

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри КН

_____ Довбиш А. С.
_____ 2020 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

на тему: «**Автоматизація процесу теплопостачання**»

(Дипломний проект)

Керівник проекту

к. т. н., доцент

Журба В. О.

Дипломник

студент гр. СУдн-61П

Мельник Н. І.

РЕФЕРАТ

Мельник Н. І. Автоматизація процесу теплопостачання. Дипломний проект. Сумський державний університет. Суми, 2020 рік.

Дипломний проект містить 50 аркуші пояснювальної записки, з урахуванням 25 малюнків, 9 таблиць; презентацію.

Проведено конструктивно - технологічний системи теплопостачання та розроблено функціональну схему автоматизації теплового пункту, який є елементом цієї системи. Керування тепло-забезпеченням реалізується на основі SCADA-технологій і технічних засобів автоматизації, що включають датчики, виконавчі пристрої, а також засоби сполучення для мікропроцесорних контролерів з ПК. Розглянута варіант побудови мереж передачі даних на комунікаційних модулях компанії ОВЕН

Ключові слова: технічні засоби автоматизації, розподілена система керування, тепловий пункт, теплотічильник, програмований логічний контролер, частотний перетворювач, SCADA-система.

SUMMARY

Melnyk N.I. Automation / Degree project. Sumy State University. Sumy, 2020.

This project contains 50 sheets of explanatory note, including 25 figures, 9 tables; presentation.

The constructive - technological system of heat supply is carried out and the functional scheme of automation of thermal station which is an element of this system is developed. Control of heat supply is realized on the basis of SCADA-technologies and technical means of automation, including sensors, executive devices, and also means of communication for microprocessor controllers with the personal computer. The variant of the structure of data transmission networks on the communication modules of the OWEN company is considered.

Keywords: technical means of automation, distributed control system, heat point, heat meter, programmable logic controller, frequency converter, SCADA-system.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук
Секція комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри комп'ютерних наук
А. С. Довбиш
“ “
2020 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

На тему: «Автоматизація процесу теплопостачання»

Керівник проекту
к. т. н., доцент

Журба В. О.

Дипломник
студент гр. СУдн-61П

Мельник Н. І.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ	5
1.1 Аналіз технологічної структури об'єкта керування.	5
1.2 Автоматизація теплового пункту	10
2 АНАЛІЗ КАНАЛІВ КЕРУВАННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ	21
2.1 Огляд можливих структур побудови автоматизації тепlopостачання	21
2.2 Автоматизація розподілених об'єктів керування	24
3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ	28
3.1 Вибір давачів	28
3.2 Вибір виконавчих механізмів	32
3.3 Вибір ПЛК	39
4. ПОБУДОВА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	44
ВИВОДИ	45
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	

					СУдн-61П 6.151.10.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Мельник Н.І			Автоматизація процесу Теплопостачання	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		Журба О.В.					2	46
<i>Реценз.</i>					Пояснювальна записка	СумДУ ЕЛІТ		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>		Дрозденко						

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

СЦТ -система централізованого теплопостачання

АСДУЦТ - автоматизована система диспетчерського управління централізованим теплопостачанням

АРМ - автоматизоване робоче місце

ВОТС–Вузел обліку тепло споживання

ТМ – теплові мережи

ГВП- гаряче водопостачання

ТП- тепловий пункт

ОК – об'єкт керування.

ЦДП –центральний диспетчерський пункт.

ПЛК – програмований логічний контролер.

SCADA-(Supervisory Control And Data Acquisition) Програмний засіб.

ПЗО - пристрій зв'язку з об'єктом.

ЛОМ - локальні обчислювальні мережи

ВСТУП

Однією з основних причин низької ефективності та економічності багатьох систем централізованого теплопостачання (СЦТ) є практично повна відсутність сучасних засобів автоматизації регулювання та розподілу теплоносіїв у теплових пунктах (ТП).

Існуючі системи автоматизації ТП розраховуються на максимальні витрати у взаємопов'язаних системах гарячого водопостачання (ГВП) і опалення. Це не дозволяє раціонально використовувати теплову енергію в інших режимах. Самі засоби автоматизації також не здатні забезпечити постійну підтримку необхідних параметрів. Наприклад, регулювання навантаження гарячого водопостачання тільки по температурі гарячої води, викликає порушення роботи системи опалення і завищену температуру зворотної води в тепловій мережі. Навпаки, підтримка постійної витрати води з мережі для системи опалення викликає значні порушення опалення в досить типових умовах роботи СЦТ.

Прагнення скоротити витрати води теплової мережі призвело до появи нових схем приєднання навантажень гарячого водопостачання в ТП і нових методів регулювання відпуску тепла. Це значно ускладнило теплові та гідравлічні режими теплофікаційних систем. В даний час доволі часто в ТП застосовується двоступенева змішана схема приєднання підігрівачів гарячого водопостачання при обмеженні витрати мережної води. Перевагою схеми є зменшення розрахункових витрат мережної води і відсутність перетопів в перехідний період опалювального сезону. Проте, обмеженість доступу до методик розрахунку теплових і гідравлічних режимів ТП обмежує розробку систем оптимального керування режимами ТП. Внаслідок цього обмежується використання переваги різних схем, оскільки навантаження опалення і гаряче водопостачання (ГВП) жорстко пов'язані між собою, хоч і працюють у різних режимах.

У міру вдосконалення існуючих методик розрахунку змінних режимів ТП з двоступеневою змішаною схемою приєднання підігрівачів проводиться комп'ютеризація керування СЦТ на етапах проектування. Це дозволить забезпечити регулювання раніше некерованих параметрів теплоносіїв при різних порушеннях режимів в джерелах теплоти ТП, а значить підвищити ефективність роботи СЦТ.

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		3

Інструментом використання прогресивних методів енергозбереження в практику є впровадження сучасних мікропроцесорних систем керування. Саме мікропроцесорні системи передбачають інтеграцію сучасних засобів автоматизації в існуюче обладнання. Відповідно, взаємодія між концепціями розбудови теплопостачання та наявного рівня технічних засобів приводить до необхідності змін організаційних принципів побудови теплопостачання [1].

Сказане стосується не тільки модернізації обладнання теплопостачання, але й структур побудови системи керування. Автоматизація індивідуальних теплових пунктів (ІТП) призводить до варіантів використання розподілених систем керування, відповідно змінюючи апаратно-програмне забезпечення ІТП.

При цьому всі ідеї модернізації повинні підпорядковуватись не тільки головному завданню теплозбереження (теплоносії), але й зменшенню витрат на воду, сервісні потреби, витрат на електроенергію.

При використанні сучасних засобів автоматизації не зникає проблема забезпечення надійності функціонування обладнання. Тому додатковим завданням систем керування теплопостачанням є моніторинг стану працюючого обладнання.

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		4

1 КОНСТРУКТИВНО - ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

1.1 Аналіз технологічної структури об'єкта керування

Теплова мережа (ТМ) являє собою теплопроводи, що складаються із сполучених сталевих труб, захищених тепловою ізоляцією [2]. Функціонування ТМ забезпечують запірно-регулювальна арматура, насосні підстанції. Обслуговуюче обладнання: авторегулятори, компенсатори теплових подовжень, дренажні і повітряно-спускні пристрої, камер обслуговування полегшують експлуатацію ТМ.

Призначення ТМ полягає в надійному та безперебійному транспортуванні теплоносія при мінімальних втратах тепла й води. Ефективне використання теплоносія здійснюється шляхом зміни параметрів і витрати гріючого теплоносія і залежить від способів і схем приєднання користувачів тепла до ТМ. Сукупність технічних пристроїв, що забезпечують реалізацію різних способів і схем приєднання тепловикористовуючих установок, утворює тепловий пункт (ТП).

У ТП в загальному випадку здійснюються:

- перетворення параметрів теплоносія;
- розподіл витрат теплоносія по системам споживання теплоти;
- регулювання відпущеної теплоти системам опалення;
- регулювання параметрів води на гаряче і холодне водопостачання;
- заповнення, підживлення систем, що споживають тепло;
- акумуляування гарячої води, підготовка для систем гарячого водопостачання;
- захист систем споживання теплоти від спорожнення та аварійного підвищення параметрів теплоносія;
- контроль параметрів теплоносіїв (місцевий, дистанційний з диспетчерського пункту);
- облік витрат теплоти, теплоносія.

Зазвичай магістральні ТМ виконують здебільше двохтрубними. Вони складаються *подаючого* та *звертаючого* теплопроводів для водяних мереж і паропроводу з конденсатопроводів для парових мереж. (Рис.1)

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		5

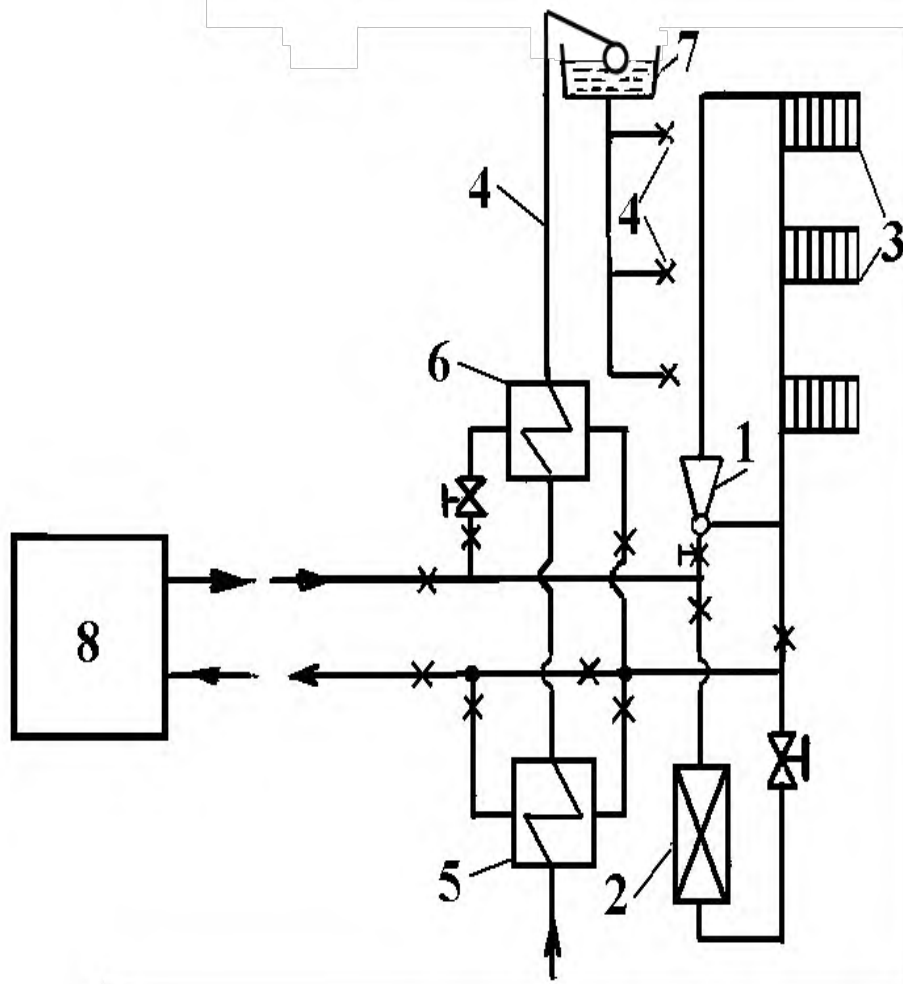


Рис. 1. – Принципова схема закритої двотрубної системи теплопостачання 1 елеватор; 2 калорифер; 3 - система опалення; 4 система ГВП; 5 - водопідігрівач першого ступеня; 6 - водопідігрівач другого ступеня; 7 - бак-акумулятор гарячої води; 8- джерело теплопостачання

З ТЕЦ або котельні гаряча вода прямує в двотрубну водяну мережу з температурою 70-150 °С в залежності від зовнішньої температури. На абонентському введенні частина мережевої води спрямовується в елеватор 1, а з нього в систему опалення 3. Із системи опалення охолоджена вода надходить у зворотну трубу тепломережі.

В елеваторі 1 відбувається змішання мережевої води зі зворотньою водою системи опалення, внаслідок чого мережева вода попередньо охолоджується до необхідної температури.

Водострумний елеватор 1 здійснює рециркуляцію зворотньої води, створюючи тиск, необхідний для подолання гідравлічного опору місцевої системи опалення. Для нагріву зовнішнього повітря, що подається припливною вентиляцією будівлі, мережева вода надходить безпосередньо в калорифер 2. Водопровідна

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		6

вода, що йде на гаряче водопостачання, спочатку нагрівається в підігрівачі 5 за рахунок зворотної води опалення, потім в підігрівачі 6 за рахунок гарячої мережної води. На введенні встановлюється необхідна запірно-регулювальна арматура. Для автоматичного регулювання параметрів використовуються:

терморегулятор води, що надходить в систему гарячого водопостачання 4;

терморегулятор повітря, що підігрівається в калорифері припливної вентиляції, регулятор подачі тепла в систему опалення.

Кожна система споживача може бути виключена для ремонту двома засувками. Для відключення абонентського вводу від ТМ також є дві засувки. Для спуску води і промивання кожна місцева система має зв'язок з каналізацією і водопроводом.

Зворотна вода від вводів абонентів повертається до джерела теплопостачання з температурою 40-70 °С в залежності від температури зовнішнього повітря. При вході в джерело теплопостачання зворотна вода проходить через грязьовик, поповнюється підживлюючою водою за допомогою насоса і автомата підживлення. Далі вона надходить в мережевий насос, який здійснює циркуляцію теплоносія у всій теплопостачальній системі. Від мережевого насосу вода надходить в водогрійний котел або водопідігрівач, де знову підігрівається до потрібної температури і направляється у ТМ. Підживлююча вода для теплової мережі проходить водопідготовку, яка повинна забезпечити відсутність накипу, корозії та відкладень у всіх ланках теплопостачальної системи.

Мережі діляться на магістральні (Ф 600-1400 мм і більше), розподільні (квартальні Ф 300-600 мм) і дворові (Ф менше 300 мм). Стійкість роботи мереж забезпечується гідравлічною і температурною ізоляцією. Ізоляція здійснюється завдяки спорудженню водопідігрівачів або змішувальних насосних підстанцій, а також контрольно-розподільних пунктів (КРП).

Схема ТМ визначається розміщенням ТЕЦ або районної котельні серед теплоспоживачів, характером теплового споживання і видом теплоносія.

Розрізняють радіальні і кільцеві ТМ. Найчастіше застосовують радіальні мережі, які характеризуються поступовим зменшенням діаметру по мірі віддалення від джерела теплопостачання та зниження теплового навантаження. Такі мережі

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		7

найбільш прості і вимагають найменших капітальних витрат. Недоліком радіальних мереж є відсутність резервування.

Оснащення радіальних мереж перемичками означає частковий перехід до кільцевих мереж. Кільцювання мереж значно здорожує мережи, але в великих системах теплопостачання значно підвищує надійність теплопостачання, створює можливість резервування і підвищує якість цивільної оборони. Кільцювання промислових ТМ іноді є обов'язковим при постачанні тепла споживачам, що не терплять перерв в подаванні теплоносія, як правило, для технологічних потреб.

Від джерела теплопостачання на території міста ТМ окремо для промислових підприємств, як правило, не прокладають, а використовують загальні мережі, що забезпечують теплом житлові, громадські та промислові будівлі.

Для можливості спорожнення трубопроводів і дренажу, магістралі виконують з ухилом. Для здійснення дренажу в нижніх точках трубопроводів влаштовуються дренажні спуски. У вищих точках передбачають пристрої для випуску повітря. На спускники води або повітря встановлюють по одному вентилю або засувці. Запірну арматуру монтують на довгих водяних транзитних магістралях для секціонування на окремі ділянки.

Секціонування водяних мереж зменшує втрати води при аваріях. Крім цього, запірну арматуру влаштовують на всіх відгалуженнях в точках приєднання до магістралей і на всіх відгалуженнях до окремих великих будівель, як житлових, так і промислових. Запірна арматура на початку відгалуження до абонентів дублюється встановленням засувок на абонентських пунктах.

У системах централізованого теплопостачання, крім центрального регулювання відпуску тепла (в котельні, на ТЕЦ) та індивідуального регулювання безпосередньо в опалювальних приміщеннях є, або повинні створюватися проміжні ступені автоматичного керування. До проміжних ступенів керування можна віднести районне, групове, місцеве і позонне (пофасадне) регулювання.

Робота всіх ступенів підпорядкована вирішенню спільної справи - забезпечення високої якості, економічності і надійності теплопостачання. Кожна із ступенів виконує свої специфічні, відмінні від інших функції.

Основні фактори, що викликають необхідність проміжних ступенів керування:

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		8

- невідповідність вимог до режиму функціонування теплового джерела, теплових мереж і систем теплоспоживання;
- неоднородний характер і режим теплоспоживання;
- невідповідність статичних характеристик систем опалення режиму центрального регулювання витрат теплоти;
- неоднакові динамічні характеристики опалювальних будівель, абонентських систем опалення та ділянок теплової мережі до даного споживача;
- неоднакові величини зовнішніх збурень;
- вплив збурень на регулюючу величину (температуру і витрата теплоносія), що діють між джерелом теплоти і даної щаблем управління.

Вплив цих факторів призводить до невідповідності між значеннями параметрів, що встановлюються на джерелі теплової енергії (ТЕЦ, районна котельня) і тими значеннями, які необхідно підтримувати в місці знаходження даного ступеня керування. У зв'язку з цим функціональні завдання, які вирішуються кожної з проміжних ступенів, полягають, перш за все, в коригуванні режимів відпуску тепла, що встановлюються попередніми ступенями, з урахуванням особливостей об'єкта, охопленого даним ступенем.

Перераховані фактори відносяться до всіх проміжних ступенів автоматичного керування. Різниця полягає в тому, що чим більше ступінь, тим більшу зону теплоспоживання вона охоплює. Так, групове регулювання (в ЦТП) забезпечує коригування режиму центрального регулювання відпуску тепла для груп будинків, місцеве регулювання (в ІТП) - окремої будівлі. Очевидно, чим ближче ступінь регулювання до об'єкта, тим більше можливості обліку його індивідуальних особливостей.

У максимальному ступені це досягається, коли система автоматичного керування теплопостачанням включає в себе кінцеву ступінь - індивідуальне автоматичне регулювання тепловіддачі опалювальних приладів.

Вибір раціонального комплексу ступенів регулювання відпуску теплоти виробляється в залежності від структури розподільних ТМ, наявності пофасадного поділу системи опалення будівлі та засобів індивідуального регулювання в приміщеннях. Зазначені структури мереж відрізняються числом трубопроводів і розміщенням водонагрівачів або змішувальних пристроїв гарячого водопостачання.

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		9

Технічні рішення по автоматизації регулювання відпуску теплоти в різних ступенях керування устаткуванням і захисту ТМ, а також споживачів, пов'язані з автоматизацією ТП, *насосних станцій та захистом ТМ*.

Для ступеня центрального регулювання раціональний режим відпуску теплоти вибирають з урахуванням типу джерела тепла, виду теплового навантаження та рівня охоплення ТП автоматизацією відпуску теплоти (суцільний, частковий).

З метою економії ресурсів в джерелах теплоти широко застосовують центральне регулювання за скоригованим графіком температур. При цьому в ТП вибирають таку схему приєднання водонагрівача гарячого водопостачання, щоб забезпечити роботу установок опалення і гарячого водопостачання по режиму *пов'язаного* регулювання. Тоді сумарне теплове навантаження ТП вирівнюється за рахунок теплоаккумуляуючої здатності опалювальних будівельних конструкцій. При зазначених режимах комплексна автоматизація систем теплопостачання забезпечує істотне зниження розрахункової витрати мережної води в магістральних ТМ і, отже, зменшення діаметрів трубопроводів мереж.

1.2 Автоматизація теплового пункту.

Одним з головних елементів системи централізованого теплопостачання є ТП (центральний або індивідуальний), в якому здійснюється зв'язок між ТМ і споживачами теплової енергії.

ТП виконує прийом теплоносія, його перетворення, розподіл між споживачами, здійснює облік теплоспоживання, автоматично забезпечуючи при цьому [3]:

- необхідні параметри теплоносія в системах опалення та вентиляції;
- температуру води в системах ГВС;
- узгодження і стабілізацію гідравлічних режимів в ТМ і в системах теплоспоживання.

Всі ці завдання реалізуються за рахунок автоматизації ТП. Мета автоматизації систем теплопостачання полягає в найбільш ефективному вирішенні завдань окремими її ланками без безпосереднього втручання людини.

Завдання автоматизації ЦТП полягають у наступному:

- регулювання відпустки теплоти на опалення будівель;

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		10

- регулювання температури води на гаряче водопостачання;
- регулювання перепаду тиску мережної води на вході в ЦТП при наявності надлишкового напору в теплової мережі;
- обмеження максимальної витрати мережевої води на ЦТП для усунення можливості розрегулювання ТМ. Задоволення без обмежень максимальної потреби у витраті води споживачів на головних ділянках ТМ може привести до недодачі теплоти на кінцевих ділянках мережі;
- регулювання перепаду тиску води в розподільчих ТМ опалення - при змінній витраті води в приєднаних до цих мереж системах опалення та вентиляції;
- регулювання тиску (підпору) в зворотному трубопроводі від систем опалення - в ЦТП з залежним приєднанням систем опалення при необхідності індивідуального захисту їх від спорожнення.

Регулювання відпуску теплоти в ступенях може здійснюватися із застосуванням таких автоматичних систем:

- регулювання температури води на опалення, в залежності від метеорологічних параметрів (температури зовнішнього повітря) по заданому температурному графіку (регулювання «по збуренню»);
- регулювання температури повітря в приміщеннях (регулювання «по відхиленню»);
- комбінованого регулювання «по збуренню» і «по відхиленню», що може здійснюватися як одним ступенем, так і поєднанням двох ступенів в різних ланках системи теплопостачання: одна - «по збуренню», інша - «по відхиленню».

Для вирішення зазначених завдань ТП оснащуються обладнанням (водонагрівачами, змішувальними пристроями, насосами), запірно-регулюючою арматурою, пристроями електроживлення і електрокерування, приладами контролю, регулювання, керування і обліку. (Рис.2)

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		11

лення. Для місцевого контролю тиску і температури теплоносія встановлені технічні манометри і термометри. Витрата теплоносія визначається за допомогою водоміра. При безпосередньому приєднанні системи опалення схема автоматизації аналогічна тій, що розглянута.

Якщо статичний тиск в системі опалення вище статичного тиску теплової мережі, то для запобігання випорожнення системи і захисту мережі від підвищення тиску на зворотному трубопроводі встановлюють регулятор тиску. Так, в системі автоматизованого теплового вузла із захистом системи від спорожнення, сталість витрати теплоносія забезпечується регулятором витрати прямої дії, що встановлюється на подаючому трубопроводі. Захист від спорожнення здійснюється регулятором тиску прямої дії спільно з блокувальним реле (на рис.3 показаний пунктиром).

При необхідності захисту теплового вузла від підвищеного тиску встановлюється регулятор витрати прямої дії спільно з блокувальним реле в прямому трубопроводі ТМ. При підвищенні тиску в подаючому трубопроводі спрацьовує блокувальне реле і закривається засувка. У нормальному режимі регулятор підтримує постійну витрату теплоносія, що надходить в систему опалення.

При роботі з недостатнім напором використовується схема теплових ввідів з насосним підмішуванням (на рис.3 показана пунктиром). В цьому випадку постійний тиск теплоносіїв в прямій і зворотній лініях підтримується регуляторами тиску прямої дії. Вода з зворотної лінії підтримується насосом 4, насос 5 є резервним.

1.2.2 Вузол обліку теплоспоживання (II)

Вузол обліку теплоспоживання (ВОТС) входить до складу теплового пункту, але розробляється в окремій частині проекту. Проект ВОТС виконується відповідно до вимог «Правил обліку теплової енергії і теплоносія».

У загальному випадку поточна витрата тепла Q (кДж) визначається наступним чином:

$$Q = qC (t1 - t2), \quad (1)$$

де q - витрата теплоносія на об'єкт тепlopостачання, кг; C - теплоємність теплоносія, кДж / кгК; $t1$ - температура теплоносія в трубопроводі, що подає, град. К ; $t2$ - температура теплоносія в зворотному трубопроводі, град. К.

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		14

Теплолічильник являє собою пристрій, що вимірює витрату теплоносія і температуру на вході та виході об'єкта теплопостачання. Сигнали від первинних давачів оцифровуються і потім обробляються обчислювальним пристроєм відповідно до закладеного алгоритму.

З огляду наявних на ринку теплолічильників, можна відзначити, що основною їх відмінністю є метод вимірювання витрат теплоносія. Витрата і кількість води в системах ТМ вимірюють витратомірами змінного перепаду тиску, електромагнітними (індукційними) та ультразвуковими витратомірами, а також швидкісними лічильниками. Останні вимірюють масу або об'єм води, що пройшла через прилад в одиницю часу (витрата) або за який-небудь проміжок часу (година, доба).

У витратомірах змінного перепаду тиску вимірювання витрати засноване на залежності перепаду тиску в пристрої звуження потоку, що встановлюється на трубопроводі вимірюваного середовища. До комплекту постачання цих витратомірів входять звужувачі потоку (нормалізована діафрагма), диференційний манометр, з'єднувальні трубки з зрівняльними судинами, вентилі і вторинний прилад.

Основні дані та методику розрахунку діафрагм, їх монтаж спільно з діфманометрами регламентують діючими стандартами. Випускають діафрагми камерні типу ДКС - для трубопроводів з Ду - 50 .. 500 мм і тиском до 10 МПа і діафрагми безкамерні типу ДВС - з Ду - 300 ... 600 мм і тиском до 4 МПа. Як дифманометрів застосовують поплавкові типу ДП, сильфонні типу ДС, мембранні типу ДМ-3583М, ДМ-ЕР, перетворювачі Сапфір-22М-ДД.

Швидкісні лічильники (водоміри) розрізняють за типом чутливого елемента (крильчасті, турбінні), температурі вимірюваної води (холодна, гаряча), наявності пристрою для дистанційної передачі показань. Турбінні витратоміри відрізняються своєю простотою конструкції, малою інерційністю та достатнім діапазоном вимірювань. Суттєвим недоліком, як турбінних, так і крильчастих перетворювачів є наявність механічних елементів, що знижують надійність пристрою. Крім того, внаслідок місцевих гідравлічних опорів з'являються додаткові похибки вимірювань.

Вибір теплолічильника в першу чергу залежить діапазону вимірюваних витрат, тобто діаметром трубопроводу, а по друге здатністю інтегруватися до систем керування.

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		15

Маючи експериментальні дані по випробуванню теплотічильника УВР-Т (Енергоучет, ЧАТ, Харків) [5], можемо зазначити головні переваги ультразвукових теплотічильників: це відсутність гідравлічного опору для теплоносія (на відміну від крильчатих), а також надійність та заводостійкість. Особливо важливо те, що на вимірювання не впливає висока температура теплоносія.

Система вимірювань кількості теплової енергії представлена на рис.4

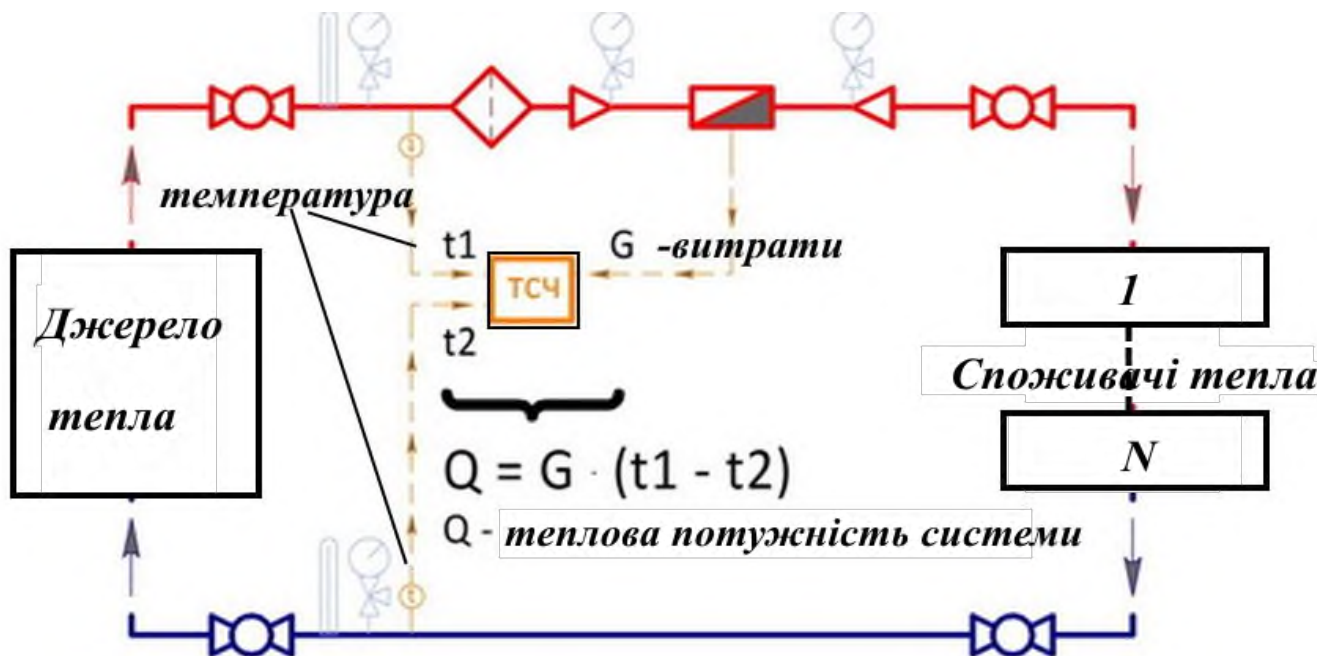


Рис. 4 Вимірювання кількості теплової енергії теплотічильником

Загальний вигляд тепловодолічильника УВР-ТМ2 із комплектуєчими показано на рис. 5.

Тепловодолічильник УВР-ТМ2 може використовуватися в закритих системах тепlopостачання комунального господарства.

Головним елементом приладу є електронний блок БЕ, який у разі комплектування окремим блоком живлення та зв'язку може забезпечити передачу даних на відстані до 1200 м. Ця перевага дозволяє організувати обмін інформацією між теплотічильником та ПК через послідовний інтерфейс RS-232.



Рис. 5 Загальний вигляд тепловодолічильника УБР-ТМ2

1.2.3 Вузол узгодження тисків

Вузол узгодження тисків призначається для забезпечення роботи всіх елементів ТП, систем теплоспоживання, а також ТМ в стабільному і безаварійному гідравлічному режимі.

Устаткування вузла дозволяє:

- підтримувати постійні перепади тисків теплоносія на робочих механізмах регулюючих пристроїв систем теплоспоживання;
- забезпечувати тиск теплоносія в трубопроводі в межах, допустимих для елементів систем і самого ТП;
- гарантувати заповнення систем теплоносієм і захищати їх від спорожнення;
- забезпечувати невискипання перегрітого теплоносія в верхніх точках систем теплоспоживання;
- при необхідності обмежувати граничний витрата теплоносія;
- здійснювати автоматичну гідравлічну балансування ТМ.

Такі завдання вимагають застосування додаткових пристроїв: підкачувальних насосів, регуляторів підпору, автоматичних відсікаючих клапанів та ін. Крім того, відомі методи захисту теплоспоживання від несприятливих гідравлічних режимів

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		17

роботи ТМ та прилади найвідоміших виробників не цілком надійні та не виключають їх безаварійну роботу. Уникнути застосування таких пристроїв в подібних ситуаціях можна за рахунок переходу на незалежну схему приєднання систем теплоспоживання до ТМ.

Підтримка постійних перепадів тисків на регулюючих клапанах систем теплоспоживання в даний час є обов'язковою умовою для стабілізації гідравлічних режимів у зовнішніх ТМ і гарантує ефективну роботу регулюючих пристроїв в системах теплоспоживання будівель.

У сучасній практиці регулятори перепаду тиску, як правило, встановлюються на групу тепловикористовуючих систем в загальному вузлі узгодження тиску. Зазвичай передбачається єдиний регулятор перед системою опалення, ГВП та вузлом перетворення теплоносія для систем вентиляції.

У схемі автоматизації вузла узгодження тисків, представленої на рис. 6, заповнення системи і захист її від спорожнення здійснюються регулятором тиску "до себе" 1 і регулятором тиску 2 "після себе". Для захисту нагрівальних приладів місцевих систем від можливого руйнування внаслідок впливу підвищеного тиску, використовується насос 3. керування роботою насоса 3, встановленого в зворотній лінії, дозволяє знижувати або підвищувати тиск в системі, в залежності від необхідного режиму. За допомогою регулятора тиску 1 підтримується постійний тиск.

При аварійній зупинці насоса 3 по імпульсу підвищення тиску в зворотній лінії закриваються регулятор тиску 2 на лінії подачі та регулятор 1, чим забезпечується відключення місцевих систем від ТМ.

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		18

Параметр	Значення	Кількість точок	Вид
Тиск з теплової мережі (подача)	0-10bar	2	Вхідний аналоговий
Тиск в теплову мережу (обрат.)	0-10bar	2	Вхідний аналоговий
Витрата носія (подача)	0-2000м ³ /час	1	Вхідний аналоговий
Витрата носія (обрат.)	0-2000м ³ /час	1	Вхідний аналоговий
Температура носія (подача)	0+150°C±0,5 %	2	Вхідний аналоговий
Температура носія (обрат.)	0+150°C±0,5 %	2	Вхідний аналоговий
Тиск (подача) з теплової мережі абонентам	0-10bar	2	Вхідний аналоговий
Тиск в теплову мережу (обрат.) від абонентів	0-10bar	2	Вхідний аналоговий
Керування клапаном витрати	0-100%	1	Вихідний аналоговий
Керування клапаном тиску	0-100%	1	Вихідний аналоговий
Обчислювач (подача)	0-10Гкал	1	Вхідний аналоговий
Обчислювач (обрат.)	0-10Гкал	1	Вхідний аналоговий
Керування клапаном тиску вирівнювача (подача) абонентам	0-100%	2	Вихідний аналоговий
Керування клапаном вирівнювача від абонентів	0-100%	4	Вихідний аналоговий
Керування аварійним клапаном	Вкл/выкл	4	Вихідний позиційний
Керування клапаном циркуляції (аварія)	Вкл/выкл	1	Вихідний позиційний
Керування насосом підкачки	0-3000об/мин	1	Вихідний аналоговий

Керування засобами автоматизації ТП здійснюється дистанційно по каналах зв'язку з використанням пульта керування та мнемосхеми, розташованих в ЦДП АСДУЦТ.

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		20

2 АНАЛІЗ КАНАЛІВ КЕРУВАННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ БЛОКУВАННЯ

2.1 Аналіз структури побудови АСДУЦТ.

Сучасне централізоване теплопостачання вимагає безперервного втручання людини для регулювання роботи устаткування теплових мереж і абонентських вводів з головного поста управління.

Моніторинг функціонування мережи базується на автоматичному передаванні інформації з підстанцій, контрольно-розподільних ТП в ЦДП [6]. З цією метою у всіх характерних пунктах ТМ розміщуються автоматичні прилади (контролери) з видачею електричних сигналів від давачів про параметри мережи, стан електрообладнання та про положення запірно-регулюючої арматури.

Керування в АСДУЦТ це процес вибору рішення найкращого варіанту керуючого впливу із безлічі можливих альтернатив. При цьому окремі альтернативи є різного роду перемиканнями в ТМ, насосних станціях, центральних або індивідуальних ТП, що здійснюються персоналом районів і служб ТМ. При цьому проходить перебудова технологічної схеми або структури в системи ЦТ, чим досягається необхідна зміна теплового і гідравлічного режимів роботи ланок ЦТ. Якщо вибір варіантів досягнення мети керування практично не піддається формалізації, то після того, як цей вибір зроблено диспетчером, вирішення конкретних завдань в рамках перерахованих функцій може бути формалізована і реалізована автоматично із застосуванням певних методів.

Для вирішення завдань діагностики і виявлення аварій найбільш ефективні методи розпізнавання образів і виявлення стохастичних сигналів. Завдання про локалізацію аварійних ситуацій і способи їх ліквідації - типовий клас задач про вибір варіантів з добре формалізованих критерієм порівняння.

При цьому повинні бути розроблені програми перемикань і алгоритми управління з урахуванням реальних умов, що впливають на вибір режиму. Найбільш складними задачами, що важко формалізуються, є контроль і ведення обраних режимів при взаємодії диспетчера з АСДУЦТ. Тут може виникати безліч непередбачених обставин, що порушують режими всієї системи в цілому або окремих її частин. Труднощі виявлення причин порушення режимів і вибору найкращих альтернатив змушують вдаватися до експертних методів і ситуаційного керування.

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		21

Найважливішою особливістю АСДУЦТ є розвинена система телемеханіки, інформація з якої через засоби зв'язку вводиться в ПК. Засоби алгоритмічної підтримки об'єднані по методам, що використовуються в в три основні блоки:

блок експертної системи (БЕС), де вирішуються всі завдання формалізації;

блок математичного моделювання (БММ); блок критеріальних розрахунків (БКР), в яких вирішуються всі формалізовані завдання.

Варіант структури АСДУЦТ теплопостачання міста показаний на рис. 7. Теплопостачання здійснюється від ТЕЦ і від котельень підприємств міста. На рис. 7 стрілками показані інформаційні зв'язку між диспетчерськими пунктами (ДП) і об'єктами керування. Залежно від розмірів і конфігурації міста, протяжності мереж, складності технологічного процесу, кількості об'єктів і їх територіального розташування, диспетчерські служби ТМ можуть мати одноступеневу (з одним ДП) або двоступеневу структуру (з ЦДП і декількома районними диспетчерськими пунктами РДП).

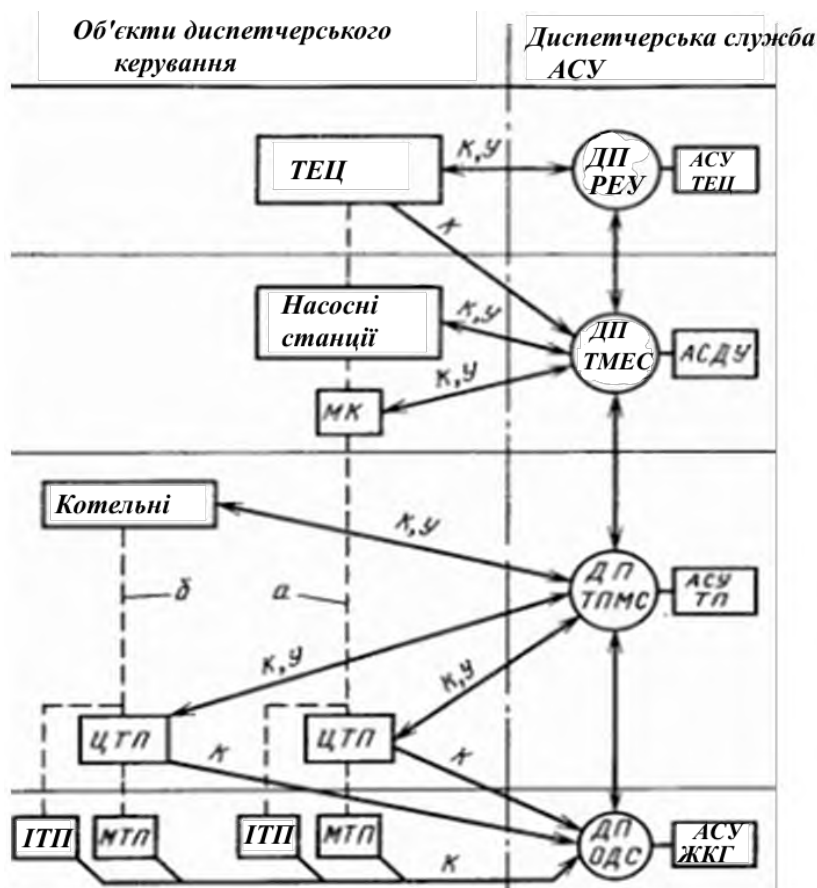


Рис.7. Інформаційно-функціональні зв'язки АСДУ

РЕУ - районо енергоуправління; ТМЕС - теплові мережи енергосистеми; ТПМС - енергетичні підприємства міста; ОДС – об'єднана диспетчерська служба ЖКГ; МК - магістральні камери; К - контроль; У - управління, ЦТП - центральні ТП; МТП - місцеві ТП; ІТП - індивідуальні ТП.

АСДЦУ складається з двох рівнів [7]. На верхньому рівні розміщується робоча станція диспетчера (АРМ0, на нижньому рівні – ТП. Нижній, «польовий рівень», реалізує систему збору інформації та автоматичного регулювання процесів теплопостачання.

Структурна схема організації каналів збору даних і каналів керування об'єктом наведена на рис 8.



Рис.8. Структура АСДЦУ.

АСДЦУ виконує наступні функції:

- регулювання процесу теплопостачання в залежності від температури зовнішнього повітря;
- забезпечення програмного регулювання ГВП, що враховує зниження температури гарячої води в нічні години та підвищення температури в час максимального навантаження;
- керування режимами теплоспоживання з АРМ диспетчера;
- відображення на операторській панелі миттєвих значень тиску теплоносія, його температури та витрат, а також значень поточного і сумарного теплоспоживання;
- запобігання аварійних станів, відключення обладнання у разі аварій;
- архівація течії процесу, протоколювання подій аналіз трендів.

Способи передачі даних можуть мати різну природу (проводні виділені лінії, оптоволоконні або радіоканали), але спільним є *протокол обміну* - стандартом де-факто для обчислювальних мереж став протокол TCP / IP (Transmission Control Protocol/ Internet Protocol). Продукт складається із набору комунікаційних протоколів, що використовуються для зв'язку між вузлами в мережі інтернет і локальних обчислюваних мереж (ЛОМ).

Метою використання АСДЦУ є комплексна реалізація завдань, що сформульовані раніше:

- підвищення якості теплопостачання споживачам, яка враховує зміни навколишньої температури;
- зниження втрат тепла за рахунок програмного керування режимами постачання.

2.2 Автоматизація розподіленої системи теплопостачання.

Для вирішення завдань, сформульованих в 2.1, необхідні технічні засоби забезпечення оперативного контролю і завдання необхідних режимів роботи ОК. Рівень потрібного технічного забезпечення засобів зв'язку визначається ступенем розвитку системи, та завдань, що вона вирішує. Форми оперативного обслуговування, від яких залежить безвідмовність функціонування, залежать від територіального розташування елементів системи. Обсяги даних, перелік сигналів, що передаються між складовими системи, визначаються характером завдань моніторингу, діагностики і керування.

Використання уніфікованих рішень, наприклад стандарту МЕК-870-5-1, в яких нормуються не тільки технічні вимоги та умови експлуатації, але також формати даних і протоколи передачі телемеханічних повідомлень, дозволяє скоротити терміни розробки і підвищити надійність системи.

У складі територіально розподілених систем виокремлюється підсистема телемеханічної мережи (ТММ), що формується сукупністю пристроїв телемеханіки. До ТММ входять канали зв'язку і протоколи(алгоритми) передачі повідомлень.

Загальна структура ТММ (радіальна) показана на рис.9, де ППУ - пристрій пункту управління, що підключається до АРМу диспетчера, а ПКП- пристрої контрольованих пунктів. ПКП забезпечують взаємодію з об'єктом (ПКП термінальне).

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		24

Зазвичай ПКП реалізується на базі ПЛК з набором модулів введення виведення (МВВ), які безпосередньо обмінюються сигналами з датчиками та виконавчими механізмами.

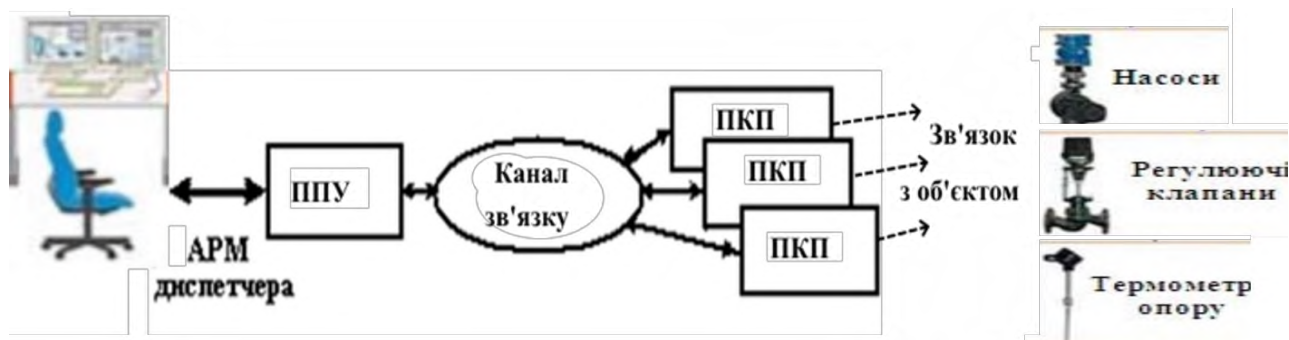


Рис. 9. Загальна структура телемеханічної мережі

Для автоматизації процесів диспетчеризації розподіленого ОК на АРМ диспетчера повинна виводитися карта району(мнемосхема), та технологічні схеми кожного ЦТП із зазначенням поточного стану обладнання.

Мінімізація часу реакції на нештатну чи аварійну ситуацію здійснюється при негайному інформуванні верхнього рівня системи.

При розбудові розподіленої системи керування, яка утворюється для просто-риво розподіленими елементами об'єкту керування широко використовуються різні промислові шини. Особливість структури системи теплопостачання, на відмінність від промислових шин, полягає в тому, що ПКП підключаються до ППУ протяжними каналами зв'язку. Відстань між ППУ та ПКП сягає кілометрів при різноманітних конфігураціях. При цьому відстань між окремими ПКП може бути також значною. При значних відстанях між елементами системи для забезпечення надійного зв'язку використовуються канали із вузькою смугою пропускання, що знижує швидкість передачі сигналу.

Реалізація системних функцій керування розподіленою системою здійснюється з допомогою прикладного програмного забезпечення (ПЗ). Оскільки складно знайти готові стандартні рішення по розбудові АРМ диспетчера, то це ПЗ розробляється інструментальними засобами SCADA системи, яка вибрана для проекту.

Відповідно, для підтримки роботи ТММ рівня АРМ диспетчера розробляється драйвер, написаний для конкретної SCADA, або використовується OPC сервер, призначений для тих SCADA, які підтримують OPC технологію [8].

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		25

Тим не менш організація протоколу обміну передбачає визначення принципів опису ТММ на рівні користувача:

- основних прикладних функцій;
- блоку даних, призначених для користувача. Він включає в себе ідентифікатор блоку даних та об'єкт інформації;
- вимог до змісту і форматів представлення елементів інформації.

На каналному рівні в стандартах визначаються процедури передачі повідомлень та формату кадрів повідомлень, що надсилаються. Згідно рис. 9 каналне опис ТММ повинен подаватися для трьох інтерфейсних рівнях:

АРМ диспетчера- ППУ, ППУ- ПКП, ПКП (частиною інтерфейсу) - контролер пристрій зв'язку з об'єктом (ПЗО). На кожному з цих інтерфейсних рівнів канали зв'язку можуть мати різні характеристики. Тому для кожного рівня може бути обраний найбільш відповідний формат кадру.

Фізичний рівень визначається типом зворотнього каналу зв'язку і тими стандартними пристроями, за допомогою яких він реалізується: блоки лінійних вузлів, модеми різного призначення радіостанції загальнопромислового призначення.

До складу технічних засобів, що формують фізичний рівень обміну інформацією, повинні включатися комунікаційні вузли. Ці вузли виконують функції маршрутизації, попередньої обробки повідомлень, проміжного зберігання та комутації повідомлень від інших вузлів. Такий об'єм задач можуть вирішувати комп'ютерні засоби, які мають достатній обчислювальний ресурс та відповідне ПЗ.

Аналіз ринку програмно-технічних засобів розподілених систем керування показує [9], що найбільшу популярність мають засоби фірм Honeywell (США), Yokogawa (Японія), Invensys (Великобританія), SiemensAG (Німеччина), Emerson (США). Проте, до цих фірм приєдналась група компаній «Текон», яка пропонує для реалізації розподілених систем контролери МФК1500. На базі цього потужного контролера будують крупномасштабні автоматизовані системи керування високого ступеня надійності.

Для менш потужних систем, наприклад, районного масштабу, можна використати контролер «ОВЕН ПЛК323» із вбудованим GSM/GPRS- модемом. ОВЕН ПЛК323 розроблено для вирішення задач диспетчеризації та обліку енергоресурсів

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		26

на розподілених об'єктах ЖКГ та промисловості.

Вагомою перевагою, як і контролера TDC3000 фірми Honeywell, є можливість його інтеграції з задачами побудови розподілених систем, які функціонують в архітектурах початкового впровадження та продовжують модернізуватись. Існуюча лінійка обладнання ОВЕН легко інтегрується із ПЛК323. Це дає змогу створювати комплексні систем моніторингу та керування, що можуть розширюватись.

Додатковою перевагою ПЛК323 є вбудований в його конструкцію веб-сервер, що дозволяє організувати канали зв'язу із будь якої відстані.

Програмування контролера ПЛК323 може здійснюватися на базі різних середовищ розробки ПЗ, наприклад, CODESYS v.3(компанія 3S-Software) або EnLogic. Саме середовище EnLogic дає можливість розробляти розподілені системи будь якої інформаційної ємності.

Поєднання платформи EnLogic та функціональних можливостей ПЛК323 створило базу для розробки SCADA-системи ЕНТЕК, яка використовується для комплексного вирішення завдань автоматизації електричних мереж.

					СУДН-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		27

3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ, СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА ЗАХИСТУ

Пристрої технологічної сигналізації інформують черговий персонал про стан устаткування ТП (в роботі, зупинено і т.п.), попереджають про наближення параметра до небезпечного значення, повідомляють про виникнення аварійного стану обладнання. Компоненти ІТП і, тим самим, всієї системи ТМ розраховані і підібрані на підставі номінального навантаження з певним запасом. У динамічних умовах роботи системи ТМ виникають пікові навантаження, які значно перевищують номінальні. Пікові навантаження в кращому випадку знижують економію і термін експлуатації компонентів, в гіршому - можуть викликати збій системи. Контролер ІТП допомагає уникнути пікових навантажень за допомогою функції обмеження потужності. Ця функція може працювати при наявності вузла обліку, з якого отримує відповідну інформацію. При виявленні граничного максимального навантаження контролер зменшує витрати тепла відповідно до встановленого обмеження.

3.1 Вибір давачів

Давачі вимірювання температури

Температура - найбільш важливий показник процесу постачання теплової енергії. Відповідно до завдань автоматизації процесу тепlopостачання система повинна забезпечувати вимірювання температури теплоносія в подаючому і зворотньому трубопроводі. Крім того, контроль перегріву підшипників насосів та електродвигунів також здійснюється шляхом вимірювання температури.

Найбільш поширені терморезистори, термоперетворювачі опору, напівпровідникові терморезистори, кремнієві (в тому числі і інтегральні) термодавачі. Для вимірювання температури теплоносія доцільно застосувати термоперетворювачі опору мідні типу ТСМ-6097. Також може бути застосований малогабаритний, малоінерційний терморезистор СТЗ-25, СТ-28, ТП-5, ПТР. Оскільки передбачається, що в ІТП обслуговуючий персонал, знаходиться рідко(нештатні ситуації), то з метою підвищення надійності апаратно-програмного комплексу, слід постійно контролювати температуру середовища в приміщенні насосній. Для цього можна використати термометр опору мідний типу ТСМ-8006. Цей терморезистор опору має наступні переваги:забезпечує точність вимірювання до 0,1 °С, з прийнятною лінійністю. Діапазон вимірювань від - 200 °С до + 600 °С, коефіцієнт перетворення $K_{пр} = 0.1$.

					СУДН-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		28

При цьому термометри опору вимагають деяких елементів сполучення для вводу в контролер, а також високоякісну лінію зв'язку.

При застосуванні будь-якого термодавача необхідно в комплекті з ним підключити проміжний перетворювач. Цей перетворювач необхідний для перетворення опору термодавача в уніфікований сигнал постійного струму 0 ... 5 мА або напруги 10В. Розглядаючи параметри проміжних перетворювачів, що є в наявності на ринку, скористайтесь нормуючим перетворювачем НПТ-3.00.1.2 Cu100 (0...100град) ОВЕН. Технічні характеристики перетворювача приведені у таблиці 2, з якої видно, що вони не відрізняються від інших, в той же час є прийнятними його вартісні показники.

Таблиця 2. Технічні характеристики перетворювача

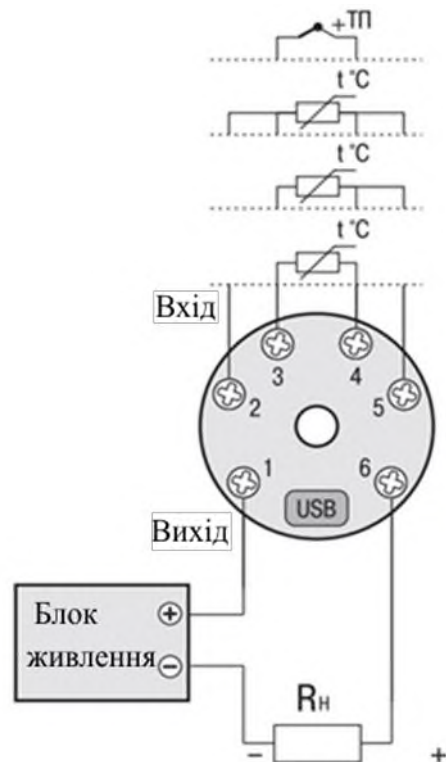
<i>Найменування</i>	<i>Значення</i>
Номинальне значення напруги живлення	24 В
Діапазон напруг живлення (постійного струму)	12 – 36 В
Діапазон вихідного струму перетворювача	4 – 20 мА
Нелінійність перетворення, не гірше	±0,2%
Розрядність ЦАП, не менше	12 біт
Опір лінії зв'язку з термоелектричним перетворювачем, Ом, не більше	100
Номинальне значення опору навантаження (при нарузі живлення 24 В)	125 Ом ±5 %
Час встановлення робочого режиму для перетворювача (попередній прогрів) після включення напруги живлення, не більше	30хв
Час встановлення вихідного сигналу після стрибкоподібної зміни вхідного, не більше	1 с
Габаритні розміри	Ø45 × 18 ± 1 мм
Маса, не більше	100 г

Перетворювач застосовується у вторинній апаратурі систем автоматичного контролю, регулювання та керування технологічними процесами в ЖКГ та інших інформаційно-вимірювальних комплексах.

Габаритні та установчі розміри перетворювачів передбачають розташування його всередині комунікаційної головки первинного давача. Зовнішній вигляд перетворювача НПТ-3.00.1.2 представлено на рис. 10 а), а на рис 10 б) зображена схема його підключення.



а)



б)

Рисунок 10 – Структурна схема перетворювача і схема підключення датчиків
 До складу перетворювача входить Ст - стабілізатор напруги, АЦП із універсальним вимірювальним входом; МК - мікроконтролер; вихідний ЦАП - цифро-аналоговий перетворювач.

Датчі тиску

Тиск - параметр, який характеризує умови протікання теплообмінних процесів на ТП. При виборі датчиків тиску також звертають увагу на наявність уніфікованого вихідного сигналу. Існує декілька різних типів датчиків:

- датчі тиску із мембранами (прогини мембрани перетворюються в зміни опору резистора або в зміну індуктивності обмоток вихідного перетворювача);
- датчі тиску із мембранами та п'єзоелементами (виникнення електричних зарядів на робочих гранях п'єзоелемента при впливі тиску на нього);
- датчі тиску з мембранами та тензометричними перетворювачами (тиск, прикладений до мембрани, перетворюється в зміну опору тензоелемента);
- ємнісні датчі тиску (тиск, прикладений до мембрани, перетворюється в зміну ємності).

Порівняльний аналіз датчиків тиску з різними принципами роботи показав, що

					СУДН-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		30

в системі вимірювання доцільно застосувати датчі ПД-100-ДІ. Датчі цього типу, зокрема моделі 111/171/181 мають вимірювальну мембрану із нержавіючої сталі AISI 316L, що забезпечує експлуатаційну надійність. Особливість цієї моделі полягає в стійкості до гідроударів. Сам сенсор виконаний за технологією КНК і являє собою тензорезистивний міст, що наноситься на монокристал кремнію методом дифузії. Електричний роз'єм датча відповідає стандарту EN175301-803 (DIN43650 А). Моделі 111, 171 і 181 застосовуються в системах холодного та гарячого водопостачання, а також теплопостачання.

В таблиці 3 приведені основні характеристики датча ПД-100-ДІ

Таблиця 3 Технічні характеристики датча ПД-100-ДІ

Основна приведена похибка:	0,5; 1,0%
Перетворення надлишкового тиску в уніфікований сигнал	4 ... 20 мА постійного струму
Верхня межа вимірюваного тиску	16 кПа ... 40 МПа
Перевантажувальна здатність:	не менше 200%
Ступінь захисту корпусу та електро-роз'єму датча:	IP65

На рисунку 11 зображена схема підключення датча до мікроконтролера (МК).

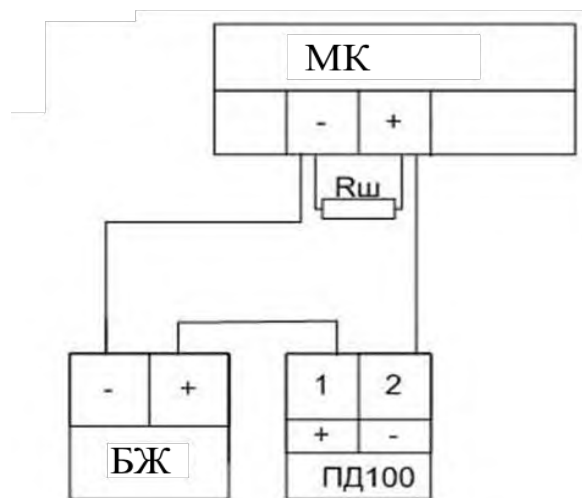


Рисунок 11 Схема підключення ПД-100-ДІ

Rш – шунтуючий резистор

3.2 Вибір виконавчих механізмів

Успіх вирішення завдань автоматизації теплопостачання залежить від типів електроприводу, що використовується при регулюванні потоків теплоносія та води. При цьому шляхом керування положення засувки здійснюється регулювання температури теплоносія, а керування процесами циркуляції в системі опалення – за допомогою циркуляційних насосів.

3.2.1 Керування засувкою

Регулювання потоків реалізується з допомогою електромеханічних пристроїв, що встановлюються на трубопроводах. Використання сучасних електроприводів, що прийшли на заміну застарілих механізмів МЕО, дозволяє суттєво зменшити електроспоживання. Керування електроприводами може здійснюватися вручну або дистанційно.

При керуванні електроприводом запірно-регулюючої арматури вирішуються наступні завдання:

- окрім відкриття/закриття перерізу трубопроводу, привод повинен забезпечити утримання запірного елемента в проміжному стані;
- захист двигуна від перевантажень та перегріву;
- сигналізація зупинки робочого органу у крайніх положеннях;
- стабілізація обертаючого моменту в необхідних межах.

Початковий вибір виконавчого механізму ґрунтується на можливостях утримки положення засувки при дії тиску потоку, а також тривалості режимів переміщення органу з одного стану в інший.

Порівняння параметрів електроприводу засувки різних виробників –Belimo, AUMO, OVEN, приводить до вибору пристрою керування та захисту OVEN ПКП1. Особливістю функціонування OVEN ПКП 1 є можливість відмовитися від кінцевих вимикачів, що зазвичай встановлюються в крайніх положеннях засувки. Це досягається шляхом контролю або:

- часу переміщення засувки та струму, що споживається двигуном (*ПКП1 T*);
- числа обертів валу та частоти імпульсів, що надходять із давача, встановленого на валу засувки (*ПКП1 I*).

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		32

Схема керування передбачає визначення положення засувки та керування електроприводом по інтерфейсу RS-485. Відповідно до схеми підключення, що зображена на рис. 12, до входу ПКП1- I підключається давач імпульсів. Цей давач може будуватись на давачі Холла або герконовому реле.

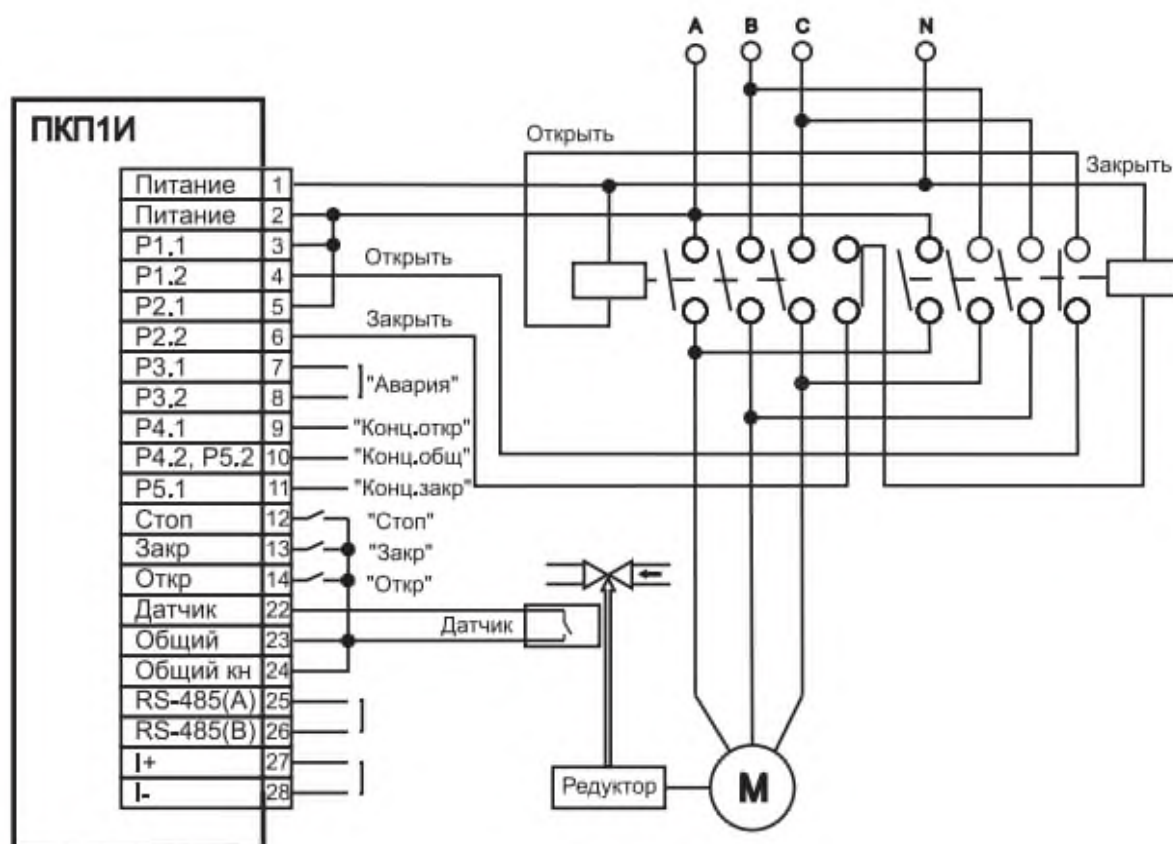


Рис. 12– Схема підключення електроприводу ПКП1 I.

Як видно із схеми, вплив на засувку здійснюється двигуном М через редуктор. Запуск трьохфазного двигуна з пристрою ПКП1 проходить через вихідні реле. У випадку аварійної ситуації із третього реле видається аварійна сигналізація. Додатковий модуль ПКП1 формує вихідний сигнал 4...20 мА, значення якого відповідає ступеню відкриття засувки.

В ПКП1 встановлено інтерфейсний модуль RS-485. Робота модуля організовується за протоколами ОВЕН, Modbus. Можливості модуля RS-485 дають змогу налаштувати привод з допомогою ПК. В результаті налаштувань програмного забезпечення реалізуються функції передачі поточних значень положення засувки.. Технічні характеристики пристрою ПКП1 надані в Таблиці Табл 4.

Табл 4.

Найменування	Значення
Живлення	
Напруга живлення змінного струму з частотою 47 ... 63 Гц	від 90 до 264 В
Напруга живлення постійного струму	від 20 до 34 В
Входи управління Кількість входів управління Мінімальна тривалість сигналів управління	3 0,1
Вбудовані вихідні реле Максимальний струм, комутований контактами реле - управління виконавчими пристроями - управління пристроями сигналізації	10 А (~220 В, $\cos \varphi > 0,4$) 3 А (~120 В, $\cos \varphi > 0,4$), =28 В
Інтерфейс RS-485 Швидкість обміну Довжина лінії зв'язку Струмовий вихід Значення струму, відповідне закритому положенню Значення струму, відповідне відкритому положенню Довжина лінії зв'язку Живлення струмової петлі зовнішнє Характеристики корпусів (габаритні розміри і ступінь захисту): - настінний Н - щитової Щ1	від 2400 до 115200 біт/с до 1000 м 4 мА 20 мА до 100 м від 10 до 30 В 105 × 130 × 65 мм, IP44 96×96×70 мм, IP54

Підключення ПКП1 до засобів програмування (ПК) здійснюється з допомогою адаптера ОВЕН АС3-М або АС4.

3.2.1 Керування циркуляцією теплоносія

З цілого ряду причин температура зворотнього трубопроводу фактично вище, ніж передбачається режимами економного теплопостачання. Тому на теплових пунктах запускають процеси циркуляції, які узгоджують температуру носія, що повертається у теплову мережу. Метою керування процесами циркуляції є зменшення енергетичних втрат, отже підвищення ефективності теплопостачання.

Реалізація цієї мети керування відбувається завдяки корегуючому контуру, який складається із системи трубопроводів, запорно-регулюючої арматури та циркуляційних насосів (Рис. 13).

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		34

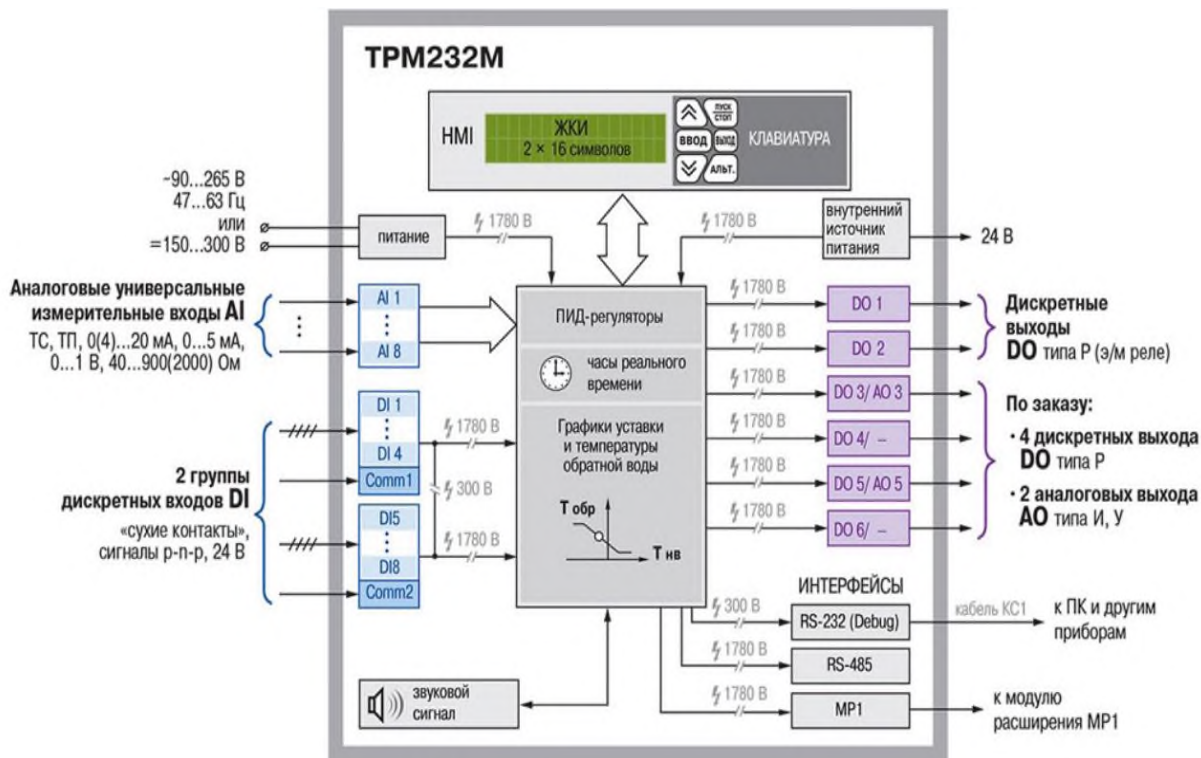


Рис. 14– Функціональна схема TRM232M.

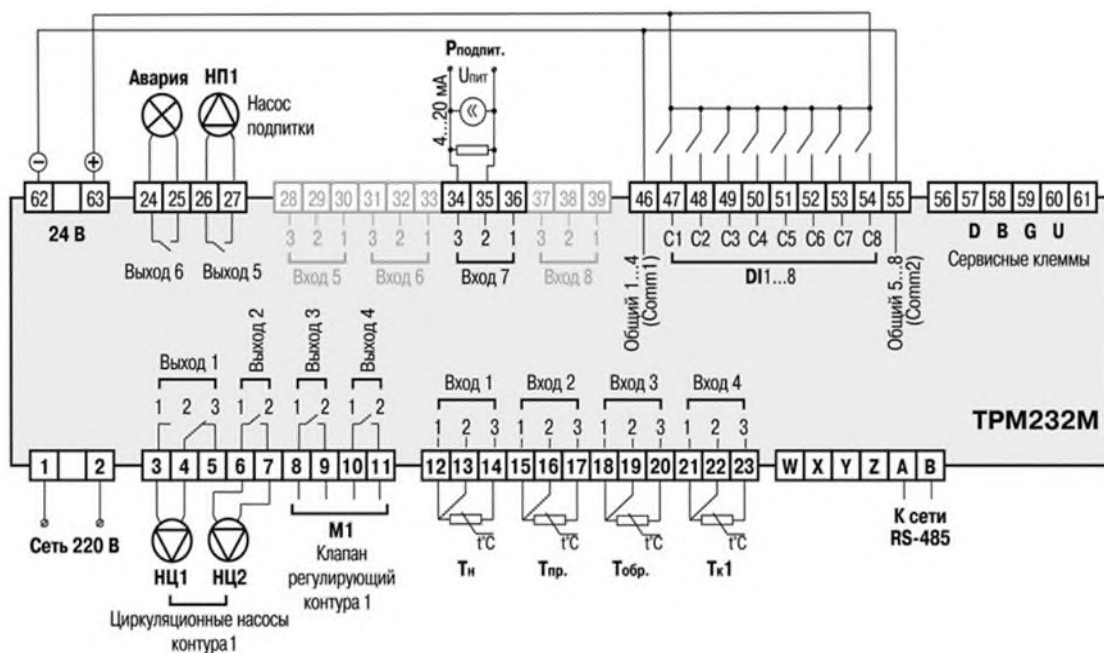


Рис. 15– Схема підключення TRM232M

Керування насосами передбачає використання в схемі електроприводу перетворювачів частоти (ПЧ), які дозволяють на 30% зменшити зайві витрати електроенергії живлення насосів. Ці витрати пов'язані з тим, що двигун працює на постійних обертах, а тиск відслідковується запорною арматурою. Такий режим призводить до невиправданих витрат електроенергії, а також до зносу обладнання.

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

Релейна комутація двигуна, відповідно до необхідного неабсолютного тиску дозволяє зменшити енергозатрати. Але стрибкоподібні зміни струмів призводять до перевантажень електромережі, та виникненню гідроударів.

Ефективним засобом боротьби з гідроударами мережі є використання ПЧ по схемі, як показано на рис. 16. У разі зменшення тиску до мінімального, ПЧ отримує від ПЛК відповідні керуючі сигнали та виконує плавний пуск двигуна, виключаючи ударні навантаження на гідро та електромережу.

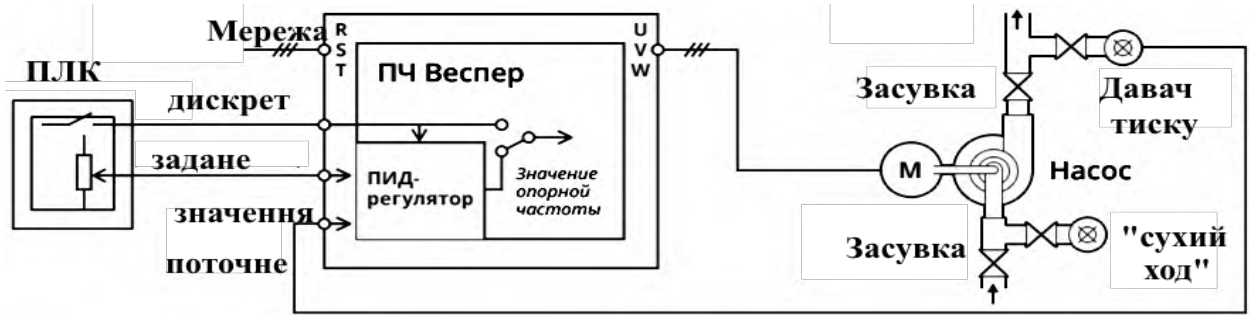


Рис. 16– Схема керування насосом.

Завдяки використанню ПЧ вдається виключити режим «сухого ходу», стабілізувати тиск в системі та зменшити вірогідність аварій. Для побудови описаної схеми керування насосами можна використати один з надійних ПЧ фірми «Веспер» EI-P7012, схема підключення, якого представлена на рис. 17.

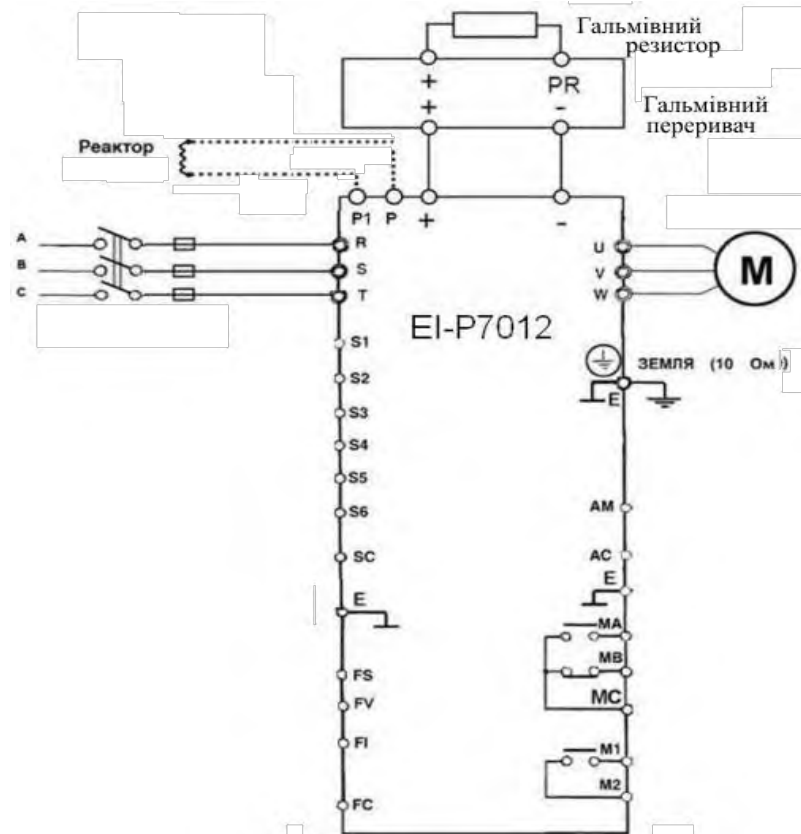


Рис. 17– Схема підключення ПЧ Веспер.

Технічні характеристики ПЧ Веспер представлені у Табл. 6.

Табл. 6. Технические характеристики EI-P7012-010H

Застосування:	насоси / вентилятори
Потужність, кВт:	7.5
Номинальний струм, А:	16
Напруга живлення, В:	380~460
Фазність (кількість фаз):	3
Вихідная частота, Гц:	0.1-400
Клас захисту:	IP 20
Перевантаження,% протягом 1 хвилини:	120
Час розгону,с:	0-3600
Час гальмування,с:	0-3600
Аналоговий вхід, к-ть:	2
Дискретний вхід, к-ть:	6
Дискретний вихід, к-ть:	2
Аналоговий вихід, к-ть:	1
Інтерфейс RS485 (Modbus RTU):	опция
Регулятор:	ПД - регулювання
Робочая температура, °С:	-10.....+40
Габарити (ШxВxГ), мм:	138x278x180
Вага, кг:	4

3.3 Вибір мікропроцесорних засобів.

Вирішуючи завдання вибору засобів автоматизації периферійного обладнання (польового рівня), прийнята орієнтація на засоби, що виробляє компанія «ОВЕН». При розгляді завдань розбудови розподіленої системи керування процесом теплопостачанн, базовим контролером, що формує комунікаційну структуру мережи системи теплопостачання прийнято «ОВЕН ПЛК323». Окрім послідовних інтерфейсів цей ПЛК має окремі дискретні входи та виходи, що дозволяє вбудувати його в структуру системи. Функціональна схема ОВЕН ПЛК323 представлена на рис. 18.

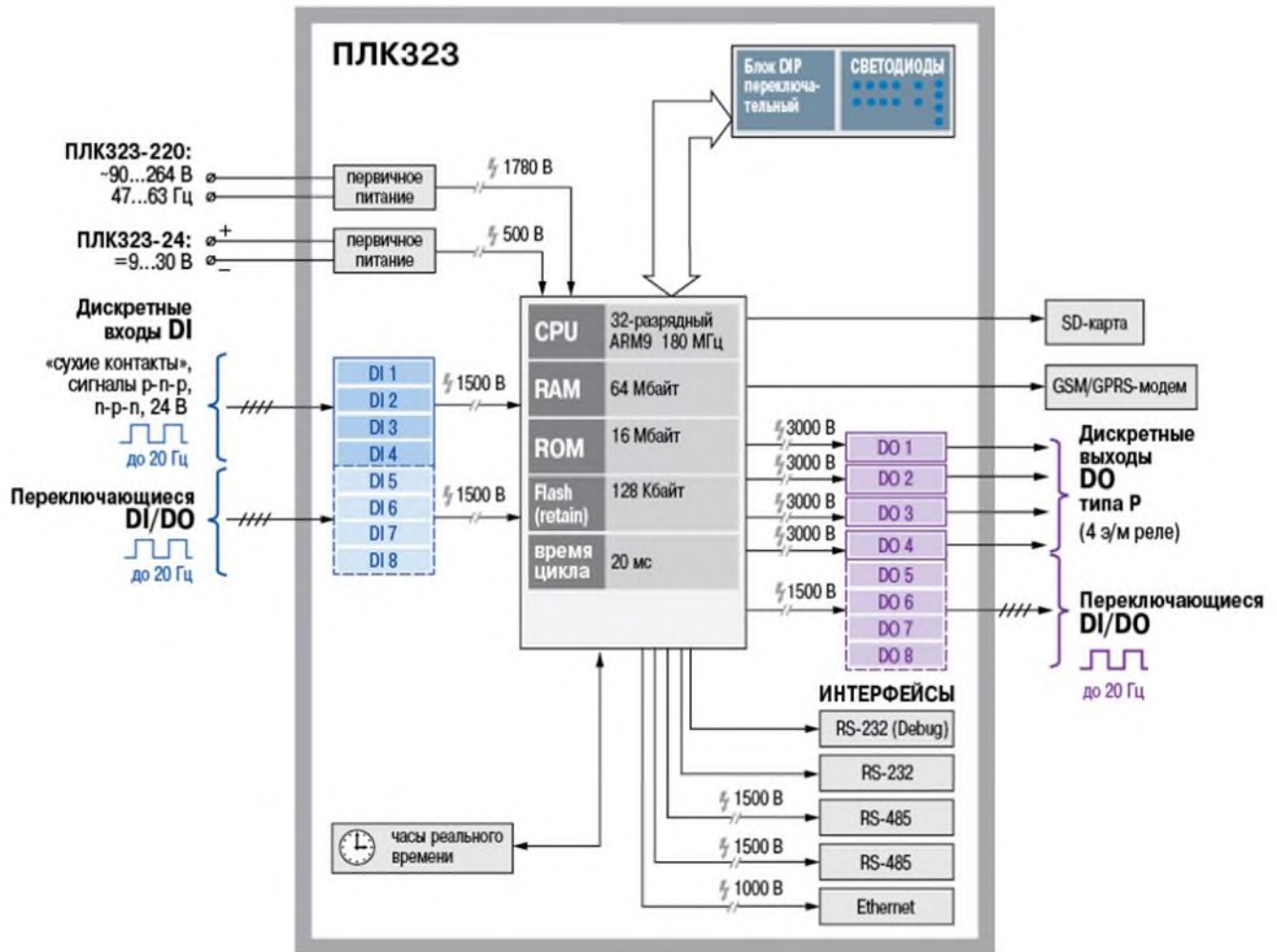


Рис. 18– Функціональна схема ОВЕН ПЛК323

Встановлений порт Ethernet використовується для зв'язку із верхнім рівнем. Наявність SD карти дозволяє розширити об'єм пам'яті до 32 Гбайт, що забезпечує виконання завдань архівації даних.

Технічні характеристики ПЛК323 приведені у таблиці 7

Таблиця 7

<i>Параметр</i>	<i>Значення</i>
Напруга живлення ПЛК323-220 Напруга живлення ПЛК323-24	~90...264 В (номінальне значення 110/230 В) частотою 47...63 Гц =9...30 В (номінальне значення 24 В)
Споживана потужність, не більше ПЛК323-220 ПЛК323-24	15 ВА 20 Вт
Індикація передньої панелі	Індикація живлення, стану входів / виходів
Ступінь захисту корпусу	IP20
Конструктивне виконання (ШхВхГ)	Уніфікований корпус для кріплення на DIN-рейку (157×129,5×34 мм)
<i>Ресурси</i>	
Центральний процесор	32-розрядний RISC-процесор 180 МГц на базі ядра ARM9 (Atmel AT91RM9200)
Об'єм оперативної пам'яті	64 МБ (SDRAM)
Об'єм енергонезалежної пам'яті	16 МБ (NOR Flash)
Объем энергонезалежної пам'яті	4 Кбайт (MRAM) (Retain)
<i>Дискретні входи</i>	
Кількість дискретних входів	4
Гальванічна ізоляція дискретних входів	групова
Максимальна частота сигналу, що подається на дискретний вхід, Гц	20
<i>Дискретні виходи</i>	
Кількість дискретних виходів	4, реле
Максимальное напряжение, коммутируемое контактами релейного выхода: переменного тока постоянного тока	270 В 30 В

Для координації завдань керування процесом тепlopостачання вибрпно програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК160-220, в пам'яті якого розміщується програма-диспетчер. Функціональна схема ПЛК160-220 зображена на рисунку 19, а схема підключення модулів дискретного і аналогового вводу/виводу - на рис. 20.

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		40

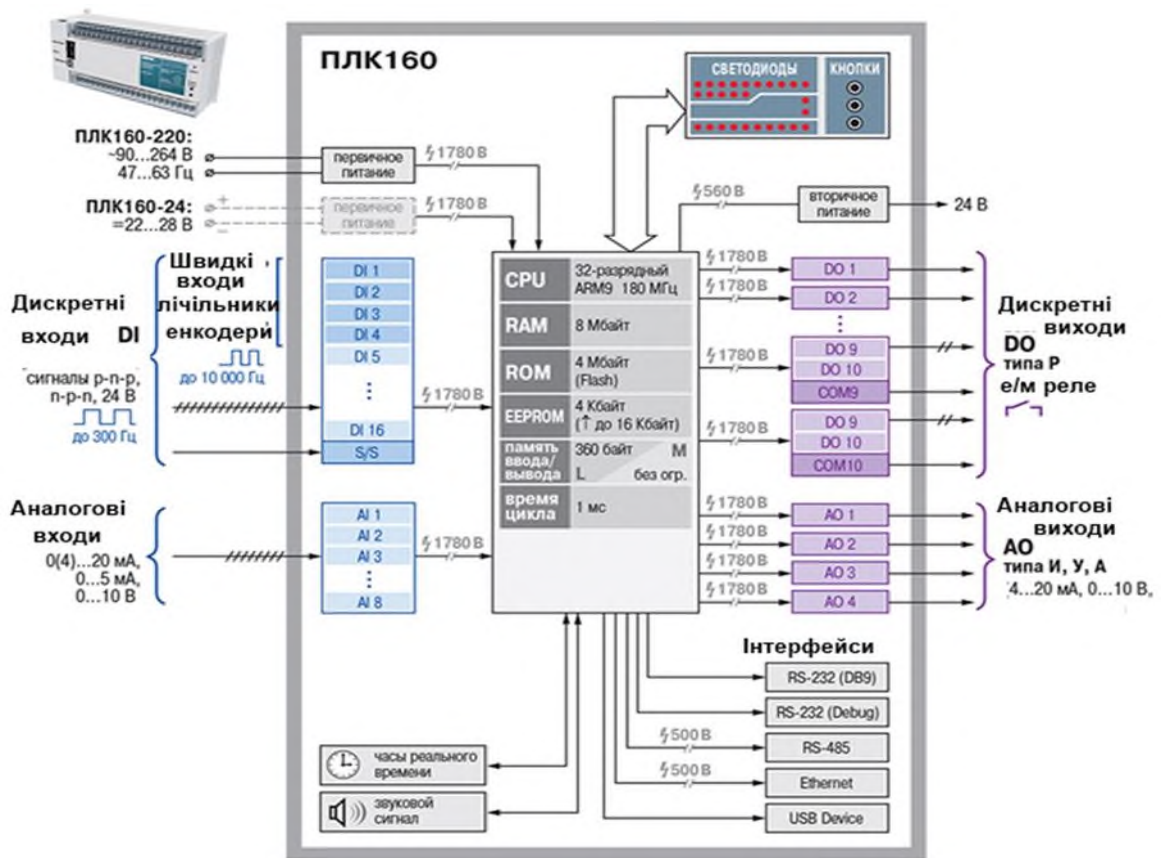


Рисунок 19– Функціональна схема ОВЕН ПЛК-160

Ресурсні параметри ОВЕН ПЛК-160 надані в Таблиці 8

Таблиця 8

Параметр	Значення
Центральний процесор	RISC-процесор на базі ядра ARM-9, 32 розряду, 180МГц
Об'єм оперативної пам'яті (тип пам'яті)	8 Мб (SDRAM), з них 1 Мб для коду користувальницької програми, 128 кб для змінних користувальницької програми
Обсяг енергонезалежної пам'яті (тип пам'яті)	4 Мб (DataFlash), з них 3 Мб доступно для зберігання файлів і архівів
Розмір Retain-пам'яті не більше	16 кб (за замовчуванням встановлено значення 4 кб)
Час виконання одного циклу програми	- Мінімальний (нестабілізується) - 250 мкс; - Встановлений за замовчуванням (стабілізується) 1 мс (налаштовується у вікні «Конфігурація ПЛК (PLC Configuration)» ПО CoDeSys.
Додаткове обладнання	Годинник реального часу з автономним акумуляторним живленням; Вбудоване джерело видачі звукового сигналу; Функціональна кнопка на передній панелі

Технічні характеристики ПЛК160 представлені в Таблиці 9

Таблиця 9

Параметр	Значення
Напруга живлення, В: ПЛК160-24.X-X ПЛК160-220.X-X	від 22 до 28 постійного струму (ном 24 В). від 90 до 264 змінного струму частотою від 47 до 63 Гц
Спож потужність, ВА, не більше	40
Цифрові (дискретні) входи	
кількість входів з них швидкодіючих	16 4 (DI1-DI4)
Напруга живлення дискретних входів, В Максимальний вхідний струм дискретного входу	24 ± 3 не більше 7 мА при живленні 24 В, не більше 8,5 мА живленні 27 В
Дискретні виходи (контакти електромагнітних реле)	
Кількість релейних вихідних каналів	12
Гальванічна розв'язка	Індивідуальна (для DO1-DO8), групова (DO9-DO10) і групова (DO11-DO12)
електрична міцність ізоляції між групами дискретних виходів і групами інших ланцюгів, В	1 780
Максимальний струм, комутова- ний контактами реле, А, не бі- льше	3 (для змінної напруги не більше 250 В, частотою 50 Гц)
Час перемикання контактів реле зі стану «лог. 0 »в«Лог. 1 »і назад, мс, не більше	50 (виходи DO1-DO12)

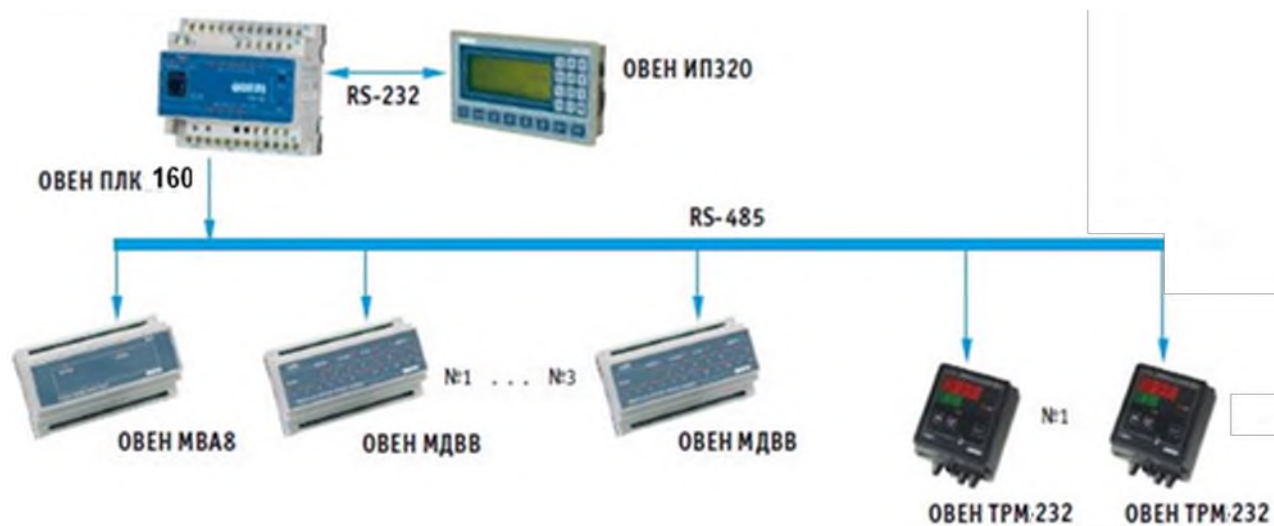


Рисунок 20 – Схема підключення периферійних пристроїв

Зовнішній вигляд ПЛК показано на рисунку 21. Конструкція ПЛК 160 ОВЕН розрахована на кріплення з допомогою DIN- рейки 35 мм . Монтаж ПЛК на щиті передбачає підготовку місця на щиті відповідно до розмірів ПЛК.

					СУДН-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		42

Для кріплення використовуються вушка корпусу контролера.

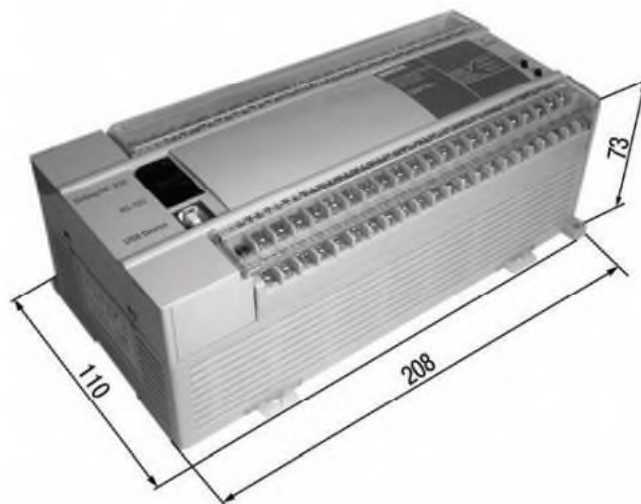


Рисунок 22 – Зовнішній вигляд ПЛК 160

На передній панелі контролера розташовані з'ємні клемні колодки, які необхідні для підключення інтерфейсів RS-485, дискретних давачів, виконавчих механізмів. Також на передній панелі розміщені клеми з кроком 7.6 мм вбудованого джерела постійної напруги 24 В.

На верхній бічній стороні змонтовано з'єднувач типу RJ45 інтерфейсу Ethernet.

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		43

4 ПОБУДОВА СИСТЕМИ

4.1. Реалізація SCADA систем

Можливості реалізації надійної системи автоматизації процесу постачання визначаються ступенем сумісності програмних продуктів із вибраними технічними засобами. Тим більше побудова SCADA-системи, яка дозволить об'єднати вирішення завдань керування мережею розподіленої системи та самим процесом теплопостачання, вимагає використання засобів автоматизації високого рівня.

Модульна побудова системи автоматизації обумовлює пошук відповідних інструментів налагодження окремих модулів та уніфікованих інтерфейсів, що забезпечують надійну взаємодію вибраних модулів. Блоки польового рівня підключається через перетворювачі інтерфейсів ОВЕН АС2, АС3-М, АС3, АС4 ОВЕН [11].

Схема підключення адаптера інтерфейсу показана на рис. 23.



Рис. 23 – Схема підключення пристроїв з інтерфейсом «струмова петля» до ПК

Організація зв'язку між первинними перетворювачами різних типів та ПК реалізується з допомогою програмного забезпечення Owen Process Manager (OPM).

При запуску OPM на екрані з'являється її головне вікно, в якому користувач створює схему технологічного процесу, яка створена на попередньому етапі розробки.

При цьому в меню налаштувань задається:

тип адаптера, що підключається до інтерфейсу;

типи адаптерів, що підключаються до інтерфейсу пристроїв ОВЕН;

параметри опитування пристроїв комп'ютером.

					СУДН-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		44

Для приладів, що підключаються через перетворювач RS-232 / RS-485 або USB / RS-485, задається мережева адреса підключеного пристрою ОВЕН, який попередньо вводиться в прилад при його програмуванні [12].

Таким чином ОРМ розробленої SCADA системи надає наступні можливості:

- візуалізація схеми технологічного процесу на ПО;
- відображення поточних показань на екрані ПК
- збір та первинна обробка інформації, що надходить з нижнього рівня до ПК;
- контроль стану пристроїв, що функціонують в системі;
- вибірковий контроль обраного каналу керування;
- архівація даних про роботу обладнання та виконавчих механізмів;
- сигналізація про невідповідність параметрів процесу до регламенту;
- взаємодія з підсистемою Owen Report Viewer (ORV), забезпечує доступ до архівів.

Для введення уставок і відображення поточних значень температур використана графічна панель оператора ПІ 320, що інтегрована в АРМ оператора (рис. 24).

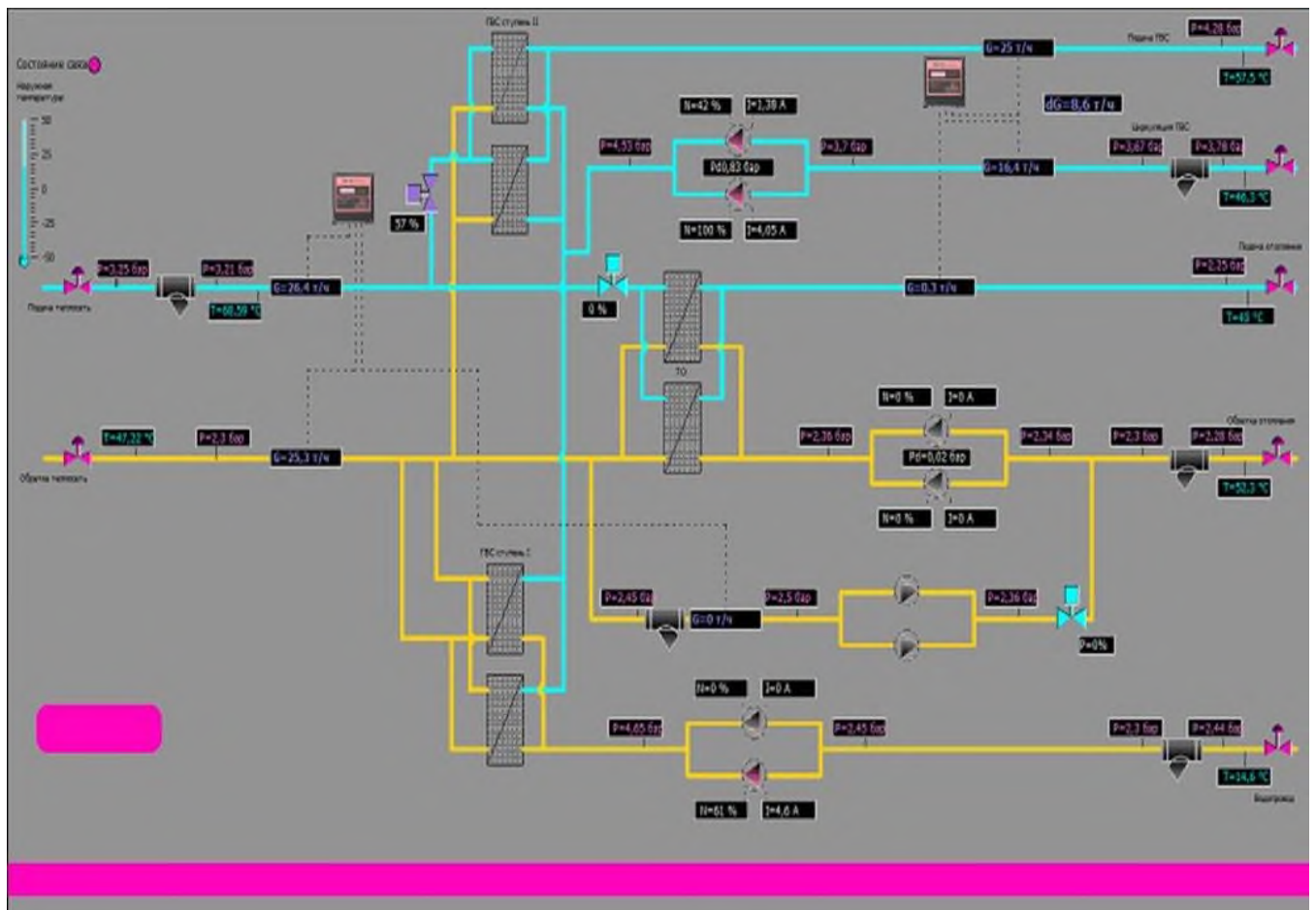


Рис. 24 – Панель відображення процесу

На панелі відображаються повідомлення про хід процесу, в тому числі про аварійні ситуації. Панель оператора підключена до ПЛК 160 через інтерфейс Debug-RS-232 по протоколу Modbus і є *майстром* мережі, а ПЛК - підпорядкованим пристроєм.

4.2 Організація каналів зв'язку

Типова структура системи для районного ТМ (Рис. 25) з передачею даних по мережі вимагає виділення адміністратором мережі фіксованих IP-адрес для кожного комунікаційного сервера. Мережа створюється власними силами або орендується. Всі прилади польового рівня представлені в ПК диспетчера у вигляді віртуальних COM-портів, до яких стандартно підключається відповідне ПЗ. На верхньому рівні встановлюється ПЗ для підтримки віртуальних портів, OPC- сервера відповідного обладнання, SCADA система з робочими додатками.

OPC- сервер створюється під конкретний прилад або стандартний протокол. Технологія дає максимальну незалежність між розробником АРМ оператора і розробником автоматики ТП при створенні єдиної багаторівневої системи ТМ.

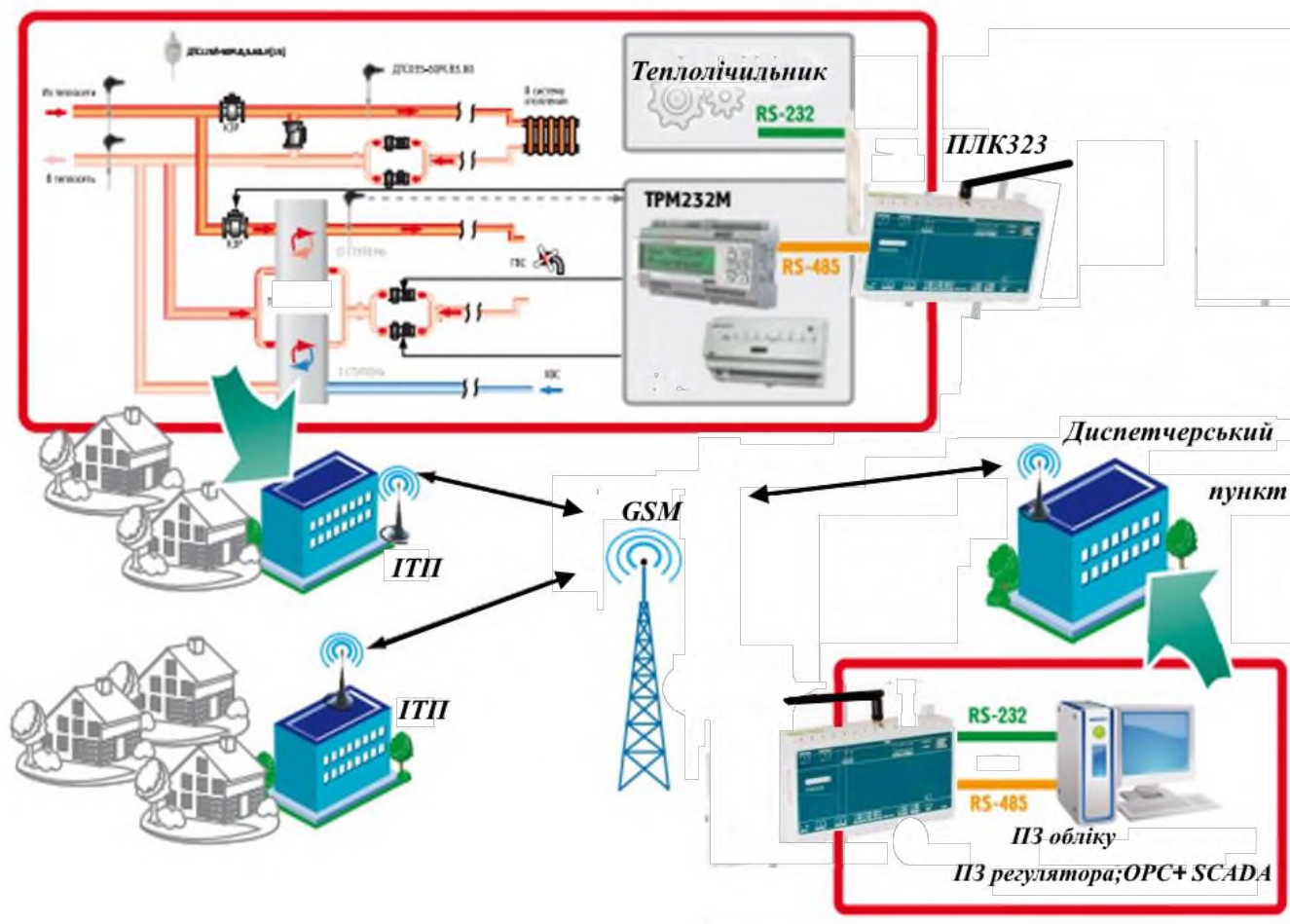


Рис.25 Структура системи для районного ТМ з передачею даних по мережі

										Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						46

Архітектура, що використовується, дозволяє віддалено підключати теплолічильники та по прямому каналу зчитувати архіви.

Хоча порт підключення в ПК фізично відсутній, проте він визначається працюючим програмним забезпеченням і може бути налаштований та підключений до будь-якої програми як фізичний порт. Така опція забезпечується наявністю:

- а) віддаленого комунікаційного сервера, до якого фізично підключені польові пристрої;
- б) програмного драйвера, що реалізує власне віртуальні порти. Цей драйвер встановлюється на ПК

Технологія дозволяє використовувати стандартні інтерфейси RS-232 пристроїв в мережевому оточенні без модифікації ПЗ.

Успішність вирішення завдань обліку та диспетчеризації залежить надійності функціонування каналів зв'язку з об'єктами та організації комп'ютерної мережи підсистем. Тому для запобігання збоїв в обладнанні мережи використовуються безперебійні блоки живлення, а також резервні сервери.

Для розширення можливостей комунікацій Компанія ОВЕН використовує для програмування МК технологічну платформу EnLogic, що характеризується відкритою архітектурою. На базі цієї платформи реалізуються комунікаційні шлюзи та конвертери протоколів. Наявність комунікаційних шлюзів дає змогу інтегрувати в систему керування засоби автоматизації різних виробників. Підвищення функціональності збільшує швидкість передачі інформації на верхній рівень керування, тим самим збільшуючи ефективність процесів теплопостачання.

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		47

ВИСНОВКИ

В результаті виконання проекту проведено функціонально - технологічний аналіз системи теплопостачання та розроблено функціональну схему автоматизації теплового пункту, який є елементом цієї системи.

Розглянута структура розподіленої мережи теплопостачання. Керування теплозабезпеченням реалізується на основі SCADA-технологій і технічних засобів автоматизації, що включають давачі, виконавчі пристрої, а також засоби сполучення для мікропроцесорних контролерів з ПК.

Теплова мережа, яка об'єднує теплопроводи, насосні підстанції, мікропроцесорні регулятори і виконавчі пристрої, утворює розподілений об'єкт управління. Для вирішення завдань диспетчерського управління з АРМ ЦДП розглянуто варіант побудови мереж передачі даних на комунікаційних модулях компанії ОВЕН. Застосування мережевих технологій керування в комплексі із локальними регуляторами дає можливість скоротити енергетичні витрати і підвищити надійність роботи об'єктів теплових мереж.

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		48

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мариняк Б.Б. Аналіз теплопостачання в Україні в контексті еколого-економічної безпеки/Формування ринкових відносин в Україні.– **2015.**–№ 4 (167) .–С.149-156
2. Оптимізація систем теплопостачання із використанням економікоматематичного моделювання: монографія / за заг. ред. О. М. Гаврися .– Харків: **2015.**– НТУ "ХП", – 209 с.
3. Пырков В. В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование Київ:.– 2008.–ІІ ДП «Такі справи».– 252 с.: ил
4. Максимов М. В., Бабич С.В. Дослідження питань автоматизації керування системою теплопостачання міста з оптимізацією структури об'єкта./Европейський журнал передових технологій.– **2015.**– № 2/2(74) С.64-68.
5. Лисенко О. М., Кужель Л. М., Божко І. К. Управління теплопостачанням будівлі на основі використання індивідуального теплового пункту/. Восточно-Европейський журнал передових технологій. – **2015.**– № 1/8 (73) .–С. 61-67
6. Кузнецов Р.С., ЧИПУЛИС В.П. Информационно-аналитическое обеспечение систем мониторинга, анализа и управления объектами теплоэнергетики/Вестник ДВО РАН. –**2016.** –№ 4. –С. 116-124.
7. Шнайдер Д. А. Автоматизированная система диспетчерского управления теплоснабжением зданий на основе полевых технологий./Вестник ЮУрГУ.– 2008.–№17. – С29-32.
8. Marcel Nicola, Claudiu-Ionel Nicola, Marian Duță, Dumitru Sacerdoțianu. SCADA Systems Architecture Based on OPC and Web Servers and Integration of Applications for Industrial Process Control./ International Journal of Control Science and Engineering. – **2018.** –8(1). –Р. 13-21.
9. Окружнов А.В., Хайбунасов Р.Р., Хасанов И.Р., Андреева М.М. Обзор современного рынка распределенных систем управления в нефтяной и газовой промышленности / Вестник технологического университета. –**2015.** – т.18, в.2. – с. 383-389
10. Контроллер ОВЕН ТРМ 232М для систем отопления и ГВС./Журнал «ИСУП» . – **2017.** –№ 3(69). –С. 91-92.
11. ОВЕН. Каталог продукції **2017.** вилучено із <https://owen.ua>

					СУДН-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		49

12. Сафаров И.М. Система автоматического управления теплоснабжением промышленных предприятий с возможностью удаленного доступа/Инженерный вестник Дона. – 2019. –№2. –ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2019/5779

					СУдн-61П. 6.151.10.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		50