

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій,
автоматизації, електроінженерії та радіоелектроніки

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра автоматики та телекомунікацій

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Зав. каф. автоматики та телекомунікацій

Поцєпаєв В.В.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«___» _____ 20__ р.

Випускна кваліфікаційна робота

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Розробка пристрою автоматичного управління температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСТК ПРАТ «АКХЗ»

Виконав: студент 3 курсу, групи АУПзск-15

(шифр групи)

спеціальності 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

(шифр і назва напрямку підготовки)

Снежко Валентин Миколайович

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник ст. викладач кафедри АТ

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Г.В. Ступак

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

*Засвідчую, що у цій випускній кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.*

Студент _____

(підпис)

Покровськ – 2018 р.

АНОТАЦІЯ

Снежко В.М. «Розробка пристрою автоматичного управління температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСТК ПРАТ «АКХЗ» / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». – ДВНЗ «ДонНТУ», Покровськ, 2018.

Пояснювальна записка складається з: 69 стор., 27 рис., 8 табл. та 18 посилань, 1 додатка.

Об'єкт проектування – пристрій автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ».

Мета роботи – розробка пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ».

Виконано аналіз технології функціонування установки сухого гасіння коксу та об'єкту автоматизації, обґрунтування необхідних характеристик пристрою автоматичного контролю: призначення і основні показники, призначення компонентів пристрою та принцип його дії. Виконаний аналітичний огляд та аналіз існуючих рішень щодо побудови пристроїв автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ».

Розроблено структурну та принципову схеми пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ». Виконано обґрунтування вибору та розробка технічних засобів пристрою контролю пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19: датчика температури, компонентів вторинного перетворювача, мікропроцесорного вузла та пристрою бездротового обміну інформацією в умовах промислових підприємств.

Розроблено заходи щодо охорони праці та безпеки при надзвичайних ситуаціях на підприємстві.

Ключові слова: керування, пристрій, гасіння, кокс, температура, перегріта пара, котел.

ВСТУП.....	
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	
1.1 Загальна характеристика ПРАТ «АКХЗ».....	
1.2 Аналіз технології функціонування установки сухого гасіння коксу в умовах ПРАТ «АКХЗ».....	
1.3 Аналіз методів та засобів автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ».....	
1.4 Аналіз технічних характеристик прототипу.....	
1.5 Постановка задачі на розробку пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ».....	
1.6 Висновки.....	
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	
2.1 Розробка структурної схеми пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ».....	
2.2 Розробка вимірювального каналу температури пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ».....	
2.3 Розрахунок вимірювального кабельного підсилювача каналу виміру температури пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ».....	
2.4 Синтез мікропроцесорного блоку пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ».....	
2.5 Впровадження технології бездротової передачі даних для умов ПРАТ «АКХЗ».....	
2.6 Висновки.....	
ВИСНОВКИ.....	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	
ДОДАТОК А – ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ НА ПІДПРИЄМСТВІ.....	

- A.1 Характеристика умов праці відділу автоматизації підприємства.....
- A.2 Заходи щодо поліпшення умов праці.....
 - A.2.1 Мікроклімат робочого місця.....
 - A.2.2 Розрахунок системи загального рівномірного освітлення з лампами розжарювання для приміщення, в якому використовуються зорові роботи високої точності.....
- A.3 Пожежна безпека.....
- A.4 Безпека при надзвичайних ситуаціях на підприємстві.....

ВСТУП

Виробництво коксу є одним із найбільш енергоємних виробництв металургійного циклу. Частка витрат палива, теплової та електричної енергії в коксохімічному виробництві становить від 2,5 до 3,0 % від загальної витрати в чорній металургії.

Загальна витрата енергії в коксовому виробництві істотно залежить від способу гасіння коксу. У промисловості застосовують два способи гасіння: мокрий і сухий. При мокрому способі кокс гасять водою. Вся енергія, витрачена на процес коксування, повністю втрачається з охолоджувальною водою, при цьому відбувається сильне забруднення атмосфери шкідливими сірчистими і фенольними сполуками.

При сухому способі кокс гасять інертними газами. Цей спосіб гасіння дозволяє зменшити пилогазові викиди в атмосферу, використовувати в шихті для коксових печей слабо спечене газове вугілля при незмінній якості одержуваного коксу. З цієї причини процес сухого гасіння коксу перспективно розглядають як технологічну ланку, що дозволяє поліпшити якість коксу. Крім того, цей спосіб гасіння дозволяє утилізувати тепло розжареного коксу.

Автоматизація коксохімічного підприємства – це один із найбільш ефективних способів підвищення продуктивності праці, мінімізації витрат на сировину, економії використання ресурсів, підвищення ефективності роботи коксохімічного підприємства, підвищення якості коксу та інших продуктів коксохімічного виробництва.

Однак під час функціонування установки сухого гасіння коксу (УСГК) існують невирішені проблеми щодо значних теплових втрат, які зумовлені як причинами технологічного характеру, так і недосконалістю систем керування технологічними процесами. При зростаючому виробництві коксу сухого гасіння сумарні теплові втрати на УСГК досягають вельми значної величини. Тому дослідження і розробки, спрямовані на зменшення цих втрат, є актуальними. Функціонал АСУ ТП залежить від потреб коксохімічного підприємства. АСУ ТП будується на основі промислових контролерів і новітніх засобів обчислювальної техніки.

Таким чином, розробка пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ» є актуальною науково-технічною задачею.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Загальна характеристика ПРАТ «АКХЗ»

ПРАТ «Авдіївський коксохімічний завод» (ПРАТ «АКХЗ») – найбільше в Європі високотехнологічне коксохімічне підприємство, яке займає територію більше 340 гектарів, має 84 кілометри внутрішньозаводських залізничних під'їзних колій.

На заводі випускається 30 видів коксової та хімічної продукції, основним з якої є кокс доменний для металургії. У загальній структурі виробництва ПРАТ «АКХЗ» доля коксової продукції перевищує 90 %. Продукція підприємства відрізняється високою якістю і може використовуватися як готовий товар, так і у вигляді сировини для інших галузей. Коксова продукція заводу реалізується на українському ринку. Продукція коксохімічної групи поставляється як на вітчизняний ринок, так і експортується в багато країн світу: Польщу, Чехію, Словаччину, Румунію, Туреччину, Єгипет та інші.

На ПРАТ «АКХЗ» реалізується масштабна інвестиційна програма по технічному переоснащенню підприємства з урахуванням міжнародних екологічних норм. На Авдіївському коксохімічному заводі працює більше 4 тисяч чоловік. ПРАТ «АКХЗ» входить до Групи Метінвест – міжнародної вертикально-інтегрованої гірничо-металургійної групи компаній. Виробничі потужності підприємств Метінвеста дозволяють не лише повністю задовольняти власні потреби у сировині та напівфабрикатах, але й забезпечувати значну частину українських та європейських підприємств, а також металургію Азії.

До складу ПРАТ «АКХЗ» входить 12 основних і 18 допоміжних цехів та обслуговуючих структурних підрозділів.

Вугільну шихту для коксування на АКХЗ виробляють два вуглепідготовчих цехи (ВПЦ № 1 і ВПЦ № 2). До складу вуглепідготовчого цеху № 1 входить вуглезбагачувальна фабрика проектною потужністю 6,4 млн. тонн, де рядове вугілля збагачується до необхідних для коксування параметрів.

Вперше в Україні на ПРАТ «АКХЗ» були споруджені закриті склади вугілля, що складаються з 32 і 36 силосів обсягом по 2,5 тис. тонн кожен (окрім силосів № 1, 2 ВПЦ № 1 обсягом 2,2 тис. тонн). Використання автоматичних дозаторів дозволило використовувати склади як відділення дозувань для складання шихти. Для полегшення і прискорення розвантаження вугілля з

вагонів у зимовий час працюють три гаражі розморожування.

Випуск коксу на ПРАТ «АКХЗ» забезпечують 9 коксових батарей у складі чотирьох коксових цехів загальною проектною потужністю 6,87 млн. тонн коксу валового 6 % вологості на рік. Коксові цехи обладнані установками сухого (УСТК) і мокрого гасіння коксу (окрім коксового цеху № 4, де застосовується в роботі лише УСТК). Гасіння коксу за допомогою інертного газу (сухий метод) є прогресивною екологічною технологією, і ПРАТ «АКХЗ» є першим і одним з двох коксохімічних підприємств України, на якому вона застосовується.

Шість цехів ПРАТ «АКХЗ» забезпечують виробництво хімічної продукції з кам'яновугільної смоли і коксового газу, які виділяються при коксуванні вугільної шихти. Це два цехи уловлювання хімічних продуктів, два цехи сіркоочистки (очищення коксового газу від сірководня), а також смолопереробний і пекококсівий цехи. Очищений коксовий газ (після витягування з нього ряду хімічних речовин в хімічних цехах заводу) використовується для обігріву коксових батарей, на теплоелектроцентралі (ТЕЦ) для виробництва електроенергії, тепла і технологічного пара для виробничих потреб заводу, а також ряду дрібніших споживачів. Для виробництва пари та електроенергії на ПРАТ «АКХЗ» використовується також теплова енергія розжареного коксу, яка утилізувалася на установках сухого гасіння коксу (УСТК).

Потужності ТЕЦ дозволяють забезпечувати Авдіївський коксохімічний завод власними технологічною парою, тепловою і електричною енергією. Крім того, заводська ТЕЦ виробляє тепло і гарячу воду для жителів Авдіївки. До складу допоміжних цехів ПРАТ «АКХЗ» входять структурні підрозділи щодо контролю якості сировини, продукції і процесів виробництва, ремонту і обслуговування коксохімічного і енергетичного устаткування, забезпечення енергоресурсами і транспортом.

1.2 Аналіз технології функціонування установки сухого гасіння коксу в умовах ПРАТ «АКХЗ»

Установка сухого гасіння коксу (УСГК) забезпечує охолодження коксу до встановленої температури. УСГК повинна забезпечувати стійку, ритмічну роботу обслуговуваних коксових батарей із заданим оборотом печей, а також вироблення пару заданих параметрів. Основні технологічні параметри блоку УСГК при роботі з проектною продуктивністю наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні технологічні параметри блоку УСГК

Температура коксу, що завантажується, °С	від 950 до 1050
Температура погашеного коксу, °С	до 250
Температура циркулюючого газу перед котлом, °С	від 750 до 800
Температура циркулюючого газу в дуттьовому пристрої, °С	від 180 до 200
Питоме вироблення пара, т/т коксу	до 0,5
Питома витрата дуття, м3/т коксу	від 1450 до 1500

При прийомі коксу в кузов і переміщенні коксовозного вагону до УСГК не повинні допускатися просипи на шляху. Кузов коксовозного вагону повинен бути щільним, затвори справними. Кузов повинен надійно фіксуватися на платформі. Для машиніста електровоза гасильного вагона (далі коксовозний вагон) обладнано світлову сигналізацію щодо наявності чи відсутності місця для прийому коксу в кожній камері. Поступання коксу в кузов коксовозного вагону дозволяється тільки при наявності вільного місця під кокс хоча б в одній камері гасіння. Установка коксовозного вагону за віссю шахти та установка кузова за віссю підйомника повинні здійснюватися із заданою точністю.

Камера гасіння обладнана датчиками верхнього (ДВУ) та нижнього (ДНУ) рівня коксу. Працювати з несправними датчиками нижнього або верхнього рівнів не дозволяється. Управління завантажувальним пристроєм повинно здійснюватися в автоматичному режимі при наїзді підйомника на камеру гасіння. Безпосередньо у завантажувального пристрою наявне місцеве управління. Завантажувальний пристрій обладнано механічним блокуванням, що перешкоджає розкриттю ступок кузова, при спробі розвантаження кузова на закриту кришку люка. Тримати люк в період між завантаженнями відкритим забороняється.

Досліджуваний об'єкт автоматизації є аналогічним використовуваному на підприємстві ПРАТ «АКХЗ» у блоці № 17 УСГК коксового цеху № 4. АСУ ТП блоку № 17 УСГК коксового цеху № 4 являє собою трьохрівневу автоматизовану систему керування, що резервується на рівні програмованих контролерів, ліній зв'язку та серверів, як показано на рисунку 1.1.

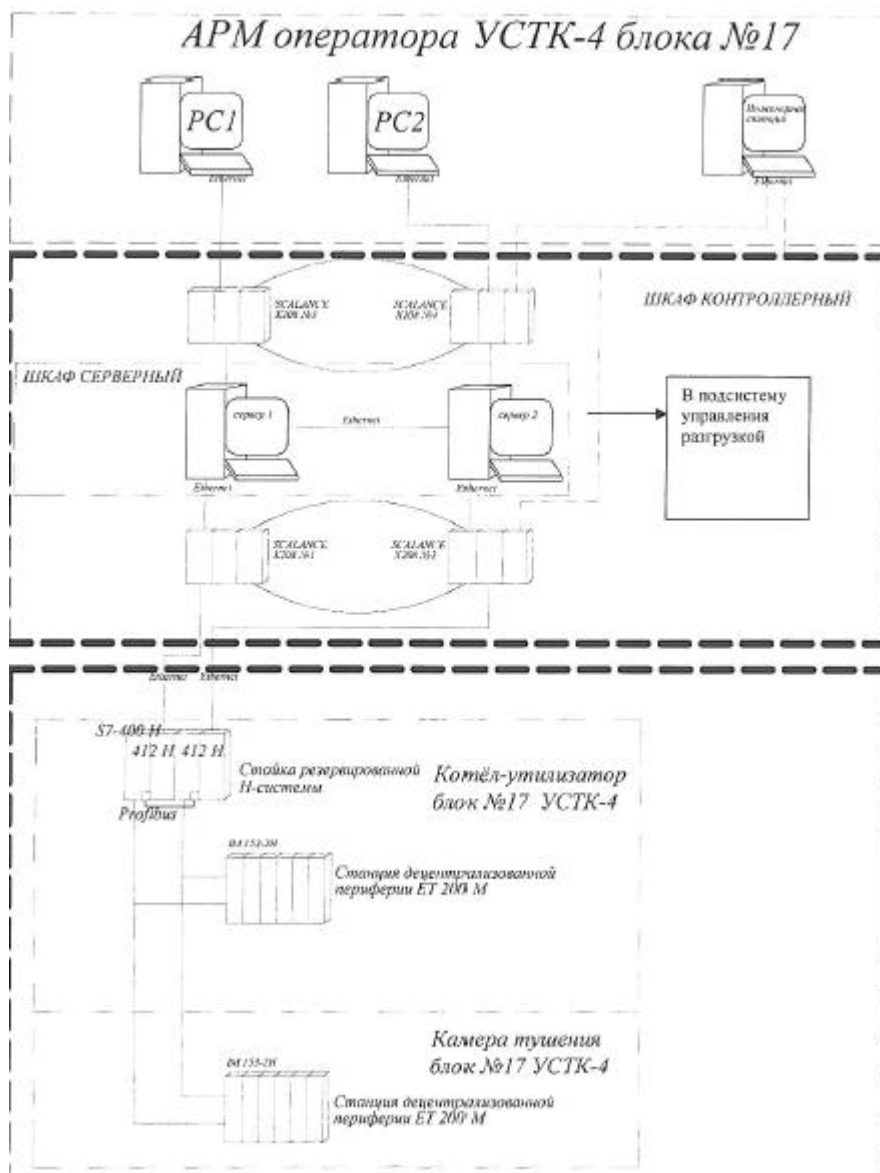


Рисунок 1.1 – Структурна схема АСУ ТП блоку № 17 УСТК коксового цеху № 4

Періодично 3–4 рази на зміну необхідно контролювати заповнення камери накопичувача (далі форкамери) коксом візуально через відкритий завантажувальний люк.

Управління розвантажувальними пристроями камер гасіння повинно здійснюватися автоматично. Черговість та періодичність включення розвантажувальних пристроїв повинні виключати накладки порцій коксу на стрічці.

Температура погашеного коксу (калориметрична) при розвантаженні на стрічку не повинна перевищувати 250 °С, при цьому в коксі не повинно бути розпечених шматків. При досягненні гранично допустимої температури розвантаження коксу повинно припинятися. Працювати з несправними

датчиками температури при розвантажуванні коксу забороняється.

Робота конвеєрів коксу повинна бути безперервною, при зупинках однієї лінії конвеєра повинна включатися резервна.

Газощільність сальникових ущільнень валів затворів розвантажувального пристрою повинна щозміни контролюватися і, за необхідності, переущільнюватися або замінюватися на нові.

Газоходи дуттєвого пристрою, лази і фланцеві з'єднання повинні бути ретельно ущільнені, викиди циркулюючого газу через нещільності не допускаються.

Розвантажувальний пристрій обладнано блокувальними пристроями, що забезпечують припинення розвантаження при: спрацьовуванні ДНУ, зупинці основного димососа, зупинці конвеєра, системи вентиляції конвеєра.

Тиск під склепінням камери при закритій кришці завантажувального люка має підтримуватися в межах 0 ± 50 Па (0 ± 5 мм вод. ст.) Шляхом регулювання дроселем скидання циркулюючого газу через свічку основного димососа (далі димососа). При відхиленні тиску від зазначених меж повинні негайно вживати заходи для з'ясування та усунення причин відхилення.

Забороняється працювати: з несправною свічкою; з тиском під склепінням камери, які виходять за межі 0 ± 100 Па (0 ± 10 мм вод. ст.).

Вміст горючих компонентів в циркулюючому газі УСГК при нормальній роботі повинен бути в межах наступних величин, %: CO – 8-12, H₂ – 3-5, CH₄ – 0,5-1,0.

Гранично допустимий вміст H₂ – 8 %, при перевищенні встановленого нормативу блок УСГК повинен бути зупинений для з'ясування причин.

Для скорочення шкідливих викидів в атмосферу допускається зниження вмісту CO в циркулюючому газі до 2-3 %.

При нормальній роботі вміст в циркулюючому газі O₂ не повинен перевищувати 1,0 %. При підвищенні вмісту O₂ більше цього значення повинні бути негайно вжиті заходи для виявлення та усунення підсосу повітря в систему. Кожен блок обладнаний резервним димососом. При зупинках основного димососа повинен включатися резервний.

Підтримка нормального тиску та температури перегрітої пари (допустимі коливання $\pm 0,2$ МПа та ± 10 °C). Солевміст перегрітої та насиченої пари згідно з установленими нормами. Відсутність кисню в живильній воді (вміст O₂ не повинен перевищувати 30 мкг/кг). Підтримка нормального тиску і температури живильної води. Підтримка встановленої якості води. Підтримка номінальної

паропродуктивності (допустиме коливання ± 2 т/год).

Перед котлом температура газів повинна підтримуватися на рівні від 700 до 800 °С. У разі її підвищення необхідно відрегулювати кількість циркулюючого газу в системі котел – гасильна камера напрямних апаратом димососа. При цьому розвантаження коксу з даної камери повинно тимчасово зменшуватися.

Безперервна продувка котла проводиться відкриттям вентилів на лінії безперервної продувки барабана для підтримки постійного солевмісту в котельній воді. Її величина регулюється вентилем в залежності від результатів аналізу котлової води, насиченого і перегрітого пара.

Котел повинен бути зупинений негайно при відмові в роботі захисних пристроїв в наступних випадках:

- якщо тиск в котлі піднімається вище дозволеного на 10 % (43 кгс/см^2) і продовжує зростати, незважаючи на припинення розвантаження, закриття направляючого апарату (зменшення подачі циркулюючого газу);
- при витіканні води з котла: рівень води нижче (-150) мм;
- при надмірному рівні води в котлі: рівень води піднявся вище +150 мм;
- при зниженні тиску живильної води нижче 51 кгс/см^2 ;
- при припиненні дії всіх показчиків рівня води.

1.3 Аналіз методів та засобів автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ»

На сьогодні існує дуже багато методів та засобів вимірювання температури. Але огляд існуючих методів, показав, що в цілому вони підрозділяються на контактні і безконтактні методи. Контактні методи засновані на введенні у вимірюване середовище вимірювального зонда, що містить відповідний термометричний елемент. При цьому за температуру середовища приймають температуру вимірювального зонда. Безконтактні методи засновані на вимірюванні термометричних властивостей самого середовища. Звертаючись до сучасної літератури, було встановлено, що найбільш широке застосування мають контактні вимірники температури, а саме: манометричні, біметалічні і скляні рідинні термометри; мідні, платинові та напівпровідникові термометри опору; термопари; цифрові і аналогові термодатчики; датчик температури на основі кварцових пластин; ємнісні термометри.

Але застосування контактних вимірників температури не завжди можливо,

тому використовують безконтактний метод вимірювання, який дозволяє визначити температуру досліджуваного об'єкту на відстані. В даний час знайшли застосування наступні безконтактні вимірники температури: оптичні, фотоелектричні, колірні ірадіаційні пірометри; пірометри спектрального відношення; пірометри повного відношення; тепловізори.

Аналізуючи вище перелічені методи, було встановлено, що застосування безконтактного методу вимірювання для заданого об'єкту недоцільно, оскільки діапазон вимірюваних температур пірометрів не відповідає діапазону контрольованих температур об'єкту.

Огляд існуючих контактних методів вимірювання температури, їх область застосування, діапазон вимірювання, переваги і недоліки зведено до таблиці 1.2.

В якості первинного перетворювача було обрано термопару. Для більш детального обґрунтування даного вибору, необхідно провести детальний аналіз існуючих методів вимірювання температури в умовах котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ» та технічних засобів принцип роботи, яких ґрунтується на цій методиці. Класифікацію існуючих фізичних принципів, за якими може бути визначена температура перегрітої пари котла № 19 УСГК та відповідних їм засобів вимірювання наведено на рисунку 1.2. Детальний опис кожного з методів наведено нижче вказаного рисунка.

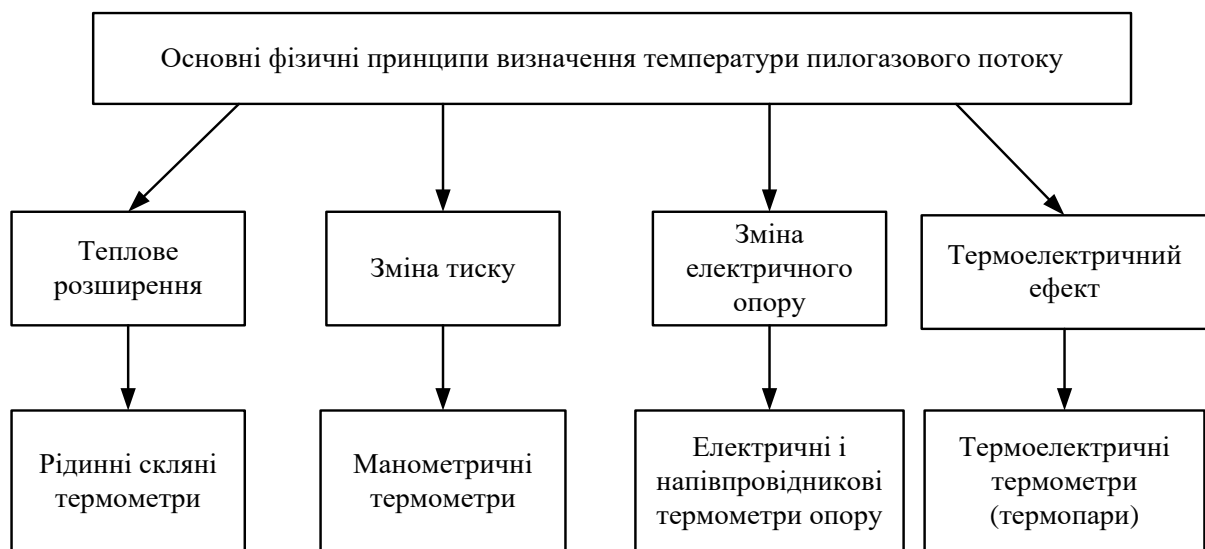


Рисунок 1.2 – Класифікація фізичних принципів та технічних засобів вимірювання температури перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ»

Таблиця 1.1 – Характеристика методів та засобів вимірювання температури

Методи	Вид датчика	Область застосування	Діапазон, °C	Похибка, °C	Переваги	Недоліки
1	2	3	4	5	6	7
Контактні методи	Термометр опору мідний	У рідких і газоподібних середовищах в промислових умовах	Від -50 до +200	0,01	Хороша повторюваність, стабільність, лінійність; висока чутливість.	Окислювання міді при температурі вище 200 °C; низький питомий електричний опір.
	Термометр опору платиновий	У рідких і газоподібних середовищах в промислових умовах	Від -260 до +1100	0,001	Висока точність; хороша лінійність; дуже широка область застосування.	Низький діапазон вимірювань (в порівнянні з термopамми); найдорожчі.
Контактні методи	Терморезистор напівпровідниковий	Захист двигунів; саморегулювання нагрівальних елементів і термостатів	Від -10 до +300	0.1	Великий номінальний опір (від 1000 Ом до 100 кОм); високий ТКС; мала інерційність.	Нелінійність; великий розкид номінального опору і ТКС; нестабільність градуовальної характеристики.
	Термопара	В промисловості і особливо в лабораторних вимірюваннях.	Від -200 до +2200	Може досягати 0,1°C, при послідовному з'єднанні.	Великий діапазон вимірювання; простота; дешевизна; надійність.	Похибка від зміни температури холодного спаю (треба вносити поправку).
	Датчик температури цифровий	На об'єктах, де вимірюється і регулюється температура у вузькому діапазоні.	Від -55 до +125	0,03	Вихідний сигнал не вимагає додаткового посилення; висока надійність, лінійність; низька вартість	Великі розміри і як результат велика інерційність; обмежений діапазон робочих температур.
	Датчик температури аналоговий	На об'єктах, де вимірюється і регулюється температура у вузькому діапазоні.	Від +10 до +125	±1	Вихідний сигнал не вимагає додаткового посилення; висока надійність, лінійність; низька вартість.	Великі розміри і як результат велика інерційність; обмежений діапазон робочих температур.
	Кварцовий датчик температури	У рідких, газоподібних і сипких речовинах.	Від -250 до +250	Менше 0.1 °C.	Лінійність, стабільність; висока точність і чутливість.	Інерційність кварцових датчиків.
	Термометр ртутний	Як нелінійні елементи електричного ланцюга.	Від +1 до +40	Залежить від стабільності джерела живлення	Велика стабільність, малі розміри мала інерційність.	Не великий діапазон температур.

Теплове розширення та рідинні скляні термометри. Найстаріші пристрої для вимірювання температури – рідинні скляні термометри. Вони використовують термометричну властивість теплового розширення тіл. Дія даних термометрів базується на знанні коефіцієнтів теплового розширення термометричної речовини та оболонки, в якій вона знаходиться. Основні

переваги скляних рідинних термометрів – простота експлуатації та досить висока точність вимірювання, навіть для термометрів серійного виготовлення. До недоліків можна віднести: погану видимість шкали (якщо не застосовувати спеціальної збільшувальної оптики); неможливість автоматичного запису інформації та передачі її на відстані; непридатність до ремонту. Температурні межі під час тривалої експлуатації становлять від -190 до 600 °С.

Зміна тиску та манометричні термометри. Дія манометричних термометрів базується на використанні залежності температури речовини від тиску, за умови постійного обсягу. При зміні температури вимірюваного середовища тиск в системі змінюється, в результаті чого чутливий елемент переміщує стрілку за шкалою манометра, відградуйованого в градусах температури. Манометричні термометри зазвичай використовують в системах автоматичного регулювання температури, як безшкальний пристрій реєстрації інформації. Перевагами манометричних термометрів є: порівняно проста конструкція та простота застосування; можливість дистанційного вимірювання температури та можливість автоматичного запису даних. До недоліків манометричних термометрів відносяться: відносно невисока точність вимірювання (класи точності: 1,6; 2,5; 4,0 та рідше 1,0); невелика відстань дистанційної передачі даних (не більше 60 метрів) та труднощі ремонту під час розгерметизації вимірювальної системи. Температурні межі під час тривалої експлуатації становлять від -160 до 60 °С.

Зміна електричного опору та термометри опору. У коксохімічній практиці для вимірювання температур менших за 650 °С застосовуються термометри опору, принцип дії яких базується на використанні залежності електричного опору речовини від температури. Якщо відома ця залежність, то за зміною величини опору термометра можна судити про температуру середовища, в яке він занурений. Вихідним параметром пристрою є електрична величина, яка може бути виміряна з дуже високою точністю (до 0,02 °С), передана на великі відстані та безпосередньо використана в системах автоматичного контролю та регулювання. В якості матеріалів для виготовлення чутливих елементів термоопорів використовуються чисті метали: платина, мідь, нікель, залізо, а також напівпровідники. Зміна опору даного матеріалу при зміні температури характеризується температурним коефіцієнтом опору – α 1/°С , який обчислюється за формулою:

$$\alpha = \frac{(R_t - R_0)}{R_0 \cdot t}, \quad (1.1)$$

де t – температура об'єкту, $^{\circ}\text{C}$; R_t та R_0 – електричний опір при 0°C та при температурі t , Ом.

Опір напівпровідників зі збільшенням температури різко зменшується, тобто вони мають негативний температурний коефіцієнт опору практично на порядок більше, ніж у металів. Напівпровідникові термометри опору в основному застосовуються для вимірювання низьких температур. Перевагами напівпровідникових термометрів опору є: невеликі габарити, мала інерційність, достатньо високий коефіцієнт α . Однак, вони мають і суттєві недоліки: нелінійний характер залежності опору від температури; відсутність відтворюваності складу та градуовальної характеристики, що виключає взаємозамінність окремих термометрів опору даного типу. Це призводить до випуску напівпровідникових термометрів опору з індивідуальними градуовальними характеристиками.

Термоелектричний ефект та термопари. Методиці визначення температури на базі термоелектричного ефекту буде приділено особливу увагу, тому що саме її буде закладено в основу побудови вимірювального каналу автоматичного контролю температурного режиму котла № 19 ПРАТ «АКХЗ».

Фізична основа виникнення термоелектричного ефекту полягає в наступному. Якщо з'єднати два провідники (термоелектроди), які виготовлені з різнорідних металів або сплавів таким чином, щоб вони утворили електричний ланцюг і потім підтримувати місця контактів при різній температурі, то в ланцюзі буде протікати постійний струм. Електрорушійна сила, що викликає цей струм, називається термо-е.р.с. Зеєбека та залежить тільки від матеріалу термоелектродів та різниці температур спаїв. Термо-е.р.с. визначається за наступною формулою:

$$E = \alpha(T_2 - T_1), \quad (1.2)$$

де α – коефіцієнт пропорційності (коефіцієнт Зеєбека).

Вимірювання температури об'єкту за допомогою термопар ґрунтується на нормованих калібрувальних характеристиках термопар та законах термоелектрики, встановлених дослідним шляхом.

Закон внутрішніх температур. Наявність температурного градієнта в однорідному провідникові не призводить до виникнення електричного струму, як показано на рисунку 1.3. Таким чином, термо-е.р.с. визначається тільки

різницею температур в місцях контакту різних провідників.

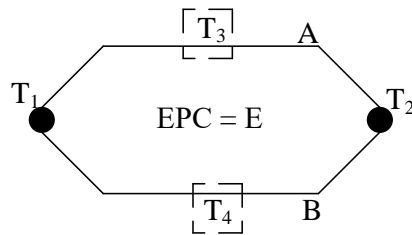


Рисунок 1.3 – Закон внутрішніх температур

Закон проміжних провідників. Нехай два однорідних провідники з металів А та В утворюють термоелектричний ланцюг з контактами, що мають температури T_1 та T_2 . До розриву провідника А включається провідник з металу Х, і таким чином утворюються два нових контакти J_1 та J_2 . Якщо температура провідника Х однакова за всією довжиною, то результуюча термо-е.р.с. кола не зміниться. Цей закон дозволяє використовувати подовжувальні дроти для підключення термопар до вторинних вимірювальних приладів. Графічну ілюстрацію цього закону наведено на рисунку 1.4.

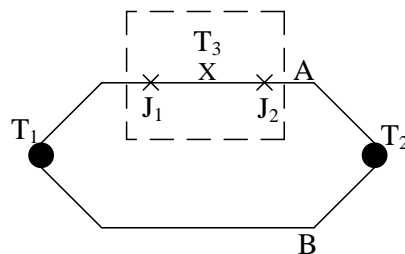


Рисунок 1.4 – Закон проміжних провідників

Закон проміжної температури. Якщо в колі, який утворено двома термоелектродами з різнорідних металів, індуюється термо-е.р.с. E_1 при температурах контактів T_1 і T_2 та термо-е.р.с. E_2 при температурах контактів T_2 і T_3 , то при температурах T_1 і T_3 термо-е.р.с. буде дорівнювати $E_1 + E_2$. Це означає, що градуювальні таблиці можна використовувати і при температурі опорного контакту, яка не дорівнює 0°C . Цей закон проілюстровано на рисунку 1.5.

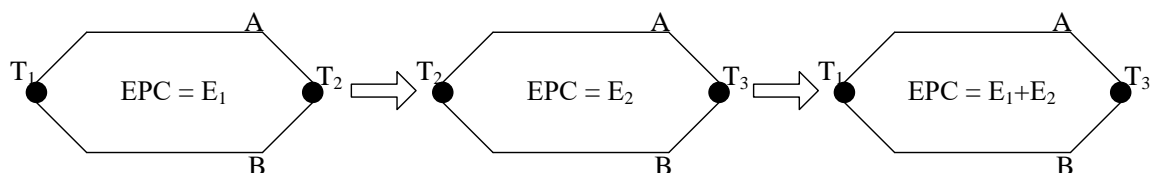


Рисунок 1.5 – Закон проміжної температури

Закон адитивності термо-е.р.с. Якщо відомі термо-е.р.с. металів А і В у парі з опорним металом R, то термо-е.р.с. пари А з В дорівнюватиме їх сумі. Це означає, що можна створювати нестандартні комбінації термоелектродів, і як раніше користуватися для них градуювальними таблицями. Графічну ілюстрацію цього закону наведено на рисунку 1.6.

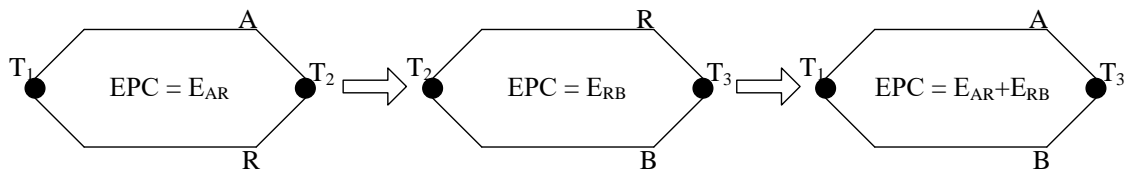


Рисунок 1.6 – Закон адитивності термо-е.р.с.

Вище було розглянуто основні положення термоелектричного методу вимірювання температури. Засобом виміру, як було зазначено раніше, є термопара. До числа стандартних термопар відносяться ті, властивості термоелектродів яких з високою точністю відтворюються при масовому виготовленні та досить стабільні у процесі експлуатації. Серійно випускаються термопари з дротяними термоелектродами, виготовленими з чистих металів або спеціальних сплавів, їхні характеристики наведено в таблиці 1.3. При вимірюванні температури перегрітої пари котла в умовах котла № 19 захист робочого кінця термопари здійснюють за допомогою захисних наконечників та чохла, вибір яких проводять відповідно до умов вимірювання.

Разом з металевими термопарами для вимірювання температур в умовах котла № 19 знаходять застосування неметалічні термопари. Вони виготовляються з тугоплавких сполук типу боридів, силіцидів, нітритів та карбідів, методами металокераміки. У цьому випадку зовнішній електрод виконує роль захисту внутрішнього електроду. Похибки, що вносяться до вимірювань стандартними термопарами з термоелектродами, які виготовлені з неблагородних металів знаходяться в межах від 0,5 до 1 % від вимірюваної температури. А термопари з термоелектродами, які виготовлені з благородних металів володіють похибкою від 0,25 до 0,5 %. Серед джерел похибок можна виділити як явища, специфічні тільки для термопар, так і загальні (наприклад, шуми та перешкоди), характерні для будь-яких вимірювальних систем. Класифікацію основних джерел похибок та можливих шляхів їх усунення

наведено на рисунку 1.7.

Таблиця 1.3 – Характеристики стандартних термопар при $\theta_0=0\text{ }^{\circ}\text{C}$

Тип термопар	Матеріал термоелектродів		Діапазон вимірювань, $^{\circ}\text{C}$	Верхня межа під час короткочасного використання, $^{\circ}\text{C}$
	Позитивний	Негативний		
ТВР	Сплав вольфрам-реній (95%+5%)	Сплав вольфрам-реній (80%+20%)	від 0 до 2200	2500
ТПР	Сплав платинородій (70%+30%)	Сплав платинородій (94%+6%)	від 300 до 1600	1800
ТПП	Сплав платинородій (90%+10%)	Платина	від 0 до 1300	1600
ТХА	Сплав хромель	Сплав алюмель	від -200 до 1000	1300
ТХК	Сплав хромель	Сплав копель	від -200 до 600	800
ТМК	Мідь	Сплав копель	від -200 до 100	100
Склади сплавів: хромель – (90,5%Ni+9,5%Cr); алюмель – (94,5%Ni+5,5%Al, Si, Mn, Co); копель – (56%Cu+44%Ni)				

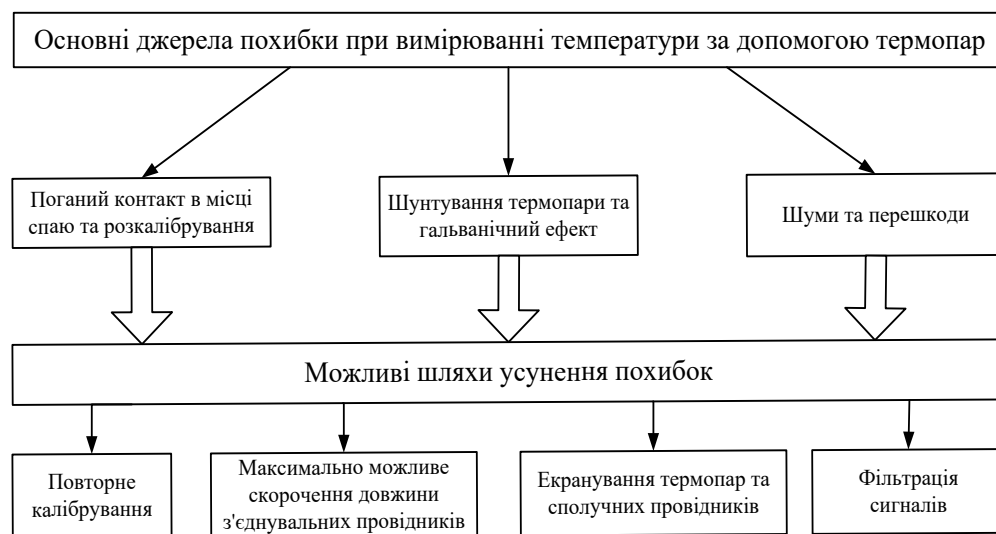


Рисунок 1.7 – Класифікація основних джерел похибок та шляхів їх усунення

1.4 Аналіз технічних характеристик прототипу

Метран-271 призначений для вимірювання температури нейтральних і агресивних середовищ, по відношенню до яких матеріал захисної арматури є корозійностійким. Чутливий елемент первинного перетворювача і вбудований в головку датчика вимірювальний перетворювач перетворюють вимірювану температуру в уніфікований вихідний сигнал постійного струму, що дає можливість побудови АСУТП без застосування додаткових нормуючих

перетворювачів. Зовнішній вигляд та схему підключення датчика наведено на рисунках 1.8 та 1.9, відповідно.

Технічні характеристики:

- вихідний сигнал: 4-20мА
- первинні перетворювачі: ТС (100М, 50М) з можливістю вимірювання температури до 180 ° С; ТС (Pt100) з можливістю вимірювання температури до 500 ° С; ТХА (К) з можливістю вимірювання температури до 1000 ° С;
- жароміцна та корозійностійка захисна арматура;
- вибухозахищене виконання E_{xd} або E_{xi} .



Рисунок 1.8 – Зовнішній вигляд датчика Метран-271

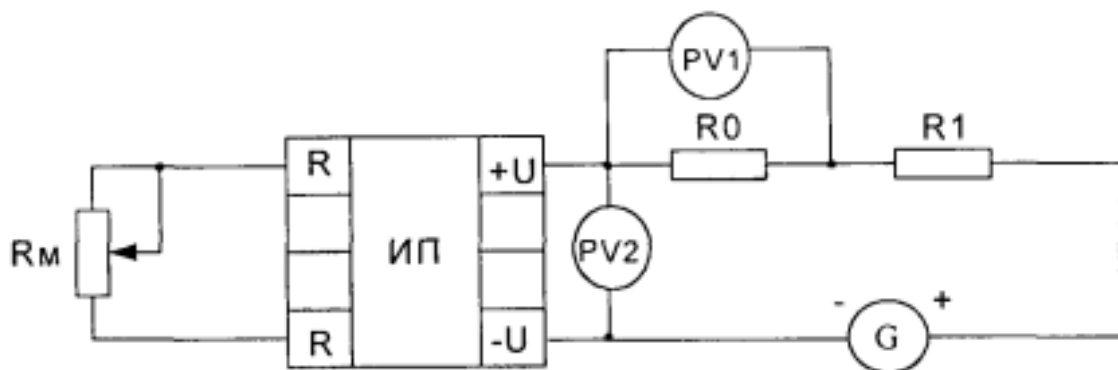


Рисунок 1.9 – Схема підключення датчика

1.5 Постановка задачі на розробку пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ»

Мета роботи полягає в розробці адаптивного до зміни температури пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ», що дозволить підвищити економічний ефект за рахунок оптимального використання ресурсів під час функціонування УСГК.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати існуючі методи автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ»;
- розглянути існуючі засоби автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ»;
- розробити структурну схему пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ»;
- провести розрахунок принципової схеми автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ»;
- синтезувати мікропроцесорний блок пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ»;
- провести розрахунок основних показників охорони праці.

1.6 Висновки

1. Виконано аналіз загальних характеристик умов виробництва коксохімічної продукції на ПРАТ «АКХЗ».

2. Проаналізовано технологію функціонування котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ», в результаті чого було обґрунтовано необхідність контролю температури в діапазоні від 390 до 455 °С з основною абсолютною похибкою не більше $\pm 2,5$ °С.

3. Проведено аналіз існуючих методів та засобів автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ», в результаті чого було обрано контактний метод на базі термоелектричного ефекту і в якості прототипу обрано пристрій «Метран-271».

4. Сформульовано мету, основні задачі роботи, вимоги до розроблюваного пристрою, а також обґрунтовано прийняті напрямки вирішення задачі щодо реалізації проекту.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка структурної схеми пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ»

Структурна схема пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ» представлена на рис. 2.1, має у своєму составі десять функціонально закінчених блоків. Розглянемо принцип роботи даної системи.

Дискретний сигнал надходить на блок перетворення сигналу від дискретних датчиків, перетворюється в цифровий та надходить через шину даних на МПП. МПП обробляє сигнал та видає сигнал управління через шину даних на блок комутації вихідних кіл, після чого сигнал подається на коло управління виконавчими механізмами. Далі МПП опитує блок перетворення сигналу від дискретних датчиків на наявність аварійних сигналів, якщо таких нема, то залишається в режимі очікування запиту від пульта управління.

По введенню інформації з пульта керування МПП видає сигнал на блоки індикації температури, тиску та витрати, виводячи при цьому реальні показники температури робочих зон, тиску на позиції 31, розрядження на позиції 18 та витрати палива й повітря.

Вимір температури здійснюється датчиком температури ТПР-2075 на всіх позиціях робочих зон. Сигнал з датчика температури нормалізується каналом виміру температури й надходить на аналоговий вхід МПП, де обробляється й виводиться на блок індикації температури, однак, якщо поточна температура не відповідає температурі уставки, то в МПП формується сигнал управління та через шину даних подається на блок комутації вихідних кіл, а далі на коло управління виконавчими механізмами на газопроводі та коло регулювання паливо-повітря.

При виникненні відмови елементів порушується режим роботи, а саме: спрацьовують певні датчики та виконавчі механізми й сигнал надходить на блок перетворення сигналу від дискретних датчиків, а далі через шину даних на МПП, що обробляє сигнал, який надійшов, та видає відповідний сигнал на блок комутації вихідних кіл, що відсікає подання палива в піч.

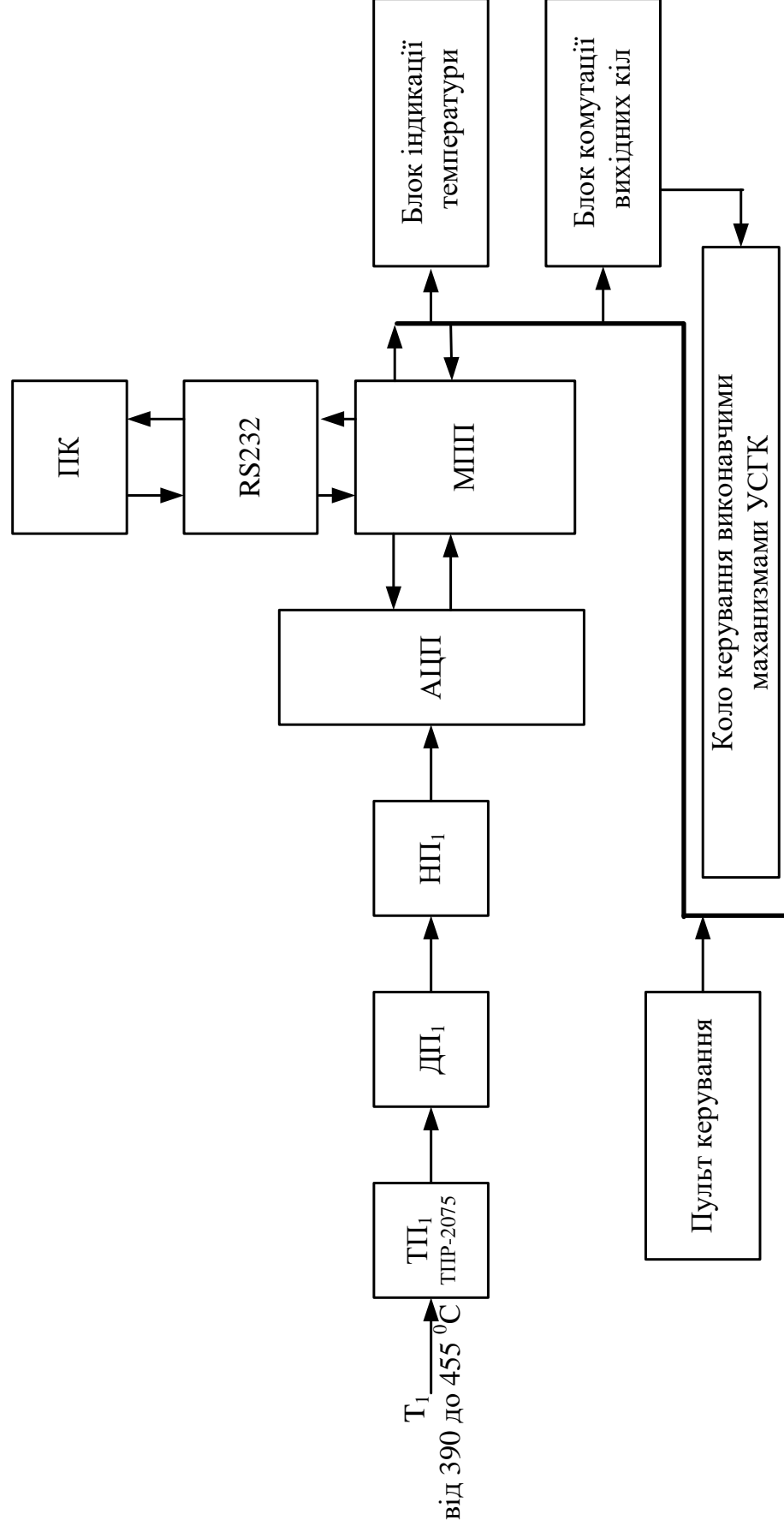


Рисунок 2.1 – Структурна схема пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ»

2.2 Розробка вимірювального каналу температури пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ»

Вимірювальний канал температури пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ» конструктивно планується виконати у вигляді двох блоків:

- виносний блок, що містить у своєму складі канал виміру температури в зоні повітрянагрівача доменної печі;
- базовий блок управління температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ».

Виносний блок з'єднано з базовим блоком кабелем, по якому у виносний блок надходить напруга живлення вимірювальних каналів, а в базовий з виносного – вихідні сигнали вимірювальних каналів. Для того, щоб довжина сполучного кабелю не впливала на якість передачі сигналів вимірювальній інформації планується використовувати струмовий варіант виходу вимірювальних каналів та передачу інформації по кабелю здійснювати у вигляді уніфікованого сигналу постійного струму від 0 до 5 мА. Приймаємо діапазон зміни опору навантаження вимірювального каналу від 50 до 500 Ом.

Канал виміру температури забезпечує вимірювання температури в діапазоні від $+390^{\circ}\text{C}$ до $+455^{\circ}\text{C}$. Похибка виміру температури не повинна перевищувати $\Delta_T = \pm 2,5^{\circ}\text{C}$. У зв'язку з необхідністю застосування струмового варіанту виходу структурна схема електронної системи має бути доповнена на виході керованим джерелом струму.

Для виміру температури використовуємо термопару ТПР-2075. Тривалий контакт термоелектродів термопари ТПР-2075 із захистом електроізоляційною керамікою з кварцу при високих температурах майже не вносить похибки до результату виміру. Крім того, значний вміст родію в сплавах обох термоелектродів підвищує їх температури плавлення, а, отже, верхню межу виміру температури. По цих причинах її властивості вивчені краще, ніж у інших термопар платинородієвої групи. Термопара застосовується для тривалих вимірювань температури в окислювальних середовищах до 1800°C .

При зміні температури вільних кінців від 0 до 100°C т.е.д.с. термопари ТПР-2075 зростає лише до 50 мкВ, і тому її часто застосовують без спеціальних подовжувальних проводів. Нагрів вільних кінців термопари до 100°C обумовлює

похибку виміру не більш 4°C . Практична можливість роботи без спеціальних подовжувальних проводів суттєво спрощує експлуатацію цих термопар в заводських умовах. Крім того, приріст т.е.д.с. з підвищенням температури до 1000°C близько до лінійного. Це полегшує обробку даних.

У термопар ТПР-2075, як і більшості інших термопар платиновородієвої групи з підвищенням вмісту родію в обох електродах, спостерігається вища стабільність свідчень при високій температурі, проте чутливість цих термопар з вищим вмістом родію в обох електродах значно нижче, що створює труднощі в експлуатації, пов'язані з необхідністю комплектації цих термопар з вторинними приладами високої чутливості. Термоелектроди для термопар ТПР-2075 виготовляють у вигляді проволочок діаметром 0,3-0,5 мм, змотаних в бухті з довжиною провідників не менше 50 м. Неоднорідність по довжині бухти дроту ТПР-2075 допускається до 7 мкВ.

Градуювальна таблиця термопар ТПР-2075 по стандартах СТ СЕМ 1059-78 і МЕК 584-1.1977. Залежність т.е.д.с. E , мкВ, від температури $t^{\circ}\text{C}$, термопар ТПР-2075 по стандартах СТ СЕМ 1059-78 та МЕК 584-1.1977 може бути апроксимована в діапазоні $0-1820^{\circ}\text{C}$ поліномом (див. рис. 2.2):

$$E(t) = \sum_{i=0}^8 a_i \cdot t^i,$$

де $a_0=0$; $a_1=-2,4674601620 \cdot 10^{-1}$; $a_2=5,9102111169 \cdot 10^{-3}$; $a_3=-1,4307123430 \cdot 10^{-6}$;
 $a_4=2,15091750 \cdot 10^{-9}$; $a_5=-3,1757800720 \cdot 10^{-12}$; $a_6=2,4010367459 \cdot 10^{-15}$;
 $a_7=-9,0928148159 \cdot 10^{-19}$; $a_8=1,3299505137 \cdot 10^{-22}$.

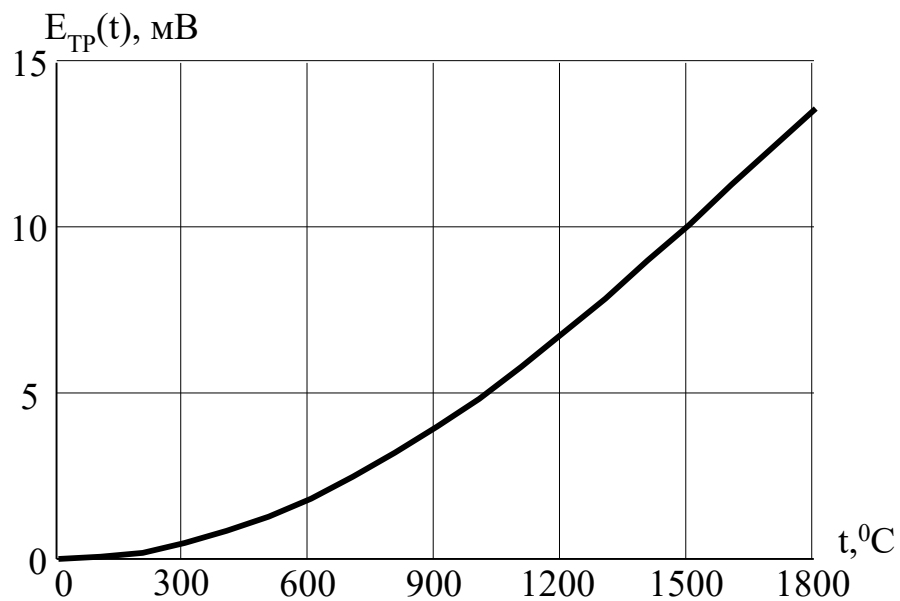


Рисунок 2.2 – Графік залежності т.е.д.с. термопарі ТПР-2075 від температури робочого спаю

Межі відхилень т.е.д.с термопар ТПР-2075, що допускаються, по ДСТУ 3044-77 від значень т.е.д.с. градувальної таблиці обчислюються за допомогою формули:

$$\Delta E = \pm[0,01 + 3,3 \cdot 10^{-5} \cdot (t - 300)] \text{ мВ},$$

де t – температура робочого спаю.

Термопарі ТПР-2075 нижче 300°C не застосовують із-за малих значень т.е.д.с. Допустимі відхилення т.е.д.с. серійних термопар ТПР-2075 для деяких температур приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Допустимі відхилення т.е.д.с. серійних термопар ТПР-2075 для деяких температур

t, °C	300	500	800	1000	1300	1500	1800
Δt, °C	±3,2	±3,6	±3,7	±4,0	±4,3	±4,7	±5,4

Технічні характеристик термопарі ТПР-2075:

- діапазон виміру температури, °C.....від + 300 до + 1800;
- опір при температурі 0°C, R_0 , Ом.....(100±0,1);

Термопара вимірює різницю температур між двома спаями, а не абсолютну температуру в одному з них. Визначити температуру в вимірювальній спаї можливо лише в тому випадку, коли знаємо температуру другого спаю (холодного чи опорного). Щоби проводити високоточні вимірювання, необхідно підтримувати температуру холодного спаю, яка повинна бути строго визначена, хоча не обов'язково бути рівною 0°C. Температурний датчик другого типу (частіше ще напівпровідниковий, а іноді термістор) вимірює температуру холодного спаю, а отриманий результат використовує для формування додаткової напруги в колі термопари та компенсує різницю між фактичною температурою холодного спаю та його ідеальним значенням, як показано на рисунку 2.3.

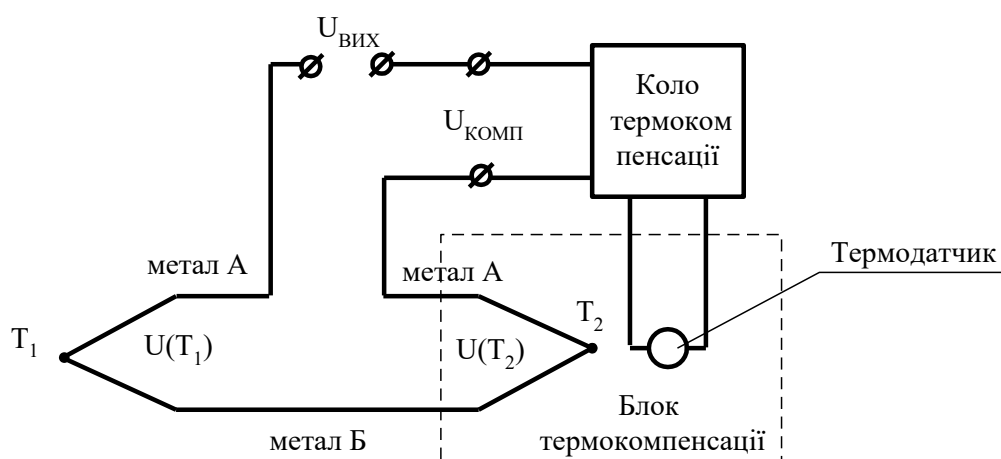


Рисунок 2.3 – Використання термодатчика для компенсації холодного спаю

В ідеальному випадку напруга компенсації повинна підбиратися строго в залежності від різниці напруги. Коректуючи напруга є функцією від температури опорного спаю T_2 :

$$U_{КОМП} = f(T_2). \quad U_{ВИХ}(\Delta T) = U(T_1) - U(T_2) + U_{КОМП};$$

якщо $U_{КОМП} = U(T_2) - U(0^\circ C)$, то $U_{ВИХ}(\Delta T) = U(T_1) - U(0^\circ C)$.

Схема, яка приведена на рисунку 2.4, забезпечує компенсацію температури холодного спаю для термопари ТПР-2075 від 390 до 455 °C.

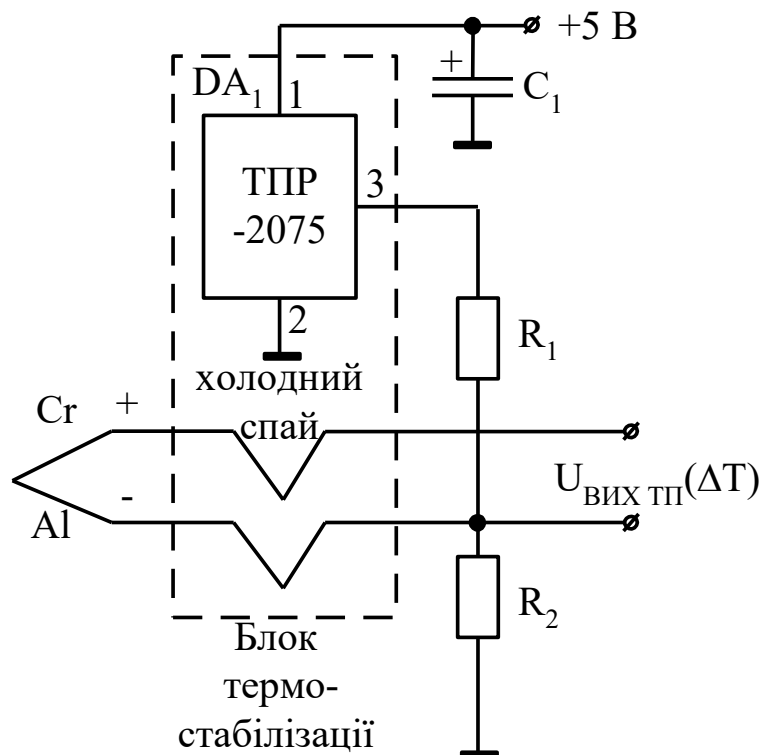


Рисунок 2.4 – Схема компенсації температури холодного спаю для термопар ТПР-2075 від 1000 до 1500 °С

Використаний для компенсації датчик напруги с температурним коефіцієнтом 10 мкВ/°С ТПР-2075 використовується с дільником напруги на резисторах R_1 та R_2 . Також для компенсації холодного спаю рекомендується використовувати інструментальний підсилювач AD594/AD595 та компенсатор напруги холодного спаю, який виконаний в одному чіпі. Ця мікросхема виконує прив'язку до точки «нуля градусів С» та містить откалібрований підсилювач, який забезпечує отримання вихідної напруги високого рівня безпосередньо з виходу термопар.

AD594/AD595 може бути використаний як лінійний підсилювач – компенсатор, або в якості перемикаємого контролера, який використовується для мобільного або постійного управління. Схема може використовуватися також для прямого підсилювання компенсуючої напруги, яка виконує функції перетворення температури в напругу.

2.3 Розрахунок вимірювального кабельного підсилювача каналу виміру температури пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ»

Вимоги до каналу виміру пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ»:

- діапазон зміни температури, $t, ^\circ\text{C}$від +390 до + 455;
- значення абсолютної похибки виміру температури, $\Delta t, ^\circ\text{C}$ $\pm 2,5$;
- діапазон зміни вхідної напруги вимірювального каналу температури, $U_{\text{ВХ}}, \text{мВ}$від 0,746 до 1,025;
- діапазон зміни вихідної напруги вимірювального каналу, $U_{\text{ВИХ}}, \text{В}$від 0 до 2,5;
- опір джерела сигналу $R_{\text{ДЖ}}, \text{кОм}$0,3;
- опір навантаження вихідного каскаду вимірювального каналу $R_{\text{Н}}, \text{Ом}$ 500;
- діапазон робочих температур $T, ^\circ\text{C}$,.....від 0 до + 40.

Схема вимірювального кабельного підсилювача каналу виміру температури приведена на рисунку 2.5. Вимірювальний кабельний підсилювач виконаний на мікросхемі DA_1 . Каскад на $DA_{1.1}$ виконаний по схемі диференціального підсилювача, він здійснює попереднє підсилення вихідної напруги термопари ТПР-2075. Каскад на $DA_{1.2}$ має регульований коефіцієнт підсилення по напрузі. Він забезпечує остаточне підсилення вихідного сигналу вимірювального каналу, а регулювання його K_U забезпечує усунення мультиплікативної похибки при його градуюванні.

Оскільки максимальне значення вихідної напруги не перевищує +2,5 В, а операційний підсилювач LM358N допускає використання напруги живлення від 3 до 16 В, то для забезпечення економічності розрахованого підсилювача встановимо напругу джерела живлення $\pm 5 \text{ В}$. Лінійний діапазон зміни вихідної напруги операційного підсилювача при цьому становить не менш $\pm 4 \text{ В}$.

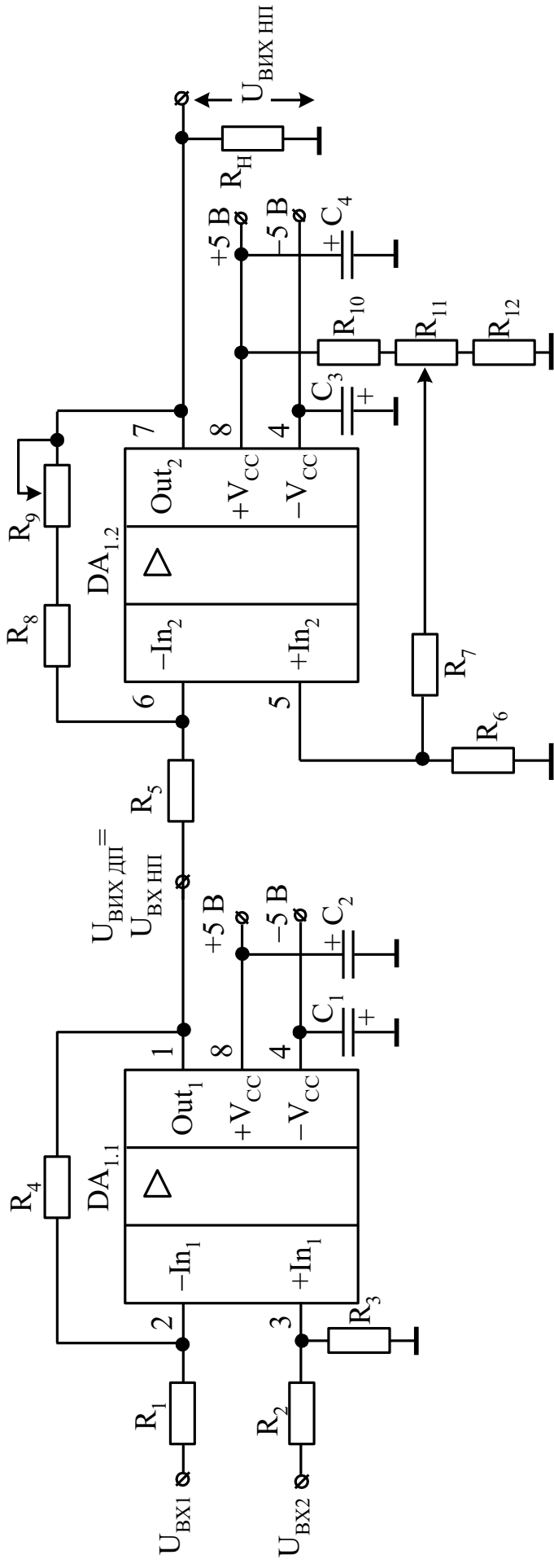


Рисунок 2.5 – Принципова схема вимірювального кабельного підсилювача каналу виміру пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ»

Умовно-графічне позначення операційного підсилювача постійного струму (ОППС) LM358N приведено на рис. 2.6. Основні технічні характеристики та параметри ОППС DA₁ (LM358N) приведено в табл. 2.2.

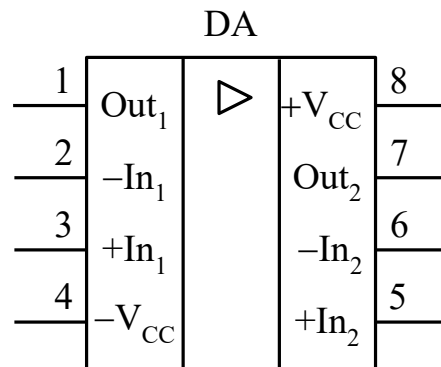


Рисунок 2.6 – Умовно-графічне позначення ОППС LM358N

Таблиця 2.2 – Основні технічні характеристики та параметри ОППС LM358N

Параметр	Позначення	Одиниця виміру	
Вхідний струм	$I_{ВХ}$	нА	150
Різниця вхідних струмів	$\Delta I_{ВХ}$	нА	30
Дрейф різниці вхідного струму	$\Delta I_{ВХ}/\Delta T$	нА/°C	0,3
Напруга зсуву нуля	$U_{ЗС}$	мВ	5
Дрейф напруги зсуву нуля	$\Delta U_{ЗС}/T$	мкВ/0C	3
Коефіцієнт підсилення по напрузі	K_U оп	–	$\geq 2 \cdot 10^5$
Коефіцієнт ослаблення синфазної вхідної напруги	$K_{ос.сф}$	дБ	100
Частота одиничного посилення	f_1	МГц	$\geq 1,1$
Швидкість наростання вихідної напруги	$\nu_{УВІХ}$	В/мкс	0,6
Максимальний вихідний струм	$I_{ВІХ \max}$	мА	60
Максимальна вихідна напруга	$U_{ВІХ \max}$	В	± 14
Максимальна вхідна диференціальна напруга	$U_{ДФ ВХ \max}$	В	± 14
Максимальна синфазна вхідна напруга	$U_{СФ ВХ \max}$	В	± 14
Напруга живлення	$U_{Ж}$	В	± 16
Струм споживання	$I_{СП}$	мА	60

Визначимо коефіцієнт підсилення вимірювального кабельного підсилювача. Вхідна напруга вимірювального підсилювача при $T=1200^{\circ}\text{C}$ дорівнює:

$$U_{BIX\ TII}(t = 390^{\circ}C) = U_{BX\ BII}(t = 390^{\circ}C) = 0,746\ мВ.$$

При температурі $T=1800^{\circ}C$ вхідна напруга підсилювача дорівнює:

$$U_{BIX\ TII}(t = 455^{\circ}C) = U_{BX\ BII}(t = 455^{\circ}C) = 1,025\ мВ.$$

Необхідний коефіцієнт передачі за напругою вимірювального кабельного підсилювача каналу контролю температури повітрянагрівачем доменної печі:

$$K_U = \frac{U_{BIX\ max} - U_{BIX\ min}}{U_{BX\ max} - U_{BX\ min}} = \frac{2,5 - 0}{(1,025 - 0,746) \cdot 10^{-3}} = 8960,6.$$

Коефіцієнт передачі за напругою кабельного підсилювача K_U дорівнює множенню коефіцієнтів підсилення диференційного каскаду K_{U1} та нормуючого підсилювача K_{U2} :

$$K_U = K_{U1} \cdot K_{U2}$$

Приймаємо коефіцієнт передачі за напругою диференційного підсилювача рівний:

$$K_{U1} = 100. \quad K_{U2} = \frac{K_U}{K_{U1}} = \frac{8960,6}{100} = 89,6.$$

По значенню коефіцієнта передачі за напругою диференційного підсилювача проведено розрахунок величини опорів резисторів $R_1 - R_4$. Вихідна напруга диференційного підсилювача описується наступним співвідношенням:

$$U_{BIX} = -K_U^- \cdot U_{BX1} + K_U^+ \cdot U_{BX2} \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3} = -\frac{R_4}{R_1} \cdot U_{BX1} + \frac{R_1 + R_4}{R_1} \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3} \cdot U_{BX2},$$

якщо $R_1 = R_2$, $R_3 = R_4$ та $\frac{R_4}{R_1} = \frac{R_3}{R_2}$ отримаємо:

$$U_{BHX} = -\frac{R_4}{R_1} \cdot U_{BX1} + \frac{R_1 + R_4}{R_1} \cdot \frac{R_4}{R_1 + R_4} \cdot U_{BX2} = -\frac{R_4}{R_1} \cdot (U_{BX1} - U_{BX2}) =$$

$$= -K_U \cdot (U_{BX1} - U_{BX2}).$$

При розрахунку диференційного підсилювача номінал опору резистору R_1 приймають виходячи з умови узгодження підсилювача по інвертуючому входу $R_{BXin6} \approx R_1$ з внутрішнім опором джерела вхідного сигналу $R_{дж}$. Приймають:

$$R_1 = R_2 \geq (10 \dots 30) \cdot R_{дж} = 10 \cdot 0,3 = 3,0 \text{ кОм}$$

орієнтуючись на необхідну точність розрахунків. Вибирається резистори $R_1 = R_2$ типу smd-0,125-3 кОм \pm 5 %.

З урахування необхідного коефіцієнта передачі за напругою розраховується опір зворотного зв'язку:

$$R_4 = R_1 \cdot K_{U1} = 3 \cdot 100,0 = 300 \text{ кОм}.$$

Вибирається номінал резисторів $R_4 = R_3 = 300 \text{ кОм}$.

Уточнюється коефіцієнт передачі за напругою диференційного підсилювача:

$$K_{U1} = -\frac{R_4}{R_1} = -\frac{300}{3} = -100,0.$$

Розраховується потужність, що розсіюється на резисторах R_4 та R_3 :

$$P_{R_4} = \frac{(U_{BHX \max})^2}{R_4} = \frac{(U_{BX \max} \cdot K_{U1})^2}{R_4} \frac{(1,025 \cdot 10^{-3} \cdot (-100))^2}{300 \cdot 10^3} = 0,04 \text{ мкВт}.$$

Вибирається резистори R_4 та R_3 типу smd-0,125-300 кОм \pm 5 %.

Вихідна напруга диференційного підсилювача при $T=390^\circ\text{C}$ дорівнює:

$$U_{ВИХ ДП}(t = 390^{\circ}C) = U_{ВХ НП}(t = 390^{\circ}C) = U_{ВХ ДП}(t = 390^{\circ}C) \cdot K_{U1} = \\ = 0,746 \cdot 10^{-3} \cdot (-100) = -0,0746 \text{ В.}$$

Вихідна напруга диференційного підсилювача при $T=1800^{\circ}C$ дорівнює:

$$U_{ВИХ ДП}(t = 455^{\circ}C) = U_{ВХ НП}(t = 455^{\circ}C) = U_{ВХ ДП}(t = 455^{\circ}C) \cdot K_{U1} = \\ = 1,025 \cdot 10^{-3} \cdot (-100) = -0,1025 \text{ В.}$$

Вимірювальний підсилювач експлуатується при температурі навколишнього середовища $(20 \pm 20^{\circ}C)$, тобто $T_{\min}=0^{\circ}C$, $T_{\max}=40^{\circ}C$. Налаштування вимірювального підсилювача виконується при температурі навколишнього середовища $T=20^{\circ}C$, це означає, що похибка від наявності напруги зсуву нуля ($U_{ЗС.0}$) може компенсуватися при налаштуванні підсилювача.

Температурний дрейф вихідної напруги диференційного каскаду можна визначити по формулі:

$$\Delta U_{ВИХ.ПОМ}^{\Delta T} = \Delta U_{ЗС.ОП.} \cdot \Delta T \cdot (1 + K_{U1}) + \Delta I_{ВХ ОП} \cdot \Delta T \cdot R_1 = \\ = 3 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot (1 + 100) + 0,3 \cdot 10^{-9} \cdot 20 \cdot 3 \cdot 10^3 = \\ = 6,12 \cdot 10^{-3} + 0,018 \cdot 10^{-3} = 6,14 \text{ мВ.}$$

Похибка вимірювального кабельного підсилювача, обумовлена температурним дрейфом вимірювального підсилювача, буде дорівнювати:

$$\Delta_T^{\Delta T} = \frac{\Delta U_{ВИХ ПОМ}^{\Delta T}}{\frac{U_{ВИХ \max}}{T_{\max}}} = \frac{6,14 \cdot 10^{-3}}{\frac{2,5}{455}} = \pm 1,1^{\circ}C.$$

Вихідний каскад повинен мати коефіцієнт підсилення за напругою $K_{U2} = -89,6$ та забезпечувати плавне регулювання коефіцієнта в невеликих межах ($\approx \pm 10\%$). Вибирається номінал резистору $R_5 = 3 \text{ кОм}$.

З урахування необхідного коефіцієнта передачі за напругою розраховується опір зворотного зв'язку:

$$R_8 + R_9 = R_5 \cdot K_{U2} = 3 \cdot 89,6 = 268,8 \text{ кОм}.$$

Вибирається номінал баластного резистору $R_8 = 240 \text{ кОм}$.

Для забезпечення регулювання коефіцієнта передачі за напругою нормуючого підсилювача вибирається змінний резистор:

$$R_9 = 2 \cdot ((R_8 + R_9) - R_8) = 2 \cdot (268,8 - 240) = 57,6 \text{ кОм}.$$

Приймається номінал резистору $R_9 = 62 \text{ кОм}$.

Діапазон зміни коефіцієнта підсилення за напругою нормуючого підсилювача становить:

$$K_{U2\min} = -\frac{R_8}{R_5} = -\frac{240}{3} = -80,0;$$

$$K_{U2\max} = -\frac{R_8 + R_9}{R_5} = \frac{240 + 62}{2} = -100,7;$$

Розраховується потужність, що розсіюється на резисторі R_5 :

$$P_{R_5} = \frac{(U_{BX\max})^2}{R_5} = \frac{(-0,1025)^2}{3 \cdot 10^3} = 3,5 \text{ мкВт}.$$

Вибирається резистор R_5 типу smd-0,125-3 кОм \pm 5 %.

Розраховується потужність, що розсіюється на резисторі R_8 :

$$P_{R_8} = \frac{(U_{BHX\max})^2}{R_8} = \frac{2,5^2}{240 \cdot 10^3} = 26,0 \text{ мкВт}.$$

Вибирається резистор R_8 типу smd-0,125-240 кОм \pm 5 %.

Розраховується потужність, що розсіюється на резисторі R_9 :

$$P_{R_9} = \frac{(U_{BHX\max})^2}{R_9} = \frac{2,5^2}{62 \cdot 10^3} = 0,10 \text{ мВт}.$$

Вибирається резистор R_9 типу 3329H–62 кОм \pm 10 %.

Для забезпечення компенсації зсуву нуля ОППС, яке викликано різницею вхідних струмів, неінвертуючий вхід ОППС з'єднується із загальною шиною через резистор R_6 , опір якого визначається величиною паралельно включеного опору зворотного зв'язку $R_8 + R_9$ та вхідним опором підсилювача R_5 :

$$R_6 = \frac{R_5 \cdot \left(R_8 + \frac{R_9}{2}\right)}{R_5 + R_8 + \frac{R_9}{2}} = \frac{3 \cdot \left(240 + \frac{62}{2}\right)}{3 + 240 + \frac{62}{2}} = 2,97 \text{ кОм.}$$

Вибирається резистор R_6 типу smd–0,125–3 кОм \pm 5 %.

Для компенсації мінімального вхідного сигналу від джерела сигналу, необхідно подати на неінвертуючий вхід ОППС (рис. 2.6 напругу зсуву, яка дорівнює $U_{3C} = (0,05 \dots 0,25) \text{ В}$.

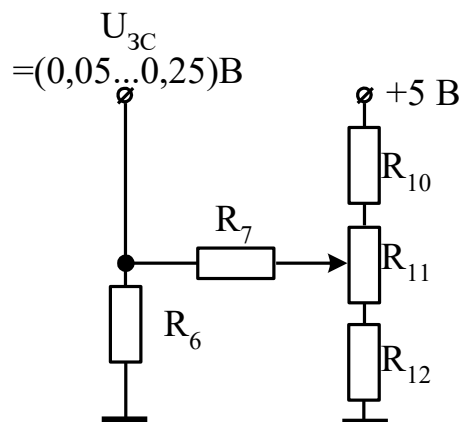


Рисунок 2.6 – Схема установки нуля підсилювача

Резистори R_6 та R_7 утворюють дільник напруги, коефіцієнт розподілу дільника розраховується виходячи із співвідношення:

$$K_D = \frac{R_6}{R_6 + R_7}.$$

Приймається коефіцієнт розподілу дільника напруги рівним $K_D = 0,2$, тоді номінал опору резистора R_7 :

$$R_7 = R_6 \cdot \frac{1 - K_D}{K_D} = 10 \cdot \frac{1 - 0,2}{0,2} = 40 \text{ кОм}.$$

Приймається номінал резистору $R_7 = 39 \text{ кОм}$.

Вибирається резистор R_7 типу smd-0,125-39 кОм $\pm 5\%$.

Коефіцієнт розподілу дільника напруги дорівнює:

$$K_D = \frac{R_6}{R_6 + R_7} = \frac{10}{10 + 39} = 0,204,$$

тоді зміна падіння напруги на змінному резисторі R_{11} дорівнює:

$$U_{R_{11}} = \frac{\Delta U_{3C}}{K_D} = \frac{(0,25 - 0,05)}{0,204} = 0,980 \text{ В}.$$

Задаємося струмом дільника $R_{10} - R_{12}$, який дорівнює $I_D = 0,1 \text{ мА}$. Опір змінного резистора R_{11} :

$$R_{11} = \frac{U_{R_{11}}}{I_D} = \frac{0,980}{0,1 \cdot 10^{-3}} = 9,80 \text{ кОм}.$$

Приймається номінал резистору $R_{11} = 10 \text{ кОм}$.

Розраховується потужність, що розсіюється на опорі R_{11} :

$$P_{R_{11}} = (I_D)^2 \cdot R_{11} = (0,1 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 10 \cdot 10^3 = 0,1 \text{ мВт}.$$

Вибирається резистор R_{11} типу 3329H-10 кОм $\pm 10\%$.

Падіння напруги на баластному резисторі R_{12} дорівнює:

$$U_{R_{12}} = \frac{U_{3C \min}}{K_D} = \frac{0,05}{0,204} = 0,245 \text{ В}.$$

Опір баластного резистора R_{12} :

$$R_{12} = \frac{U_{R_{12}}}{I_D} = \frac{0,245}{0,1 \cdot 10^{-3}} = 2,45 \text{ кОм}.$$

Приймається номінал резистора $R_{12} = 2,4 \text{ кОм}$.

Розраховується потужність, що розсіюється на опорі R_{12} :

$$P_{R_{12}} = (I_D)^2 \cdot R_{12} = (0,1 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 2,4 \cdot 10^3 = 0,024 \text{ мВт}.$$

Вибирається резистор R_{12} типу smd-0,125 Вт-2,4 кОм \pm 5 %.

Розраховується номінал баластного резистора R_{10} :

$$R_{10} = \frac{U_{ж}}{I_D} - (R_{11} + R_{12}) = \frac{5}{0,1 \cdot 10^{-3}} - (10 + 2,4) \cdot 10^3 = 37,6 \text{ кОм}.$$

Рекомендується виконати резистор R_{10} складовим, $R'_{10} = 36 \text{ кОм}$ та $R''_{10} = 1,6 \text{ кОм}$. Розраховується потужність, що розсіюється на опорі R_{10} :

$$P_{R'_{10}} = (I_D)^2 \cdot R'_{10} = (0,1 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 36 \cdot 10^3 = 0,36 \text{ мВт};$$

$$P_{R''_{10}} = (I_D)^2 \cdot R''_{10} = (0,1 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1,6 \cdot 10^3 = 0,016 \text{ мВт}.$$

Вибираються резистори R'_{10} типу smd-0,125-36 кОм \pm 5 %;

R''_{10} типу smd-0,125-1,6 кОм \pm 5 %.

Вибираються конденсатори $C_1 - C_4$ типу КМ-6-1,0 мкФ \pm 5% \times 25В.

2.4 Синтез мікропроцесорного блоку пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ»

Мікропроцесорний блок повинен виконувати наступні функції:

- введення інформації з виходів вимірювального каналу температури;
- розрахунок значень температури;
- запис виміряних і розрахованих значень в зовнішню незалежну пам'ять;
- передача виміряних та розрахованих значень на персональний комп'ютер за запитом;
- можливість отримання результатів від одного з датчиків в довільному порядку.

На підставі аналізу функцій мікропроцесорного блоку можна зробити висновок, що він повинен містити в своєму складі наступні елементи:

- мікропроцесор;
- зовнішня незалежна пам'ять;
- мультиплексор аналогових сигналів (МАС);
- аналого-цифровий перетворювач (АЦП);
- таймер реального часу;
- інтерфейс обміну даними.

Структурна схема мікропроцесорного блоку наведена на рисунку 2.7.

Вибір оптимального мікропроцесора (МП) для конкретного застосування є якнайменше вирішуваною з численних проблем розвитку мікропроцесорної техніки. Це визначається постійним зростанням кількості МП, розширенням області їх застосування, а так само відсутністю чіткої методики, що дозволяє зробити однозначний вибір МП.

При виборі МП важливим є формування основних вимог, що пред'являються до пристрою, що проектується. Пристрої із вбудованими мікропроцесорами, як правило, повинні задовольняти наступним вимогам:

- робота в режимі реального часу;
- підвищена надійність, захист від перешкод, простота обслуговування;
- наявність фіксованого набору задач, багато разів вирішуваних впродовж всього терміну служби системи.

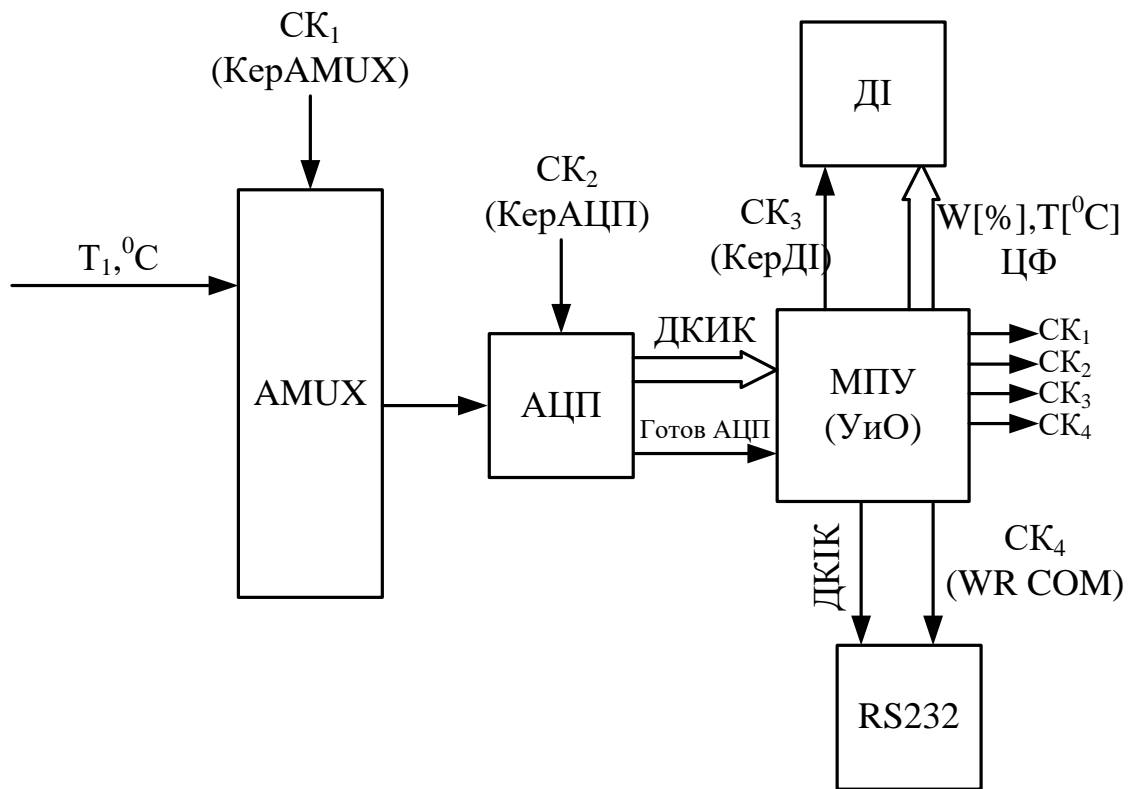


Рисунок 2.7 – Структурна схема мікропроцесорного блоку

Вибір МП звичайно виконується з трьох основних позицій:

- з погляду розробки математичного забезпечення слід аналізувати: розрядність, число і використання регістрів загального призначення, набір команд і способи адресації, наявність і організація стека;

- з погляду системного проектування потрібно аналізувати наступні характеристики: тип архітектури МП (секційні або однокристальні) і, як наслідок цього, тип організації управління (мікропрограмне або з жорсткою логікою, швидкодія МП, можливість переривання і прямого доступу до пам'яті, наявність системи автоматизованого проектування МПС;

- з погляду розробки апаратних засобів необхідно враховувати: електричну сумісність МП, число джерел живлення і розсіювану потужність, розмір, тип корпусу і число виводів, діапазон робочих температур та ін.

На основі приведених функцій, які повинен виконувати мікропроцесор, найбільш відповідним є мікропроцесором, точніше мікроконвертор ADuC824. Умовно-графічне позначення мікросхеми наведено на рисунку 2.8.

ADuC824 – закінчений інтелектуальний перетворювач, що містить два сигма-дельта АЦП з високим дозволом, 8 бітовий μC і FLASH/EEPROM пам'ять програми/даних. Цей низько споживаючий МП може напряму приймати від перетворювачів низько рівневі сигнали.

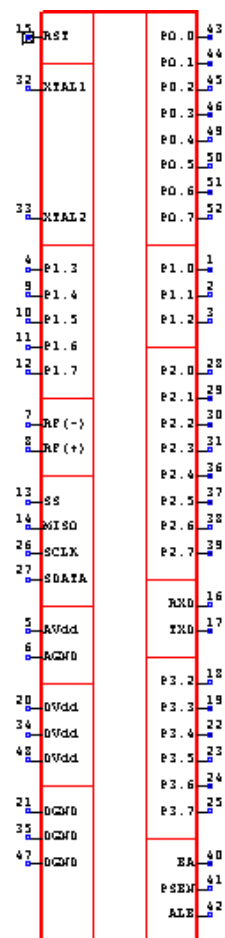


Рисунок 2.8 – Умовно-графічне позначення мікроконвертора ADuC824

Два незалежні АЦП приладу (головний і допоміжний) містять температурний датчик і УПКУ (що дозволяє напряму приймати низько рівневі сигнали). АЦП з вбудованими цифровими фільтрами призначені для вимірювання сигналів з широким динамічним діапазоном і низькою частотою. Швидкість вихідного потоку даних АЦП може програмуватися, а дозвіл АЦП залежить від швидкості потоку даних і коефіцієнта підсилення.

МПС працює від вбудованих 32 кГц генератора, що задає, частота якого за допомогою системи ФАПЧ підвищується до 12,58 МГц. Ця частота поступає на програмованого дільника для формування синхросигналу вбудованого мікропроцесора. Мікроконтролер містить 8052 ядро, будучи, таким чином, сумісним з 8051 системою команд. Машинний цикл ядра дорівнює 12 тактовим циклам. МП містить 8 КБ програмної незалежної FLASH/EEPROM пам'яті, 640 байт FLASH/EEPROM пам'яті даних і 256 байтний ОЗП.

МП може виконувати додаткові аналогові функції за допомогою вбудованих 12 бітового ЦАП, джерел струму, схеми стеження за напругою

живлення і ДОН. Вбудована цифрова периферія містить сторожовий таймер, таймер часових інтервалів, три таймери/лічильники і три послідовний (I2C, SPI і UART- сумісних) порту.

Вбудоване при виробництві програмне забезпечення дозволяє реалізувати завантаження та відладку програми (через UART), а так само режим емуляції через висновок nonEA.

МП може працювати від 3 В або 5 В джерела живлення. При роботі від 3 В джерела живлення прилад споживає менше 10 мВт.

Як МАС застосуємо мікросхему КР590КН6, умовне графічне позначення якої наведено на рисунку 2.9. Основні параметри мікросхеми зведені в таблицю 2.3. Мультиплексор забезпечує підключення вимірювальних каналів розділенням їх в часі. За командою мікропроцесора схема управління мультиплексора послідовно підключає вимірювальні канали температури та тиску до входу АЦП.

Таблиця 2.3 – Параметри мікросхеми КР590КН6

Параметр	Значення
Число каналів	8
Напруга комутації, В	плюс–мінус 15
Опір відключення, Ом	300
Час включення, мкс	0,3
Вхідна напруга: $U_{0\text{ВХ}}$, В $U_{1\text{ВХ}}$, В	(0...0,8) (4...16,5)
Напруга живлення, В	плюс–мінус 15

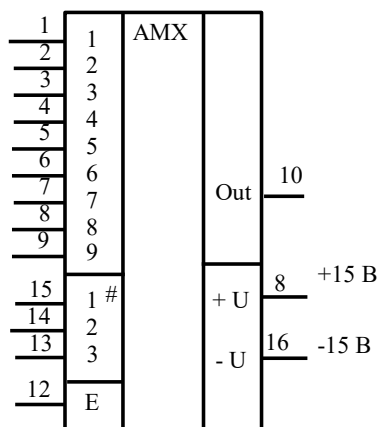


Рисунок 2.9 – Умовно-графічне позначення мікросхеми КР590КН6

Вибір типу таймеру реального часу. Таймер забезпечує можливість стеження за динамікою температури в реальному масштабі часу. Навіть при перериванні зв'язку з персональним комп'ютером система зберігатиме зміряні і розраховані значення параметрів температури та тиску, які відповідають фіксованим моментам часу.

У якості таймеру реального часу використовуємо мікросхему DS12C887A. Умовно-графічне позначення мікросхеми наведено на рисунку 2.10. Призначення виводів мікросхеми наведено в таблиці 2.4.

Особливості мікросхеми DS12C887A:

- вбудований в IBM AT комп'ютери годинник з календарем;
- сумісність виводів з MC146818B і DS1287A;
- збереження функцій незалежності не менше 10 років з моменту відключення живлення;
- конструктивно закінчений виріб, що включає літієву батарею, кварцовий резонатор і схему підтримки живлення;
- лічить час в секундах, хвилинах, годиннику, днях тижня, датах місяця, місяцях, роках і враховує високосні роки до 2100 року;

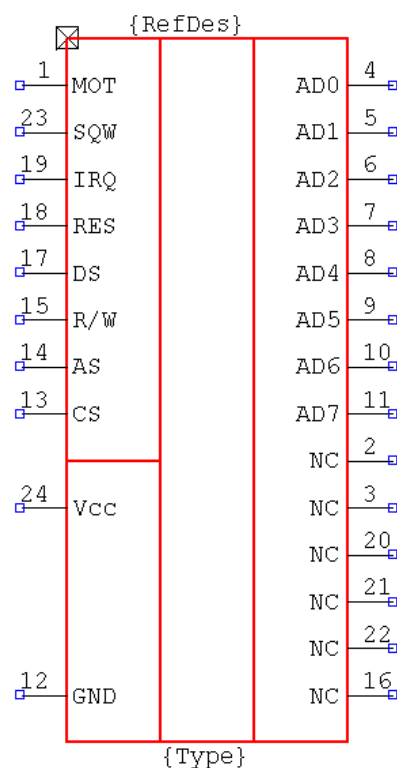


Рисунок 2.10 – Умовно-графічне позначення мікросхеми DS12C887A

Таблиця 2.4 – Призначення виводів мікросхеми DS12C887A

Вивід	Призначення
AD0–AD7	мультиплексована шина адреса/данні
NC	не використовується
MOT	вибір типу шини
CS	вибір мікросхеми
AS	строб адреси
R/W	вхід читання/запис
DS	строб даних
RESET	вхід скидання
IRQ	вихід запиту на переривання
SQW	вихід генератора прямокутних імпульсів
VCC	+5 В живлення
GND	Загальний
RCLR	Очищення ОЗП

- двійкове або двійкове-десятькове представлення часу, календаря і налаштувань будильника;
- 12-ти або 24-х годинний режим лічення годинника з індикацією АМ (до полудня), РМ (пополудні) в 12-ти годинному режимі;
- установка часу збереження денного світла;
- керується програмним забезпеченням через 128 байтний ОЗП;
- 15 байт регістрів годинника і керування;
- 113 байт ОЗП загального призначення;
- програмований генератор прямокутних імпульсів;
- будильник, який налаштується на час діб;
- періоди часу від 122 мкс до 500 мс;
- кінець циклу оновлення годинника.

Flash–пам'ять. Зовнішня пам'ять використовується для збереження змінних параметрів температури та тиску. Як Flash–пам'ять використовуємо мікросхему W29C020C.

Мікросхема W29C020C – це Flash–пам'ять, організована як 256K x 8bits. Унікальна архітектура осередку W29C020C приводить до швидких операцій запису (стирання/програмування) з наднизьким енергоспоживанням.

Умовно-графічне позначення мікросхеми W29C020C наведено на рисунку 2.11. Призначення виводів мікросхеми наведено в таблиці 2.5.

Операцією читання даних W29C020C керують виводи #CE і #OE. #CE використовується для виділення пристрою; #OE - це контроль виходу. Шина даних знаходиться у високому стані імпедансу, коли або #CE, або #OE високий.

Таблиця 2.5 – Призначення виводів мікросхеми W29C020C

Вивід	Призначення
A0–A17	входи адреси
DQ0 - DQ7	входи/виходи даних
#CE	вибір мікросхеми
#WE	дозвіл запису
Vdd	електроживлення
GND	земля
NC	немає зв'язку

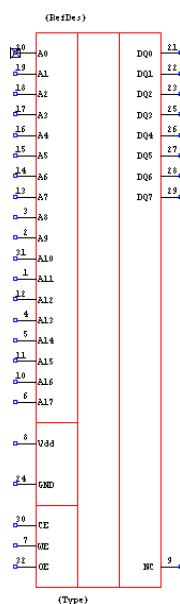


Рисунок 2.11 – Умовно-графічне позначення мікросхеми W29C020C

Мікросхема W29C020C побудована на основі сторінки. Кожна сторінка містить 128 байтів даних. Якщо байт даних в межах сторінки повинен бути змінений, дані для повної сторінки повинні бути завантажені в пристрій. Який-небудь байт, який не завантажений, буде стертий протягом операції запису сторінки. Протягом циклу запису в пам'ять, адреси закриваються. У внутрішньому циклі запису, всі дані в буферах сторінки, тобто 128 байт даних, записуються одночасно в масив пам'яті.

Вибір буфера розширення адресного простору. Для збереження даних в зовнішню незалежну пам'ять необхідно мати 164 вихідних виводів, які керуватимуть адресами елементів пам'яті. Оскільки мікропроцесор не має стільки вільних виходів, то для розширення адресного простору використовуємо буфери-клямки.

Як буфер-клямка використовуємо мікросхему DM74LS373, умовно-графічне позначення якої наведено на рисунку 2.12.

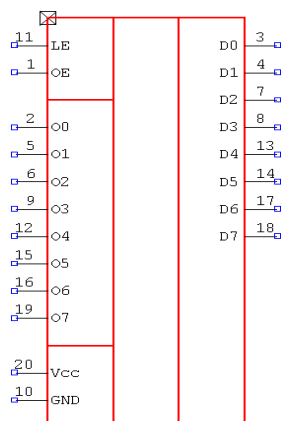


Рисунок 2.12 – Умовно-графічне позначення буфера клямки DM74LS373

Ці 8-розрядні буфера-клямки розроблені спеціально для екрування адресним простором. Вісім клямок DM74LS373 - це клямки D-типу, які означають, що за наявності на вході LE високого рівня, виходи Q слідуватимуть за вхідними даними D. Коли на вході LE низький рівень вихід закриється на рівні даних, які були встановлені.

Функціональна схема роботи мікропроцесорного блоку має вигляд, наведений на рисунку 2.13.

Сигнали від вимірювальних каналів поступають на відповідні входи мультиплексора аналогових сигналів, вибір каналу, який буде підключений до АЦП визначається мікропроцесором.

Між мікропроцесором та таймером реального часу є постійний зв'язок, дані з порту мікропроцесора поступають через два буфери-клямки на незалежну Flash-пам'ять, яка також має постійний зв'язок з мікропроцесором.

За допомогою MAX232 виконується видача даних на персональний комп'ютер системи і при необхідності керування роботою електронної системи.

На рисунку 2.14 наведена принципова схема мікропроцесорного блоку.

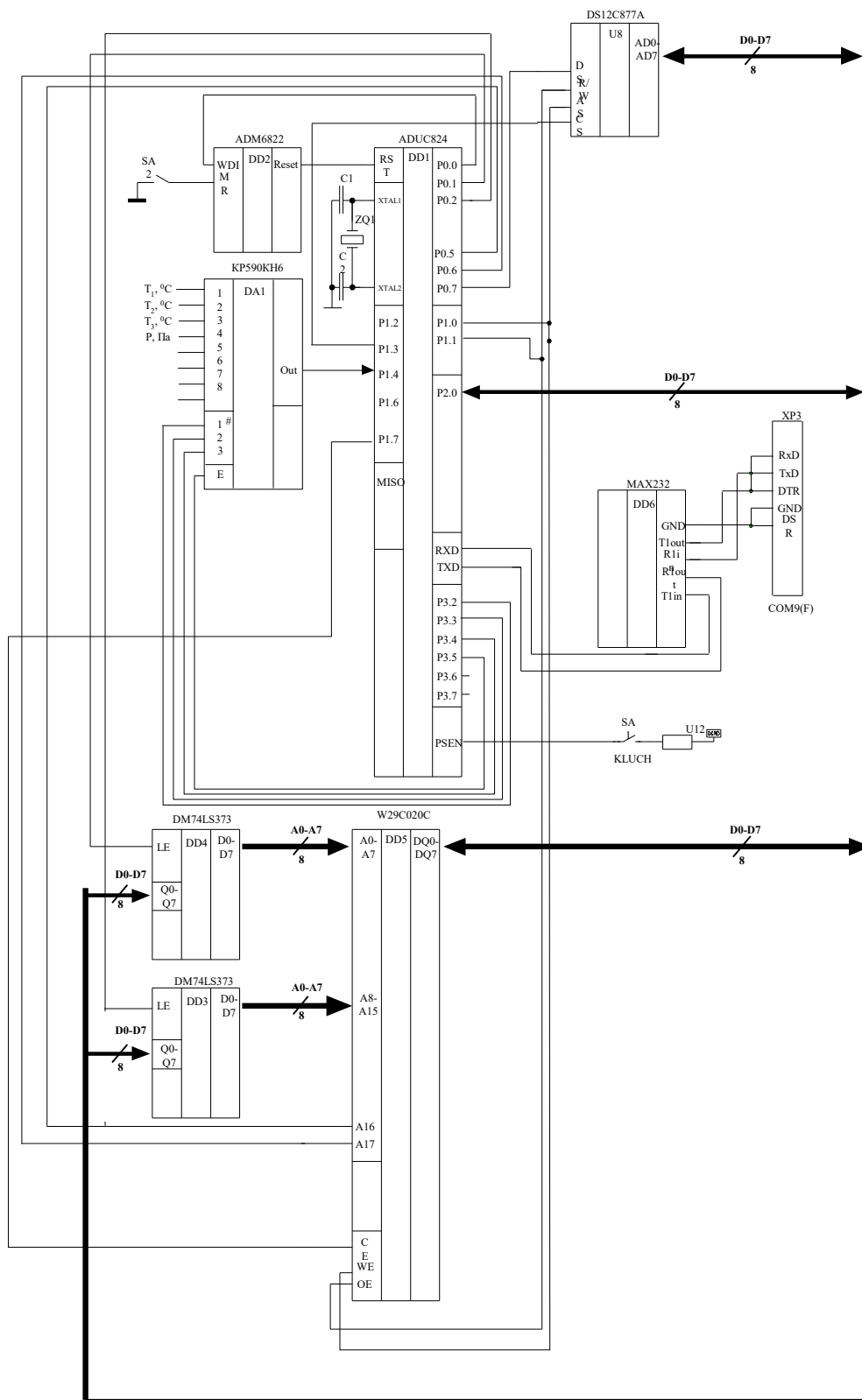


Рисунок 2.13 – Функціональна схема мікропроцесорного блоку

Далі вибраний канал підключається до входу АЦП і виконується затримка на час перетворення АЦП. Набуті значення в двійковому коді поступають на вхід

мікропроцесора, де відбувається їх обробка, зокрема, розрахунок значень температури.

Зміряні і розраховані значення зберігаються в зовнішню пам'ять даних. При цьому заздалегідь повинна бути виконана перевірка на наявність вільного простору для збереження даних: якщо вільний простір є, то програма переходить до запису даних в зовнішню пам'ять; за відсутності вільного простору програма автоматично очищає зовнішню пам'ять і лише після цього переходить до запису.

На останньому етапі відбувається перевірка на наявність запиту з персонального комп'ютеру системи про необхідність передачі даних на центральний комп'ютер. При наявності позитивної відповіді, відбувається посилка зміряних і розрахованих значень в послідовному коді через інтерфейс передачі даних.

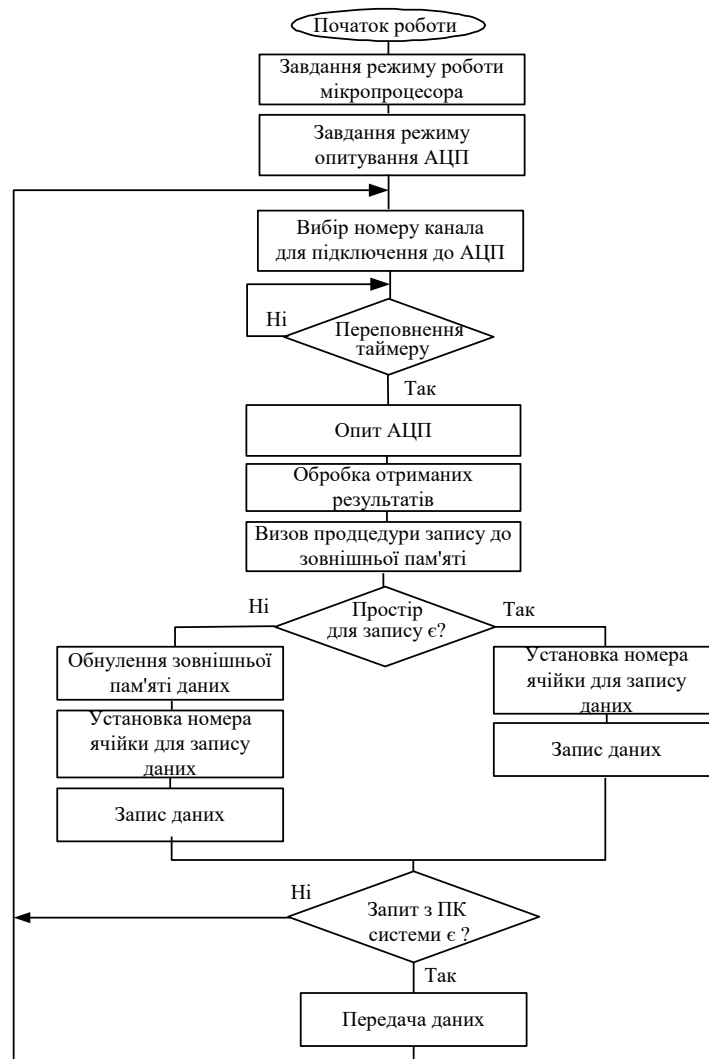


Рисунок 2.15 – Алгоритм роботи системи автоматизації

2.5 Впровадження технології бездротової передачі даних для умов ПРАТ «АКХЗ»

В основу роботи стандарту Wireless HART покладено технологію самоорганізованих пористих мереж (Mesh Network). Вони утворюються на основі безлічі з'єднань типу «точка-точка», що знаходяться в області радіопокриття один одного. Така технологія дозволяє бездротовим польовим приладів самостійно взаємодіяти один з одним. Ключовими перевагами самоорганізації пористих мереж є: автоматичне з'єднання між датчиками; здатність будь-якого датчика виконувати функції транзитної передачі даних для інших учасників мережі.

Мережа на основі комірчастої топології надійна, енергоефективна, володіє великою пропускну здатністю. Висока надійність забезпечується наявністю резервних маршрутів передачі даних: при виведенні одного з датчиків з експлуатації дані будуть передаватися в обхід через резервний шлях. Використання декількох альтернативних маршрутів підвищує пропускну здатність мережі. Зниження енергоспоживання досягається зниженням потужності сигналів за допомогою передачі даних через більшу кількість вузлів, розділених меншими відстанями.

WirelessHART дає доступ до працюючих автономно пристроїв і дозволяє без використання кабелів передавати дані з них у систему DCS. Отримані дані можуть використовуватися для планування сервісних робіт, кращого контролю процесів або створення системи раннього виявлення аварії. Пристрій WirelessHART може живитися від батарей, що дозволяє обійтися без протягування кабелю до віддалених станцій і здешевлює процес установки. Таким чином, воно дозволяє отримувати дані з локальних систем, які раніше не піддавалися моніторингу з економічних і логістичних причин.

Апаратне та програмне забезпечення технології бездротової передачі даних для умов ПРАТ «АКХЗ» розглянуто на прикладі рішень від фірми Pepperl + Fuchs, які дозволяють встановлювати віддалені пристрої різних виробників без додаткових витрат на прокладку проводів, а також встановити надійний, вільний від перешкод зв'язок.

Центральним пристроєм в структурі мережі Wireless HART є шлюз, який встановлює бездротове з'єднання в мережі, який наведено на рисунку 2.16. Він підтримує один або кілька інтерфейсів зв'язку з головною системою (RS-485,

Ethernet, PROFIBUS) та оснащений диспетчером мережі (Network Manager) і диспетчером безпеки (Security Manager).



Рисунок 2.16 – Зовнішній вигляд шлюзу Wireless HART

Адаптери WirelessHART (див. рис. 2.17) можна підключити до будь-якого віддаленого пристрою 4..20 мА або пристрою, що підтримує традиційний протокол HART, безпосередньо або за допомогою короткого кабелю. Вони зчитують дані віддаленого пристрою через HART або перетворюють сигнал 4..20 мА в цифрове значення і передають дані в мережу Wireless HART.



Рисунок 2.17 – Зовнішній вигляд адаптера Wireless HART

Перетворювач температури WirelessHART (див. рис. 2.18) являє собою віддалений пристрій, який оснащено інтерфейсом WirelessHART.



Рисунок 2.18 – Зовнішній вигляд перетворювача температури Wireless HART

Таким чином, можна зробити висновок, що специфікація WirelessHART і стандарт 802.15.4 формують основу майбутніх безпроводних датчиків, пропонуючи збереження і надійність даних, збільшення терміну служби, найбільш низьку вартість системи і гнучку організацію мережі. Стандарт IEEE 802.15.4/ WirelessHART вже готов, а перші вироби з'явилися на ринку.

2.6 Висновки

1. Розроблено структурну схему пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ», яка дозволяє виконувати моніторинг та керування температурою перегрітої пари в діапазоні від 390 до 455 °С з основною абсолютною похибкою не більше $\pm 2,5$ °С із використанням термоелектричного методу в режимі реального часу.

2. Проведено розрахунки компонентної бази вимірювального каналу температури та вимірювального кабельного підсилювача каналу виміру температури пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ».

3. Синтезовано мікропроцесорний блоку пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ» із використанням сучасної компонентної бази.

4. Обґрунтовано можливість впровадження технології бездротової передачі даних для умов ПРАТ «АКХЗ» із використанням методів та засобів WirelessHART.

ВИСНОВКИ

У даній бакалаврській роботі було проведено обґрунтування та розробку пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ».

У першому розділі роботи було отримано наступні результати: виконано аналіз загальних характеристик умов виробництва коксохімічної продукції на ПРАТ «АКХЗ»; проаналізовано технологію функціонування котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ», в результаті чого було обґрунтовано необхідність контролю температури в діапазоні від 390 до 455 °С з основною абсолютною похибкою не більше $\pm 2,5$ °С; проведено аналіз існуючих методів та засобів автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ», в результаті чого було обрано контактний метод на базі термоелектричного ефекту і в якості прототипу обрано пристрій «Метран-271»; сформульовано мету, основні задачі роботи, вимоги до розроблюваного пристрою, а також обґрунтовано прийняті напрямки вирішення задачі щодо реалізації проекту.

У першому розділі роботи було отримано наступні результати: розроблено структурну схему пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ», яка дозволяє виконувати моніторинг та керування температурою перегрітої пари в діапазоні від 390 до 455 °С з основною абсолютною похибкою не більше $\pm 2,5$ °С із використанням термоелектричного методу в режимі реального часу; проведено розрахунки компонентної бази вимірювального каналу температури та вимірювального кабельного підсилювача каналу виміру температури пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ»; синтезовано мікропроцесорний блоку пристрою автоматичного керування температурним режимом перегрітої пари котла № 19 УСГК ПРАТ «АКХЗ» із використанням сучасної компонентної бази; обґрунтовано можливість впровадження технології бездротової передачі даних для умов ПРАТ «АКХЗ» із використанням методів та засобів WirelessHART.

У третьому розділі проведено розрахунки основних показників охорони праці, а саме: характеристик умов праці відділу автоматизації підприємства; заходів щодо поліпшення умов праці; пожежної безпеки; безпеки при надзвичайних ситуаціях на підприємстві.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ННТП «Термоконт» [Электронный ресурс]: – Электронные данные. – Режим доступа: <http://www.pyrometer.ru/>. – Дата доступа: квітень 2018. – Загл. с экрана.
2. Преображенский В.П. Теплотехнические приборы и измерения: Учебник для ВУЗов. – М.: «Энергия», 1978. – 704 с.
3. Дембовский В.В. Технологические измерения и приборы в металлургии: Учеб. Пособие. – СПб.: СЗТУ, 2004. – 70 с.
4. Геращенко О.А, Федоров В.Г. Тепловые и температурные измерения: Справочное руководство. – Киев: Наукова думка, 1965. – 296 с.
5. Преображенский В.П. Теплотехнические приборы и измерения: Учебник для ВУЗов. – М.: «Энергия», 1978. – 704 с.
6. «Метран» [Электронный ресурс]: – Электронные данные. – Режим доступа: <http://www2.emersonprocess.com/ru-ru/brands/metran/pages/index.aspx>. – Дата доступа: квітень 2018. – Загл. с экрана.
7. ПРАТ «АКХЗ» [Электронный ресурс]: – Электронные данные. – Режим доступа: <https://akhz.metinvestholding.com/ua/about/structure>. – Дата доступа: квітень 2018. – Загл. с экрана.
8. PEPPEREL+FUCHS [Электронный ресурс]: – Электронные данные. – Режим доступа: https://www.pepperl-fuchs.com/russia/ru/classid_2434.htm. – Дата доступа: травень 2018. – Загл. с экрана.
9. Башарин А.В. Управление электроприводами: [учебное пособие для вузов] / Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. – Л.:Энергоиздат, 1982. – 392с.
10. Гудвин Г.К. Проектирование систем управления: Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 911 с.
11. Бесекерский В. А., Теория систем автоматического управления / В. А. Бесекерский, Е. Н. Попов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – СПб : Изд-во «Профессия», 2003. – 752 с.
12. Куропаткин П. В. Теория автоматического управления / П. В. Куропаткин. – М. : Высшая школа, 1973. - 523 с.
13. Олссон Г., Пиани Д. Цифровые системы автоматизации и управления. – СПб: Невский Диалект, 2001. – 557 с.
14. Гордов, А.Н. Основы температурных измерений/ А.Н. Гордов О.М. Жагулло, А.Г. Иванова. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 304 с.

15. Опадчий, Ю.Ф. Аналоговая и цифровая схемотехника (Полный курс): учебник для вузов / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров; под ред. О.П. Глудкина. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2000. – 768 с.

16. Основи технічної електроніки: підручник в 2 т. Т. 2. Схемотехніка / В.І. Бойко, В.Я. Жуйков, А.А. Зорі, В.М. Співак, Т.О. Терещенко. – К.: Вища шк., 2007 – 512 с.

17. Температурные измерения. Справочник / О.А. Геращенко, А.Н. Гордов, А.К. Еремина, и др.; Отв. Ред. Геращенко О.А.; АН УССР. Ин-т проблем энергосбережения. – Киев : Наука. Думка, 1989.– 704 с.

18. Хоровиц, П. Искусство схемотехники: монография / П. Хоровиц, У. Хилл; пер. с англ. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: БИНОМ, 2009. – 704 с.