

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)
Кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Савків В.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Вельгову Андрію Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема роботи «Розроблення мікропроцесорної системи моніторингу споживання електроенергії»

Керівник роботи к.т.н., доцент Капаціла Ю.Б.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «27» січня 2022 року № 4/7-40

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23 червня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи Паспортні дані обладнання. Базові методи розподілу та обліку електроенергії. Структура тарифів на електроенергію. Загальні характеристики лінійки процесорів MCS-48. Способи зв'язку контролера з навантаженням.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналітична частина. Проєктна частини. Спеціальна частина. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

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

Блок-схема контролера. Блок-схема контролю. Модифікований алгоритм керування.

Блок-схема прийняття рішення. Блок-схема відновлення. Ланцюг збою живлення.

Принципова схема передавача. Принципова схема системи моніторингу.

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

«Розроблення мікропроцесорної системи моніторингу споживання електроенергії» студента групи КА-41 Вельгова А.О.

Розрахунково-пояснювальна записка: 56 аркушів формату А4, 18 рисунків, 6 таблиць, 18 літературних джерел, графічна частина – 5 аркушів формату А1

Мета роботи: розроблення мікропроцесорної системи моніторингу споживання електроенергії.

Для досягнення поставленої мети вирішено завдання:

- вивчено сучасний стан питання, виконано літературний огляд за темою роботи, сформульовано висновки та основні завдання;
- проаналізовано сучасні технології керування споживанням електроенергії;
- детально розглянуто метод несучих ліній електропередач;
- розроблено структурну та принципову схеми контролера;
- розроблено алгоритм управління;
- розглянуто питання безпеки життєдіяльності та охорони праці.

Методи виконання роботи: економіко-статистичний, графічний, порівняльний, математичного моделювання; теоретико-емпіричний.

Ключові слова: автоматизація, контролер, електроенергія, лічильник, тариф, система, алгоритм

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Огляд підходів до керування попитом на електричну енергію.....	7
1.2 Сучасні технології керування споживанням електроенергії	9
1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу.....	10
2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	12
2.1 Розроблення структурної схеми контролера	12
2.1 Вибір процесора	12
2.3 Вибір дисплея	14
2.3 Вибір методу передачі сигналу.....	15
2.4 Технологічні основи методу несучих ліній електропередач (BSR).....	17
2.5 Синхронізація лінії.....	21
2.6 Синтез коду	27
2.7 Генерування несучої частоти	30
2.8 Організація вводу-виводу.....	32
2.8.1 Дисплей	32
2.8.2 Показники стану	33
2.8.3 Клавіатура	33
2.9 Збій живлення	34
2.10 Лічильник	36
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	38
3.1 Опис алгоритму управління	38
3.2 Визначення контрольних впливів.....	38
3.2 Виконання контрольної дії.....	46
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	51
4.1 Актуальність безпеки життєдіяльності людини	51
4.2 Загальні вимоги безпеки з охорони праці для користувачів ПК.....	52
ВИСНОВКИ.....	56
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	57

ВСТУП

Необхідність впровадження пріоритетної політики енергозбереження пов'язана, насамперед, із дефіцитом власних паливно-енергетичних ресурсів, залежністю від країн експортерів газу і нафти, зростаючою вартістю їх добування, а також із глобальними екологічними проблемами. Найважливішим завданням сучасних промислових підприємств є економне витрачання енергетичних ресурсів і підвищення ефективності їх використання на всіх стадіях виробництва, тому велика увага приділяється розробленню сучасних технологій і проведенню організаційно-технічних та економічних заходів щодо підвищення енергоефективності виробництва.

В зв'язку з цим керування електричним навантаженням стало дуже актуальною сферою для енергозбереження. Оскільки ручне керування навантаженням експлуатує все менше користувачів, потрібні пристрої, які виконують завдання керування. В даний час в таких пристроях є або прості таймери або великі промислові системи управління.

Метою цієї роботи є розроблення ефективної, але економічної системи керування в режимі реального часу, яка може використовуватися побутовими та невеликими комерційними споживачами для моніторингу потреби в електроенергії.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Огляд підходів до керування попитом на електричну енергію

Світові постачальники електроенергії переживають трансформацію своєї галузі. Стандарти відновлюваного портфеля, генератори відновлюваної електроенергії, чистий облік та інші розподілені енергетичні рішення відвернули доходи та клієнтів від традиційних комунальних послуг і створили невідповідність між тарифами на електроенергію та витратами на комунальні послуги. У довгостроковій перспективі політичні та технологічні тенденції, значною мірою спричинені декарбонізацією, може продовжувати мотивувати клієнтів зменшувати свою залежність від традиційних комунальних послуг або навіть відмовитися від них на користь сторонніх постачальників.

Історично структури тарифів на електроенергію об'єднували всі електричні послуги в одну об'ємну ставку – тарифікація споживачів за кіловат-годиною використання відповідала всім основним цілям зацікавлених сторін. Клієнти з однаковими тарифами (комерційні, промислові, житлові) отримували однаковий рівень послуг і розуміли, що їхні рахунки за електроенергію відрізняються залежно від кількості спожитої електроенергії. Комунальні підприємства відшкодували свої витрати та капітальні вкладення без значного підвищення тарифів.

Сьогодні рівень вимогливості споживачів та витрати на комунальні послуги зростають. Модернізація електромережі та інвестиції для досягнення цілей стійкості вимагають значних капітальних вкладень.

Протягом дня робочий графік окремих домогосподарств та підприємств змінюється. Попит на електроенергію відповідає цим графікам, викликаючи збільшення та спади на кривій щоденного навантаження. За останні роки варіації цієї кривої навантаження стали дуже широкими.

Більш високий рівень використання кондиціонування повітря спричиняє зростання споживання електроенергії влітку, а збільшення використання електричного опалення призводить до підвищення попиту на електроенергію

взимку.

Зазвичай підприємства з постачання електроенергії задовольняють ці коливання попиту на електроенергію, використовуючи різні типи виробництва електроенергії. В залежності від конкретних умов, в якості джерела електроенергії використовують: підстанції єдиної енергетичної системи, власні електростанції, здебільшого на твердому паливі, які працюють паралельно з енергосистемою, і пристрої, які призначені для виробництва електроенергії в момент критичних навантажень електромережі. Такі установки, як правило, є газовими або нафтовими турбінами, які можна швидко запустити, щоб задовольнити підвищені потреби в електроенергії за короткий період.

Час, коли підприємству з постачання електроенергії доводиться використовувати більше неефективних та неекономічних способів генерації електроенергії, називаються «час пік».

Потужність, яку використовує споживач, є досить значною проблемою для виробників і постачальників електроенергії, оскільки постачальник повинен мати достатню потужність, щоб у будь-який час задовольнити потреби споживача в електроенергії. Щоб заохотити клієнтів зменшити попит і таким чином уникнути будівництва нових електростанцій, більшість комунальних підприємств включають плату за попит (або споживану потужність) у тариф.

Якщо споживач зменшить споживання, цей збір допоможе розплатитися за новий період. Найбільша потреба в електроенергії за розрахунковий період порівнюється з нормою потреби та розраховується кредит або пеня. Ця плата з попиту була поширеною в промислових тарифах протягом багатьох років, але останнім часом вводиться для житлових цілей.

Споживання електроенергії типовим споживачем залежить від його способу життя, для визначення пікового попиту на електроенергію використовуються статистичні дані.

Будівництво нових електростанцій стає все складнішим. Витрати на будівництво стрімко зростають, вартість пального також продовжує зростати. У результаті підприємства шукають альтернативні засоби для задоволення пікових потреб у електроенергії. Управління навантаженням, зокрема контроль попиту,

може обмежити ці піки, в результаті можна уникнути необхідності у запуску додаткових потужностей для вироблення електроенергії.

Для того, щоб мінімізувати попит на електроенергію, використовуються різного роду пристрої керування. Тому розробка конструкції автоматизованої системи моніторингу споживання електроенергії є актуальним і своєчасним завданням.

1.2 Сучасні технології керування споживанням електроенергії

Для безперервного забезпечення споживачів електроенергією існує багато методів і засобів. В першу чергу необхідно забезпечити суворий облік споживання і розробити заходи, що дозволять ефективно керувати розподілом електроенергії, зокрема обмежити споживання за певними критеріями.

Існує порівняно велика кількість пристроїв для обмеження споживання електроенергії. Всі вони відрізняються за будовою принципом дії і сферою застосування, укрупнено їх можна розділити на три основні групи.

Перша група – це найпростіші пристрої синхронного типу, до яких належать різного роду включає таймери, комутатори, програматори та різного роду пристрої циклічної дії.

Усі пристрої синхронного типу знижують споживання енергії, вмикаючи або вимикаючи навантаження протягом встановлених проміжків часу: на певний час, через певні проміжки часу або за розкладом. Ця технологія є досить ефективною, конструктивно простою, але завдає найбільше незручностей споживачеві, оскільки постійно потрібно слідкувати за їх роботою: вмикати таймери, коригувати програму чи витримки часу.

Другу групу становлять пристрої блокування. Вони знижують споживання електроенергії, не допускаючи одночасної роботи двох або більше електроприладів. Ці пристрої також достатньо ефективні, але здатні комутувати обмежену кількість навантажень, їх складно адаптувати до змінних умов роботи, крім того, підключення таких пристроїв дуже часто вимагає прокладання

додаткових комунікацій.

Третя група – контролери попиту, пристрої на основі мікропроцесора, які вимикають навантаження, якщо споживана потужність перевищує задану межу.

1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу

На основі огляду підходів до керування попитом на електричну енергію та сучасних технологій керування споживанням електроенергії можна зробити висновок, що для покращення рівня постачання електроенергією як окремих приватних споживачів, так і промислових підприємств найбільший інтерес становлять мікропроцесорні системи моніторингу та керування споживанням електричної енергії.

В зв'язку з цим основним завданням кваліфікаційної роботи є розроблення мікропроцесорної системи управління та контролю споживання електроенергії, яка б була наділена такими функціями:

- увімкнення та знеструмлення навантаження для забезпечення рівня споживання в заданих межах;
- можливість програмування попиту і вибору навантаження, яке потрібно контролювати;
- можливість контролю до 8 навантажень;
- мінімальне втручання в існуючу мережу;
- можливість монтажу без внесення суттєвих змін в наявні системи постачання електроживлення;
- індикація часу увімкнення та вимкнення;
- індикація перевищення рівня споживання;
- збереження та відображення загального споживання (кВт·год), вартості за місяць, максимального попиту, споживання за поточний і попередній місяць, часу;
- можливість задання двох пікових періодів на день;
- можливість перемикає ступені навантаження після відключення

електроенергії;

- використання змінного розкладу пріоритетів;
- можливість отримувати інформацію від системи автоматизації комунальних послуг;
- можливість зчитування показів лічильника;
- скидання реєстрів при зчитуванні лічильника.

2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

2.1 Розроблення структурної схеми контролера

Блок-схема контролера зображена на рис. 2.1. Основою контролера є мікропроцесор, який має програмну пам'ять у вигляді 2к байтного EPROM, а також 16 ліній вводу-виводу.

Система оснащена вбудованим блоком живлення, який працює від мережі 220-240 В змінного струму і забезпечує напруги живлення процесора та пристроїв відображення. В системі передбачене резервне джерело живлення від батареї, яке зберігає вміст оперативної пам'яті процесора протягом щонайменше чотирьох днів. Інтерфейс користувача здійснюється через клавіатуру 4x4, і шестизначний вакуумний люмінесцентний дисплей. Зв'язок з приймачами здійснюється через лінію електропередач з використанням несучого сигналу 121 кГц.

Повну схему наведено в графічній частині, а більш детальний опис різного обладнання можна знайти в наступних розділах.

2.1 Вибір процесора

Вибір процесора є дуже важливою частиною розробки будь-якого пристрою на основі мікропроцесора.

Вибір процесора здійснюється за сукупністю декількох критеріїв. Одним з них є гнучкість, оскільки вибір процесора, а значить його архітектура і система команд необхідні для розробки програмного та апаратного забезпечення контролера. Бажано використати однокристальний мікропроцесор, щоб мінімізувати апаратне забезпечення підтримки процесора, тим самим зменшуючи вартість і складність.

Також було враховано багато інших факторів, оскільки розробка відразу планувалася до впровадження і серійного випуску.

Ще одним критерієм вибору є можливість майбутнього розширення

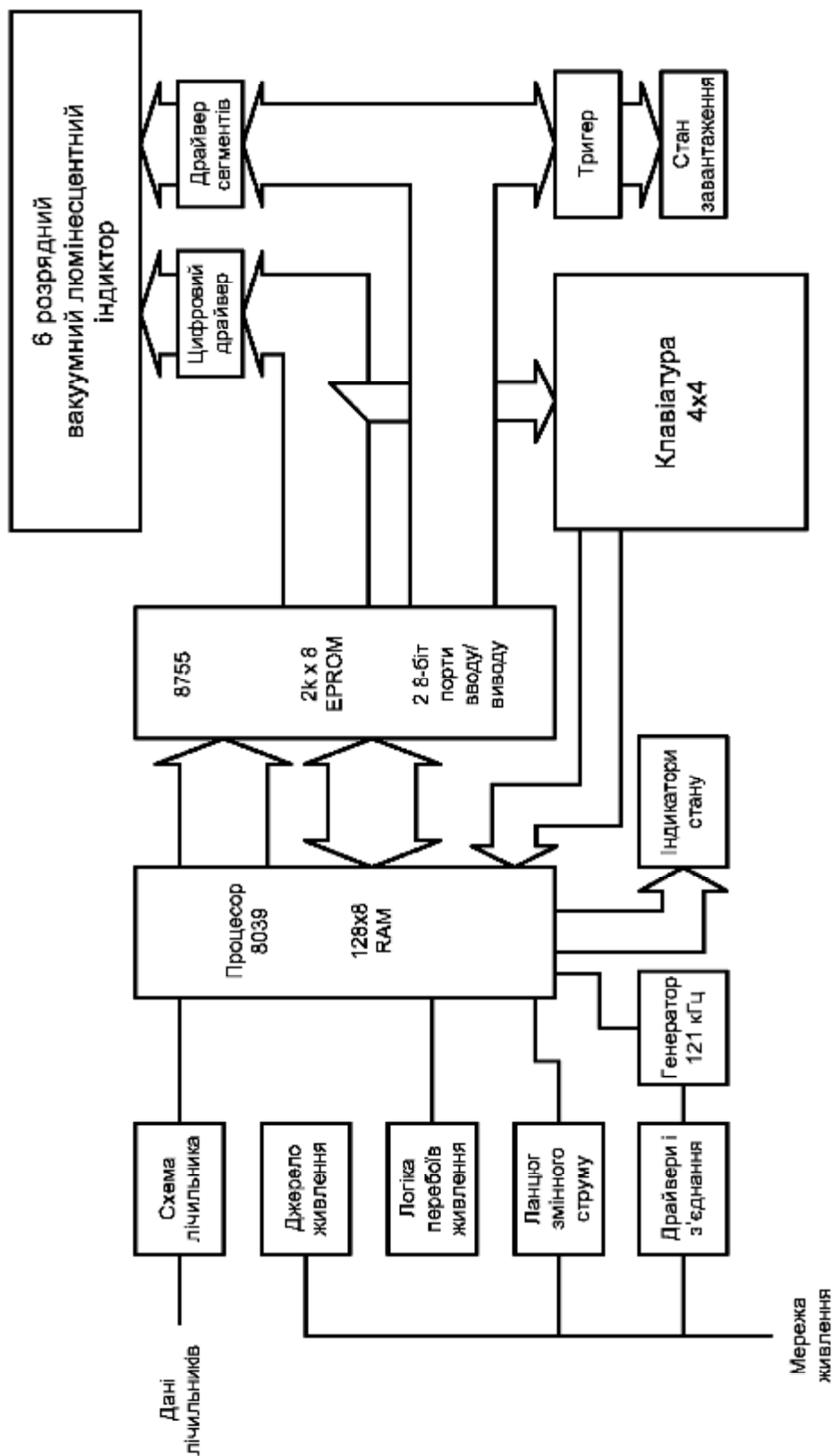


Рисунок 2.1 – Блок-схема контролера

Після вивчення пристроїв кількох основних виробників було обрано сімейство пристроїв Intel MCS-4R. Перший член цього сімейства (8748) був

представлений у 1979 році, а за ним послідували додаткові моделі, сумісні з контактами. З роками ці пристрої стали дуже популярними, на даний момент щонайменше три виробники випускають компоненти MCS-48.

Загальні характеристики таких процесорів наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Сімейство процесорів MCS-48

Характеристики	Компоненти							
	8035	8039	8040	8048	8049	8050	8747	8749
Об'єм ROM (кБайт)	–	–	–	1	2	4	1*	5*
Об'єм RAM (кБайт)	64	128	256	64	128	256	64	128
Піни вводу/виводу	15	15	15	27	27	27	27	27
* EPROM								

8048 є інтегрованим мікрокомп'ютером, який складається з ЦП, ОЗП, ПЗУ, I/O, тактового генератора та таймера/лічильника, які містяться в одному 40-контактному дворядному корпусі. Живлення здійснюється від одного 5-вольтового джерела живлення. Пристрої вищого рівня містять більше пам'яті, ніж попередній пристрій. Це було вирішальним для нашого проекту, в якості першого вибраного процесора був 8748, який містить 64 байти оперативної пам'яті та 1к EPROM. Після написання частини програмного забезпечення стало очевидним, що буде потрібно більше пам'яті. Останнім варіантом був R0.9, який містить 128 байт оперативної пам'яті. EPROM був переміщений на інший тип, 8755, щоб отримати 2 кбайт, а також увімкнути функцію резервного копіювання.

2.3 Вибір дисплея

Про розробленні конструкції контролера в розглядалася можливість вибору в якості дисплея рідкокристалічних, вакуумних люмінесцентних, газорозрядних та світлодіодних індикаторів.

Рідкокристалічні дисплеї володіють суттєвою перевагою через їх низьке енергоспоживання та відносно низьку вартість. Разом з тим їх притаманний і суттєвий недолік – для їх підключення потрібні додаткові пристрої, оскільки вони

працюють з сигналами змінного струму, які виключають звичайні методи мультиплексування. Тому використання таких пристроїв індикації вимагає наявності додаткових конструктивних елементів, що призведе до підвищення рівня складності і вартості всієї системи.

Світлодіодні індикатори також були відкинуті, оскільки споживають досить значну потужність, мають низьку світловіддачу. Для газорозрядних індикаторів потрібне додаткове джерело високої напруги, що також ускладнює конструкцію і підвищує вартість приладу, крім того, світловіддача також низька.

В результаті для використання в конструкції контролера були вибрані вакуумні люмінесцентні індикатори, які володіють низкою переваг. Такі індикатори були розроблені в Японії близько 20 років тому і зустрічаються в багатьох конструкціях. Вакуумний люмінесцентний індикатор по суті являє собою триод, який має катод з підігрівом, і анод, який покритий флуоресцентним матеріалом. Люмінесценція катода – це те, що служить джерелом світлового випромінювання. Кожен сегмент стандартного семисегментного дисплея є окремим катодом, при цьому всі подібні катода кожної цифри з'єднані разом. Між анодом і катодами розміщена сітка. Кожна цифра має окрему сітку, і шляхом прикладання відповідної напруги до сіток і катодів можна реалізувати стандартну техніку мультиплексування.

Для таких індикаторів характерні висока яскравість (до 700 кд/м), відносно невисокі робочі напруги (20-100 В) і споживана потужність (50-100 мВт на 1 см світлової площі). Пристрій має низьку вартість і тривалий термін служби.

2.3 Вибір методу передачі сигналу

При розробленні конструкції контролера дуже важливим є вибір способу зв'язку контролера з навантаженням. Всього розглядалося чотири варіанти.

Перший – пряме з'єднання контролера з навантаженням, комутація з'єднань – за допомогою реле твердотільного і електромеханічного типу. Цей метод дуже широко використовується, але він має і найбільшу кількість недоліків.

Найбільш суттєвим недоліком є значні витрати, пов'язані з переобладнанням електропроводки. Крім того, така схема є дуже негнучкою, так як будь які, навіть найменші зміни в комутації вимагають змін в проводці.

Другий підхід є різновидом першого, у якому використовуються низьковольтні лінії керування від контролера до реле, які розташовані безпосередньо на навантаженні або на панелі живлення.

Це усуває витрати на проведення електропроводки, але все одно вимагає прокладання низьковольтної лінії зв'язку, а низька гнучкість залишається проблемою.

Розглядалася також можливість безпроводного з'єднання, однак такий варіант також пов'язаний з значними проблемами, найбільшими з яких є висока вартість обладнання, необхідність в додаткових засобах захисту від завад, складнощі з сертифікацією FCC.

В кінцевому підсумку вирішено було зупинитися на використанні методу несучих ліній електропередач. Це тип зв'язку, який використовується для зв'язку між електричними підстанціями за допомогою електричних кабелів. Тож за допомогою цього можна здійснювати телекомунікації, моніторинг та захист між електричними підстанціями. Це швидкий спосіб зв'язку, який необхідний для безпечного та ефективного електропостачання. По лінії електропередачі також передаються дані про провідник, який використовується для передачі електроенергії змінного струму або розподілу електроенергії споживачам.

Основна перевага цього типу зв'язку полягає в тому, що існуюча лінія електропередач використовується для передачі даних. Зв'язок по лінії електропередач є найбільш надійним і економічно ефективним методом дистанційного зв'язку.

При цьому способі, високочастотна (121 кГц) несуча вводиться в лінію живлення, а потім модулюється амплітудно для передачі цифрового повідомлення. Приймачі на навантаженнях виявляють несучу і декодують цифрове повідомлення.

Інтерференція з іншими передавачами зведена до мінімуму, оскільки несуча 121 кГц достатньо ослаблена на будь-якому розподільному трансформаторі. Крім

того, кожен передавач може вибрати з шістнадцяти різних кодів.

Більшість робіт, виконаних у сфері комунікацій енергосистем, зосереджені на централізованих комунікаційних системах для автоматизації розподілу комунальних послуг та управління навантаженням.

Найбільшим недоліком методу несучих ліній електропередач для є те, що сигнал може бути заблокований розподільними трансформаторами та конденсаторами корекції напруги, проте має і суттєву переваги – при цьому методі втрати енергії мінімальні навіть при передачі даних чи керуючих сигналів на значні відстані.

Системи безпроводного зв'язку також здатні охоплювати великі території, але тут особливо гостро стоїть проблема боротьби з перешкодами. Крім того, можливе блокування сигналу, якщо об'єкт керування знаходиться в тіні.

У світлі цих висновків рішення про використання несучих ліній електропередач як засобу місцевого зв'язку є найбільш перспективним, хоча і вимагає додаткових дослідницько-пошукових робіт і розроблення додаткового програмного забезпечення.

2.4 Технологічні основи методу несучих ліній електропередач (BSR)

Контролер зв'язується зі стандартними приймачами, використовуючи технологію несучої лінії електропередачі. В цій технології високочастотний амплітудно модульований сигнал подається на лінії електропередачі та направляється на віддалені приймачі. Основний формат BSR складається з 22-бітового слова, що передається послідовно зі швидкістю 120 бод, при цьому кожен біт синхронізується з перетином нуля лінії А-С.

BSR використовує спеціальну великомасштабну інтегральну схему P-MOS, передавач S42C, щоб генерувати всі бітові шаблони та синхронізувати ці біти з лінією А-С. Біти «1» представлені наявністю несучого сигналу 121 кГц, а «нульові» біти – його відсутність. В таблиці 2.2 наведено формат послідовних даних, що складається з 11 циклів лінії А-С.

22-розрядне слово можна розбити на три частини; код початку, код захисту та код ключа.

Таблиця 2.2 – Формат послідовних даних

Цикл	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11	
Біт	S	S	S	S	H	\bar{H}	H	\bar{H}	H	\bar{H}	H	\bar{H}	D	\bar{D}	D	\bar{D}	D	\bar{D}	D	\bar{D}	D	\bar{D}
	1	2	3	4	8	8	4	4	2	2	1	1	8	8	4	4	2	2	1	1	16	16
	Стартовий код				Код безпеки								Код ключа									

Початковий, або кадровий код, має чотири біти і складається з трьох одиниць, за якими йде нульовий біт. Цей код унікальний, оскільки дві інші секції складаються з біта, за яким йде інверсний біт, отже, три послідовні одиниці можуть зустрічатися лише в початковій частині слова. Це використовується для синхронізації приймачів зі словом, що передається, і є загальною особливістю протоколів асинхронної передачі.

Другий розділ – це код безпеки або код будинку.

Ця частина слова має вісім біт і використовується як частина адреси одержувача. Ці вісім біт ідентифікують шістнадцять можливих кодів безпеки, як показано в таблиці 2.3. Усім приймачам, які знаходяться в одному місці, зазвичай присвоюється той самий код безпеки.

Призначаючи різні коди безпеки кожному передавачу, кілька передавачів можуть працювати на одних і тих же лініях без перешкод. Це особливо корисно, коли в кожній квартирі є передавач, або, що ще важливіше, коли дві квартири в одному будинку хочуть використовувати передавачі.

Третій розділ – це код ключа, або код операції, що становить десять біт. Цей розділ є номером пристрою, другою половиною адреси або командою функції. Знову ж таки, за послідовністю слідує її доповнення, тому насправді існує 32 можливих комбінації. BSR визначив лише 22 з цих кодів, і вони показані на рисунку 2.2. Шістнадцять із 22 визначених кодів є номерами одиниць.

Номер одиниці – це друга половина адреси одержувача. Є чотири коди клавіш, які визначають операцію. Решта два коди – це код ALL, який використовується для адресації всіх блоків за певним кодом безпеки, і код

CLEAR, який скидає приймачі.

Для того, щоб приймач виконував операцію, його потрібно спочатку адресувати, надіславши слово, що має відповідний код безпеки та відповідний код пристрою. Це слово передається двічі, щоб забезпечити правильний прийом, за яким слідує шість циклів відсутності передачі. Після шестициклової затримки друге слово, знову з відповідним кодом безпеки, але містить відповідну команду операції, передається. Це слово також передається двічі. Загалом для передачі повного повідомлення одному одержувачу потрібно 50 циклів або 0,833 секунди. На рисунку 2.2 зображено повну передачу повідомлення.

Таблиця 2.3 – Коди безпеки

Код безпеки	H8	H4	H2	H1
A	0	1	1	0
B	1	1	1	0
C	0	0	1	0
D	1	0	1	0
E	0	0	0	1
F	1	0	0	1
G	0	1	0	1
H	1	1	0	1
I	1	1	0	1
J	1	1	1	1
K	0	0	1	1
L	1	0	1	1
M	0	0	0	0
N	1	0	0	0
O	0	1	0	0
P	1	1	0	0

Таблиця 2.4 – Коди ключів

Ключ	D8	D4	D2	D1	D16
1	0	1	1	0	0
2	1	1	1	0	0
3	0	0	1	0	0
4	1	0	1	0	0
5	0	0	0	1	0
6	1	0	0	1	0
7	0	1	0	1	0
8	1	1	0	1	0

Ключ	D8	D4	D2	D1	D16
9	0	1	1	1	0
10	1	1	1	1	0
11	0	0	1	1	0
12	1	0	1	1	0
13	0	0	0	0	0
14	1	0	0	0	0
15	0	1	0	0	0
16	1	1	0	0	0
CLEAR	0	0	0	0	1
ALL	0	0	0	1	1
ON	0	0	1	0	1
OFF	0	0	1	1	1
BRIGHT	0	1	0	0	1

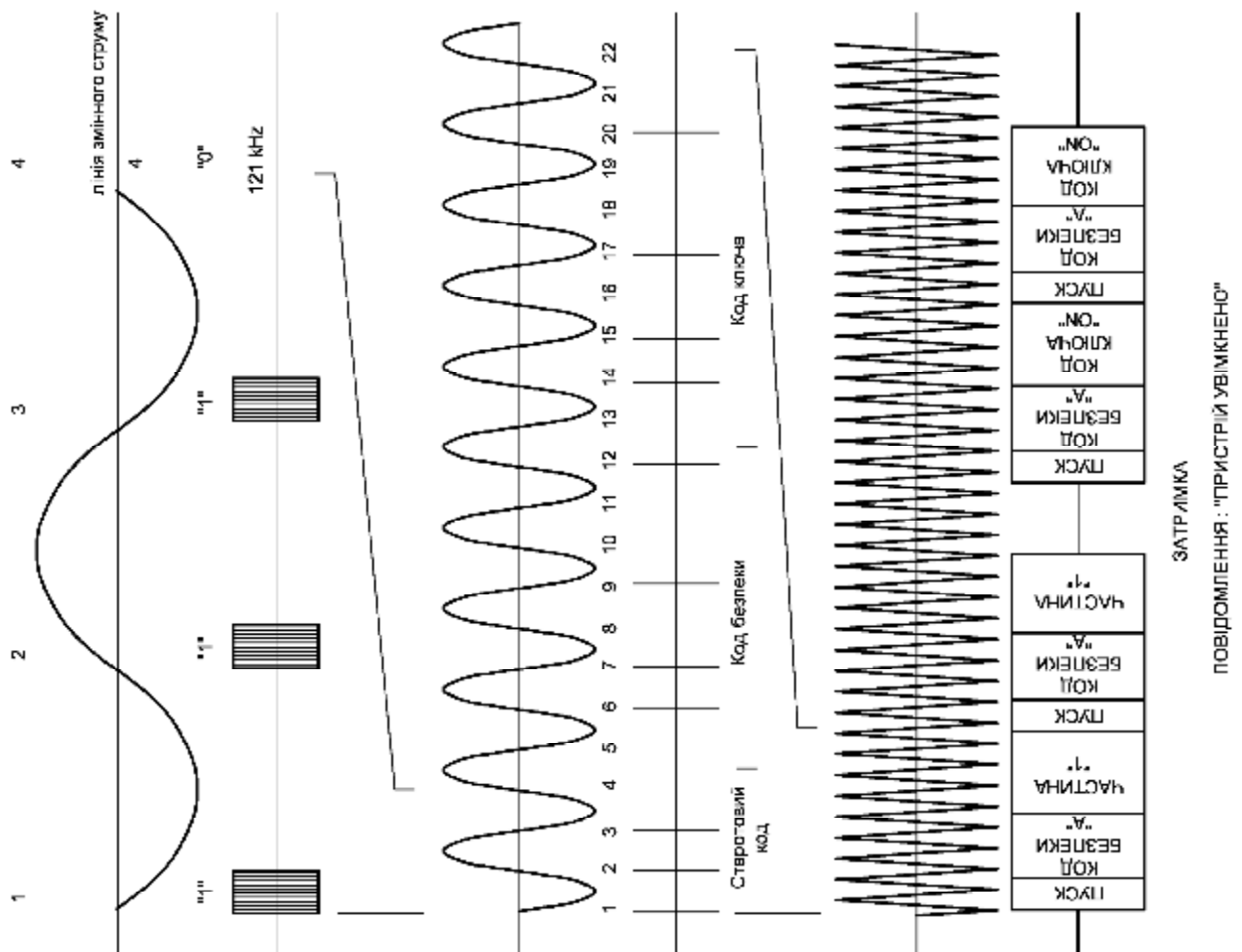


Рисунок 2.2 – Повне повідомлення

BSR визначає дуже жорсткі допуски щодо розміщення пакету несучої по відношенню до перетину нуля лінії А-С. У форматі BSR «один» біт насправді

складається з трьох окремих пакетів несучої, як показано на рисунку 2.3. Ці три сплески розташовані під кутом 60 електричних градусів, щоб забезпечити трифазний зв'язок.

Це потрібно через те, що приймачі використовують перетин нуля як строб. Перший сплеск починається протягом 100 мкс від фактичного перетину нуля. Тривалість кожного сплеску становить 1 мс, а передні фронти трьох пакетів розташовані рівно на 60 електричних градусів (2,778 мс).

2.5 Синхронізація лінії

Як згадувалося в попередньому розділі, BSR та інші пристрої на ринку використовують мікросхему передавача 542С для створення коду та виконання синхронізації лінії. У цьому проекті було обрано інший підхід, і це дозволило мікропроцесору за допомогою програмного забезпечення генерувати відповідні коди, а також виконувати завдання синхронізації перетину нуля.

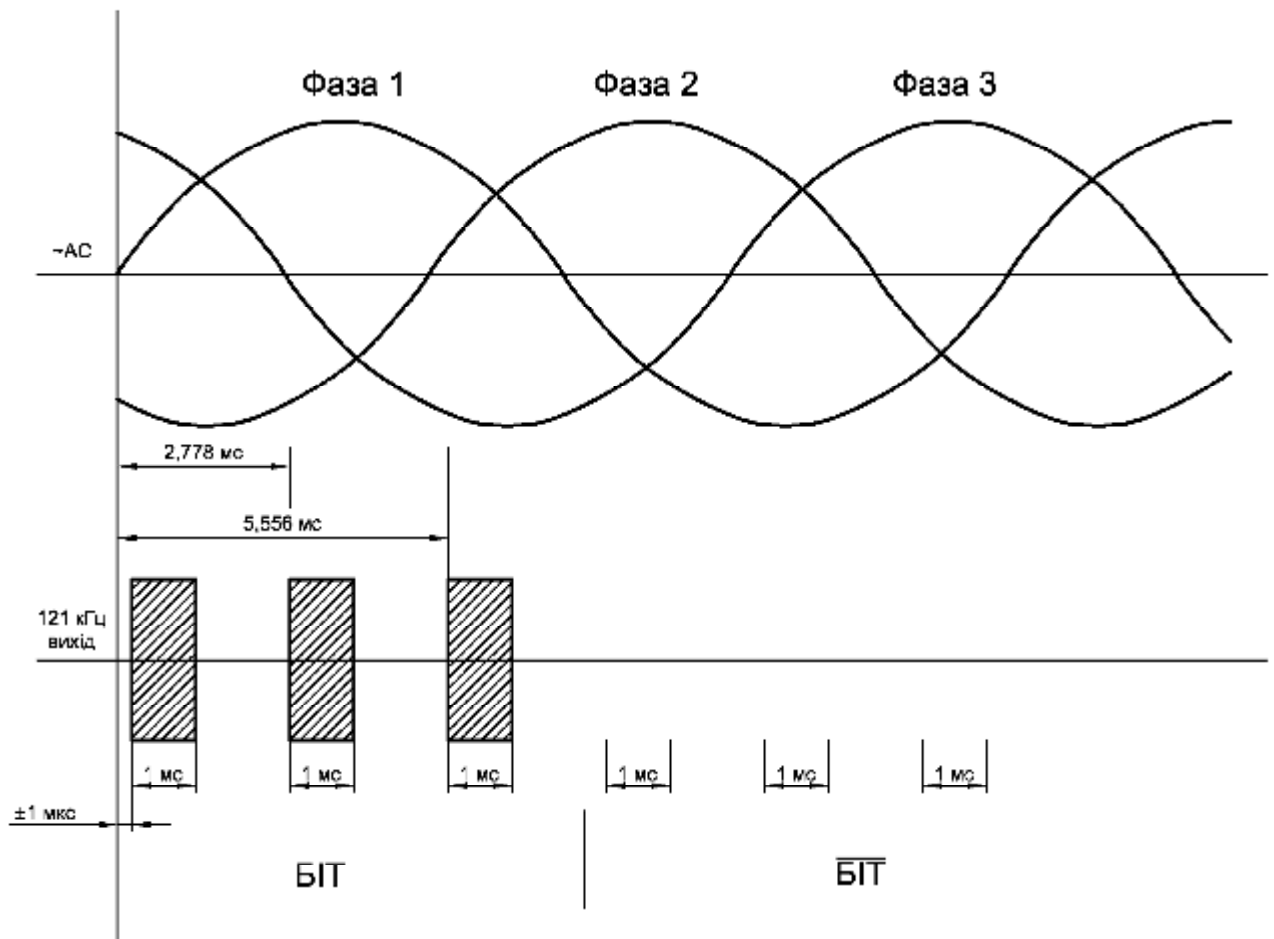


Рисунок 2.3 – Налагодження виходу

Синхронізація з лінією дуже важлива, оскільки приймачі використовують перетин нуля як строб для вибірки лінії на наявність несучої. Ця синхронізація здійснюється за допомогою «програмного циклу фазової автосинхронізації» або SPLL, блок-схема якого зображена на рисунках 2.4 і 2.5. На рисунку 2.6 показано один цикл А-С і вміст лічильника CURDIG.

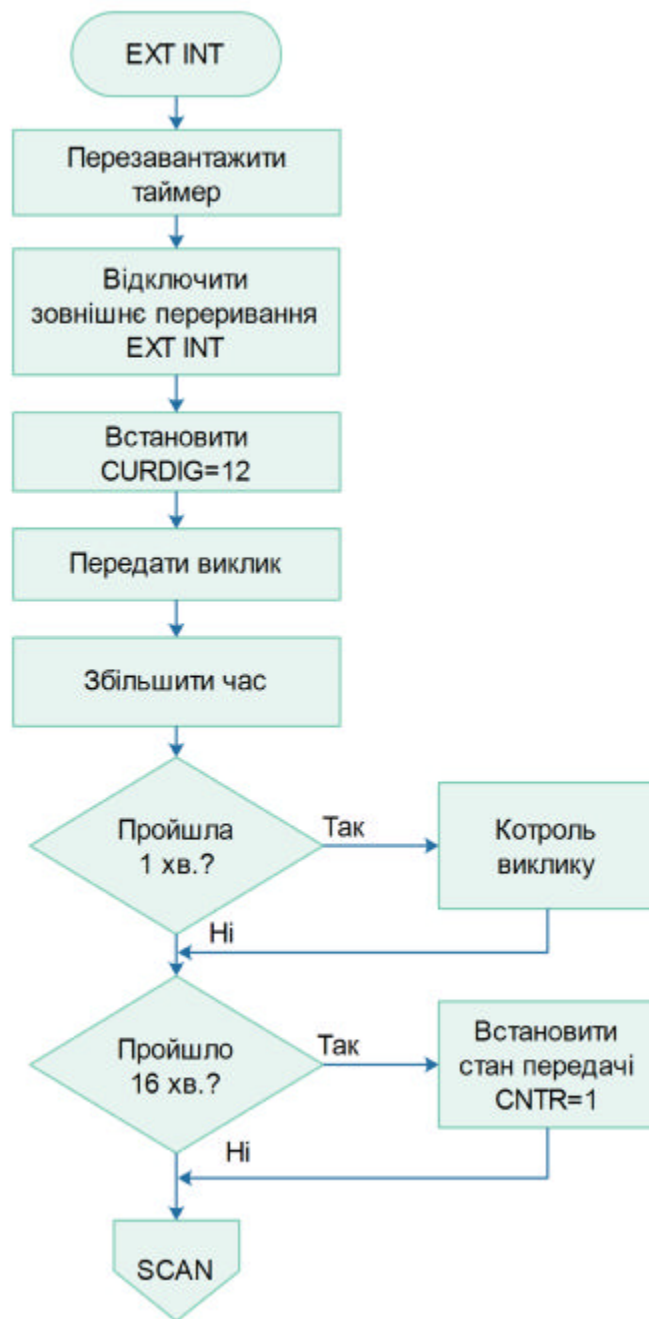


Рисунок 2.4 – Блок схема організації зовнішніх переривань

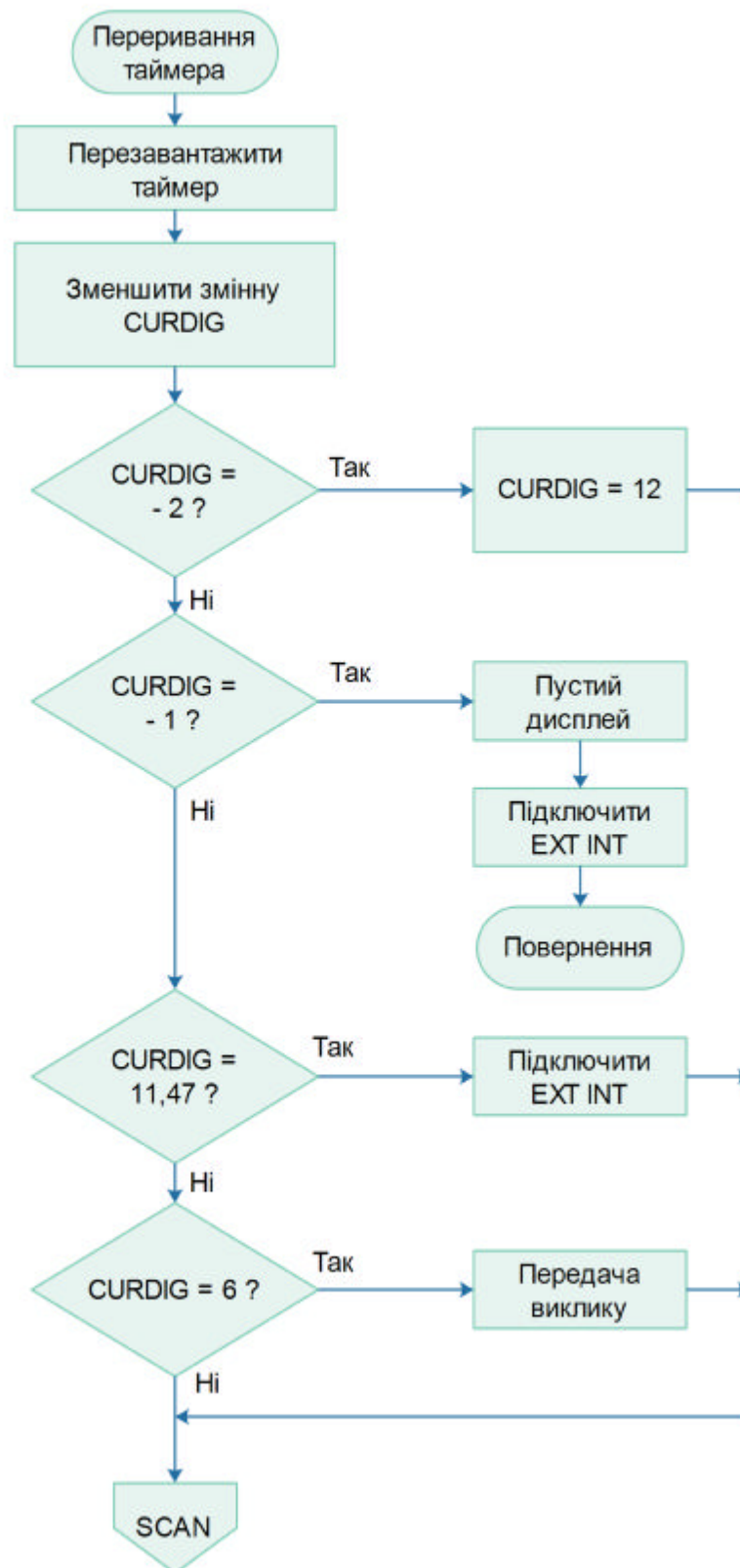


Рисунок 2.5 – Блок схема організації переривань таймера

Коли система вперше вмикається, лічильник CURDIG і лінія А-С не синхронізуються. Внутрішній таймер перериває кожні 1,28 мс викликають зворотний відлік лічильника CURDIG від дванадцяти до одного. Всього 15.

Після 36 мс, коли лічильник досягає нуля, і протягом цього інтервалу зворотного відліку зовнішні переривання по лінії А-С були вимкнені. Лічильники 0 і -1 дозволяють зовнішні переривання, які викликані негативним перетином нуля лінії А-С.

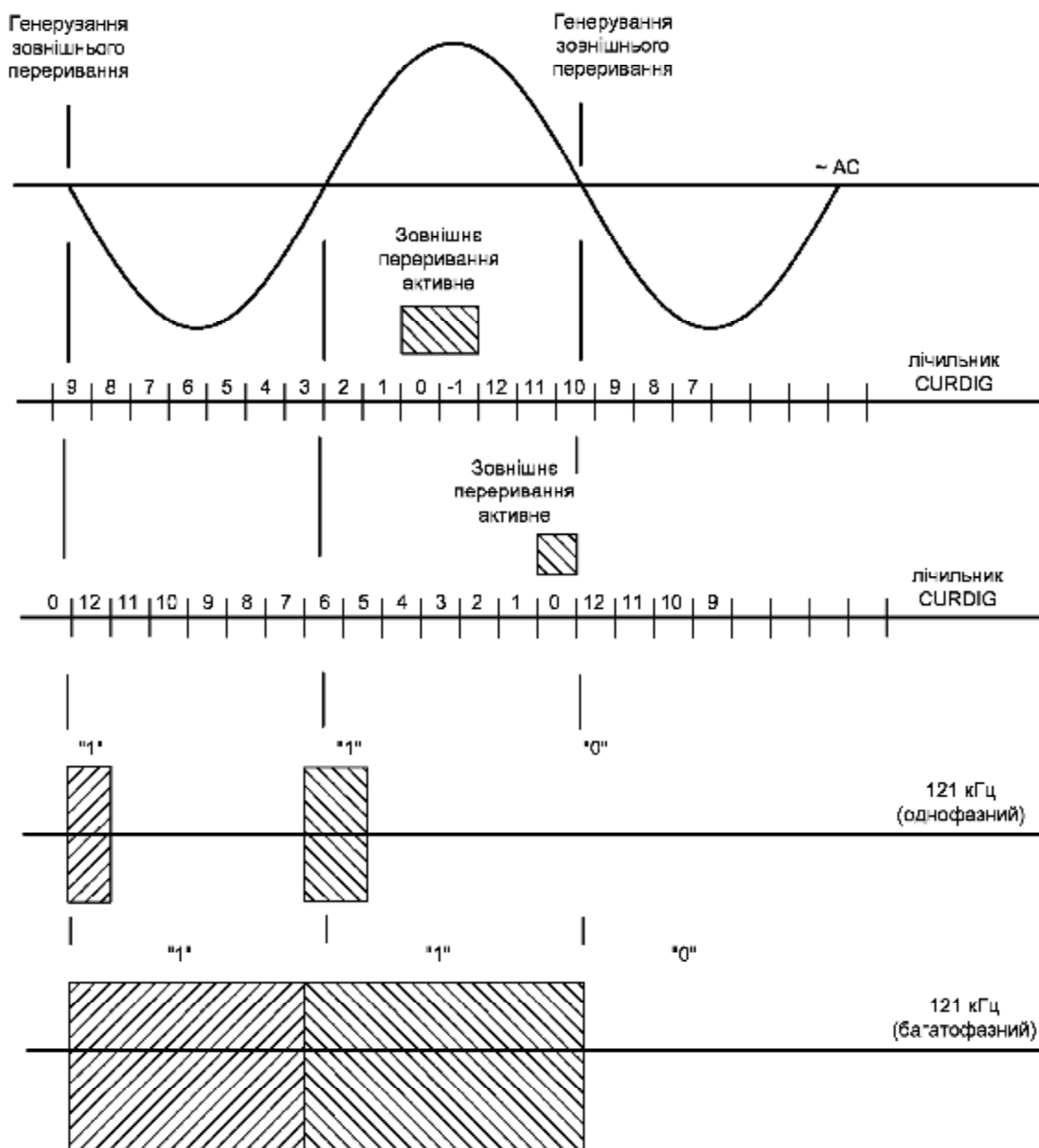


Рисунок 2.6 – Синхронізація лінії

Період часу, коли зовнішні переривання увімкнені, називається вікном зовнішнього переривання або вікном EXT INT. Якщо негативний перетин нуля не відбувається, зовнішні переривання знову відключаються, а лічильник CURDIG скидається на 12. Ця техніка дає частоту вільного ходу, тобто без переривань,

55,8 Гц (17,91 мс), що призводить до номінальної частоти ударів 4,2 герца з лінією 60 герц. Оскільки дві частоти не ідентичні, фазовий зв'язок між двома формами хвилі змінюється з часом, доки під час вікна EXT INT не станеться негативний перетин нуля. Коли відчувається зовнішнє переривання, таймер скидається, а лічильник CURDIG перезавантажується до 12. Скидаючи таймер, пристрій гарантує, що наступне перетин нуля відбудеться під час вікна EXT INT, і таким чином пристрій синхронізується з лінією А-С. Вікно вибрано достатньо великим, щоб дозволити звичайні варіації в обох А-Частота лінії С і тактова частота мікропроцесора.

Фактична схема виявлення перетину нуля зображена на рисунку 2.7. Ізоляція від лінії здійснюється через трансформатор Т1, який є частиною системи живлення. Напруга обмотки 24 В, яка використовується для живлення дисплея, пропускається через одноступеневий фільтр низьких частот RC, а потім подається безпосередньо на контакт переривання процесора. Високочастотний шум, який може спричинити помилкове спрацювання, усувається фільтром.

Деяка компенсація фазового зсуву реалізується в системі завдяки кінцевому порогу контакту переривання. Оскільки обмотка трансформатора пов'язана з землею, ідеальний детектор переходу через нуль буде виявляти перехід сигналу через рівень землі. Переривання генеруються негативним переходом, і поріг контакту переривання становить мінімум 0,8 В (INTEL 80). Тому переривання генерується раніше, створюючи негативний фазовий зсув, як показано на рис. 2.8.

Перевірка специфікації формату BSR вказує на надзвичайно точну специфікацію (+100 мкс) щодо затримки між фактичним перетином нуля та початком біта.

Приймач починає сприймати трохи раніше, оскільки використовує перетин нуля як строб для вибірки лінії для несучого. Завдяки ранньому запуску біта для належної роботи потрібне менш точне виявлення перетину нуля.

Ця техніка раннього запуску в незначній мірі використовується при негативному перетині нуля через позитивний поріг контакту переривання. Що ще важливіше, він використовується для переривання таймера шість (рис. 2.6), яке використовується для прогнозування позитивного перетину нуля і відбувається

через 0,653 мс або 14 електричних градусів до фактичного перетину позитивного нуля. Завдяки застосуванню внутрішнього таймера і техніки раннього запуску, необхідність виявлення фактичного позитивного перетину нуля була усунена.

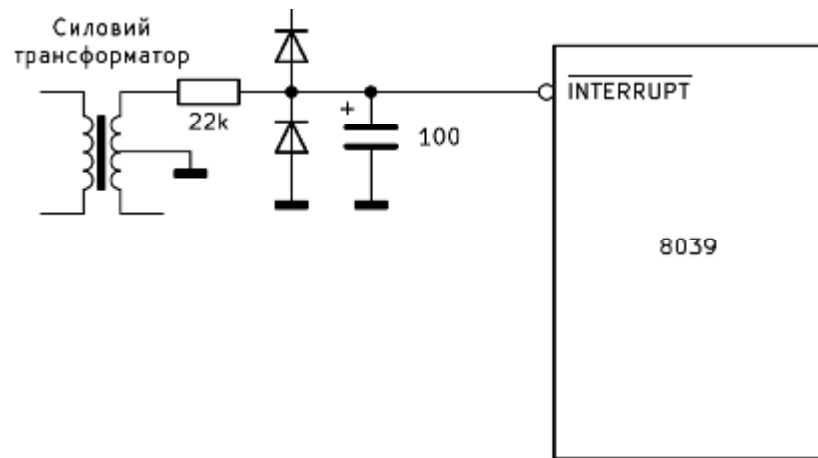


Рисунок 2.7 – Виявлення перетину нуля

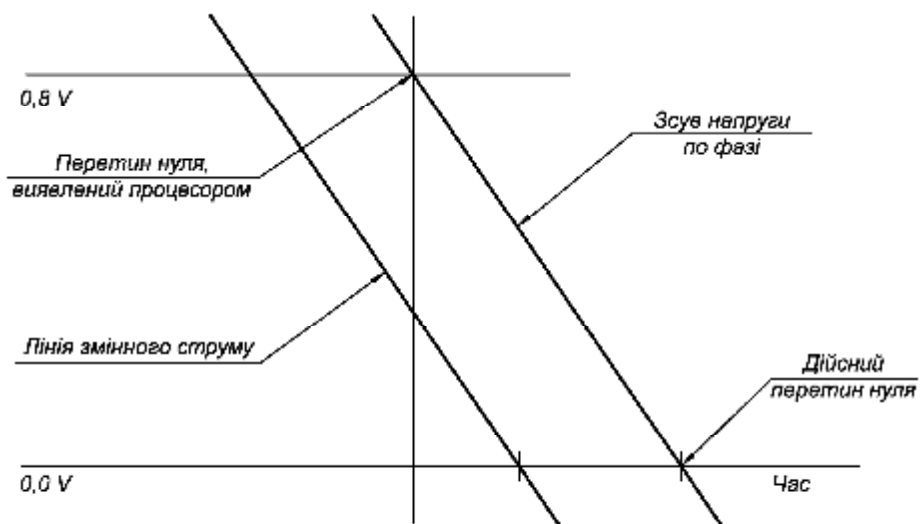


Рисунок 2.8 – Нульовий фазовий зсув

2.6 Синтез коду

Кожного разу, коли виникає зовнішнє переривання (рис. 2.4) або переривання таймера (рис. 2.6), підпрограма TRANSMIT викликається, щоб визначити, чи потрібно надіслати біт, і якщо так, то це одиниця чи нуль. На рис. 2.9 зображено блок-схему підпрограми TRANSMIT. Підпрограма TRANSMIT

перевіряє лічильник стану, щоб перевірити, чи потрібна передача. Якщо лічильник станів дорівнює або більше одиниці, підпрограма TRANSMIT визначає правильний біт. Біт визначається в реальному часі, і це ще один підхід, який стає можливим завдяки технології раннього запуску.

Оскільки слово має довжину 22 біти та змінний формат, було вирішено розбити слова на три сегменти і синтезувати слова з цих сегментів. Після входу в підпрограму TRANSMIT проводиться перевірка лічильника стану, щоб визначити, який розділ слова передається.

Існує п'ятнадцять станів, як показано в табл. 2.5. Бітові шаблони для кожного розділу зберігаються у формі таблиці в пам'яті лише для читання (ROM), і ці таблиці скануються програмою TRANSMIT для визначення правильного біта. Це сканування є двовимірним за своєю природою з одним вказівником, що збільшується кожен раз, коли передається біт, а інший вказівник встановлюється на початку певного розділу слова.

Для ефективного використання пам'яті використовувалися як вертикальне, так і горизонтальне сканування. Таблиця 2.6 описує розділи пам'яті. Після визначення поточного біта наступний байт витягується з пам'яті і порівнюється з міткою кінця розділу.

Якщо цей наступний байт і є мітка кінця розділу, лічильник стану збільшується на 1, а лічильник бітів обнуляється, готуючись до наступного розділу. Якщо лічильник станів більше 14, він скидається до 1, і лічильник одиниць переходить у розширену сторону.

Ця дія викликає повне повідомлення з відповідним кодом пристрою та кодом операції, передаватися для кожного з восьми навантажень. Після того, як усі вісім навантажень були підключені, лічильник стану повертається до нуля, щоб знову припинити роботу програми TRANSMIT. Передача восьми навантажень займає 7 с і виконується щоразу, коли змінюється статус навантаження, а також кожні 16 хв.

Додаткова передача кожні 16 хв. призначена для забезпечення належного стану навантаження, оскільки процесор не може безпосередньо моніторити стан. Це також є причиною передачі всіх 8 навантажень, а не просто передачі на

навантаження, яке було змінено.

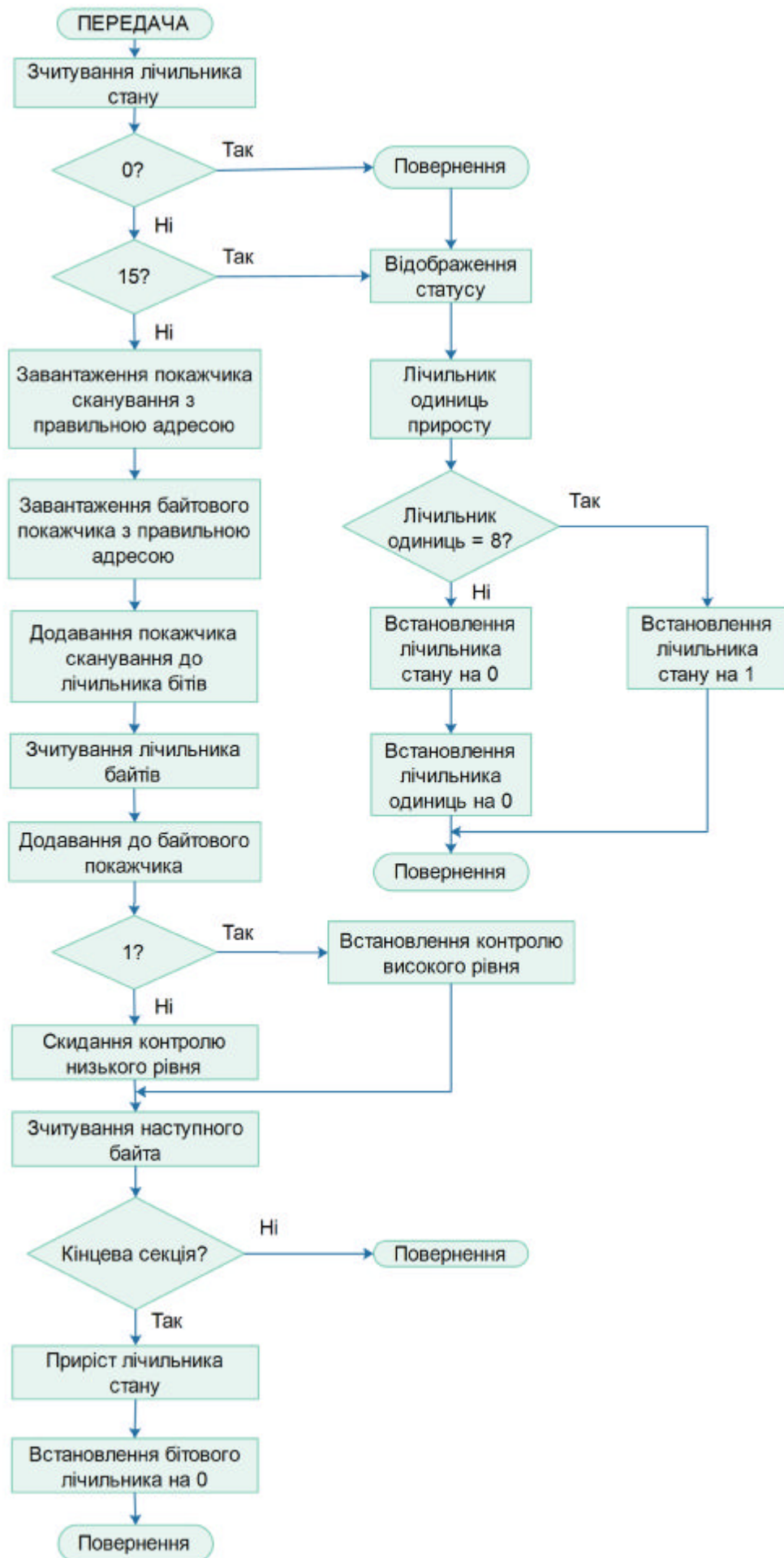


Рисунок 2.9 – Блок-схема передачі

Таблиця 2.5 – Стани передачі

Стан	Секція	Стан	Секція
0	Простій		
1	Старт	8	Старт
2	Захист	9	Захист
3	Групування	10	Операція
4	Старт	11	Старт
5	Захист	12	Захист
6	Групування	13	Операція
7	Затримка	14	Затримка

Таблиця 2.6 – Розділи таблиці пам'яті

		Номер одиниці
DB	10102110B	;D8
DB	01010101B	;-D8
DB	11000011B	;D4
DB	00111100B	;-D4
DB	00001111B	;D2
DB	11110000B	;D1
DB	00001111B	;-D1
DB	00000000B	;D16
DB	11111111B	;-D16
DB	11000000B	;FLAG

Для однофазного контролю необхідно вводити дані лише протягом короткого часу (1 мс) після перетину нуля. Це реалізується шляхом скидання генератора 121 кГц за лічильниками переривань таймера.

Для управління кількома фазами передавач змінює стани лише при зовнішньому перериванні або таймері, який рахує шість. Це призведе до того, що несуча передається протягом усього півперіоду. За допомогою цієї технології можна отримати можна керувати будь-якою фазою.

Стандартний формат BSR передає лише під певними фазовими кутами (0, 60, 120) і не може контролювати навантаження на інших фазових кутах, наприклад 30°.

2.7 Генерування несучої частоти

Несуча частота 121 кГц генерується схемою, яка зображена на рис. 2.10, і складається з двох основних секцій. Генератор, що складається з інтегральної схеми таймера 555, генерує основний прямокутний сигнал 121 кГц. Підстроювання частоти здійснюється за допомогою підстроювального резистора R2. Резистори R1, R2 і конденсатор C1 служать для визначення частоти несучої. Генератор вмикається та вимикається за допомогою сигналу від процесора через R3 до виводу «Reset» 555. Високий рівень на цьому виводі запускає генератор. Потім вихід 555 підключається до наступного каскаду через резистор R4.

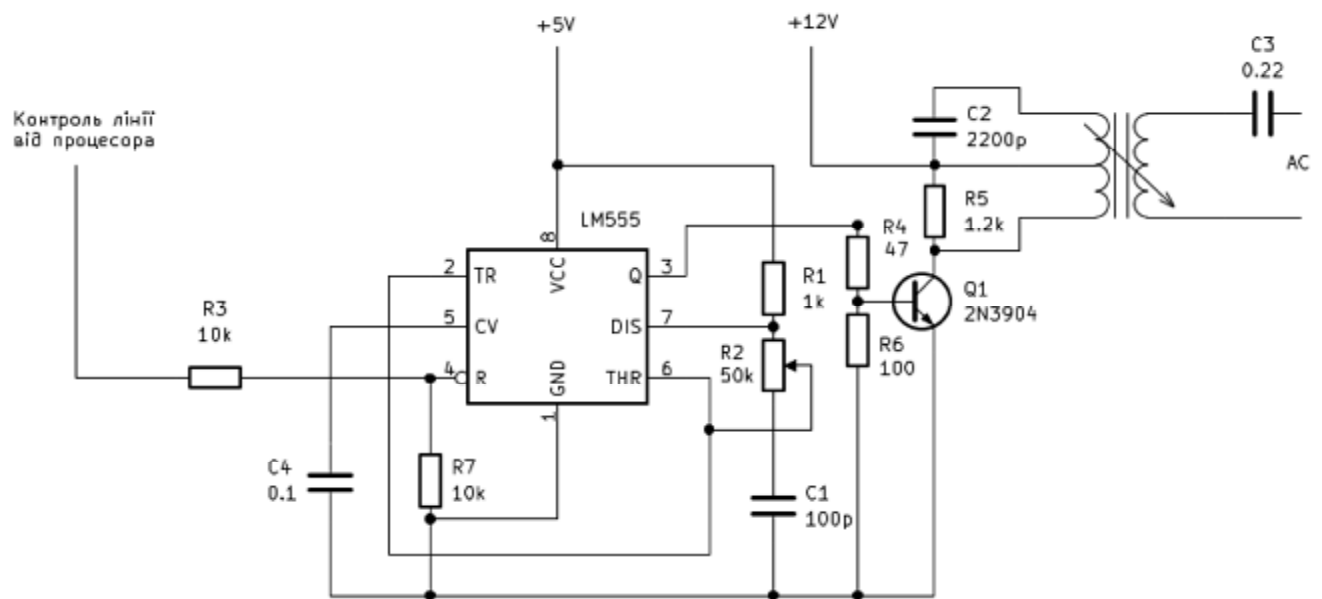


Рисунок 2.10 – Схема передавача

Підсилення та формування сигналу здійснюються в другому каскаді за допомогою NPN-транзистора та трансформатора гальванічної розв'язки. Вихід від генератора керує підсилювачем із загальним емітером NPN, при цьому струм колектора подається через первинну обмотку трансформатора. Трансформатор складається з трьох обмоток: первинної, вторинної для налаштування і вторинної для підключення до лінії А-С. Індуктивність всіх трьох обмоток може одночасно змінюватися за допомогою переміщення осердя. Ця зміна використовується для регулювання частоти, де резонують C2 і вторинний елемент, і встановлюється для несучої частоти 121 кГц. Оскільки вторинний елемент резонує, вихід другого

вторинного елемента дуже близький до синусоїди. Вихід вторинної обмотки має дуже низький опір і подає несучий сигнал у лінію через конденсатор С3. Резистор R5 використовується для зниження добротності налаштованої схеми, який необхідний для того, щоб несуча спала досить швидко, коли осцилятор вимикається.

2.8 Організація вводу-виводу

2.8.1 Дисплей

Дисплей призначений для виводу даних, отриманих в результаті роботи програмного забезпечення. Для перемикання використовується процедура мультиплексування. Мультиплексування – передача даних з багатьох каналів через один, а програмне забезпечення відображення керується структурою переривань. В основному, переривання генерується внутрішнім таймером кожні 1,28 мс, а при кожному перериванні лічильник (CURDIG) зменшується з 12 до -1, а потім скидається до 12.

Кожен підрахунок лічильника CURDIG відповідає іншій цифрі, яка відображається (модуль 6), при значеннях 0 і -1 на дисплеї нічого не відображається. Два драйвера MC3494 використовуються для підключення виводу процесора до дисплея. Кожен із шестизначних рядків вибору керує розрядною сіткою на вакуумному люмінесцентному індикаторі.

Вісім інших ліній керують сімома окремими анодами сегментів і анодом з десятковою крапкою. Усі чотирнадцять цих вихідних ліній зафіксовані. Коли виникає переривання, CURDIG зменшується, і дисплей гасне.

Далі вибирається цифра, що відповідає новому значенню CURDIG, і відповідний шаблон сегмента фіксується у вихідному порту. Шаплони сегментів зберігаються в буфері відображення в RAM. Окремий вихідний каскад і один транзистор використовуються для керування «Z» анодом, статус якого зберігається в одному байті в RAM. Кожен біт в байті відповідає іншому

знакомістю на дисплеї і використовується для інформування користувача, які одиниці вимірювання застосовуються до даних, які відображаються. Час (години та хвилини) позначається лівою смужкою, потужність (кВт) секундою зліва, а енергія (кВт·год) позначається третьою смужкою зліва.

2.8.2 Показники стану

Вісім сегментних ліній також використовуються для передачі даних для фіксації стану навантаження. Байт стану завантаження, містить поточний статус для всіх завантажень. Після вимкнення дисплея, статус навантаження фіксується на лініях управління сегментом. Інший вихідний контакт потім встановлюється на високий, а потім на низький рівень, щоб генерувати 5 мкс строб для передачі даних в 8-розрядний регістр на D-тригерах 74LS363. Через 74LS363 світлодіоди стану можуть керуватися безпосередньо виходами, тим самим мінімізуючи обладнання. Після оновлення регістра, сегментні лінії повертаються до нормального режиму роботи.

Три інші вихідні лінії використовуються для керування окремими транзисторами, які, у свою чергу, керують індикаторними світлодіодами «OFF-PEAK», «CONTROLLING» та «TARGET EXCEEDED».

2.8.3 Клавіатура

Чотири з шестизначних рядків вибору використовуються для сканування клавіатури 4x4. Кожного разу, коли вибирається цифра, одна з ліній стає низькою, встановлюючи низьку напругу на одній із ліній вибору стовпців клавіатури. Чотири рядки клавіатури підключені до чотирьох вхідних контактів процесора, які мають високий імпеданс підтягування, який зазвичай утримує вхід на «1». Якщо клавіша у вибраному стовпці натиснута, то відповідний рядок рядка буде опущено, а натискання іншої клавіші в невибраному стовпці не матимуть ніякого

ефекту. Якщо клавіша натиснута, її розташування зазначається в місці RAM (LASTKY).

Після кількох послідовних сканувань, під час яких був виявлений ключ, місцезнаходження ключа передається до KBDBUF, який потім містить місце розташування ключа, яке було знято. Цей байт потім може бути прочитаний фоновою програмою.

У випадку з контролером фонова програма зчитує ключ і обробляє його через дерево рішень.

Це дерево рішень дозволяє контролеру визначати дійсність записів користувача. Кожного разу, коли фонова програма зчитує KBDBUF, вона скидає KBDBUF і чекає наступного запису. Коли процесор виявляє неправильний запис, на дисплей виводиться повідомлення про помилку. Коли користувач запитує відображення даних, байт (DISP) завантажується з базовою адресою розташування RAM, яке містить запитувані дані. Другий байт (NUMB) містить як кількість байтів у даних, так і розташування десяткової коми. Усі дані зберігаються у формі BCD в RAM, що дозволяє відображати або вводити дані з мінімумом маніпуляцій.

Підпрограма DISPLAY кодує цифри BCD у семисегментні шаблони, які потім завантажуються в буфер дисплея. Буфер дисплея має байт оперативної пам'яті для кожної цифри. Підпрограма DISPLAY також додає десяткову кому до правильної цифри. Виклики до програми DISPLAY здійснюються два рази за цикл для забезпечення постійного оновлення даних, які відображаються.

2.9 Збій живлення

Збій живлення виявляється схемою компаратора, яка зображена на рис. 2.11. Ця схема складається з двох детекторів рівня, обидва з яких використовують напругу резервної батареї пам'яті (2,8 В) як еталон. Детектор першого рівня використовується для виявлення стану низької.

Подільник напруги, що складається з R14, R15 і R16, масштабує

необроблений постійний струм (зазвичай 10-12 В), який подається на 5-вольтовий стабілізатор, щоб забезпечити напругу живлення компаратора. Резистори R9 і R10 забезпечують позитивний зворотний зв'язок, що створює «гістерезис» на рівні виявлення. На рис. 2.12 показано, що масштабування та гістерезис виконані так, щоб забезпечити рівень напруги активації 9 В і рівень розблокування 9,5 В. Резистор R8 є підтягуючим для виходу компаратора, генеруючи логічний сигнал, який подається на вхід ТО процесора. Вивід ТО опитується під час процедури обслуговування переривань (кожен 1,28 мс), і якщо виявлено низький рівень, виконується цикл з двох команд (wait), поки ТО не повернеться на високий рівень. Цей стан очікування запобігає доступу до оперативної пам'яті в разі повного збою живлення.

Детектор другого рівня визначає фактичне збій живлення, виявляючи, коли нерегульована подача постійного струму падає до 7 вольт (рис. 2.12).

Масштабування здійснюється за допомогою R14, R15 і R16, при цьому R12 і R13 забезпечують 1 вольт гістерезису. Резистор R11 діє як підтягуючий і підключений на третій компаратор. Третій компаратор використовується для забезпечення виходу з відкритим колектором до виводу RESET процесора.

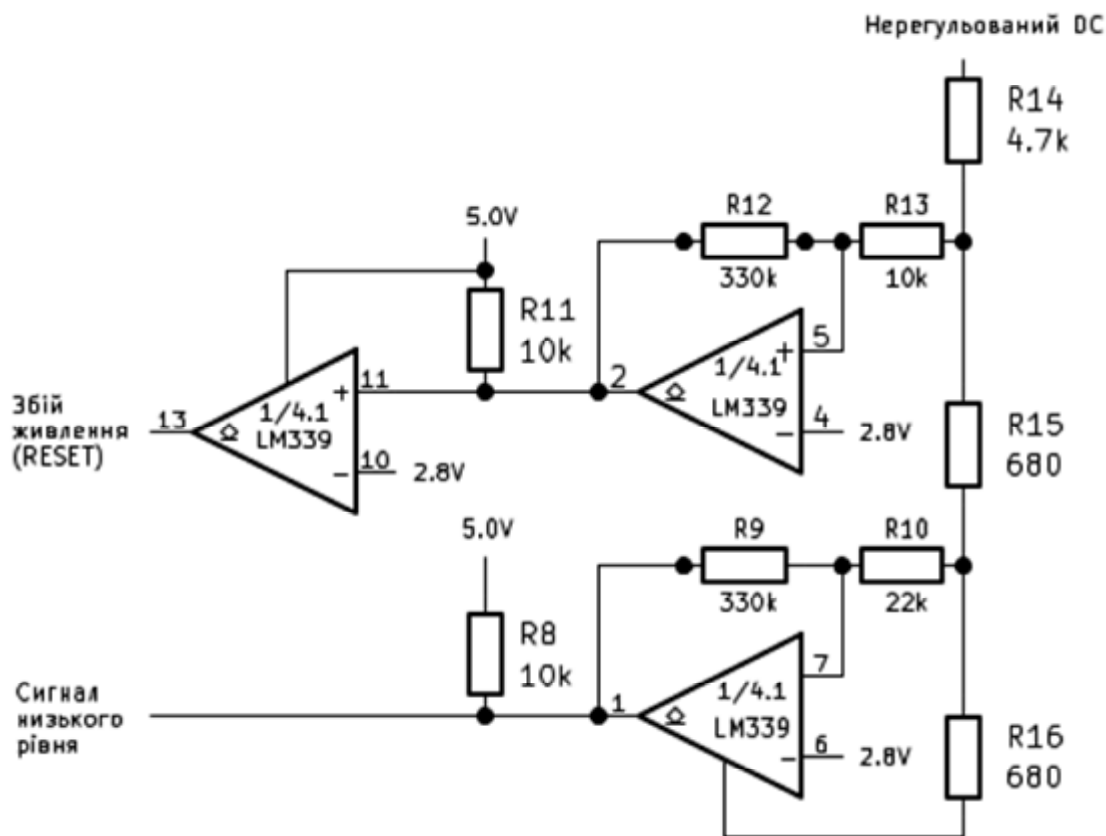


Рисунок 2.11 – Ланцюг збою живлення

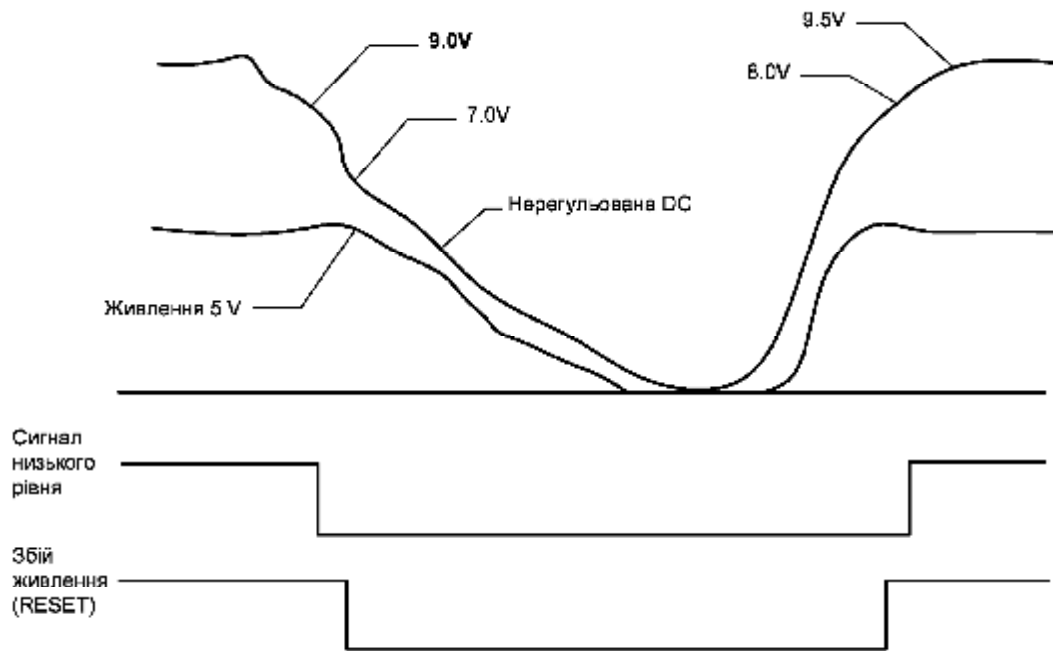


Рисунок 2.12 – Рівні виявлення

Коли живлення відновлюється, процесор запускає процедуру ініціалізації. Процедура ініціалізації складається з «теплого запуску» та «холодного запуску», з різницею в тому, містить оперативна пам'ять дійсні дані чи ні. Два «ключа» пам'яті зберігаються в RAM, які перевіряються програмою ініціалізації для визначення цілісності RAM.

Якщо обидва ключі присутні, пам'ять вважається неушкодженою, і виконується теплий запуск. Якщо жодного з ключів немає, виконується холодний запуск, який обнуляє всі регістри даних, попередньо завантажує деякі регістри зі значеннями за замовчуванням, а також завантажує ключі пам'яті.

В обох випадках час не є точним, оскільки час генерується шляхом підрахунку перетину нуля лінії змінного струму. Таким чином, регістри часу завантажуються в «FFFF», що зупиняє годинник, а також служить індикатором для користувача, що стався збій живлення.

2.10 Лічильник

Для проведення досліджень використовується стандартний індукційний лічильник кіловат-годин типу Westinghouse D4S, оснащений генератором імпульсів CDI-12A. У реальних установках буде використовуватися сучасний твердотільний лічильник, наприклад, такий як General Electric TM-80. Входи до лічильника приймають два сигнали, перший – це послідовність імпульсів, що вказує на споживання енергії. Цю послідовність імпульсів генерує енкодер на колесі стандартного кіловат-годинного лічильника індукційного типу. Реле замикається і відкривається щоразу, коли колесо робить оберт, таким чином генеруючи імпульс кожні 7,2 Вт-год. у випадку стандартного побутового лічильника.

Перетворення логічного рівня досягається шляхом заземлення одного кінця перемикача та підключення підтягуючого резистора до 5 В з іншого боку перемикача. Шум на цьому вході усувається одноступінчастим RC-фільтром низьких частот, а також за рахунок того, що вхід опитується лише на частоті 120 Гц.

Другий вхід – це сигнал, який вказує, що лічильник зчитаний, тобто це кінець розрахункового періоду. Будучи заземленим нормально замкнутим перемикачем, цей вхід забезпечує вхід, який зазвичай є низьким. Цей сигнал подається на вхідний контакт, який має високий імпеданс підтягування, який утримується перемикачем низького опору.

Коли перемикач розмикається, на вході встановлюється високий рівень, який визначається циклом опитування 120 Гц. Таким чином, зчитування лічильника сигналізує процесору про початок нового розрахункового періоду. Дозволяється лише одне зчитування в певний день, тому процесор фіксує низький рівень на вхідному контакті, запобігаючи іншим вхідним сигналам високого рівня.

Наприкінці дня (опівночі) вхід знову повертається до стану підтягування з високим опором, щоб дочекатися кінця наступного циклу розрахунків. Цей вхід також фільтрується RC-фільтром низьких частот з одним станом для усунення шуму.

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Опис алгоритму управління

Розроблений алгоритм керування комбінує дві різних структури тарифів. Структура тарифів для житлових будинків передбачає плату за розрахунки або кредит за кожну цілу кіловат-год. вище або нижче норми попиту. Експериментальна структура тарифів для житлових будинків базується на використанні енергії в певний час доби і день тижня, тобто враховує періоди піків споживання електроенергії. Інтеграція двох структур тарифів служить основою для алгоритму керування, тобто контролю попиту в період пікового навантаження на мережу.

3.2 Визначення контрольних впливів

Під час одного виконання процедури обслуговування переривань реєстри часу змінюються в бік збільшення. Коли реєстр секунд переповнюється, минає одна хвилина, що ініціює виконання алгоритму керування. На рис. 3.1 показана блок-схема процедури контролю. Увійшовши в режим, проводиться порівняння між таблицею пріоритетів і таблицею стану навантаження. Таблиця пріоритетів – це байт у оперативної пам'яті (RAM), який містить «1» або «0» у кожному біті, що відповідає кожному завантаженню. Пріоритет для кожного навантаження вибирає користувач, при цьому пріоритет «1» означає відсутність контролю (завжди ввімкнено), або «0», що вказує на те, що навантаження можна керувати. Ця функція дозволяє користувачеві перевизначати контролер на певних навантаженнях з мінімальними зусиллями. Таблиця стану завантаження – це байт в RAM, який містить стан кожного з восьми завантажень під час останньої передачі, при цьому стан «Увімкнено» представлено «0», а «Вимкнено» – «1». Якщо після порівняння між пріоритетними навантаженнями та поточним статусом виявляється, що навантаження з пріоритетом 1 вимкнено, а потім його

відповідна позиція біта в таблиці стану навантаження скидається на 0. Крім того, для лічильника стану TRANSMIT встановлено одиницю, який є міткою для підпрограми TRANSMIT про те, що було внесено зміну в статус завантаження.

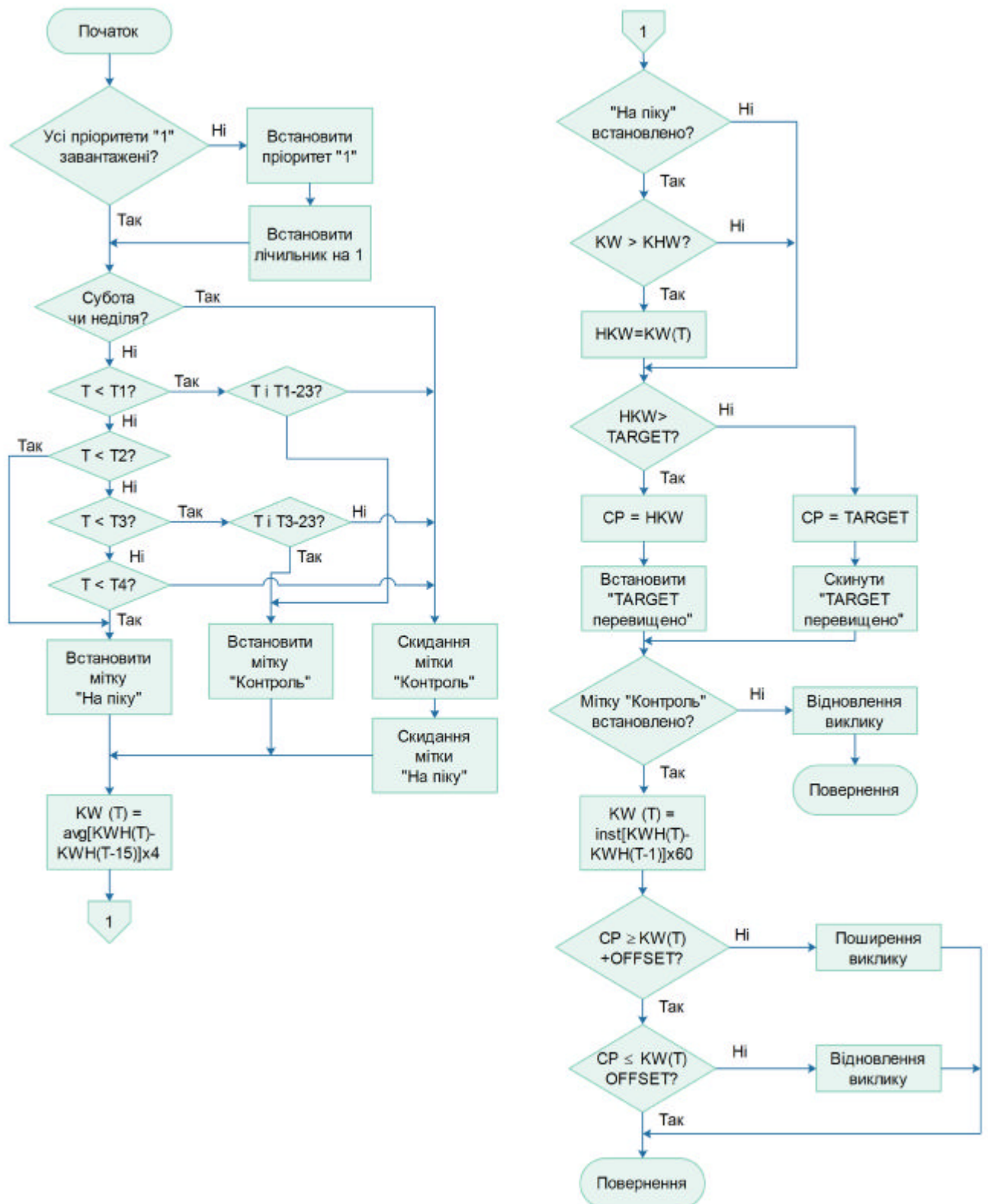


Рисунок 3.1 – Блок-схема контролю

У структурі тарифів, яка досліджується, пікові періоди визначаються як періоди лише в будні дні. Байт даних використовується для відстеження дня, причому 1 – понеділок, а 7 – неділя. Перший крок у визначенні контролю полягає в тому, щоб з'ясувати, чи припадає поточний час на період пікового навантаження.

Субота або неділя призводять до скидання як стану «контроль», так і стану «пік». Ці два стани використовуються для логічних рішень далі в схемі керування. Допускаються два періоди пікового навантаження, які визначаються часом T1, T2, T3 і T4, які легко програмується користувачем.

Це дозволяє створити один або два періоди пікового навантаження, запрограмувавши другий період на нульову довжину, якщо потрібен лише один період. Більш ніж два періоди пікового навантаження потребують модифікації програмного забезпечення. Перший період піку – від T1 до T2, а другий – від T3 до T4.

Мітка «пік» з'являється кожного разу, коли пристрій перебуває в одному з двох пікових періодів. Мітка «контроль» встановлюється за 2 хв. до початку кожного періоду, що дозволяє контролеру здійснювати належний контроль. 23 хв. визначаються з сума 8 хв., тобто час, необхідний для докладання максимального контрольного зусилля, і 15 хв.

15 хв. – це перший набір даних для 15-хв. ковзного вікна, оскільки перше середнє значення «всередині» періоду піку фактично використовує 15 хв. попередніх даних. І контрольні, і пікові стани скидаються в кінці будь-якого періоду піку. Після визначення стану двох міток, поточний середній попит розраховується за допомогою залежності:

$$KW_{avg}(T) = [KWH(T) - KWH(T - 15)] \times 4, \quad (3.1)$$

де T – час у хвиликах.

Показники енергії, $KWH(T)$, зберігаються на 15-рівневому стеку в RAM. Два байти упакованого BCD, що представляють чотири декади регістра кВт-год., щохвилини надходять у стек. Якщо поточний час припадає на період піку,

середній попит порівнюється зі значенням найвищого середнього-пікового попиту (НКВ), який відбувся за цей розрахунковий період. Якщо поточний попит вищий, то найвищий попит оновлюється. Саме за цей найвищий попит у пік постачальник послуг стягує плату. Розрахунок середнього значення за 15 хв. кожен хвилину називається процесом усереднення ковзного вікна.

Цей метод усуває необхідність синхронізації 15-хв. вікна контролера з вікном лічильника.

Користувач програмує (через клавіатуру) бажану вимогу, яка називається «ціль», для підтримки контролера. Фактичний попит у пікове навантаження може перевищувати цей цільовий показник через нереальне цільове значення, високий рівень неконтрольованих навантажень або поганий контроль. Якщо ціль перевищена, сигналізує тривожний світлодіод, що горить жовтим. Крім того, найвищий піковий попит замінюється на ціль як контрольну точку.

Це важлива й унікальна особливість алгоритму керування, яка відображає реалії структури тарифів.

Оскільки постачальник виставляє рахунки на основі найвищого пікового попиту, досягнутого протягом розрахункового періоду, контроль на рівні нижче цього може викликати у користувача непотрібний дискомфорт.

Оптимальна контрольна точка буде визначена, якщо користувач вибере дуже низьке значення. Контролер намагатиметься контролювати попит до цього рівня, але через неконтрольовані навантаження не зможе цього зробити. Контрольна точка буде поступово підвищуватися, поки не буде знайдено мінімальний контрольований рівень.

Визначення контрольної точки здійснюється без участі користувача, а знаходження мінімальної контрольної точки максимізує фінансову вигоду для користувача.

Наприкінці розрахункового періоду, який сигналізується замиканням перемикача під час зчитування лічильника комунальних послуг, контрольна точка скидається до цільового значення. Найвищий піковий попит (НКВ) переміщується до найвищого пікового попиту за попередній місяць (РНКВ), а теперішній НКВ потім скидається до нуля. Цей підхід узгоджується зі

структурою тарифу на комунальні послуги.

Якщо мітку керування не встановлено, ніяких керуючих дій не потрібно, але викликається підпрограма RESTORE. Виклик програми RESTORE включає одне навантаження. При повторних викликах RESTORE навантаження вмикаються по одному щохвилини. Ця дія запобігає утворенню зміщеного піку, або «повторного удару», одразу після закінчення періоду піку.

Керуюча дія починається в результаті встановлення міткою керування в одиницю, з оцінкою миттєвого попиту, заданою залежністю:

$$KW_{inst}(T) = [KWH(T) - KWH(T-1)] \times 60. \quad (3.2)$$

Ця залежність описує середню потребу за одну хвилину, яка використовується для контролю. Експериментальним шляхом було виявлено, що через великі розриви попиту, викликані невеликою кількістю навантажень, будь-яке усереднення спричиняло затримку керуючої дії. Щоб підтримувати якнайшвидшу відповідь, був обраний інтервал в одну хвилину. Менші інтервали були усунені на основі помилок квантування, викликаних кінцевою роздільною здатністю імпульсів лічильника. Лічильник електроенергії подає імпульси, що відповідають певному енергоспоживанню, в цьому випадку роздільна здатність становила 3,6 Вт-год. Похибку квантування можна легко показати як ± 216 Вт таким чином:

$$\frac{[\pm 1 \text{ біт}][3,6 \text{ Вт-год./біт}][60 \text{ хв./год.}]}{1 \text{ хв. (довжина інтервалу)}} = \pm 216 \text{ Вт.}$$

Слід зазначити, що помилка змінюється залежно від значення інтервалу. Цю помилку можна зменшити, збільшивши роздільну здатність вимірювання. Після обчислення оцінки $KW_{inst}(T)$ її порівнюють з контрольними смугами, як показано на рис. 3.2. Перший рівень рішення – це фіксований попит, або «зміщення», нижче контрольної точки. У сучасній системі зсув становить 0,5 кВт, що не дозволяє помилкам округлення та невеликим перевищенням керування

«перекачувати» контрольну точку. Якщо поточна потреба перевищує межу скидання, викликається підпрограма SHED, щоб вимкнути одне навантаження. Другий рівень рішення, «ліміт відновлення», у 0,9 разів перевищує контрольний – точка, мінус той самий зсув 0,5 кВт. Якщо поточна вимога нижче межі відновлення, виконується виклик підпрограми RESTORE, щоб увімкнути одне навантаження. Таким чином, між межами скидання та відновленням створюється зона мертвої точки, що в 0,1 рази перевищує контрольну точку. У цій зоні мертвої зони не вимагається жодних контрольних дій.

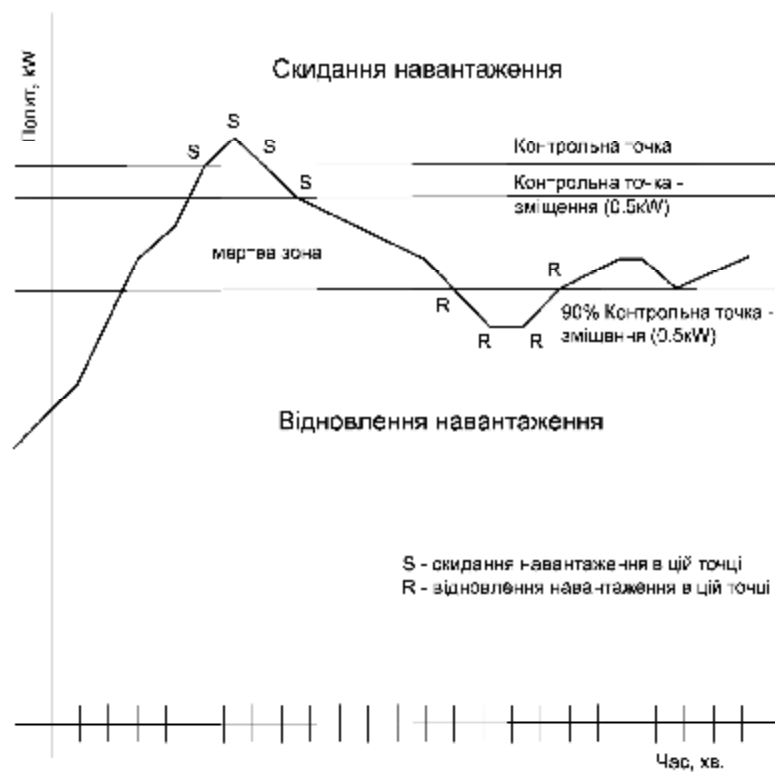


Рисунок 3.2 – Контрольні смуги

Контрольовані навантаження можуть містити локальний контролер, такий як термостат, який підключено послідовно з приймачем, як показано на рис. 3.3:



Рисунок 3.3 – Послідовний перемикач локального керування

Фактичним статусом навантаження є логічне розташування двох положень перемикача. Оскільки контролер може спостерігати лише за перемикачем приймача, він може, намагаючись скинути навантаження, вимкнути навантаження, які фактично вже вимкнені. Як прямий результат цієї проблеми, а також той факт, що кожну хвилину змінюється лише одне навантаження, може знадобитися значний час, максимум до восьми хвилин, щоб дії контролера вплинули на загальний попит, тобто знайшли навантаження, яке фактично включене. У той час, коли контролер шукає включене навантаження, миттєва потреба перевищує контрольну точку.

Коли попит нарешті повертається під контроль, якщо область неконтрольованого попиту досить велика, середній попит також може перевищувати контрольну точку. Ця «відкладена помилка» була помічена під час стендового тестування, і вона могла б бути проблемою під час реальної установки, оскільки багато контрольованих навантажень будуть мати локальні контролери. Щоб виправити цю проблему, алгоритм керування був модифікований, як показано на рис. 3.4.

Усі аспекти вихідного алгоритму зберігаються, аж до розрахунку миттєвої потреби. На цьому етапі середній попит розраховується з такого:

$$KW_{14\min\ avg}(T) = \left[[KWH(T) - KWH(T - 14)] + [KWH(T) - KWH(T - 1)] \right] \times 4. \quad (3.3)$$

Це називається середнім за 14 хв., але насправді це середнє значення за 14 хв. плюс потреба за попередню хвилину. Розрахункове значення $KW_{14\min\ avg}$, це прогноз середнього значення на наступні 15 хвилин, якщо миттєвий попит продовжується. Якщо цей прогнозований попит плюс зміщення вище контрольної точки, виконується виклик програми SHED, щоб вимкнути одне навантаження. Після повернення з процедури SHED встановлюється мітка, і миттєва потреба розраховується, як і раніше, використовуючи залежність (3.2).

Знову застосовуються діапазони керування, як на рисунку 3.4, але якщо мітку встановлено, алгоритм керування не зможе відновити навантаження на

цьому проході.

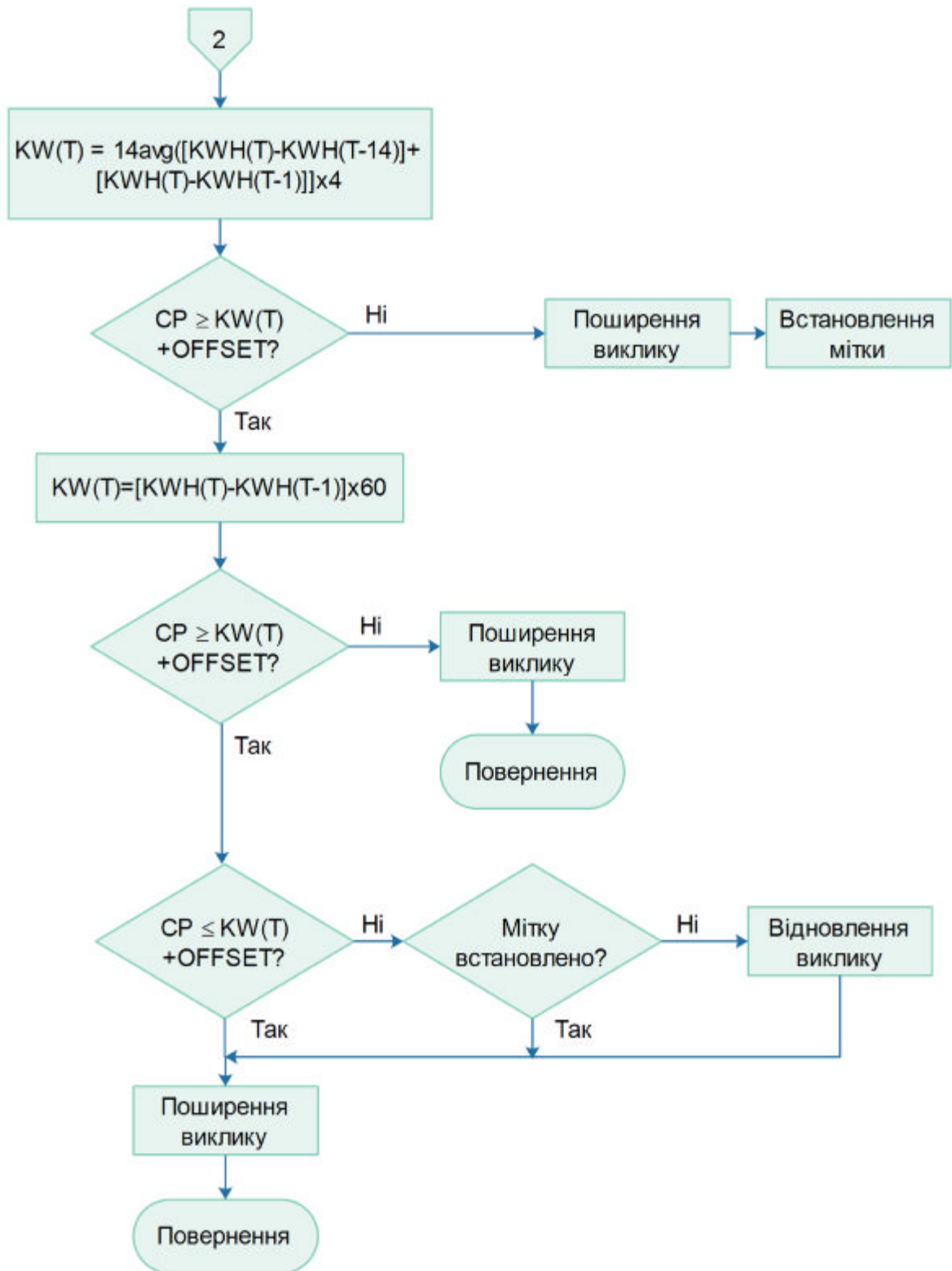


Рисунок 3.4 – Модифікований алгоритм керування

Ця дія перешкоджає другому контуру керування заперечити роботу першого циклу. Іншим важливим аспектом цієї схеми керування є те, що

програма SHED може бути викликана до двох разів на кожному проході, отже, що дозволяє скидати два навантаження кожну хвилину. Це дозволяє реалізувати максимальне зусилля контролю за чотири хвилини, тоді як раніше було потрібно вісім хвилин. Збільшення швидкості керуючої дії в напрямку нальоту може призвести до зменшення частоти перевищення, а отже, і до зменшення значення зміщення.

3.2 Виконання контрольної дії

Кінцевим результатом алгоритму керування, представленого в попередньому розділі, є виклик підпрограм SHED або RESTORE. SHED – це програма, яка вимикає одне навантаження, блок-схема зображена на рис. 3.5. Увійшовши в режим, поточний байт стану завантаження позначається байтом пріоритету навантаження, щоб виключити всі навантаження з пріоритетом «1» від можливої дії керування. Пріоритетні навантаження «1» позначаються так, щоб вони відображалися вимкненими, оскільки програма SHED шукає навантаження, які включені. Статус усіх контрольованих навантажень містить вказівник черги, який є байтом оперативної пам'яті, що містить одиницю в одній бітовій позиції і вказує на позицію біта навантаження, яка була вимкнена найдовший період часу. Саме з цього положення програма SHED шукає наступне навантаження для вимкнення. Показчик обертається по колу від його поточного положення до наступного чисельно вищого положення (тобто від 2 до 3, від 5 до 6, від 8 до 1 тощо), доки не буде знайдено увімкнене навантаження, або доки показчик не буде повернуто вісім разів. Якщо увімкнене навантаження не було знайдено після восьми обертів, усі контрольовані навантаження вимикаються, і виконується повернення до програми, що викликає. Якщо виявлено навантаження, його статус змінюється, а потім зберігається в RAM.

Лічильник стану TRANSMIT встановлюється на одиницю, щоб ініціювати передачу нового статусу приймачам. Показчик черги не змінюється назавжди і відновлюється у вихідне положення перед поверненням до програми, що

викликає.

Підпрограма відновлення зображена на блок-схемі на рис. 3.6. Байт стану навантаження спочатку перевіряється, щоб перевірити, чи дорівнює він нулю (тобто всі завантаження включені), і якщо так, виконується повернення. Якщо навантаження вимкнено, лічильник стану TRANSMIT встановлюється на одиницю, щоб ініціювати передачу зміненого стану навантаження до приймачів. Далі вказівник черги отримується і перевіряється щодо стану завантаження.

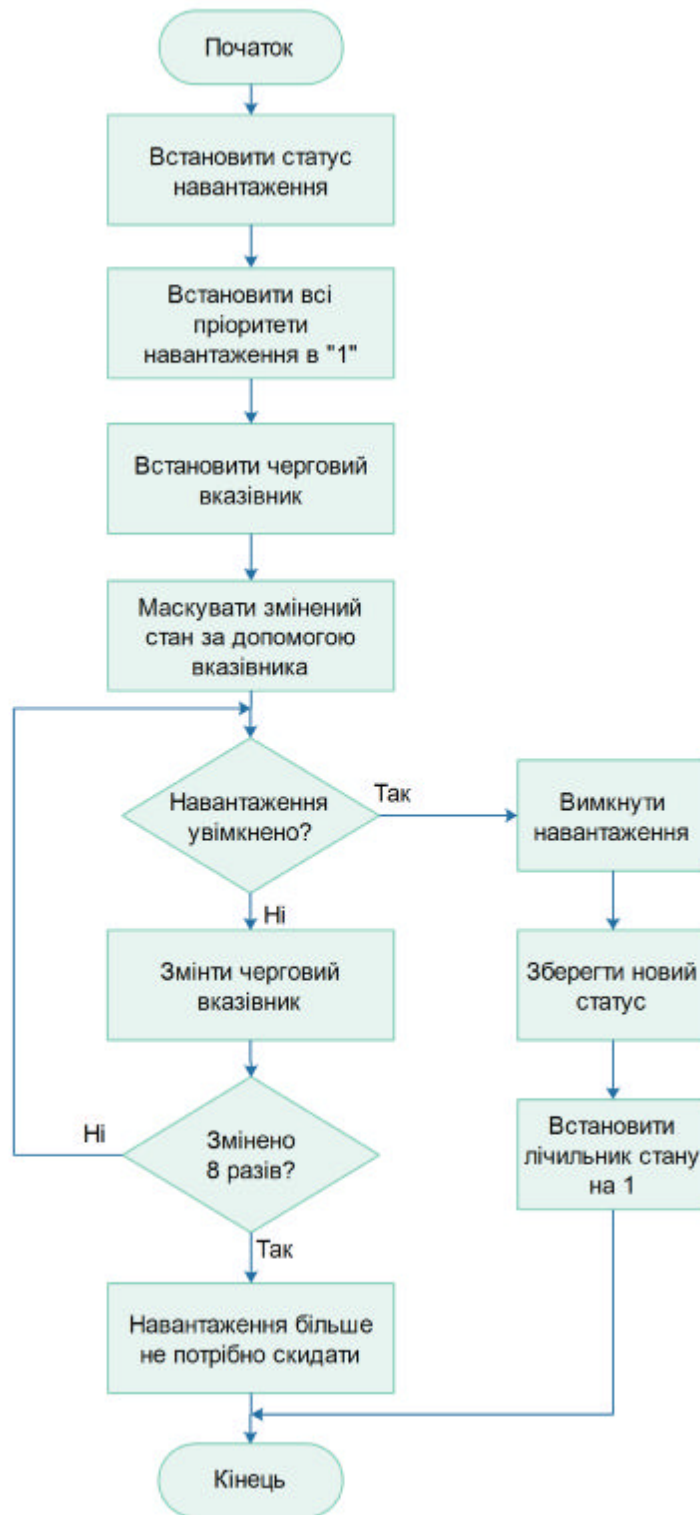


Рисунок 3.5 – Блок-схема прийняття рішення

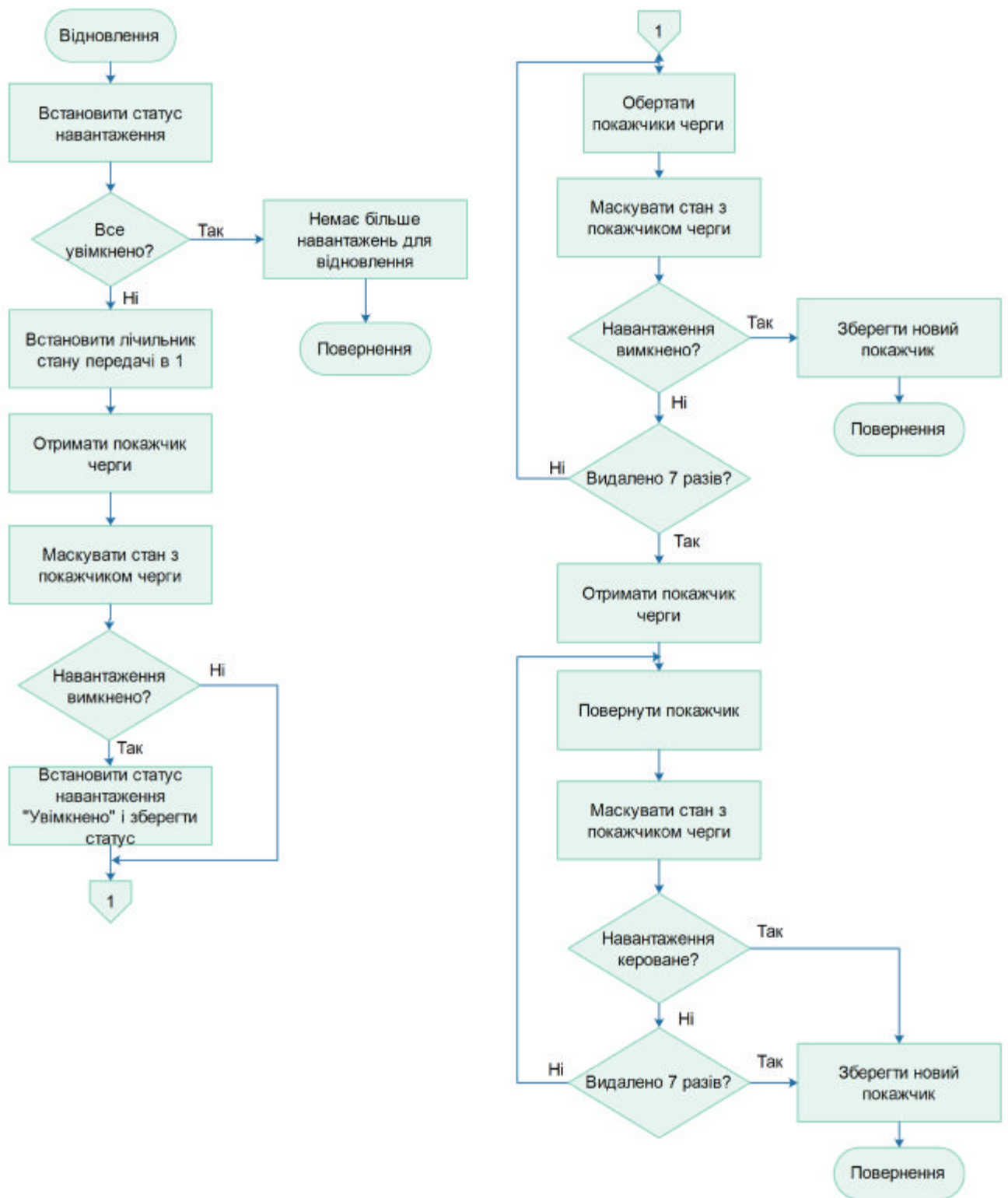


Рисунок 3.6 – Блок-схема відновлення

Показчик черги повинен вказувати на навантаження, яке було вимкненим найдовший період часу, але якщо пріоритет цього навантаження було змінено на один, навантаження може бути включено. Якщо навантаження вимкнено, воно включається, а новий статус поміщається в оперативну пам'ять. Після оновлення

статусу або якщо зазначене навантаження увімкнено, визначається наступне доступне вимкнене навантаження.

Це досягається шляхом повернення черги та позначення статусу завантаження за допомогою цієї повернутої маски, доки не буде знайдено навантаження або показчик черги не буде повернуто сім разів. Якщо виявлено навантаження, новий показчик черги зберігається, і виконується повернення до програми, що викликає. Якщо навантаження не знайдено, слід визначити наступне контрольоване навантаження для програми SHED. Наступне кероване навантаження розташовується шляхом взяття початкового показчика черги, його обертання та маркування байтом пріоритету. Цей цикл також триває до тих пір, поки не буде знайдено контрольоване навантаження, або показчик не повернується сім разів. Остання дія – зберегти цей новий показчик черги та повернутися до основної програми.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Актуальність безпеки життєдіяльності людини

Безпека життєдіяльності (БЖД) – наука, що вивчає проблеми безпечного перебування людини в довкіллі в процесі різних видів її діяльності. Якраз діяльність і вирізняє людину від інших істот. Вона є специфічно людською формою активності, необхідною умовою існування людського суспільства. Форми діяльності різноманітні. Вони охоплюють практичні, інтелектуальні і духовні процеси, які протікають в побуті, громадській, культурній, виробничій, науковій та інших сферах життя.

Діяльністю займаються всі – діти, дорослі, люди похилого віку, тому безпека діяльності має відношення до всього людства.

Актуальність дисципліни ще більше зростає у зв'язку зі сталим розвитком людства на базі, що забезпечує його існування, тобто аксіоми про потенційну небезпеку діяльності - кожний вид діяльності є потенційно небезпечний. Ця аксіома справедлива і для бездіяльності, тому що бездіяльна людина ще більше залежить від діяльності іншої людини.

Безпека людини є базовою складовою «сталого людського розвитку» (Sustainable Human Development). Він широко використовується ООН як основна характеристика гуманітарного поступу суспільства. Сталий розвиток людства – це такий розвиток, який веде не тільки до економічного, а й соціального, духовного зростання, що сприяє гуманізації національного менталітету і збагаченню позитивного загальнолюдського досвіду. Основною ознакою, що відрізняє сталий розвиток від усіх інших форм соціального руху і видозміни, є відновлення природного і культурного довкілля, коли не тільки не знищується життєвий потенціал, а й підвищується соціальна відповідальність людей, гуманізуються взаємини, ставлення, реакції. Тому актуальність питань з безпеки життєдіяльності полягає саме у забезпеченні сталого людського гармонійного розвитку людства і природи. Виходячи з концепції сталого розвитку людства безпеку життєдіяльності найбільш повно можна охарактеризувати як багатопрофільну

галузь знань про закони природозберігаючого формування техносфери планети та її збалансованого економічного й суспільного розвитку.

4.2 Загальні вимоги безпеки з охорони праці для користувачів ПК

Сучасний розвиток технічного та технологічного стану виробництва передбачає постійну автоматизацію та оптимізацію виробничих процесів. Сьогодні, напевно, важко уявити компанію, господарська діяльність в якій здійснювалась би без використання комп'ютерної техніки. Через масовий характер робіт, що виконуються працівниками за допомогою комп'ютера, законодавством України чітко врегульовано норми та вимоги до використання комп'ютерної техніки на підприємстві, безпосередньо й охорона праці на підприємстві при роботі за комп'ютером.

Експлуатують ЕОМ на підставі таких нормативно-правових актів:

- вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207 (набули чинності 18 травня 2018 року; водночас втратили чинність Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин № 65 від 26.03.2010);
- ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» (затверджені Постановою Головного державного санітарного лікаря України №7 від 10 грудня 1998 р.; ДСанПіН 3.3.2.007-98).

Приміщення, в яких планується установка та подальша робота з комп'ютером, повинні відповідати проектній документації будівлі, погодженій з уповноваженими державними органами. Крім того, роботодавець повинен враховувати чинні санітарні нормативи освітлення, вимоги до параметрів мікроклімату (температура, відносна вологість), ступеня і сили вібрації, звукового шуму і вогнестійкості приміщення, а також характеристики електромагнітного, ультрафіолетового та інфрачервоного полів.

Конкретні показники зазначених санітарних норм наведені в ДСанПіН 3.3.2.007-98.

ДСанПіН 3.3.2.007-98 поширюються на умови й організацію праці при роботі з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) усіх типів вітчизняного та зарубіжного виробництва на основі електронно-променевих трубок (ЕПТ), що використовуються в електронно-обчислювальних машинах (ЕОМ) колективного використання та персональних ЕОМ (ПЕОМ).

Так, наприклад, роботодавцю заборонено установлювати комп'ютери в приміщеннях, розташованих у підвалах будинків. Для уникнення можливих аварій та замикань, поряд з приміщеннями, де вестиметься робота з комп'ютером (над чи під ними), також не дозволяється проведення робіт, що потребують здійснення надмірно вологих технологічних процесів.

Відповідне приміщення повинно бути укомплектоване системами центрального або індивідуального опалення, кондиціонування чи вентиляції повітря. Але при установці зазначених систем, необхідно переконатись, що батареї опалення, водопровідні труби, вентиляційні кабелі тощо, надійно сховані під захисними щитками, які перешкоджатимуть можливному потраплянню робітника під напругу.

У кожній кімнаті, де обладнуватимуться робочі місця співробітників, що працюватимуть на комп'ютері, повинні бути наявні елементи природного та штучного освітлення. При цьому, на вікнах слід встановити легко регульовані жалюзі чи штори, які дозволять працівникам коригувати рівень освітлення в приміщенні. Бажано розмістити комп'ютери в кімнаті таким чином, щоб світло потрапляло на екрани моніторів з півдня чи північного сходу.

З метою досягнення максимального рівня безпеки і охорони праці при роботі з комп'ютером, виробничі приміщення необхідно обладнати аптечками першої медичної допомоги, системами автоматичної пожежної сигналізації і вогнегасниками. В приміщенні, в якому разом працюють 5 або більше комп'ютерів, на видимому місці установлюється службовий вимикач, який у разі потреби дозволить повністю відключити електричне живлення кімнати.

Роботодавець, який використовує найману працю робітників, повинен

забезпечити відповідність їхніх робочих місць комфортним та безпечним умовам.

Розмір одного робочого місця має становити не менше 6 квадратних метрів. При необхідності, суміжні робочі місця співробітників, що працюють з комп'ютером, слід розділити перегородками висотою до 2 метрів. При визначенні достатнього розміру приміщення і робочого місця на одну особу необхідно додатково враховувати шафи, сейфи, тумби або інші предмети меблів чи обладнання, які знаходяться в кімнаті.

На столі працівника можливо розмістити допоміжні для роботи пристрої (принтери, колонки, сканери), а також місця для зберігання документів, за умови, що це не обмежуватиме видимість екрану і не заважатиме працівнику. У разі надмірного шуму чи вібрації технічного обладнання, роботодавець повинен забезпечити працівників антивібраційними килимками.

Робочий стілець співробітника має бути підйомно-поворотним, легко регульованим за висотою та забезпечувати належну підтримку та зручне положення спини і хребта особи.

Щодня необхідно проводити вологе прибирання приміщення, та очищати робоче місце та безпосередньо монітор комп'ютера від запиленості.

На підприємстві забороняється:

- проводити ремонт та технічне обслуговування комп'ютера за робочим місцем працівника;
- самочинно ремонтувати або намагаться здійснити технічне налагодження комп'ютера без залучення компетентних спеціалістів;
- складувати на робочому місці зайві документи, деталі та предмети, що не потрібні для роботи;
- використовувати монітори з нечітким зображенням та монітори, у яких наявні поламки екрану;
- працювати з матричним принтером без антивібраційного покриття та зі знятою кришкою.

Допускати до роботи осіб, які не пройшли затверджений на підприємстві курс охорони праці для роботи з комп'ютером, не дозволяється.

На користувачів під час роботи з комп'ютерною технікою можуть діяти такі

види небезпек:

- ураження електричним струмом;
- енергетична небезпека (виникає через коротке замикання: опіки, електрична дуга, викид розплавленого металу);
- небезпека загоряння;
- термонебезпека (дія високих температур через нагрівання конструктивних елементів);
- механічна небезпека (травми через падіння, дію рухомих частин, поріз за гострі частини конструктивних елементів);
- небезпека випромінювання (дія звукового (акустичного), високочастотного, інфрачервоного, ультрафіолетового й іонізуючого випромінювання, а також видимого світла когерентної високої інтенсивності (лазерного випромінювання);
- хімічна небезпека (контакт із деякими хімікатами, які використовують для того, щоб обслуговувати обладнання, або від вдихання їх парів).

В компанії мають бути чітко встановлені перерви для відпочинку працівників (окрім обідньої), як правило, тривалістю 10-15 хвилин раз на годину або дві залежно від складності роботи. У будь-якому випадку роботодавець повинен передбачити такий розпорядок роботи на підприємстві, щоб час неперервної роботи з комп'ютером був не більше ніж 4 години.

Додатково, для збереження належного рівня здоров'я та професійної придатності робітників, рекомендується виділити на підприємстві окреме побутове приміщення для перепочинку працівників і зняття ними нервово-емоційного напруження, що виникає при роботі з комп'ютером.

ВИСНОВКИ

За результатами виконаної роботи можна зробити висновок, що основні завдання кваліфікаційної роботи виконані: проведено огляд сучасного стану питання; розглянуто сучасні технології керування споживанням електроенергії; розроблено конструкцію економічно ефективного контролера для управління попитом на електроенергію для населення; розглянуто питання безпеки життєдіяльності та охорони праці.

Дослідження ефективності розробленої системи в реальних умовах не проводились, оскільки це завдання знаходиться поза межами цієї кваліфікаційної роботи.

В зв'язку з цим можна визначити декілька напрямків майбутньої роботи. Перша область – це випробування контролера для визначення ефективності алгоритму керування реальною економією витрат для споживача.

По-друге, слід провести аналіз, щоб встановити необхідність мінімального або максимального часу вимкнення для навантажень великої потужності.

Третя область – розроблення адаптивного алгоритму прогнозування, який би дав можливість оцінювати потребу в кожному окремому виді навантаження.

Цей алгоритм повинен виділяти попит на кожне навантаження з статистичних даних, а потім буде використовуватися для вибору того, яке навантаження буде підключено або вимкнено.

Також бажано розглянути можливість додавання додаткових функцій.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматизація виробничих процесів. / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. К.: Ліра-К, 2017. 378 с.
2. Атаманчук П.С., Мендерецький В.В., Панчук О.П., Чорна О.Г. Безпека життєдіяльності та охорона праці (Практичний курс): Навчальний посібник. Кам'янець-Подільський: «Думка», 2010. 152 с.
3. Бабіченко А.К. Промислові засоби автоматизації, Ч. 1 «Вимірювальні пристрої» / А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, М.О. Подустов та ін. Х.: НТУ «ХП», 2001. 470 с.
4. Бабіченко А.К. Промислові засоби автоматизації, Ч. 2 «Регулювальні і виконавчі пристрої» / А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, В.С. Михайлов та ін. – Х.: НТУ «ХП», 2003. 658 с.
5. Безпека людини у сучасних умовах: Монографія / В.В. Березуцький, Н.Л. Березуцька, А.О. Богодист та ін.; За заг. ред. проф. В.В. Березуцького. – Харків. ФОП Мезіна В.В., 2018. 208 с.
6. Василега П.О. Електропостачання. Київ.: Університетська книга. 2019. 415 с.
7. Гайченко В.А., Коваль Г.М. Основи безпеки життєдіяльності людини: Навчальний посібник. К.: МАУП, 2002. 226 с.
8. Капаціла Ю.Б., Михайлишин Р.І., Савків В.Б., Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2021. 40 с.
9. Законодавство України про охорону праці. Збірник нормативних документів. В 4 т. Київ: 1995. 1997.
10. Основи електротехніки та електропостачання. / Денисюк С.П., Радиш І.П., Кабацій В.М., Дерев'янку Д.Г. Київ.: Кондор. 216 с.
11. Проць Я.І. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя,

2011. 344 с.

- 12.Пушкар М.С., Проценко С.М. Проектування систем автоматизації. Д.: Національний гірничий університет, 2013. 268 с.
- 13.Разработка и внедрение системы энергоменеджмента в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 50001 на предприятиях ДТЭК ЭНЕРГО / Под общ. Ред. С.П. Денисюка. К.: Наш формат, 2014. 504 с.
- 14.Blevins, Robert P. Survey of Utility Load Management Projects. Third Revised Report ORNL/Sub-80/15644/1, Energy Utilization Systems, Inc., October, 2001.
- 15.Brian Scaddan. Electrical Installation Work. New York : Routledge. 2019. 332 p.
- 16.Microcontroller Applications Handbook INTEL Corporation, Santa Clara, CA, 1982.
- 17.Єдина електронна система обліку споживання енергоресурсів : веб-сайт. URL: <https://www.auc.org.ua/ideya/yedyna-elektronna-systema-obliku-spozhyvannya-energoresursiv> (дата звернення 30.04.2022).
- 18.Програмне забезпечення SIMATIC Energy Management : веб-сайт. URL: <https://new.siemens.com/ua/uk/produkty/avtomatyzatsiya-promyslovosti/prohramne-zabezpechennya-dlya-promyslovosti/prohramne-zabezpechennya-dlya-avtomatyzatsiyi/programmnoye-obespecheniye-simatic-energy-management.html> (дата звернення 10.05.2022).