

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Сумський державний університет**

Класичний фаховий коледж

(повна назва інституту/факультету)

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_

(Ім'я та ПРИЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ 2023\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(бакалавр / магістр)

зі спеціальності 171 Електроніка \_\_\_\_\_ ,

(код та назва)

освітньо-професійної програми Електронні інформаційні системи  
(освітньо-професійної / освітньо-наукової) (назва програми)

на тему: Розробка електронної схеми пристрою для управління підігрівом води при теплопостачанні

Здобувача групи ЕІс2-91к Дяченко Константина

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Константин Дяченко

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник викладач канд. техн., наук, доцент

Микола Матвієнко

\_\_\_\_\_ (підпис)

Конотоп – 2023

## АНОТАЦІЯ

**Обґрунтуванням актуальності теми** є оволодіння новим принципом проектування електронних схем з використанням алгоритмів і математичних моделей для побудови електронних схем з мінімальною кількістю елементів пам'яті та логічних елементів, що дозволяє виконати схему надзвичайно простою з використанням засобів мікроелектроніки.

**Відповідно до мети в роботі вирішувалися такі задачі:**

- виконаний аналіз схем керування підігрівом води при теплопостачанні;
- розроблений алгоритм роботи схем керування підігрівом води при теплопостачанні;
- розроблена абстрактна і структурна математичні моделі роботи електронної схеми керування підігрівом води при теплопостачанні;
- на основі структурної схеми отримані канонічні рівняння роботи схеми керування підігрівом води при теплопостачанні;
- вибрана сучасна елементна база для реалізації канонічних рівнянь схеми керування підігрівом води при теплопостачанні;
- побудована схема управління на програмованих логічних елементах (ПЛМ);
- розроблена програма роботи схеми керування підігрівом води при теплопостачанні.

**Мета роботи** полягає у розробці сучасної електронної схеми керування підігрівом води при теплопостачанні. Відповідно до мети, вирішувалася задача розробки сучасної схеми управління з використанням засобів програмуємої логіки.

При виконанні роботи використовувалися теорія алгоритмів, математична логіка, теорія скінченних автоматів, теорія програмування логічних матриць.

**Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи** є отримання мінімальних канонічних рівнянь згідно отриманого алгоритму роботи схеми управління.

Робота викладена на 30 сторінках, у тому числі включає 8 рисунків, 3 таблиці, список цитованої літератури із 11 джерел.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЕЛЕКТРОННА СХЕМА ПРИСТРОЮ, КЕРУВАННЯ, ПРИСТРОЇ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ, КАНОНІЧНІ РІВНЯННЯ, ПРОГРАМУЄМІ ЛОГІЧНІ МАТРИЦІ, ПРОГРАМУВАННЯ, ТАБЛИЦЯ ПЕРЕХОДІВ, ТАБЛИЦЯ ВИХОДІВ, ТАБЛИЦІ ПРОГРАМУВАННЯ, ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ,

## ЗМІСТ

	стор.
<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ВИМОГИ ДО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ</b> .....	5
1.1. Загальні визначення.....	5
1.2. Подача теплової енергії за допомогою повітря.....	5
1.3. Подача теплової енергії за допомогою пара.....	7
1.4. Подача теплової енергії за допомогою рідини.....	7
1.5. Види систем керування теплопостачанням.....	11
<b>РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ, МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА КАНОНІЧНИХ РІВНЯНЬ ЕЛЕКТРОННОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПІДГРІВОМ ВОДИ ПРИ ТЕПЛОПОСТАЧАННІ</b> .....	13
2.1. Розробка алгоритму управління підгрівом води при теплопостачанні .....	13
2.2. Розробка абстрактної математичної моделі електронної схеми пристрою управління підгрівом води при теплопостачанні .....	17
2.3. Розробка структурної математичної моделі електронної схеми пристрою управління підгрівом води при теплопостачанні .....	20
2.4. Розробка канонічних рівнянь роботи електронної схеми пристрою управління підгрівом води при теплопостачанні .....	21
<b>РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПІДГРІВОМ ВОДИ ПРИ ТЕПЛОПОСТАЧАННІ</b> .....	24
3.1. Вибір елементної бази для побудови електронної схеми пристрою управління підгрівом води при теплопостачанні .....	24
3.2 Принципи побудови вибраної базової ПЛІМ.....	24
3.3. Розробка електронної схеми керування та програми реалізації канонічних рівнянь управління підгрівом води при теплопостачанні .....	28
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	31
<b>СПИСОК ЦИТОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	32

## **ВСТУП**

Серед різних систем життєзабезпечення сучасних приміщень (промислові підприємства, житлові будинки, столови, буфети та ін.), теплопостачання є історично однією із найбільш старих. Ще з часів винаходу парових машин почали будуватися котельні, які забезпечували обігрів житлових і виробничих приміщень. Перші опалювання були досить прості. На зміну простим котельним прийшли централізовані мережі подачі теплоносія у будівлі [11]. Створення таких теплових мереж заставило подавати енергоносії, контролювати за його станом, підтримувати температуру на необхідному рівні і сповіщати про аварійні ситуації.

Подача тепла до споживачів здійснюється тепер із спеціальних котлів, у яких встановлено відповідне устаткування. Такі системи називаються автоматизованими.

До переваг сучасних пристроїв управління теплопостачання необхідно віднести. По перше - усі пристрої автоматики, які випускаються одним виробником, і природно, що проблем у їх сумісності не виникає. По друге – усе керівництво по управлінню устаткуванням у спеціалізованих пристроях здійснює один логічний пристрій - промисловий програмований контролер, виконаний на різній елементній базі, або на програмуємих логічних матрицях (ПЛМ) [9,10]. Логічний пристрій опитує датчики, що є на об'єкті, аналізує їх покази відповідно алгоритму і видає результати, що діють на регулюючі органи підтримання на заданому рівні теплоносія.

## **РОЗДІЛ 1**

### **ЗАГАЛЬНІ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ВИМОГИ ДО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ**

#### **1.1. Загальні визначення**

Теплопостачання призначене забезпечує температурні умови у приміщеннях відповідно до вимог санітарних норм [8, 12]. Обігріватись може все приміщення, а також окремі робочі місця. Опалювальні системи мають наступні складові елементи: генератор тепла — установку, у якій тепло, що отримане за рахунок горіння або

перетворення електричної енергії передається воді, пару, повітрю; трубопроводи, по яких передається тепло від генератора до об'єктів, які підлягають нагріванню.

При водяному опаленні теплоносієм є нагріта вода з температурою до 100 °С і вище. У парових системах теплоносій — пар, що рухається до опалювальних об'єктів під тиском.

Ці системи використовують при опаленні промислових приміщень або побутових будівель. Системи водяного опалення використовують, як правило, для обігріву виробничих приміщень. У таких системах температура води складає 130 — 145 °С. У санітарно-гігієнічному відношенні вони гірші і небезпечніші за системи низького тиску.

## **1.2. Подача теплової енергії за допомогою повітря**

Подача теплової енергії для приміщень шляхом надходження повітря відбувається так [8]. Цей метод оснований на припливно-витяжних установках, які монтується на даху приміщення або біля стіни будівлі. Повітря від них надходить по повітропроводам. Цей метод приміняють, якщо є необхідність у використанні повітряного опалення на ряду з кондиціонуванням і вентиляцією такого приміщення. На цьому методі побудовані системи торгових центрів і деяких виробничих приміщень. Вони дозволяють контролювати не тільки температурний режим, але і якість повітря, а при використанні додаткового обладнання (зволожувачі, електронні фільтри, антибактеріальні лампи) можуть навіть підтримувати і заданий мікроклімат.

Теплова енергія для приміщень з промисловими товарами за допомогою локальних повітронагрівачів відбувається наступним чином. Повітронагрівачі розміщуються по периметру приміщення і включаються тоді, коли температура знижується до певного рівня. Даний метод застосовується при підтримці заданої температури в приміщенні в холодний період року.

На сьогодні повітряне опалення є розповсюдженим у громадських, виробничих та інших будівлях. Принцип роботи таких систем базується на обдуванні повітрям нагрітої поверхні та його спрямуванні туди, де потребується обігрів. Так відбувається підвищення температури у приміщенні. Джерелами теплової енергії

можуть бути і ТЕНи, гаряча вода або газ найчастіше у пристроях, які називають калориферами. Головною перевагою таких систем тепlopостачання є можливість керування температурою самого повітря. Порівняно з водяним опаленням, вони не мають проміжних ланок перенесення тепла гарячою водою, а отже, є захищеними від протікання, корозії та наслідків замороження води. Крім того, витрати на монтаж і обслуговування повітряних систем є значно нижчими порівнянні з водяними.

Повітряне опалення може бути місцевим і центральним [8]. Місцеве приміняється у виробничих приміщеннях. Для його застосування використовують два елементи: вентилятор і нагрівальний пристрій, що часто поєднують в тепловентиляторах. Центральне повітряне опалення часто використовується у приміщеннях разом із системою вентиляції. Обладнання передає тепло у потрібну зону через систему повітря, яка складається з комплексу повітропроводів. Такі системи можуть формуватися за трьома різними схемами: з повною рециркуляцією повітря у приміщенні (з подачею і поглинанням для досягнення потрібної температури), частковою (змішування з вуличним) або прямоточною (використання лише з вулиці).

### **1.3. подача теплової енергії за допомогою пару**

Парове опалення – це обігрів будівлі за допомогою пари, яка відіграє роль теплоносія [8]. Джерелом тепла може бути котел, редуційно-охолоджувальна установка, парова турбіна або утилізаційні установки на металургійних підприємствах. Прилади опалення в парових системах – це радіатори, конвектори або різновиди труб. Парове опалення було дуже популярним у першій половині ХХ століття у зв'язку з невисокою вартістю його установки й обслуговування. У наш час ці системи використовуються для централізованого чи автономного тепlopостачання у приміщеннях, під'їздах будинків, вестибюлях тощо. Переваги - порівняно невеликі розміри та його мала вартість; - висока швидкість прогрівання та її мала інертність; - відсутність теплових втрат у теплообмінниках. Недоліки - шум при наповненні системи парою; - небезпечно висока температура поверхні опалювальних приладів; - відсутність регулювання температури в приміщенні, що опалюється; - складність монтажу підводів до системи.

#### 1.4. Подача теплової енергії за допомогою рідини

Нині вона є найпопулярнішою системою опалення, що зарекомендувала як надійний та ефективний метод зігріти приміщення [8]. Теплоносієм у таких системах може бути вода або незамерзаючі рідини. Надходження тепла по приміщенню, що опалюються подібним шляхом, здійснюється через радіатори, див. рис.1.4.1.

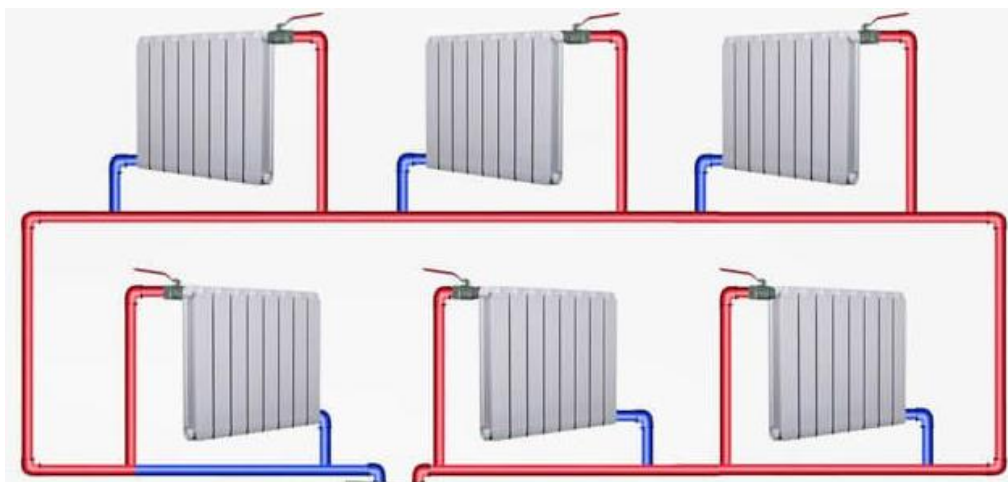


Рис.1.4.1 Радіатори тепла для нагріву приміщень

Джерелом тепла є котел, який працює від дров, кам'яного вугілля, природного газу, централізованого електропостачання. Робота такої водяної системи опалення полягає у тому, що нагріта вода циркулює у так званому замкнутому контурі, проходячи через труби та опалювальні прилади і повертаючись назад уже в охолоджену стані. При опаленні такі цикли повторюється. Кругообіг води в контурі може відбуватися і за рахунок різниці тисків між його ділянками. Такий метод є простим і відносно надійним, але він зумовлює низьку ефективність такої системи і, особливо, велику залежність від правильності її проектування. Примусовий метод циркуляції полягає у застосуванні спеціального насоса, який перекачує воду по всьому контуру. На сьогодні він є популярним завдяки зручності та ефективності. Одним із головних завдань під час підготовки до монтажу системи опалення є правильна її розводка, яка може бути одно- і двотрубною. Однотрубна передбачає наявність лише однієї магістральної труби, що проходить через усі наявні поверхи будівлі де прилади в кожному приміщенні, формують свою магістраль. Остання являє собою замкнуте коло, у певній точці якого розміщується



котел. Теплоносій послідовно рухається по всій лінії, повертаючись назад до котла. Переваги цієї системи- невисока вартість, яка базується на мінімальних затратах монтажу; - простота проектування і реалізації. Недоліки - складний розрахунок; - обмеження приладів розподілу тепла на стояку; - відсутність змінення підігріву на радіаторах; - високий гідродинамічний опір; - складність усунення помилок, які були допущені при розрахунку; - великий обсяг тепловтрат; - кінцеві обігрівальні прилади віддають менше тепла, ніж ті, що розташовуються на початку лінії.

Будова двотрубною системи опалення має два контури, рис. 1.4.2, [8]. Перший відповідає за надходження нагрітого теплоносія, які розподіляють тепло. Другий забезпечує виведення відпрацьованої охолодженої рідини назад у котел. Такі системи мають значне застосування у таких напрямках:

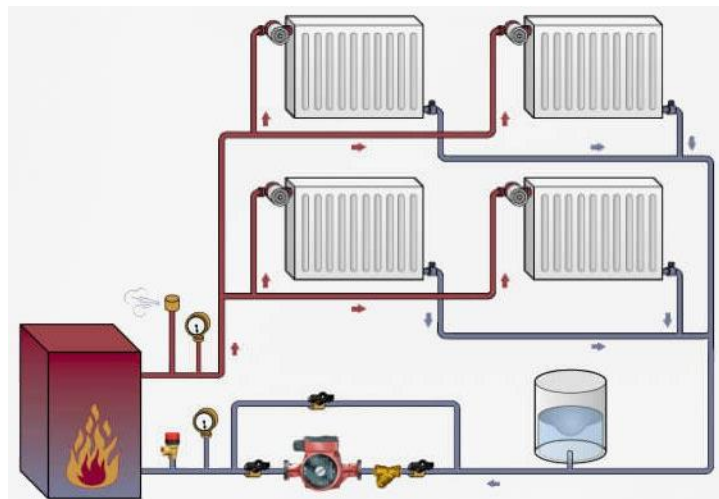


Рис. 1.4.2 Двотрубна система опалення

індивідуальне котеджне будівництво; при зведенні висотних будівель. Схема двотрубною системи має такі переваги: - індивідуально регулює тепло в кожному приміщенні; - заощаджує площу будинку шляхом розміщення запірних систем і стояків у підвалах; - тепловтрати мінімальні; - теплоносій має однакові показники на всіх відрізках опалювального кола; - низький гідродинамічний опір; - елементи контролю вбудовуються таким чином, щоб їхнє місцерозташування можна було врахувати у процесі проектування; - енергоефективність. Недоліки - при монтажу двотрубною системи використовують значну кількість матеріалів – лише труб - вдвічі

більше, ніж для однотрубною; - складність проектування, що потребує більш високу ціну всієї системи; - складний монтаж.

Значними видами труб для водяного опалення є сталеві труби. Їхніми переваги: низька вартість та малий коефіцієнт температурного розширення. Поліпропіленові труби з'єднуються між собою за допомогою спеціальних фітінгів, виготовлених із того ж матеріалу. Такий вид труб є досить жорстким, товщина стінок яких приблизно в 1,5 рази перевищує аналогічний показник у металопластикових. Монтаж їх є складним за рахунок того, що труби не гнуться, тому кожне кутове з'єднання системи опалення необхідно виконувати за допомогою фітінгів. Поліпропіленові труби мають тривалий термін експлуатації. За фізичними й механічними властивостями вони є подібними до металопластикових. Якщо температура теплоносія у системі опалення становитиме не більше 70 С°, а внутрішній тиск залишатиметься на рівні 8 атмосфер, то ці труби впевнено прослужать близько 50 років. Металопластикові труби мають п'ять шарів поліетилену, клею та алюмінієвої фольги. Характеризуються вони гнучкістю, тому їх легко та зручно розміщувати у будь-яких приміщеннях без допомоги спеціальних з'єднань. Перевагами їх є те, що вони витримують вплив низьких температур та не накопичують накипу чи іншого небажаного осаду на своїх стінках. Металопластикові труби для опалення мають наступні недоліки: чутливість до ультрафіолетового випромінювання; механічні та термічні впливи. Мідні труби є аналогом сталевих, але на відміну від останніх мають більше переваг. Вони мають високу стійкість до корозії що зумовлює більший термін експлуатації опалювальної системи. Єдиним недоліком, їх є висока вартість. Переваги водяних систем опалення - вода – дешевий і доступний теплоносі; - простота в експлуатації; - економія палива; - високий термін служби; - безшумність роботи; - забезпечення однакової температури в усіх приміщеннях; - температура поверхні труб і батарей під час роботи такої системи не перевищує безпечного для людини рівня. Недоліки - досить повільне нагрівання повітря в будинку; - вода розширюється при замерзанні, що псує труби.

### **1.5. Види систем керування тепlopостачанням**

Подача тепла до його споживачів відбувається на сьогодні із спеціалізованих систем тепlopостачання. Такі системи називаються тепlopунктами [8, 12]. Тепlopункти бувають центральними (ЦТП) - вони здійснюють надходження тепла до декількох будівель і індивідуальними (ІТП) - для опалювання однієї будівлі.

Тепло-розподільний пункт (ТРП), це комплекс установок, призначених для розділення тепла, що поступає з теплової мережі, між споживачами до встановлених для них виглядом і параметрами теплоносія.

Для подачі теплоносія споживачеві необхідна тепла мережа. Існують 5 основних типів систем - відкрита залежна, відкрита незалежна, закрита залежна, закрита незалежна і нестандартна.

Теплоносій - рухоме середовище, вживане для передачі теплоти від більш нагрітого до менш нагрітого тіла. Теплоносії використовують для охолодження, сушки, термічної обробки і т.д. Теплоносії можуть у процесі передачі теплоти змінювати свій агрегатний стан (киплячі рідини, пари, що конденсуються) або зберігати його незмінними (не киплячі рідини, перегріті пари, гази, що не конденсуються). У першому випадку температура теплоносія залишається незмінною; у другому випадку температура теплоносія змінюється. Споживач теплової енергії - юридична або фізична особа, приєднані до системи тепlopостачання енерго-забезпечуючої організації.

Під тепловою мережею слід розуміти систему трубопроводів для транспортування і розподілу теплоносія. Розрізняють магістральні і розподільні теплові мережі.

Незалежною схемою підключення називають схему при якій теплоносій поступає з теплової мережі, проходить через теплообмінник, встановлений на тепловому пункті, де нагріває вторинний теплоносій.

Залежною схемою підключення називають схему, при якій теплоносій з теплової мережі надходить безпосередньо в систему.

У закритих системах, мережева вода, циркулююча в трубопроводах використовується тільки як теплоносій. У закритих системах тепло- постачання, мережевою водою у апаратах здійснюється нагрів холодної водопровідної води.

Тоді нагріта вода, по внутрішньому водопроводу, подається до водорозбірних приладів: житлових, суспільних і промислових будівель. У відкритих системах мережева вода в трубопроводах теплової мережі, використовується не тільки як теплоносій, а частково (або повністю) відбирається споживачем з теплової мережі.

Центральний тепловий пункт (ЦТП) - призначений для централізованого гарячого водопостачання по послідовній або змішаній схемі включення ступенів водопідігрівачів і залежній або незалежній схемі приєднання.

Індивідуальний тепловий пункт (ІТП) встановлюється на виробничих комплексах і призначений для розподілу, обліку і регулювання теплової енергії у системах опалювання. Теплообмінник для опалювання працює по двоконтурній системі: по першому контуру подається прямий теплоносій, по другому, замкнутому контуру - нагрітий теплоносій системи опалювання. Другий контур включає насосну станцію, систему автоматичного регулювання кількості теплоносія і приборів температури теплоносія у системі опалювання. Він оснащується датчиками контролю режимів температури. Усі параметри температури можуть задаватися програмою, яка може регулювати температуру системи опалювання у режимі реального часу.

У комплекті ІТП можуть поставляється кульові крани, термометри, манометри, прилади обліку витрати води і тепла, зворотні клапани, фільтри. Впровадження ІТП дозволяє відмовитися від чотиритрубною магістральною системою і перейти до двотрубною, що забезпечують індивідуальне підведення теплопостачання тільки до будівель, скоротити протяжність внутрішньо-квартирних теплових магістралей. Паралельна схема дозволяє піти від невиправдано ускладненою 2-х ступінчастою схемою. У результаті знижуються витрати на підтримування і ремонт трубопроводів, витрату теплоізоляційних матеріалів, у окремих випадках виключається відведення землі під будівлю ІТП і його будівництво. Структурна схема найпоширеною системою автоматизованого теплопостачання для виробничих та побутових приміщень наведена на рис. 1.5.1.

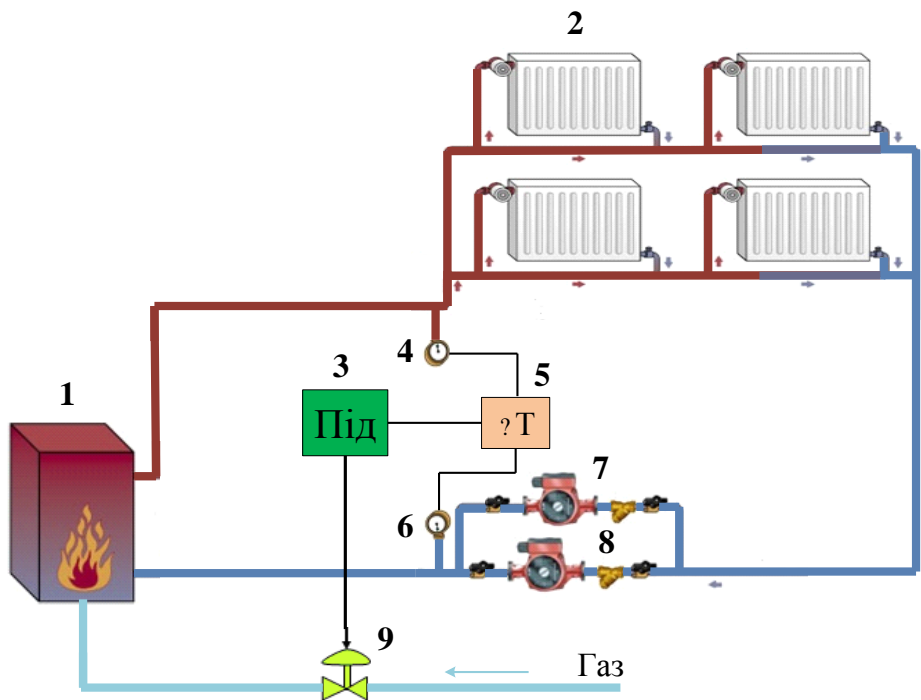


Рис. 1.5.1 Структурна схема найпоширеної системи автоматизованого тепlopостачання

На структурній схемі (рис. 1.5.1) показано:

1. Котел ;
2. Теплообмінник ;
3. ПІД-регулятор;
- 4,6. Термодатчик ;
5. Обчислювач ;
- 7,8. Насоси ;
9. Задвижка.

Дана схема працює наступним чином. Обчислювач різниці температури води 5 знімає данні температури з термодатчиків 4 і 6 , які знаходяться на прямому та зворотному трубопроводі і подає сигнал на ПІД регулятор 3. ПІД регулятор 3 відповідно від величини різниці температури між термодатчиками, видає сигнал на закриття або відкриття задвижки 9 на подачу (більше або менше) природного газу на котел 1. Для надійності роботи системи в цілому в контурі задіяно два насоси 7 і 8, які працюють по чергово. Насоси 7 і 8 є резервними один до одного. Необхідність застосування двох насосів визвана тим, що при роботі системи можуть бути випадки

зупинки одного з насосів на профілактичний ремонт, або при виході на аварію. При цьому необхідно, щоб працював другий насос, тобто, щоб теплопостачання не припинялось.

Регулювання температури в контурі опалювання завжди відбувається по наступному по опалювальному графіку, рис.1.5.2.

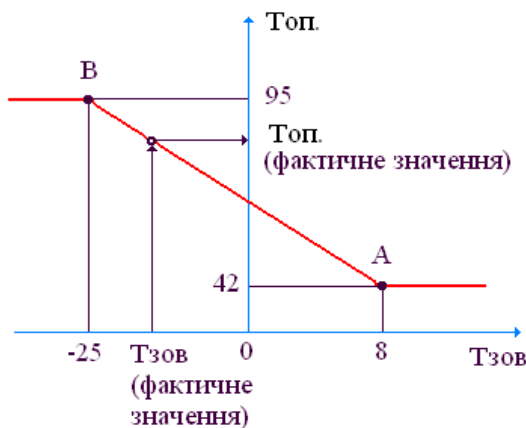


Рис.1.5.2 Опалювальний графік регулювання температури в контурі

Із графіка слідує, що він має лінійну залежність температури теплоносія у контурі опалювання  $T_{оп}$  і температури зворотної води  $T_{зв}$  від температури зовнішнього повітря  $T_{зов}$ . Залежність може бути побудована від температури прямої води. У цьому випадку датчик встановлюють у подаючий трубопровід. (див. рис.1.5.1) У системах управління теплопостачанням підтримка заданого значення регульованого параметра або зміна його по певному закону забезпечується апаратними засобами, що мають загальну назву - автоматичні регулятори.

## РОЗДІЛ 2

# **РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ, МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА КАНОНІЧНИХ РІВНЯНЬ ЕЛЕКТРОННОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПІДГРІВОМ ВОДИ ПРИ ТЕПЛОПОСТАЧАННІ**

## **2.1. Розробка алгоритму управління підгрівом води при теплопостачанні**

На основі схеми системи теплопостачання (рис. 1.5.1), створюємо алгоритм роботи електронного пристрою керування теплопостачанням. Кроки цього алгоритму будуть наступні [8].

1. Увімкнути резервний насос при відмові робочого.
2. Насос (основний або резервний) системи опалення повинен працювати постійно на протязі всього опалювального сезону.
3. Забезпечити автоматичне увімкнення основного або резервного насоса.
4. Забезпечити автоматичне відключення насосу при зменшенні тиску нижче норми.
5. Забезпечити автоматичне регулювання температури води в системі теплопостачання.

## **2.2. Розробка абстрактної математичної моделі електронної схеми пристрою управління підгрівом води при теплопостачанні**

При розробці математичної моделі, використаємо теорію цифрових автоматів [4, 6, 9, 10]. Користуючись описом алгоритму, абстрактна математична модель схеми пристрою керування теплопостачанням набуде виду, наведеному на рис. 2.2.1.

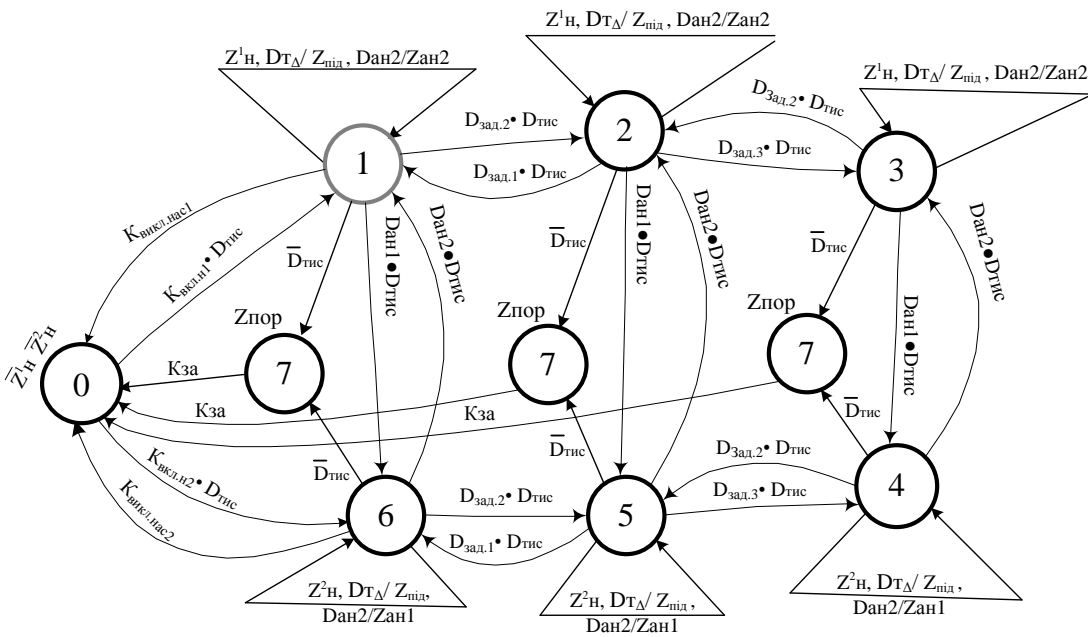


Рис. 2.2.1 Абстрактна математична модель

Датчики в цій моделі задають умови переходу її із одного стану в інший. Перелік таких датчиків має наступний зміст:

$D_{\text{тис}}$  – датчик тиску води;

$D_{\text{ТД}}$  – датчик різниці температури в контурі опалення;

$D_{\text{зад}1}$  – перший сигнал від датчика перекриття опалення;

$D_{\text{зад}2}$  – другий сигнал від датчика перекриття опалення для збільшення температури води в контурі відносно першого;

$D_{\text{зад}3}$  – третій сигнал від датчика перекриття опалення для збільшення температури води в контурі відносно другого;

$K_{\text{вкл. нас}1}$  – кнопка включення насоса 1;

$K_{\text{вкл. нас}2}$  – кнопка включення насоса 2;

$K_{\text{за}}$  – кнопка зняття аварії в системі;

$D_{\text{ан}1}$  – датчик аварії насоса 1;

$D_{\text{ан}2}$  – датчик аварії насоса 2;

Вихідні сигнали для електронної схеми керування теплостачанням в даній математичній моделі мають наступний зміст:

$Z_n^1$  – сигнал включення насоса 1;



$Z_n^2$  – сигнал включення насоса 2;

$Z_{\text{під}}$  – сигнал включення регуліровки задвижки;

$Z_{\text{ан1}}$  – сигнал аварії першого насоса;

$Z_{\text{ан2}}$  – сигнал аварії другого насоса;

$Z_{\text{пор}}$  – сигнал пориву трубопровода;

Абстрактна математична модель системи теплопостачання працює так.

При подачі напруги живлення система знаходиться у початковому стані «0». У цьому стані перший і другий насоси не працюють. При включенні кнопки  $K_{\text{вкл.нас1}}$  і при умові, що є тиск води  $D_{\text{тис}}$  у водопроводі, тоді система перейде в стан «1». У цьому стані надходить напруга на двигун першого насоса  $Z_n^1$  і при спацюванні датчика різниці температури в контурі опалення  $D_{\text{ТД}}$ , видається сигнал на включення регуліровки задвижки  $Z_{\text{нід}}$ . В стан «2» система переходить від сигналу датчика  $D_{\text{зад2}}$ , якщо необхідно підвищити температуру в контурі обігріву (зменшилась температура повітря на вулиці, див. рис.1.5.2). У цьому стані продовжує працювати перший насос, але під дією сигналу регуліровки задвижки  $Z_{\text{нід}}$ , вона переходить у положення 2, подаючи ще більше палива на підігрів котла. Якщо сигнал з регуліровки задвижки  $Z_{\text{нід}}$  буде через деякий час знову збільшуватись, то математична модель переходить у стан «3» під дією сигналу від датчика  $D_{\text{зад3}}$ . У цьому стані продовжує працювати перший насос, але під дією сигналу регуліровки задвижки  $Z_{\text{нід}}$ , вона переходить у положення 3, подаючи ще більше палива на підігрів котла. При зменшенні температури в навколишньому середовищі, сигнал регуліровки задвижки  $Z_{\text{нід}}$  зменшується і система переходить у стан «2» під дією датчика  $D_{\text{зад2}}$ . При подальшому зменшенні температури, сигнал регуліровки задвижки  $Z_{\text{нід}}$  зменшується і система переходить у стан «1».

Виключити насоси можна натиснувши кнопку роботи першого насоса  $K_{\text{ост.нас.1}}$  або кнопку  $K_{\text{ост.нас.2}}$  другого насоса. При пориві трубопровода система переходить у аварійний стан «7», висвітлюючи інформацію про порив і при роботі якого насоса це відбулося. При аварії самого насоса, наприклад, першого, система автоматично переходить на роботу від другого насоса, висвітлюючи при цьому аварію у першому насосі, див. рис.2.1.1.

### 2.3. Розробка структурної математичної моделі електронної схеми пристрою управління підігрівом води при теплопостачанні

Перетворення абстрактної математичної моделі в структурну відбувається завдяки кодуванню її станів [4, 8, 7, 9]. Для цього застосовують двійковий нормальний код [7]. Кількість розрядів такого коду (елементів  $RS$  - пам'яті) можна знайти з виразу

$$n = \lceil \log_2 Q \rceil, \quad (2.3.1)$$

де  $Q$  – кількість станів абстрактної математичної моделі;

$n$  – кількість елементів  $RS$  - пам'яті ;

$\lceil \rceil$  – даний знак показує, що після обчислення необхідно вибрати до обчисленого найбільше ціле додатне число.

Використовуючи вираз 2.3.1, маємо  $n = 3$ .

Це означає, що для реалізації восьми станів абстрактного автомату необхідно використати три  $RS$ - тригери. Для отримання структурної моделі та логічних рівнянь схеми електронного пристрою необхідно закодувати стани абстрактної математичної моделі. Кодування матиме такий вигляд:

0 – 000; 1 – 001; 2 – 011; 3 – 110; 4 – 111; 5 – 101; 6 – 100; 7 – 010.

Виходячи з цього, матиме наступний вигляд, рис. 2.3.1.

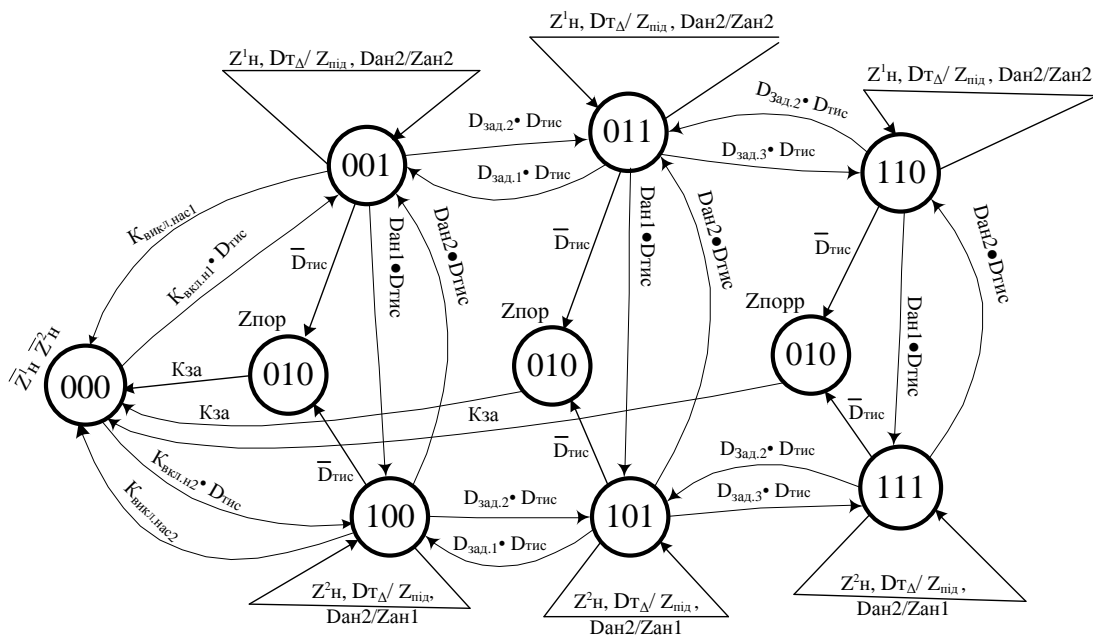


Рис. 2.3.1 Структурна математична модель

### 2.4. Розробка канонічних рівнянь роботи електронної схеми пристрою управління підігрівом води при теплопостачанні

Використовуючи цю модель, будемо таблиці її переходів і виходів, табл.2.4.1, табл.2.4.2.

Таблиця переходів      Таблиця 2.4.1

$D_i \backslash Q_i$	000	001	011	110	111	101	100	010
$K_{\text{вкл.нас.1}} \cdot D_{\text{тис}}$	001							
$K_{\text{викл.нас.1}}$		000						
$D_{\text{зад2}} \cdot D_{\text{тис}}$		011		011	110			
$D_{\text{зад1}} \cdot D_{\text{тис}}$			001			100		
$D_{\text{зад3}} \cdot D_{\text{тис}}$			110					
$D_{\text{ан1}} \cdot D_{\text{тис}}$		100	101	111				
$D_{\text{ан2}} \cdot D_{\text{тис}}$					101	011	001	
$\bar{D}_{\text{тис}}$		010	010	010	010	010	010	
$K_{\text{вкл.нас.2}} \cdot D_{\text{тис}}$	100							
$K_{\text{викл.нас.2}}$							000	
$K_{\text{за}}$								000

$Z_i \backslash Q_i$	$\bar{Z}_H^1, \bar{Z}_H^2$	$Z_H^1$	$Z_H^1$	$Z_H^1$	$Z_H^2$	$Z_H^2$	$Z_H^2$	$Z_{\text{пор}}$
$D_i \backslash Q_i$	000	001	011	110	111	101	100	010
$K_{\text{вкл.нас.1}} \cdot D_{\text{тис}}$	-	-	-	-	-	-	-	-
$K_{\text{викл.нас.1}}$	-	-	-	-	-	-	-	-
$D_{\text{зад2}} \cdot D_{\text{тис}}$	-	-	-	-	-	-	-	-

$D_{зад1} \cdot D_{тис}$	-	-		-	-	-	-	-
$D_{зад3} \cdot D_{тис}$	-	-	-		-	-	-	-
$D_{ан1} \cdot D_{тис}$	-	-	-		-	-	-	-
$D_{ан2} \cdot D_{тис}$	-	-		-		-	-	-
$\bar{D}_{тис}$	-	-	-	-	-	-	-	-
$K_{вкл.нас.2} \cdot D_{тис}$	-	-	-	-	-	-	-	-
$K_{викл.нас.2}$	-	-	-	-	-	-	-	-
$K_{за}$	-	-	-	-	-	-	-	-
$D_{ТД}$	-	$Z_{під}$	$Z_{під}$	$Z_{під}$	$Z_{під}$	$Z_{під}$	$Z_{під}$	-
$D_{ан2}$	-	$Z_{ан2}$	$Z_{ан2}$	$Z_{ан2}$	-	-	-	-
$D_{ан1}$	-	-	-	-	$Z_{ан1}$	$Z_{ан1}$	$Z_{ан1}$	-

Таблиця виходів Таблиця 2.4.2.

Використовуючи таблицю табл. 2.4.1, знаходимо функції включення і виключення *RS*-тригерів схеми пристрою. Функцію включення позначимо:  $Y_1^1, Y_2^1, Y_3^1$ , а функцію виключення:  $Y_1^0, Y_2^0, Y_3^0$ . Рахунок *RS*-тригерів виконано з права на ліво. Тоді канонічні рівняння включення і виключення *RS*-тригерів даної моделі для електронної схеми матимуть такий вигляд:

$$Y_1^1 = K_{вкл.нас.1} \cdot D_{тис} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \vee D_{зад2} \cdot D_{тис} y_2 \vee D_{ан1} \cdot D_{тис} \cdot y_3 \cdot y_2 \vee D_{ан2} \cdot D_{тис} \cdot \bar{y}_2;$$

$$Y_1^0 = K_{викл.нас.1} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \vee D_{ан1} \cdot D_{тис} \cdot \bar{y}_2 \vee \bar{D}_{тис} \cdot \bar{y}_3 \vee D_{зад2} \cdot D_{тис} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \vee \bar{D}_{тис} \cdot y_2 \vee D_{зад1} \cdot D_{тис} y_3 \cdot \bar{y}_2 \vee \bar{D}_{тис}$$

$$Y_2^1 = D_{зад2} \cdot D_{тис} \cdot \bar{y}_3 \cdot y_1 \vee \bar{D}_{тис} \vee D_{ан2} \cdot D_{тис} \cdot y_1;$$

$$\begin{aligned}
Y_2^0 &= D_{\text{зад1}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot \bar{y}_3 \cdot y_1 \vee D_{\text{ан1}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot y_1 \vee D_{\text{ан2}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot y_3 \cdot y_1 \vee K_{\text{за}} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_1; \\
Y_3^1 &= K_{\text{вкл.нас.2}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot \bar{y}_2 \vee D_{\text{ан1}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot \bar{y}_2 \vee D_{\text{зад3}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot y_2 \vee D_{\text{ан1}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot y_1; \\
Y_3^0 &= D_{\text{зад2}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot y_2 \vee \bar{D}_{\text{тис}} \vee D_{\text{ан2}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot y_1 \vee D_{\text{ан2}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot \bar{y}_2.
\end{aligned}$$

Канонічні рівняння функцій електронної схеми управління теплопостачанням матимуть такий зміст:

$$Z_{\text{н}}^1 = \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1;$$

$$Z_{\text{н}}^2 = y_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1;$$

$$Z_{\text{пор}} = y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1;$$

$$Z_{\text{під}} = D_{\text{ТА}} \cdot y_1 \vee D_{\text{ТА}} \cdot y_3;$$

$$Z_{\text{ан2}} = D_{\text{ан2}} \cdot (\bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1);$$

$$Z_{\text{ан1}} = D_{\text{ан1}} \cdot (y_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1).$$

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПІДГРІВОМ ВОДИ ПРИ ТЕПЛОПОСТАЧАННІ

#### 3.1. Вибір елементної бази для побудови електронної схеми пристрою управління підгрівом води при теплопостачанні

Оскільки логічні рівняння роботи електронного пристрою керування для приміщень представлені у вигляді диз'юнктивно-нормальної форми, то для їх реалізації найкраще підходять програмуємі логічні матриці (ПЛМ) [1, 2, 3, 5]. Вони знайшли широке застосування у програмуємих логічних інтегральних схемах (ПЛІС). У їх складі уже давно відомі ПЛМ К556РТ1, КР556РТ2, КР556РТ21.

На основі ПЛІС розробляють річні контролери, адресні дешифратори, логіку для мікропроцесора.

#### 3.2. Принципи побудови вибраної базової ПЛМ

ПЛІС мають базову структуру ПЛМ, яка включає матрицю кон'юнкторів (матриця "І") і матрицю диз'юнкторів (матриця "АБО") [11]. Побудову таких ПЛМ розглянемо на ПЛІС серії К556РТ1 [11]. Структурна схема її приведена на рис. 3.2.1

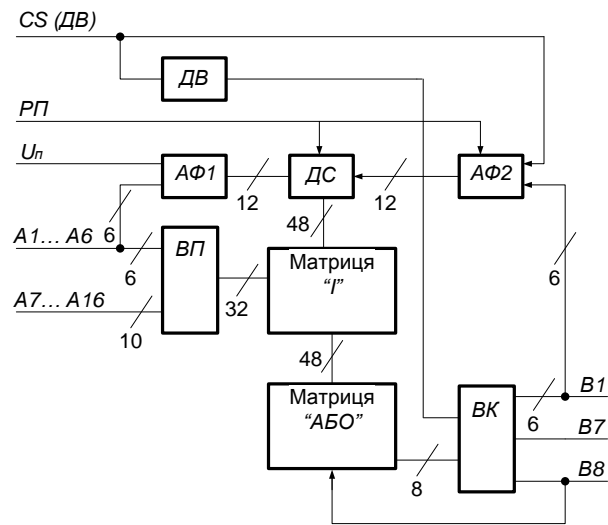


Рис 3.2.1 Структурна схема ПЛІС серії К556РТ1

Вона включає матрицю кон'юнкторів (матрицю "І") матрицю диз'юнкторів (матриця "АБО"), блок вхідних підсилювачів (ВП), блок вихідних каскадів (ВК), схему дозволу виборки кристалу (ДВ), програмуємий дешифратор, програмуємі адресні формірователі (АФ1, АФ2). Вхідні підсилювачі формують прямі і інверсні значення вхідних змінних по всім шістнадцяти входам (А1...А16) [11].

Програмуємий дешифратор (ДС) і програмуємі адресні формірователі (АФ1, АФ2) використовують тільки в режимах програмування і контролю ПЛІС.

Для більшого розуміння побудови ПЛМ розглянемо базову функціональну схему ПЛІС серії К556РТ1, яка включає в себе лише основні вузли схеми матриці "І", "АБО", вхідні і вихідні каскади [11], рис 3.2.2,

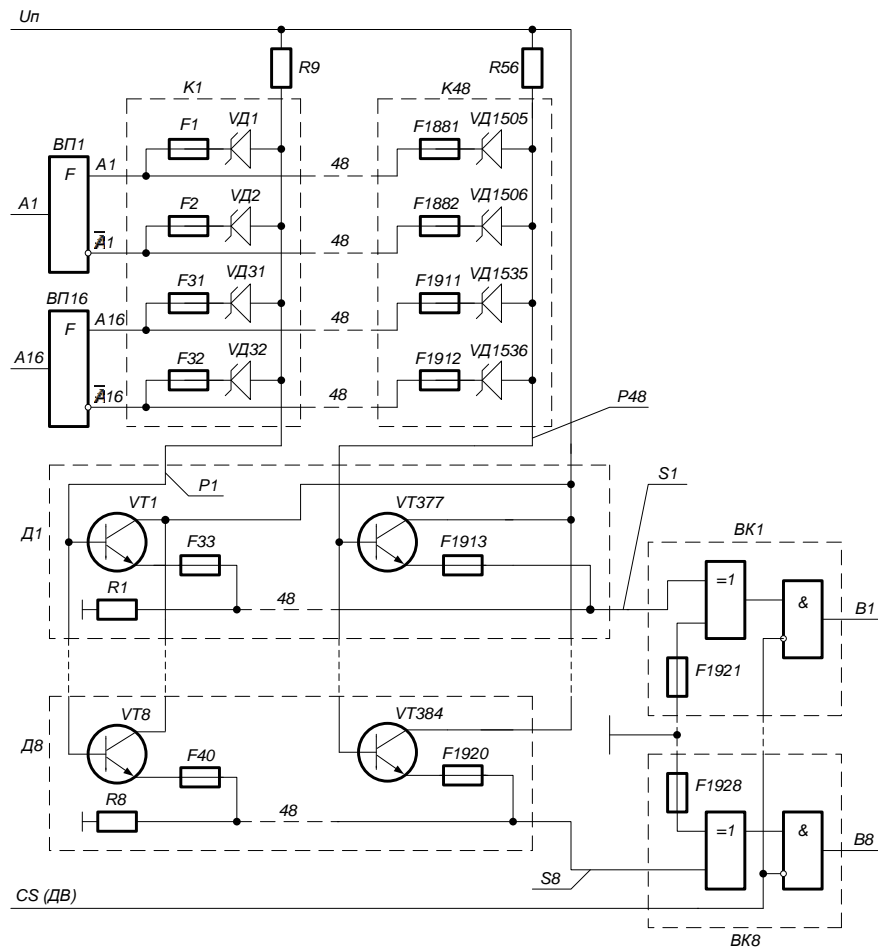


Рис. 3.2.2 Базова функціональна схема ПЛІС серії K556PT1

де ВП1...ВП16 – вхідні підсилювачі;

K1...K48 – кон'юнктори матриці "І";

Д1... Д8 – диз'юнктори матриці "АБО";

ВК1... ВК8 – вихідні каскади;

P1...P48 – шини кон'юнкцій;

S1...S8 – шини диз'юнкцій;

F1...F1928 – плавкі ніхромові перемикачі;

VD1...VD1536 – діоди Шотки;

VT1...VT34 – транзистори;

R1...R6 – резистори.

Вхідні підсилювачі (ВП1...ВП16) формують прямі і інверсні значення вхідних змінних, які поступають в матрицю "І" [11]. Для управління вхідними підсилювачами

є шістнадцять входів (A1...A16). Вхідні підсилювачі побудовані на основі двох включених послідовно буферних логічних схем "I-II"[11].

Основними вузлами мікросхеми K556PT1 є матриці "I" і "АБО", які реалізують двохрівневі логічні функції. Перший рівень ПЛМ складається із 48 кон'юнкторів (матриця "I"), які з'єднані за допомогою плавких ніхромових перемичок з будь-яким із шістнадцяти спільних входів через буферні схеми. В матриці "I", реалізують кон'юнкції вхідних змінних, причому кожна вхідна змінна може входити в кон'юнкцію або прямим або інверсним значенням, або не входити зовсім. Вхідні сигнали, які появляються на вхідних шинах матриці "I", вводяться в матрицю "АБО", яка утворює другий логічний рівень і реалізує диз'юнкції заданих кон'юнкцій. Матриця "АБО" утворює вісім диз'юнкторів (по одному "АБО" на виході ПЛІС), кожний із яких може бути вибірково з'єднаний з будь-яким із сорока восьми кон'юнкторів [11].

Шини які з'єднують ці дві матриці, називають шинами кон'юнкцій і позначають P1...P48, а шини, які з'єднують матрицю "АБО" з вихідними каскадами, називають шинами диз'юнкцій і позначають S1...S8 [11].

Вихідні каскади ВК1...ВК8 включають логічні схеми "Виключаюче АБО" і підсилювачі зчитування. Наявність на вході каскаду логічної схеми "Виключаюче АБО" дозволяє інвертувати рівень вихідного сигналу в залежності від сигналу на вході [11]. Заземлення (підключення до сигналу "0") одного із двох входів логічної схеми "Виключаюче АБО" через плавку перемичку веде до того, що активним рівнем виходу стає вихідна напруга високого рівня, а виплавлення цієї перемички веде до того що активним рівнем стає вихідна напруга низького рівня.

ПЛІС як базова програмуєма логічна матриця, в режимі обробки інформації працює наступним чином. Вхідні змінні A1...A16 через блок вхідних підсилювачів в прямому і інверсному значенні поступають на матрицю "I" де за допомогою діодів Шотки і плавких ніхромових перемичок утворюють потрібні кон'юнкції P1...P48, які логічно сумірюються матрицею "АБО" утворюючи проміжні логічні функції S1...S8, [11]. Дані функції поступають у вихідні каскади для подальшого їх перетворення і видачі на виходи В1...В8 ПЛМ.



Умовне графічне позначення мікросхеми К556РТ1 приведено на рис. 3.2.3[11],

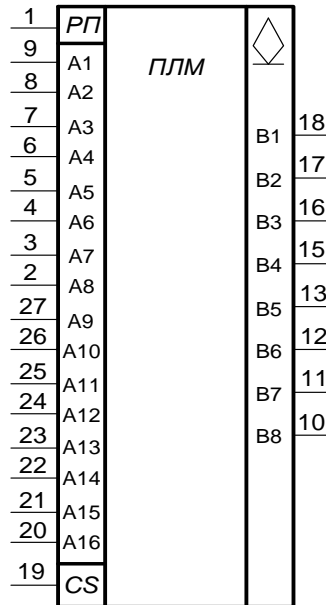


Рис. 3.2.3. Умовне графічне позначення мікросхеми К556РТ1

де входи і виходи мікросхеми визначають:

- 1 – вхід програмування РП;
- 2...9 – входи підключення вхідних змінних A1...A8;
- 10...13 – виходи отриманих функцій B8...B5;
- 14 – спільний вихід (вихід подачі "О" B);
- 15...18 – виходи отриманих функцій B4...B1;
- 19 – вхід дозволу роботи (вибору) мікросхеми;
- 20...27 – входи підключення вхідних змінних A16...A9;
- 28 – вхід подачі джерела живлення (+5В).

### 3.3. Розробка електронної схеми керування та програми реалізації канонічних рівнянь управління підігрівом води при теплопостачанні

Для програмної реалізації канонічних рівнянь керування теплопостачанням необхідно:

$$y_1^1 = K_{\text{вкл.нас.1}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \vee D_{\text{зад2}} \cdot D_{\text{тис}} y_2 \vee D_{\text{ан1}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot y_3 \cdot y_2 \vee D_{\text{ан2}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot \bar{y}_2;$$

$$y_1^0 = K_{\text{вик.нас.1}} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \vee D_{\text{ан1}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot \bar{y}_2 \vee \bar{D}_{\text{тис}} \cdot \bar{y}_3 \vee D_{\text{зад2}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \vee \bar{D}_{\text{тис}} \cdot y_2 \vee$$

$$\vee D_{\text{зад1}} \cdot D_{\text{тис}} y_3 \cdot \bar{y}_2 \vee \bar{D}_{\text{тис}}$$

$$y_2^1 = D_{\text{зад2}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot \bar{y}_3 \cdot y_1 \vee \bar{D}_{\text{тис}} \vee D_{\text{ан2}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot y_1;$$

$$\begin{aligned}
Y_2^0 &= D_{\text{зад1}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot \bar{y}_3 \cdot y_1 \vee D_{\text{ан1}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot y_1 \vee D_{\text{ан2}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot y_3 \cdot y_1 \vee K_{\text{за}} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_1; \\
Y_3^1 &= K_{\text{вкл.нас.2}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot \bar{y}_2 \vee D_{\text{ан1}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot \bar{y}_2 \vee D_{\text{зад3}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot y_2 \vee D_{\text{ан1}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot y_1; \\
Y_3^0 &= D_{\text{зад2}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot y_2 \vee \bar{D}_{\text{тис}} \vee D_{\text{ан2}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot y_1 \vee D_{\text{ан2}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot \bar{y}_2; \\
Z_{\text{н}}^1 &= \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; \\
Z_{\text{н}}^2 &= y_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1; \\
Z_{\text{пор}} &= y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1; \\
Z_{\text{під}} &= D_{\text{ТД}} \cdot y_1 \vee D_{\text{ТД}} \cdot y_3; \\
Z_{\text{ан2}} &= D_{\text{ан2}} \cdot (\bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1); \\
Z_{\text{ан1}} &= D_{\text{ан1}} \cdot (y_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1).
\end{aligned}$$

наведені вище рівняння реалізувати на ПЛМ серії К556РТ1. Для цього їх необхідно представити кон'юнкторами  $k_i$  [11]:

$$\begin{aligned}
k_1 &= K_{\text{вкл.нас.1}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2; \quad k_2 = D_{\text{зад2}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot y_2; \quad k_3 = D_{\text{ан1}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot y_3 \cdot y_2; \quad k_4 = D_{\text{ан2}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot \bar{y}_2; \quad k_5 \\
&= K_{\text{вкл.нас.1}} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_2; \quad k_6 = \bar{D}_{\text{тис}} \cdot \bar{y}_3; \quad k_7 = D_{\text{зад2}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2; \quad k_8 = \bar{D}_{\text{тис}} \cdot y_2; \quad k_9 = D_{\text{зад1}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2; \quad k_{10} = \\
&\bar{D}_{\text{тис}}; \quad k_{11} = D_{\text{зад2}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot \bar{y}_3 \cdot y_1; \quad k_{12} = D_{\text{ан2}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot y_1; \quad k_{13} = D_{\text{зад1}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot \bar{y}_3 \cdot y_1; \quad k_{14} = D_{\text{ан1}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot y_1; \quad k_{15} = \\
&D_{\text{ан1}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot y_3 \cdot y_1 \quad k_{16} = K_{\text{за}} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_1; \quad k_{17} = K_{\text{вкл.нас.2}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot \bar{y}_2; \quad k_{18} = D_{\text{зад3}} \cdot D_{\text{тис}} \cdot y_2; \quad k_{19} = D_{\text{ан2}} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1; \\
k_{20} &= D_{\text{ан2}} \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1; \quad k_{21} = D_{\text{ан2}} \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; \quad k_{22} = D_{\text{ан1}} \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot y_1; \quad k_{23} = D_{\text{ан1}} \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1; \quad k_{24} = D_{\text{ан1}} \cdot \\
&y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1.
\end{aligned}$$

Програма реалізації рівнянь, з використанням кон'юнкторів на ПЛМ, приведена в табл. 3.3.1, а електронна схема керування тепlopостачанням - на рис. 3.3.1.

Таблиця програми реалізації рівнянь                      Таблиця 3.3.1

$k_i$	Кон'юнктори																Вихідні змінні							
	Номер програмуемого входу (вхідні змінні)																$z_1$	$z_2$	$y_1^1$	$y_1^0$	$y_2^1$	$y_2^0$	$y_3^1$	$y_3^0$
	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	A 8	A 9	A 10	A 11	A 12	A 13	A 14	A 15	A 16	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
$k_1$	1					1								0	0				A					
$k_2$	1			1										1					A					A
$k_3$	1									1			1	1					A					
$k_4$	1									1				0					A	A			A	
$k_5$											1			0	0					A				
$k_6$	0														0				A					A
$k_7$	1			1										0	0				A					
$k_8$	0													1					A					
$k_9$	1		1											1	1				A					
$k_{10}$	0																		A	A				
$k_{11}$	1			1									0		1					A				A
$k_{12}$	1										1		1							A				A
$k_{13}$	1		1										1		0							A		
$k_{14}$	1									1			1									A		
$k_{15}$	1												1		1							A		
$k_{16}$	1														0								A	
$k_{17}$	1					1								0										A
$k_{18}$	1														0									A
$k_{19}$												1		1	0	0			A					
$k_{20}$													1	1	1	0			A					
$k_{21}$													1		0	1	1		A					
$k_{22}$													1	1	1			A						
$k_{23}$													1		0	1		A						
$k_{24}$															0	0	1	A						

У табл. 3.3.1 наведені наступні позначення:  $k_i$  – кон’юнктори – реалізації відповідних функцій роботи як *RS*-тригерів, так і вихідних функцій керування виконавчими механізмами електронного пристрою;  $A_i$  –позначення відповідних вхідних датчиків ( $A_1 \rightarrow D_{\text{тис}}$ ,  $A_2 \rightarrow D_{\text{ТД}}$ ,  $A_3 \rightarrow D_{\text{зад1}}$ ,  $A_4 \rightarrow D_{\text{зад2}}$ ,  $A_5 \rightarrow D_{\text{зад3}}$ ,  $A_6 \rightarrow K_{\text{вкл.нас.1}}$ ,  $A_7 \rightarrow K_{\text{вкл.нас.2}}$ ,  $A_8 \rightarrow K_{\text{за}}$ ,  $A_9 \rightarrow D_{\text{ан1}}$ ,  $A_{10} \rightarrow D_{\text{ан2}}$ ,  $A_{11} \rightarrow K_{\text{викл.нас.1}}$ ,  $A_{12} \rightarrow K_{\text{викл.нас.2}}$ ,  $A_{13} \rightarrow y_1$ ,  $A_{14} \rightarrow y_2$ ,  $A_{15} \rightarrow y_3$ );  $y_i$  – сигнали на виходах відповідних *RS* – тригерів ( $y_1, y_2, y_3$ ). На невикористаних входах ПЛІС перемички перепалюються

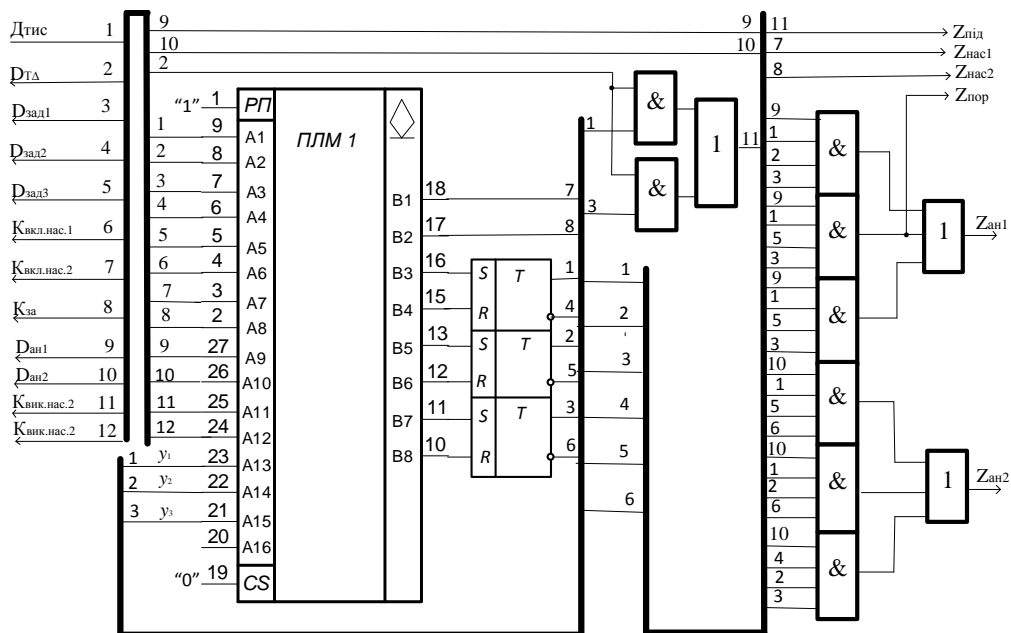


Рис. 3.3.1. Електронна схема керування тепlopостачанням

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було поставлене завдання розробити електронну схему пристрою для управління підгрівом води при тепlopостачанні з використанням сучасних засобів мікроелектроніки. Для розробки схеми такого електронного пристрою було використано теорію автоматів, теорію комп’ютерної логіки та теорію алгоритмів і графів.

На підставі розробленого алгоритмічного, математичного та програмного забезпечення була спроектована електронна схема пристрою для управління підігрівом води при теплопостачанні. У процесі розробки були використані алгоритм, абстрактна, структурна математична модель та алгебра логіки, на основі яких, використовуючи теорію цифрових автоматів, отримані канонічні рівняння роботи схеми електронного пристрою. Дані рівняння були мінімізовані з застосуванням комп'ютерної логіки.

Аналіз отриманих канонічних рівнянь показав, що їх реалізацію найкраще виконати, використовуючи програмуємі логічні матриці (ПЛМ). У кваліфікаційній роботі показано, що з відомих ПЛМ найкраще підходять ПЛМ серії K556PT1. На основі цих ПЛМ було розроблено схему електронного пристрою керування теплопостачанням. Даний пристрій запрограмований на мові програмування використаної ПЛМ.

Розробка даної кваліфікаційної роботи показала можливість проектування електронних пристроїв керування з використанням теорії алгоритмів, теорії автоматів та теорії комп'ютерної логіки, що в свою чергу дало можливість застосовувати сучасну елементну базу, наприклад, ПЛМ.

Застосування даної кваліфікаційної роботи дозволить у значній мірі підвищити надійність роботи схеми електронного пристрою керування теплопостачанням з використанням сучасних засобів мікроелектроніки, зробивши її оптимальною для обслуговування.

## **СПИСОК ЦИТОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. <http://www.djkg.gov.ua> Офіційний портал Державного комітету України з питань житлового комунального господарства
2. Абутов Ю. О. Микроэлектронные устройства программного и логического управления. Принципы построения.- Москва: Машиностроение, 1979 – 208с.
3. Алексенко А.Г., Шагурин И.И. Микросхемотехника. - Москва; Радио и связь, 1990 – 496с.

4. Бабич М. А., Жуков И. А. Компьютерная схемотехника, - Киев; МК-Пресс, 2004 – 576с.
5. Баранов С. И. Синтез микропрограммных автоматов. – Ленинград; Энергия, 1979 – 232с.
6. Блейкли Т. Р. Проектирование цифровых устройств с малыми и большими интегральными схемами,- Киев: Вища школа, 1981 – 336с.
7. Жабін В.І., Жуков І.А., Клименко І.А., Ткаченко В.В. Прикладна теорія цифрових автоматів,-Київ: Видавництво НАУ ,2007 -364с.
8. Жабин В.И. и др. Логические основы и схемотехника ЭВМ. Практикум. - Киев: ВЕК+, 1999 – 128с.
9. Жураковський Ю.П., Полторак В.П. Теорія інформації та кодування. Київ , «Вища школа» ,2001 – 255с.
10. Матвієнко М.П. Комп'ютерна логіка , Київ: Видавництво «Ліра-К», 2012 - 286с.
11. Отраслевой стандарт. ОСТ 11.340.915-82. Микросхемы интегральные серии 556(556РТ1, 556РТ2), Р556(Р556РТ1, Р556РТ2). Руководство по применению ОКП. 623 000.-51с.