивної енергії, яка споживається і генерується електроустановками споживачів з використанням інформаційно-вимірювальних пристроїв СІНЕТ-1. Управління

енерговикористанням. Збірник доповідей. К.: Альянс за збереження енергії. 2001. С.432- 437.

29. Закрите акціонерне товариство ІНЕТ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://youcontrol.com.ua/catalog/company_details/03577183/.

30. Комплексы программно-технические для учета электроэнергии Парус-ЭЧ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://td-str.ru/file.aspx?id=23792>.

31. ТОВ “ЕЛПРО-М” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://youcontrol.com.ua/catalog/company_details/31642125/.

32. Atdata®Smart [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.trios.com.ua/programni-zasobi/atdatasmart>.

33. Романюк Ю. Ф., Гладь І. В. Системи вимірювання, контролю та керування електроспоживанням: конспект лекцій [Текст]. Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 2016. 186 с.

34. SMART IMS – інтегрована система учета потребления энергоресурсов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.web-standart.net/magaz.php?aid=3823>.

35. Комп'ютерні системи та архітектура комп'ютерів: конспект лекцій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pns.hneu.edu.ua/course/view.php?id=5241>.

36. Java [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Java>.

37. NET Framework [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/.NET_Framework.

38. Навчальні матеріали для вивчення основ консольного програмування мовою С++ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://sites.google.com/site/zsuelearning/c_plus/.

39. Pascal [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Pascal>.

40. Цмоць І. Г., Цимбал Ю. В., Цмоць О. І. Системи раннього попередження для підприємств з використанням нейромережових засобів. Актуальні проблеми економіки. 2012/2. № 10. С. 283-291.

41. Цмоць І. Г., Березький О.М., Ігнатєв І. В. Структура пристрою обміну на базі багатопортової пам'яті для нейроорієнтованих комп'ютерних систем. Збірник наукових праць інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України «Моделювання та інформаційні технології». 2014. Вип. 73. С. 67–72.

42. Цмоць І. Г., Березький О.М., Ігнатєв І. В. Принципи побудови та базова структура нейроорієнтованих комп'ютерних систем реального часу. Вісник Хмельницького національного університету. 2014. №6 (219). С. 173-179.

43. Denysyuk P., Tesluyk T., Kernytskyu A., Teslyuk V., Tsmots I., Berezscky O. Interface-Sensitive Method of Synthesis of Microcontroller- Based System Structures. 15 th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM). Polyana (Svalyava), UKRAINE February 26 – March 2, 2019. Pp. 21-24.

44. Teslyuk T., Teslyuk V., Denysyuk P., Tsmots I., Berezscky O., Melnyk M. Synthesis of Neurocontroller for Intellectualization Tasks of Process Control Systems. 15 th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM). Polyana (Svalyava), UKRAINE February 26 – March 2, 2019. Pp. 639-642.