

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32/ 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»
протокол від «___» _____ 2025р.
№ _____

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

для проведення лабораторних занять
з навчальної дисципліни

«ОСНОВИ ТЕПЛОТЕХНІКИ ТА ТЕРМОДИНАМІКИ»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
освітня програма «Комп'ютеризоване управління енергетичними системами»
факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
кафедра робототехніки, електроенергетики та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна

Схвалено на засіданні кафедри
робототехніки, електроенергетики та
автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна
25 серпня 2025 р., протокол № 7
Завідувач кафедри
_____ Олексій ГРОМОВИЙ
Гарант освітньо-професійної
програми
_____ Анна ГУМЕНЮК

Розробники: старший викладач кафедри робототехніки, електроенергетики та
автоматизації ім. проф. Б.Б. Самотокіна Олександр ПОКЛЯЧЕНКО

Житомир
2024 – 2025 н.р.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 2

Методичні рекомендації для проведення лабораторних робіт з навчальної навчальної дисципліни «Основи теплотехніки та термодинаміки» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітня програма «Комп'ютеризоване управління енергетичними системами» затверджена Вченою радою факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки від 25 серпня 2024 р., протокол № 7.

Розробник:

ПОКЛЯЧЕНКО Олександр, старший викладач кафедри робототехніки, електроенергетики та автоматизації ім. проф. Б.Б. Самотокіна.

Рецензенти:

к.т.н., доцент, завідувач доцент кафедри РЕ та А ім. проф. Б.Б. Самотокіна
О.А. Громовий,
к.т.н., доцент, доцент кафедри РЕ та А ім. Проф. Б.Б. Самотокіна
А.А. Гуменюк

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 3

Лабораторна робота №1

Тема: «Вивчення конструкції стенду для дослідження характеристик елементів системи опалення. Опис та призначення всіх його компонентів»

Мета: Дослідити конструкцію діючого лабораторного стенду. Визначити призначення кожного із компонентів стенду та здійснити короткий опис елементів. Створити функціональну схему стенду.

Хід роботи.

Потрібно знайти на стенді та описати призначення кожного із наступних елементів:

- Електричний водонагрівач
- Лічильник води
- 4-х ходовий змішувальний клапан
- Електропривід змішувального клапану
- Контроллер управління сервоприводом змішувального клапану
- Манометри
- Циркуляційний насос
- Запобіжний клапан
- Автоматичний повітровідвідник
- Компенсаційний бак
- Диференційний перепускний клапан
- Тепловий лічильник
- Вимірювач електричних параметрів
- Балансуючий вентиль
- Панельний радіатор
- Шарові крани у полімерному корпусі
- Кран зливу/наповнення стенду

Використовуючи бібліотеку “умовних позначень” гідравлічних компонентів, на функціональну схему лабораторного стенду (рис. 1.1) потрібно нанести підписи кожного із вище перерахованих компонентів .

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 4

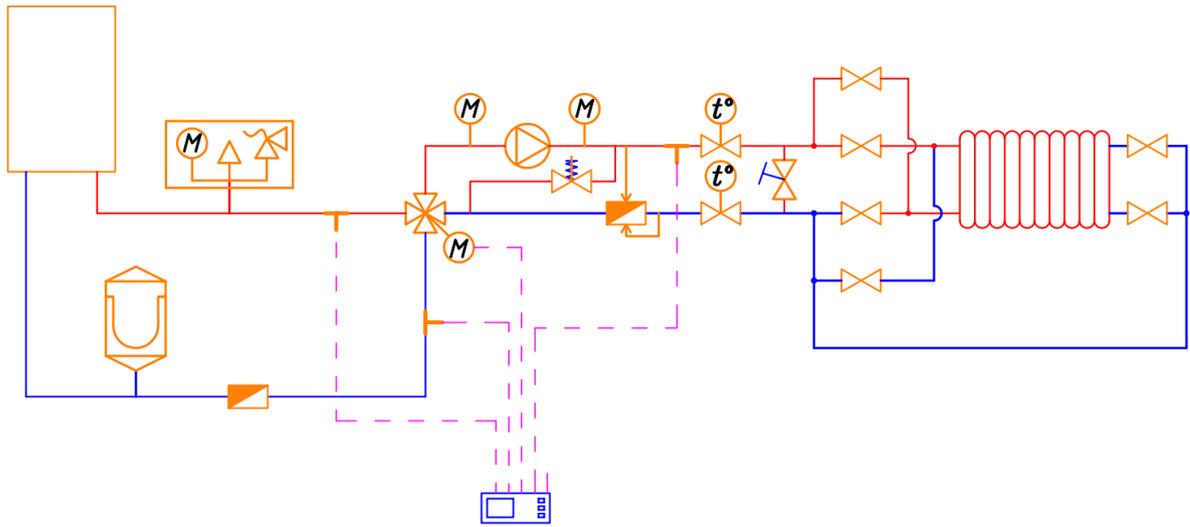


Рис.1.1 Функціональна схема лабораторного стенду.

Потрібно дослідити можливі напрями циркуляції води по трубопроводам стенду, та пояснити з якою метою навколо радіатора було використано 6 шарових кранів.

Зробіть “висновки” по роботі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 5

Лабораторна робота №2

Тема: «Вимірювання кількості електричної енергії, необхідної для нагріву водонагрівача.»

Мета: Дослідити конструкцію побутового електричного водонагрівача. Визначити призначення кожного із компонентів бойлера та здійснити короткий опис. Дослідити скільки енергії витрачається на нагрів води у бойлері та теплові втрати водонагрівача.

Хід роботи.

Вивчіть конструкцію електричного водонагрівача. Знайдіть на стенді та опишіть призначення наступних елементів бойлера:

- Сталевий бак покритий емаллю
- Електричний ТЕН
- Регулятор температури
- Магнієвий анод
- Запобіжний термостат
- Запобіжний клапан бойлера
- Патрубок холодної води
- Патрубок гарячої води
- Теплова ізоляція
- Зовнішній кожух
- Клемна колодка підключення силового живлення
- Євровилка

Проведіть експериментальне вимірювання кількості електричної енергії, яка потрібна для нагріву води у бойлері до максимальної температури.

Наповніть стенд водою через кран зливу/наповнення. Встановіть ручку регулятора температури у положення Еко. Зафіксуйте час включення та виключення ТЕНу.

Для вимірювання кількості електричної енергії спожитої ТЕНом бойлера, використовуйте електричний лічильник. Зафіксуйте показники електричного лічильника перед включенням ТЕНу та після його виключення.

Розрахуйте середню температуру води у водонагрівачі згідно із результатами експерименту.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 6

Під час попереднього експерименту ви виміряли скільки електричної енергії у квт.год спожив ТЕН бойлера для нагріву води всередині.

Процес нагріву води у бойлері повністю підпорядковується закону Джоуля-Ленця (Електрична енергія спожита резистором перетворюється у теплову енергію без втрат)

$$Q \text{ електрична} = Q \text{ тепла}$$

$$Q \text{ електрична} = P \cdot t = U \cdot I \cdot t.$$

Отже кількість електричної енергії яка перетворилася у теплову вам відома. Знаючи що об'єм води у бойлері становить 10(15) літрів, за допомогою основного рівняння теплотехніки, знайдіть середню температуру води у водонагрівачі.

Основне рівняння теплотехніки вказує яку кількість теплоти яку потрібно надати тілу, щоб змінити його температуру:

$$Q = C \cdot m \cdot (t_2 - t_1)$$

Q – це кількість енергії (кДж. , квт.год)

C – питома теплоємність води (кДж/кг*С, квт.год/т*С)

m – маса води яку нагрівають (кг, т)

t₁ – початкова температура води (градус С)

t₂ – кінцева температура води (градус С)

Примітка. Початкову температуру води виміряйте термометром перед початком експерименту.

Проведіть експериментальне визначення кількості енергії, яку витрачає водонагрівач на підтримання температури води всередині у постійному значенні.

Після того як термостат вимкне подачу напруги на бойлер під час першого експерименту, ви повинні запустити секундомір (таймер), який рахуватиме час до наступного включення ТЕНу та обов'язково зафіксуйте тривалість роботи тєну під час 2-го включення.

Важливо також зафіксувати показники електричного лічильника до та після 2-го включення ТЕНу водонагрівача. Різниця цих показників і буде відповідати кількості електричної енергії, витраченої на підтримання температури води у бойлері.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 32 / 7</i>

Розрахуйте ефективність нагріву води водонагрівачем протягом 24 год.

Під ефективністю мається на увазі ККД бойлера для нагріву води за вказаний період часу. При цьому корисною роботою вважається перший прогрів води у бойлері. А витрати на підтримання температури це втрати енергії під час її акумуляції.

Коефіцієнт корисної дії - це величина що показує відношення виконаної роботи до загальних енергетичних витрат на її виконання. Безрозмірна величина, яка вимірюється у відсотках, і згідно із законом збереження енергії не може бути більшою за 100%.

$$\eta = A_{\text{кор}} \div A_{\text{затр}} \times 100 \%$$

Зробіть висновки по роботі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 8

Лабораторна робота №3

Тема: «Вимірювання кількості теплової енергії що споживається системою опалення. Вивчення конструкції теплового лічильника.»

Мета: Дослідити конструкцію теплового лічильника. Визначити призначення кожного із компонентів лічильника тепла та здійснити короткий опис. Дослідити які параметри вимірює лічильник теплової енергії. Визначити як впливатиме на показники лічильника тепла заміна теплоносія із води на 20 % розчин пропіленгліклю у воді.

Хід роботи.

1. Одиниці вимірювання кількості теплової енергії. Вкажіть співвідношення між найбільш вживаними значеннями одиниць вимірювання кількості теплоти. (квт.год ; Ккал; Мкал; Гкал; Мдж;).
2. Вивчіть конструкцію лічильника теплової енергії Gross WMZ-UA 15/1,5 . Опишіть призначення всіх його компонентів .

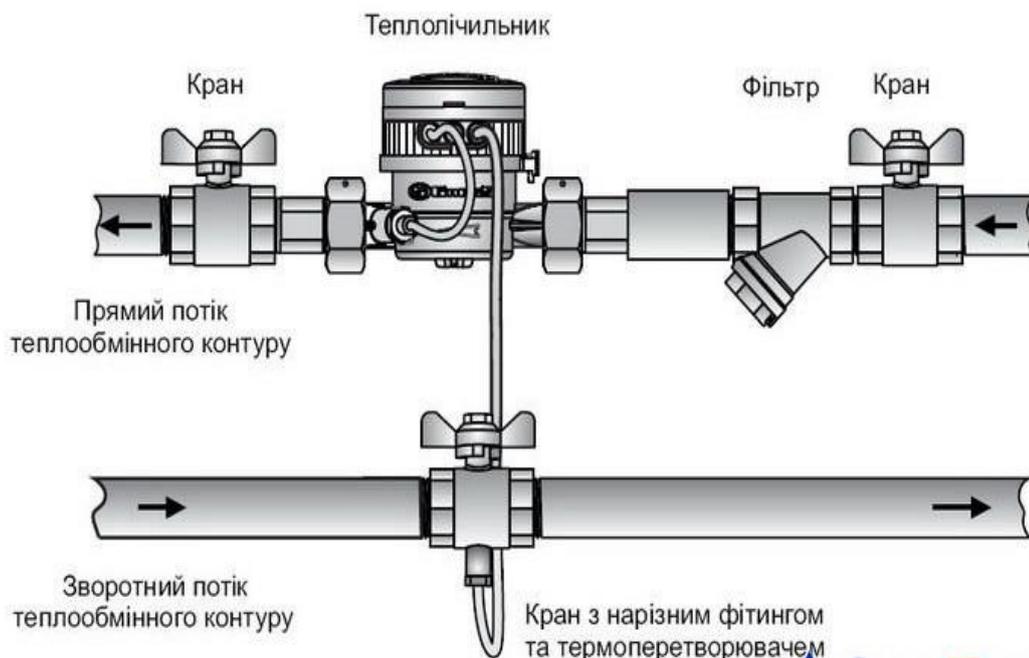


Рис. 3.1 Схема встановлення лічильника теплової енергії

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 9

3. Вивчіть та запишіть технічні характеристики приладу.

- Клас точності теплोलічильника ;
- Температура навколишнього середовища °С;
- Діпазон вимірювання температури походить від до °С;
- Різниця температур термоперетворювачів від до К;
- Тривала номінальна витрата (q_p), м³/год - ;
- Верхня межа номінальної витрати (q_p), м³/год - ;
- Поріг чутливості в горизонтальному і вертикальному положенні, м³/год
- Динамічний діапазон,(q_p/q_i):
- у горизонтальному положенні - ;
- у вертикальному положенні - ;
- Різьба на лічильнику, дюйм -;
- Різьба на штуцерах, дюйм - ;
- Довжина лічильника, мм - ;
- Довжина лічильника (з штуцерами), мм - ;
- Ширина лічильника, мм -
- Висота лічильника, мм - ;
- Теплोलічильник фіксує вплив зовнішнього магнітного поля - мТл;
- Чи є можливість дистанційно виконувати заміри;
- Термін служби батареї не менше років.

4. Дослідження факторів (параметрів), які впливають на показники вимірювань кількості теплової енергії що пройшла через лічильник тепла.

В основі роботи лічильник теплової енергії лежить основне рівняння теплотехніки. Основне рівняння теплотехніки вказує яку кількість теплоти яку потрібно надати тілу, щоб змінити його температуру:

$$Q = C * m * (t_2 - t_1)$$

Q – це кількість енергії (кДж. , квт.год, Гкал)

C – питома теплоємність води (кДж/кг*С, квт.год/т*С)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 10

m – маса води яку нагрівають (кг, т)

t_1 – початкова температура води (градус С)

t_2 – кінцева температура води (градус С)

Враховуючи сутність кожного із елементів вище вказаного рівняння, сформулюйте перелік факторів, які можуть впливати на результати вимірювань показників кількості теплової енергії.

5. Експериментальне вимірювання теплової потужності радіатора.

Встановіть на електричному водонагрівачі температуру на рівні +70С. Включіть циркуляційний насос. За допомогою балансуєчого вентиля, встановіть продуктивність теплоносія у контурі радіатора на рівні 60 л/год. Використовуючи крани на радіаторі, забезпечте циркуляцію теплоносія по схемі з “правильним боковим підключенням”. Зафіксуйте всі параметри які вимірює тепловий лічильник з інтервалом в 1 хв, протягом 10 хв. Проведіть розрахунки теплової потужності радіатора по точках вимірювання, та зобразіть графік зміни теплової потужності радіатора у часі.

6. Розрахуйте питому теплоємність рідини, що складається на 80 % із води та на 20 % із пропілен-гліколю. Розрахуйте як треба змінити показники теплового лічильника, якщо він налаштований на роботу з водою, а по факту у системі опалення буде розчин води із гліколем.

7. Зробіть висновки по роботі

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 11

Лабораторна робота №4

Тема: «Дослідження зміни теплової потужності радіатора при різних методах підключення трубопроводів.»

Мета: Дослідити конструкцію сталевого панельного радіатора для побутових систем опалення. Навчитися розраховувати теплову потужність радіатора при різних температурних напорах. Навчитися розраховувати номінальну продуктивність теплоносія через радіатор. Дослідити зміну теплової потужності радіатора в залежності від способу подачі теплоносія у нього.

Хід роботи.

1. Дослідіть конструкцію сталевого панельного радіатора для побутових систем опалення.

Спробуйте виміряти (розрахувати) площу контакту наявного радіатора із повітрям у приміщенні. Для полегшення вимірювання площі фігури складної форми, варто розділити фігуру на сукупність секторів правильної прямокутної форми. Результати вимірювань запишіть у см².

2. Розрахунок теплової потужності радіатора.

Поняття про температурний напір - це усереднене значення різниці температур поверхні радіатора та оточуючого середовища (повітря). Саме температурний напір дозволяє розрахувати конкретну кількість теплової енергії яку за одиницю часу радіатор віддає у приміщення.

Температурний напір

$$\Delta t = \frac{(t_{\text{под}} + t_{\text{обр}})}{2} - t_{\text{к}}$$

де $t_{\text{под}}$ - температура подачі, °С;
 $t_{\text{обр}}$ - температура повернення, °С;
 $t_{\text{к}}$ - температура в приміщенні, °С.

Максимально можливий температурний напір в індивідуальних системах опалення:

$$\Delta t = \frac{(t_{\text{под}}^{\text{max}} + t_{\text{обр}}^{\text{max}})}{2} - t_{\text{к}}^{\text{min}} = \frac{85 + 75}{2} - 18 = 62^{\circ}\text{C}$$

Стандартний температурний напір:

$$\Delta t = \frac{75 + 65}{2} - 20 = 50^{\circ}\text{C} = \frac{80 + 60}{2} - 20$$

Методика користування каталогами виробника радіаторів для визначення поточного значення теплової потужності радіатора при використанні стандартних

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ OK15-2024	
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 12	

температурних напорів, можна знайти значення по таблиці, вказаній виробником у технічних характеристиках радіатора.

75/65/20 °C Вт/м ^{1.312} Δt=70°C Вт/м ² n		995,8	1272,8	1530,6	1770,8	2398,5
длина мм	высота	300	400	500	600	900
400	Вт 75/65/20 °C	398	509	612	708	959
	Вт Δt=70 °C	561	717	864	1000	1361
500	Вт 75/65/20 °C	498	636	765	885	1199
	Вт Δt=70 °C	700	896	1079	1250	1702
600	Вт 75/65/20 °C	597	764	918	1062	1439
	Вт Δt=70 °C	840	1076	1294	1500	2041
700	Вт 75/65/20 °C	697	891	1071	1240	1679
	Вт Δt=70 °C	980	1254	1511	1749	2382
800	Вт 75/65/20 °C	797	1018	1224	1417	1919
	Вт Δt=70 °C	1120	1434	1726	2000	2723
900	Вт 75/65/20 °C	896	1146	1378	1594	2159
	Вт Δt=70 °C	1261	1613	1943	2250	3062
1000	Вт 75/65/20 °C	996	1273	1531	1771	2399
	Вт Δt=70 °C	1401	1793	2158	2500	3403
1100	Вт 75/65/20 °C	1095	1400	1684	1948	2638
	Вт Δt=70 °C	1541	1971	2374	2749	3743
1200	Вт 75/65/20 °C	1195	1527	1837	2125	2878
	Вт Δt=70 °C	1681	2151	2590	2999	4084
1400	Вт 75/65/20 °C	1394	1782	2143	2479	3358
	Вт Δt=70 °C	1960	2510	3021	3500	4764

Однак, якщо розрахунковий температурний напір має нестандартне значення, тоді його можна розрахувати за наступною формулою:

Нестандартний температурний напір:

$$\Delta t = \frac{50 + 45}{2} - 20 = 30^\circ\text{C}$$

Перерахунок тепловіддачі:

$$Q_{\text{факт}} = Q_{\text{станд}} \left(\frac{\Delta t_{\text{факт}}}{\Delta t_{\text{станд}}} \right)^n = 1531 \left(\frac{30}{50} \right)^{1,312} = 783 \text{ Вт,}$$

де $Q_{\text{станд}}$ – потужність радіатора з каталогу, Вт,

$\Delta t_{\text{факт}}$ – розрахований температурний напір, °C,

$\Delta t_{\text{станд}}$ – температурний напір з каталогу, °C,

n – коефіцієнт з каталогу (за відсутності в каталозі приймається $n = 1,3$).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 13

Розрахуйте теплову потужність наявного радіатора якщо температура подачі +40 С, різниця температур між подачею та зворотною 10 С, температура повітря у приміщенні +18 С.

3. Розрахунок номінальної продуктивності теплоносія через радіатор.

Як нам відомо, кількість теплоти яка буде зніматися із радіатора розраховується за наступною формулою:

$$Q = C_p \cdot m \cdot \Delta t, \text{кВт}$$

Звідси знайдемо значення кількості теплоносія, який повинен охолонути на зазначене значення різниці температур:

$$m = Q / C_p \cdot \Delta t, \text{кг/с},$$

де

Q - потужність, що підводиться або знімається, кВт (1 кВт = 1 кДж/с);

C_p - питома теплоємність води, кДж/(кг°С) для спрощених розрахунків приймається

C_p = 4,19 кДж/(кг°С);

Δt - різниця температур на вході і виході, °С.

Для розрахованої Вами теплової потужності наявного радіатора, необхідно знайти скільки теплоносія повинно проходити через нього за 1 год, для 3-х випадків, коли різниця температур між подачею та зворотною на радіаторі становить 20 , 10 та 5 градусів по С.

4. Експериментальне вимірювання теплової потужності радіаторів, в залежності від способу подачі теплоносія в радіатор.

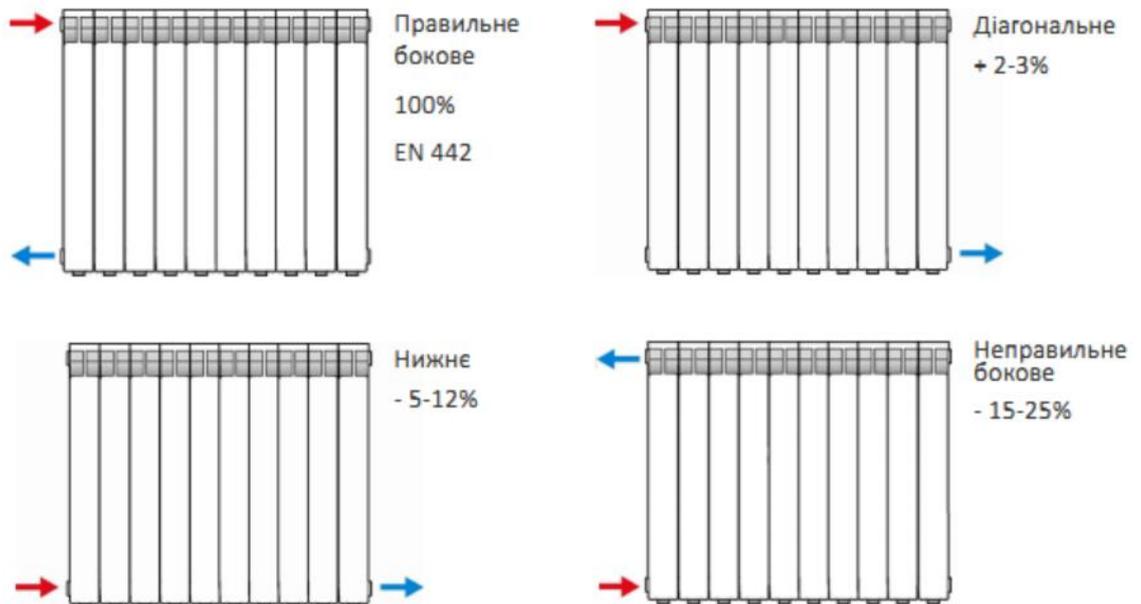
Для того, щоб провести подібні вимірювання, ви повинні встановити на бойлері фіксовану температурау на рівні +60С. Включити циркуляційний насос. За допомогою балансуєчого вентиля необхідно обмежити витрату теплоносія через радіатор згідно із попередніми розрахунками. У всіх експериментах витрата теплоносія повинна бути постійною.

Провести вимірювання теплової потужності радіатора на стенді, змінюючи можливі варіанти циркуляції теплоносія через радіатор. Після кожного експерименту,

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 14

потрібно почекати 5-10 хв, щоб показники виміряні тепловим лічильником стабілізувалися. Дані експериментів зобразити у вигляді діаграми.

Спосіб підключення радіаторів



5. Зробити висновки по роботі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 15

Лабораторна робота №5

Тема: «Дослідження гідравлічної характеристики 4-х ходового підмішуючого клапану. Побудова графіку залежності пропорції підмісу води на входах в залежності від положення заслонки клапану.»

Мета: Вивчити конструкцію існуючого 4-х ходового змішувального клапану та сервопривода. Визначити та описати призначення та принцип роботи кожного із компонентів системи змішувальний клапан + сервопривід. Дослідити гідравлічну характеристику 4-х ходового клапану. Побудувати графік залежності пропорції підмісу між двома вхідними патрубками, в залежності від положення заслонки 4-х дового клапану..

Хід роботи.

1. Дослідіть конструкцію існуючого 4-х ходового клапану. Проаналізуйте гідравлічну схему стенду, та вкажіть можливий інтервал повороту заслонки клапану у даній гідравлічній схемі.

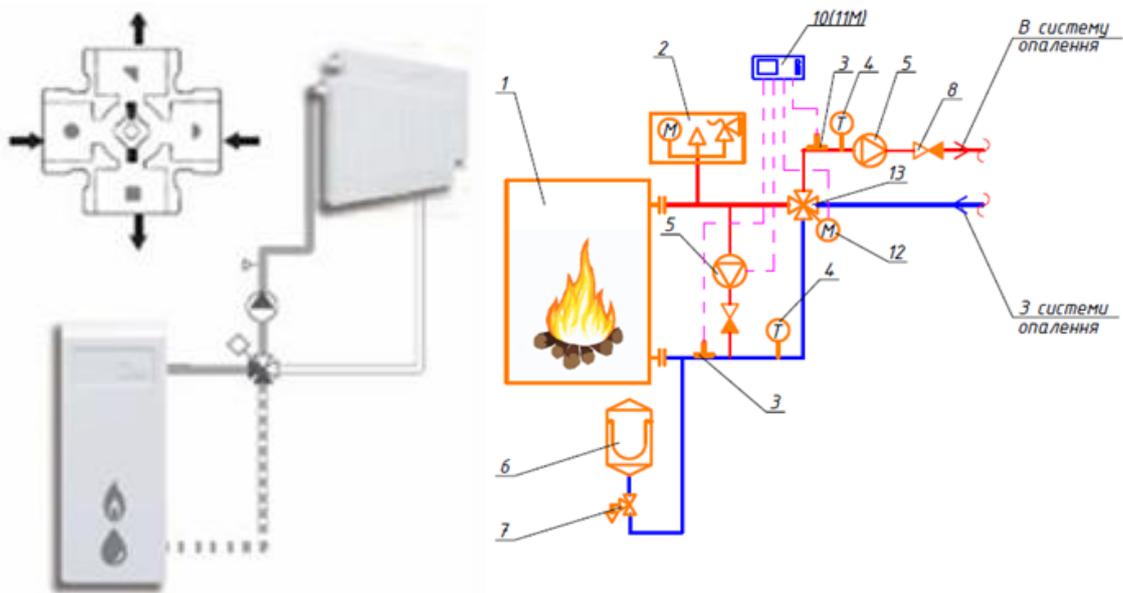


Рис. 5.1 Схема підключення 4-х ходового клапану

2. Вивчіть та запишіть технічні характеристики клапану VRG 141(арт.11640300). Дослідіть залежність падіння тиску на клапані, від продуктивності теплоносія що протікає через нього.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ OK15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 16

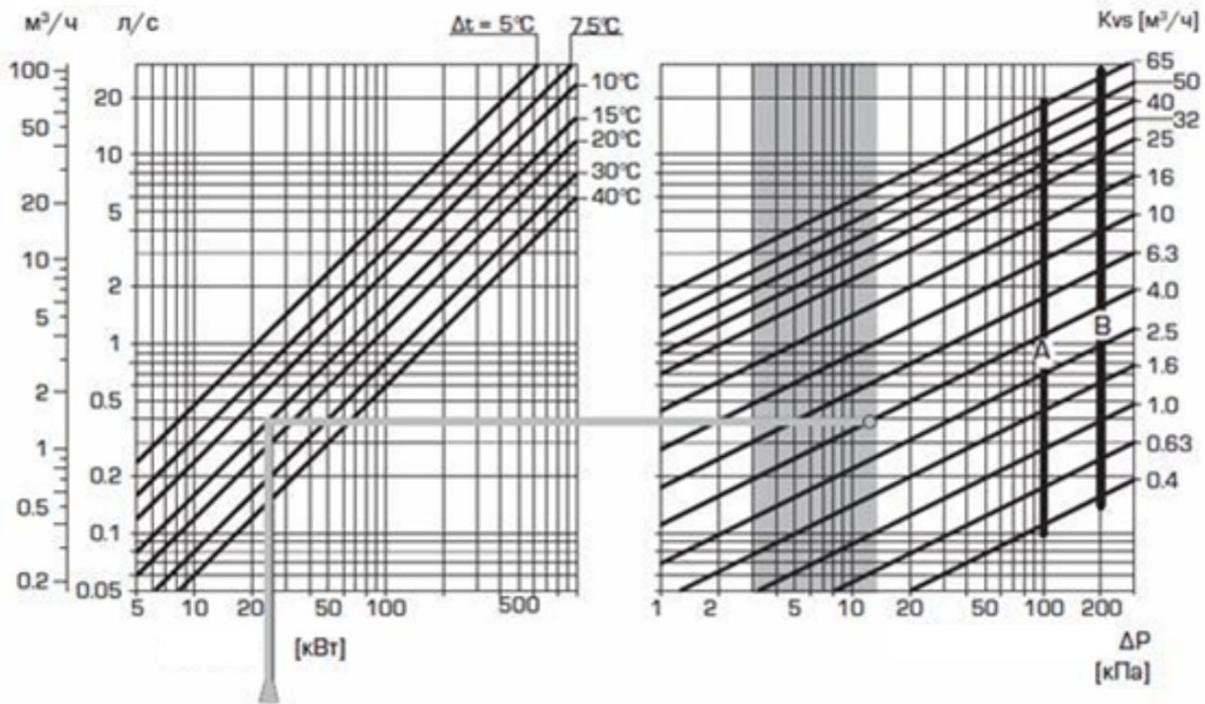


Рис. 5.2 Діаграми потужності та продуктивності

Використовуючи вказану вище діаграму, розрахуйте яку максимальну теплову потужність системи опалення можна реалізувати, із використанням наявного у нас змішувального клапану, за умови що в якості обігрівальних пристроїв використовуються радіатори. Запас напору на циркуляційному насосі, становить 1 м.вод.ст.

3. Дослідіть конструкцію сервопривода Afriso ARM, запишіть його основні технічні характеристики, принцип роботи та логіку 3-х точкового керування поворотом заслонки клапану. Опишіть методику встановлення сервоприводу на клапан.

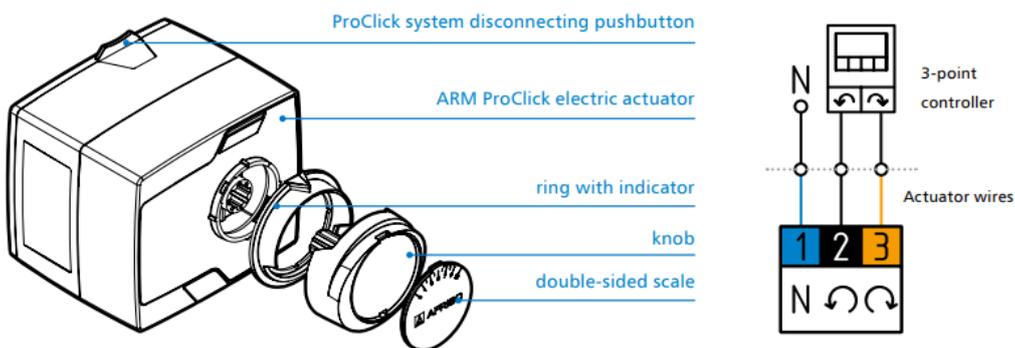


Рис. 5.3 Будова та електричне підключення сервопривода

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 17

4. Розрахуйте скільки потрібно взяти холодної води з температурою +15С та гарячої води з температурою +60С, щоб отримати 40 літрів води із температурою +40С. (методика на базі основного рівняння теплотехніки)

5. Експериментальне дослідження гідравлічної характеристики клапану. Визначення наявності вторинного підмісу у первинному контурі клапану.

Використовуючи дослідний стенд, на змонтоване на ньому вимірювальне обладнання (лічильник води, та тепловий лічильник) проведіть вимірювання кількості води що протікає через входні та вихідні патрубки клапану, при 10 різних положеннях заслонки. З результатами експериментів, побудуйте графічну залежність пропорції підмісу від положення заслонки.

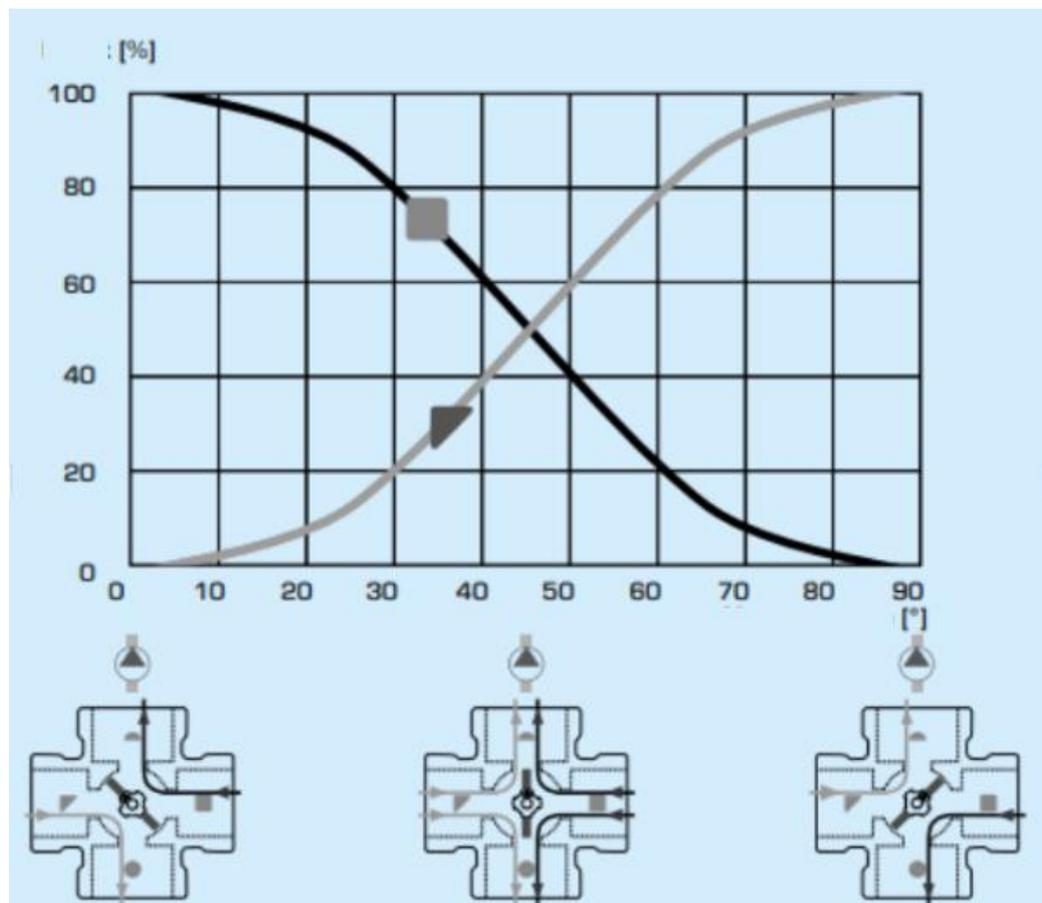


Рис. 5.4 Залежність підмісу від положення заслонки

На основі проведених експериментів, зробіть висновок чи в даній схемі застосування клапану присутній вторинний підміс теплоносія у первинному контурі по малому колу циркуляції. (можете провести повторний експеримент вимірювання

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 32 / 18</i>

продуктивності на входах і виходах клапану, при максимально можливій швидкості насоса та продуктивності теплоносія у контурі радіатора.)

6. Зробіть висновки по роботі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 19

Лабораторна робота №6

Тема: «Дослідження функціонування контролера для управління моторизованим змішувальним клапаном по температурі Euroster 11М.»

Мета: Вивчити конструкцію контролера для управління моторизованим змішувальним клапаном по температурі Euroster 11М. Проаналізувати вмонтовані в контроллер датчики, описати функціональні можливості та можливі схеми застосування регулятора. Дослідити точність регулювання температури змішаної води за допомогою 4-х ходового моторизованого клапану та контролера, що управляє сервоприводом по температурі.

Хід роботи.

1. Вивчіть конструкцію контролера для управління моторизованим змішувальним клапаном по температурі Euroster 11М, призначення його входів та виходів.



Рис. 6.1 Контролер Euroster 11М

2. Дослідіть та опишіть можливі схеми використання контролера Euroster 11М.

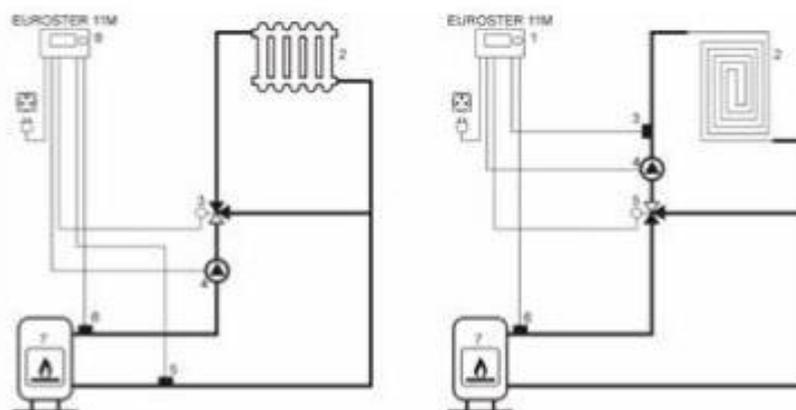


Рис. 6.2 Можливі схеми використання контролера Euroster 11М

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 20

3. Опишіть основні функції, які здатний виконувати регулятор Euroster 11M та призначення кожного із параметрів налаштувань, доступних у меню регулятора:

- - Вибір схеми управління
- - Температура в змішувальному контурі
- - Гістерезис температури у змішувальному контурі
- - Динаміка
- - Температура включення насоса
- - Гістерезис температури включення насоса .
- - Аварійна температура котла
- - Корегування показників температури
- - Тестовий режим

4. Дослідіть на основі якої мікросхеми побудований регулятор та які максимальні теоретичні можливості по входах/виходах може реалізувати виробник на основі даного мікроконтролера. (Для цього знадобиться розібрати контроллер).

5. Використовуючи дослідний стенд, проведіть експериментальне дослідження швидкості та точності регулювання температури змішувального контуру за допомогою 4-х ходового клапану, сервопривода та регулятора температури Euroster 11M.

На бойлері задайте максимально можливу температуру. Відрегулюйте продуктивність теплоносія у контурі радіатора. Радіатор гідравлічно підключіть по схемі “Правильне бокове підключення”. Змонтуйте датчик температури подачі на вихідний патрубок 4-х ходового клапану. Датчик температури котла, встановіть у гільзу регулятора температури бойлера. Підключіть живлення на циркуляційний насос. Підключіть провід управління сервоприводом.

Встановіть на регуляторі Euroster 11M температуру на рівні +40 С. з використанням термометрів, фіксуючи показники температури на вихідному патрубку змішувального клапану кожні 10 секунд, зобразіть графік зміни температури. Аналізуючи графік, зробіть висновок про закон регулювання температури, який формує контролер 11M.

6. Зробіть висновки по виконаній роботі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 21

Лабораторна робота №7

Тема: «Вимірювання ефективності роботи циркуляційного насосу. Поняття робочої точки. Побудова насосної характеристики $F(Q,H)$ для 3-х швидкостей насосу.»

Мета: Вивчити конструкцію циркуляційного насосу із мокрим ротором побудованого на основі однофазного асинхронного двигуна. Визначити яким чином відбувається зміна швидкості обертання валу насосу. Побудувати насосну характеристику $F(Q,H)$ для 3-х швидкостей насосу. Зрозуміти поняття “робочої точки насосу.” Навчитись визначати параметри ефективності роботи насосу при різних значеннях продуктивності.

Хід роботи.

1. Вивчити конструкцію циркуляційного насосу із мокрим ротором. Описати призначення кожного із його компонентів.

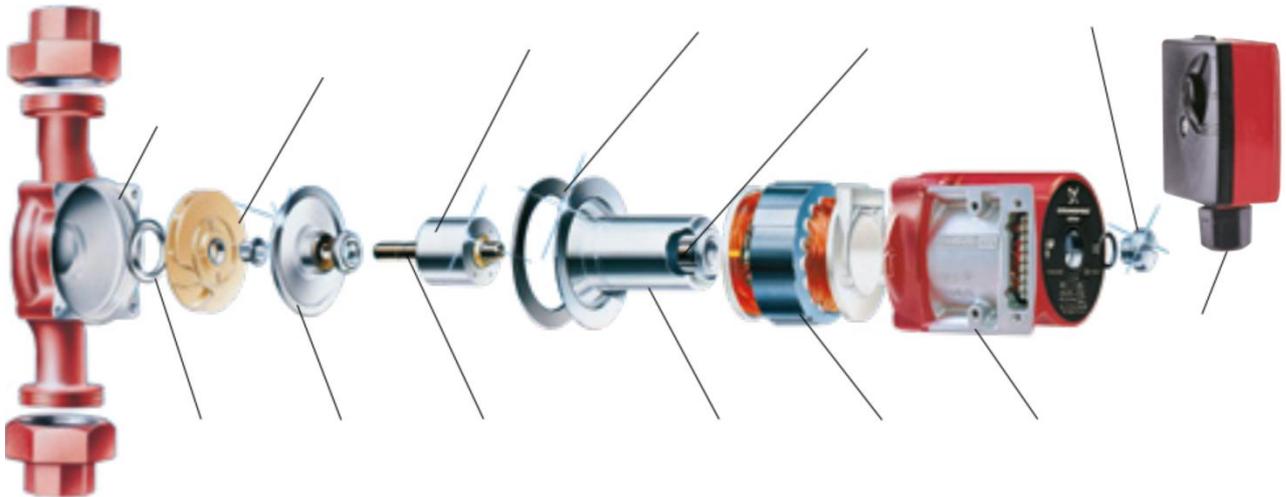


Рис. 7.1 Конструкція циркуляційного насосу

2. Опишіть приклади застосування циркуляційних насосів у побутових інженерних системах опалення та водопостачання.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 22

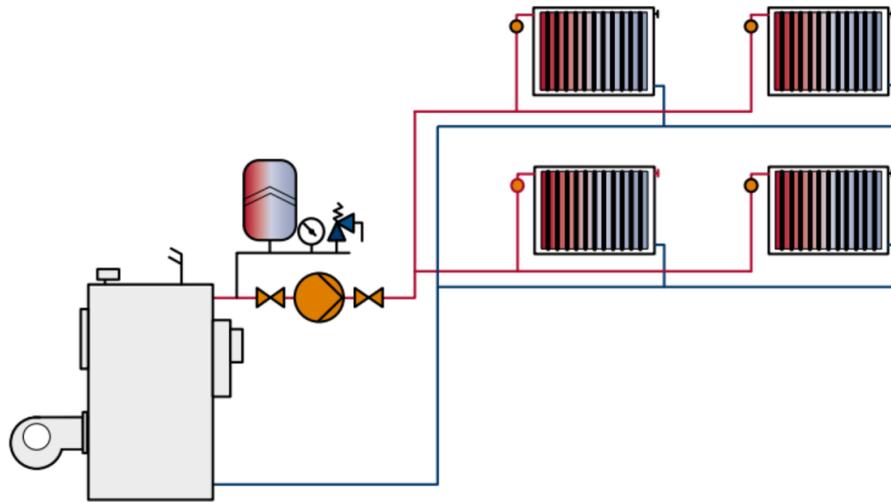


Рис. 7.2 Радіаторна 2-х трубна система опалення

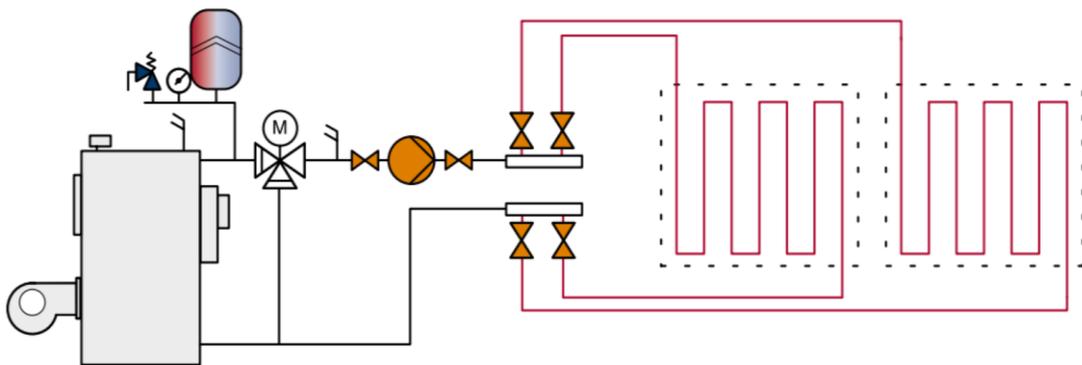


Рис. 7.3 Система опалення “теплою підлогою”

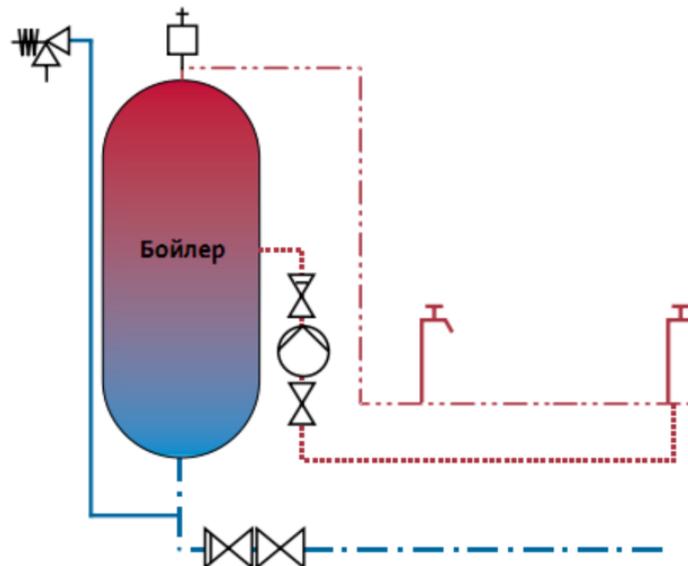


Рис. 7.4 Система рециркуляції гарячої води

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 23

3. Враховуючи, що досліджуваний циркуляційний насос побудований на онсові однофазного асинхронного двигуна із короткозамкнутим ротором, запропонуйте способи регулювання частоти обертання валу двигуна (насосу). Опишіть яким чином відбувається регулювання обертів валу у досліджуваному насосі.

4. Вивчіть поняття насосної характеристики. Дослідіть яким чином будується залежність $F(Q,H)$ для різних типів насосів.

5.

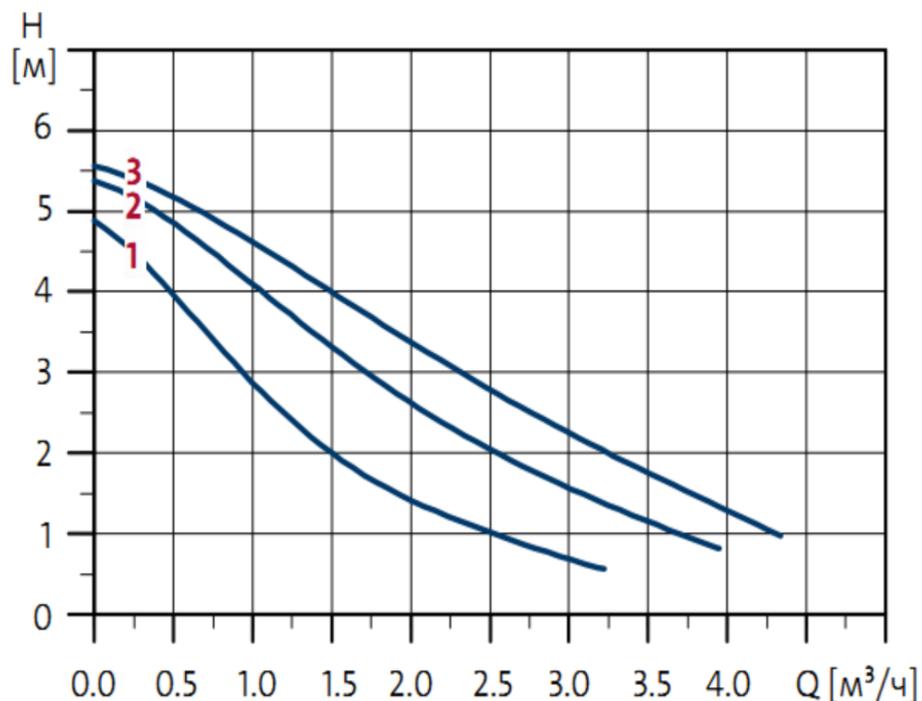


Рис. 7.5 Графік залежностей характеристик насосів

6. Проведіть експериментальне визначення робочих параметрів досліджуваного насосу для всіх 3-х швидкостей його обертання .

Для побцдови насосної характеристики потрібно проветси вимірбвання напіру, який створює насос (різниця показників манометрів до та після насосу) для 5 точок продуктивності: 0; 0,2; 0,5; 0,7; 1 м.куб./год . Зміну продуктивності проводьте за допомогою балансууючого вентиля. Дані вимірювань занесіть у таблицю. На основі результатів вимірювань, побудуйне насосну характеристику досліджукваного циркуляційного насосу.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 24

7. Вивчіть поняття “робочої точки насоса”. Дослідіть методи впливу на реальну робочу точку циркуляційних насосів у закритих гідравлічних системах. Опишіть що буде із насосом, якщо він працюватиме за межами допустимої “робочої зони”.

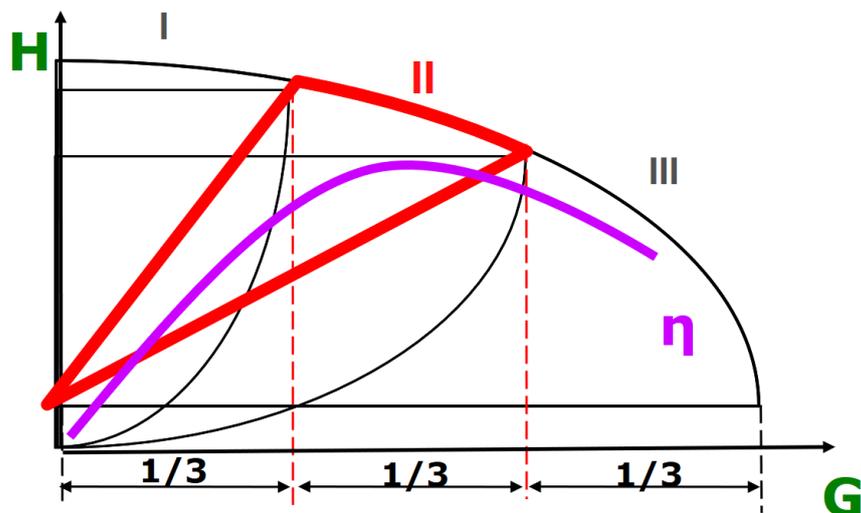
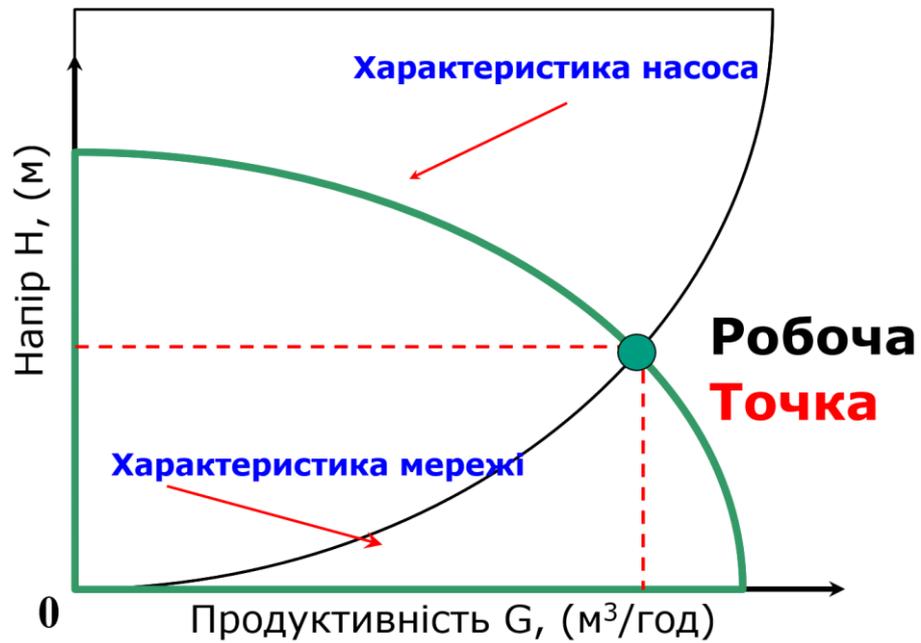


Рис. 7.6 Графіки залежностей параметрів насосів

8. Зробіть висновки по роботі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 25

Лабораторна робота №8

Тема: «Теплова інерційність системи опалення. Розрахунок об'єму теплового акумулятора. Розрахунок об'єму компенсаційного баку в закритій системі опалення. Зміна потужності електричного котла від напруги у мережі.»

Мета: Дослідити поняття теплової інерційності системи опалення. Визначення факторів, які впливають на теплову інерцію. Розрахунок об'єму теплового акумулятора. Розрахунок потужності електричного котла, необхідного для заряджання теплового акумулятора. Зміна потужності електричного котла від напруги у мережі.

Хід роботи.

1. Вивчіть поняття “теплової інерційності” системи опалення. Як на вашу думку теплова інерційність системи опалення може впливати на здатність регулятора температури забезпечувати вихід у зону комфортної температури повітря у приміщенні.

2.

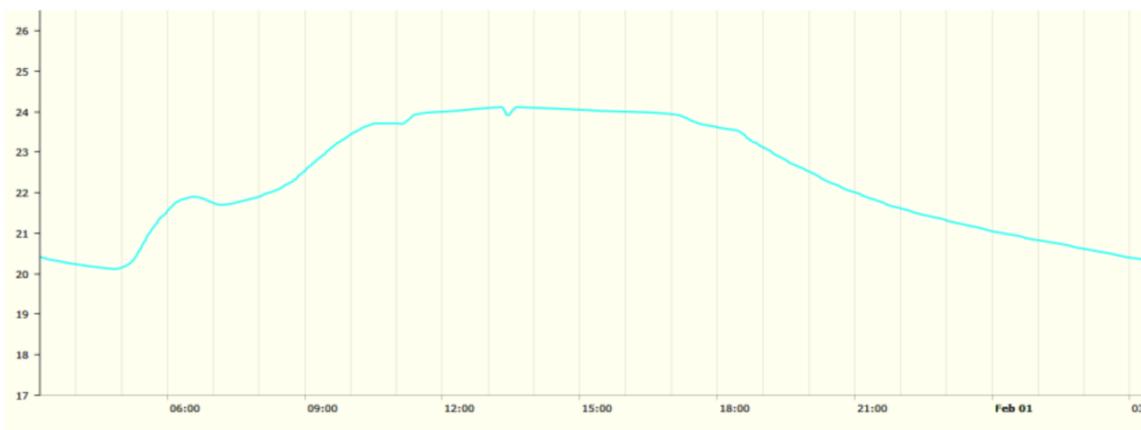


Рис. 8.1 Графік теплової інерційності

3. На прикладі системи опалення 2-х поверхового приватного будинку, опишіть перелік факторів, які можуть впливати на теплову інерційність системи. Вкажіть як на вашу кожен із описаних факторів впливає на інерційність системи.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 26

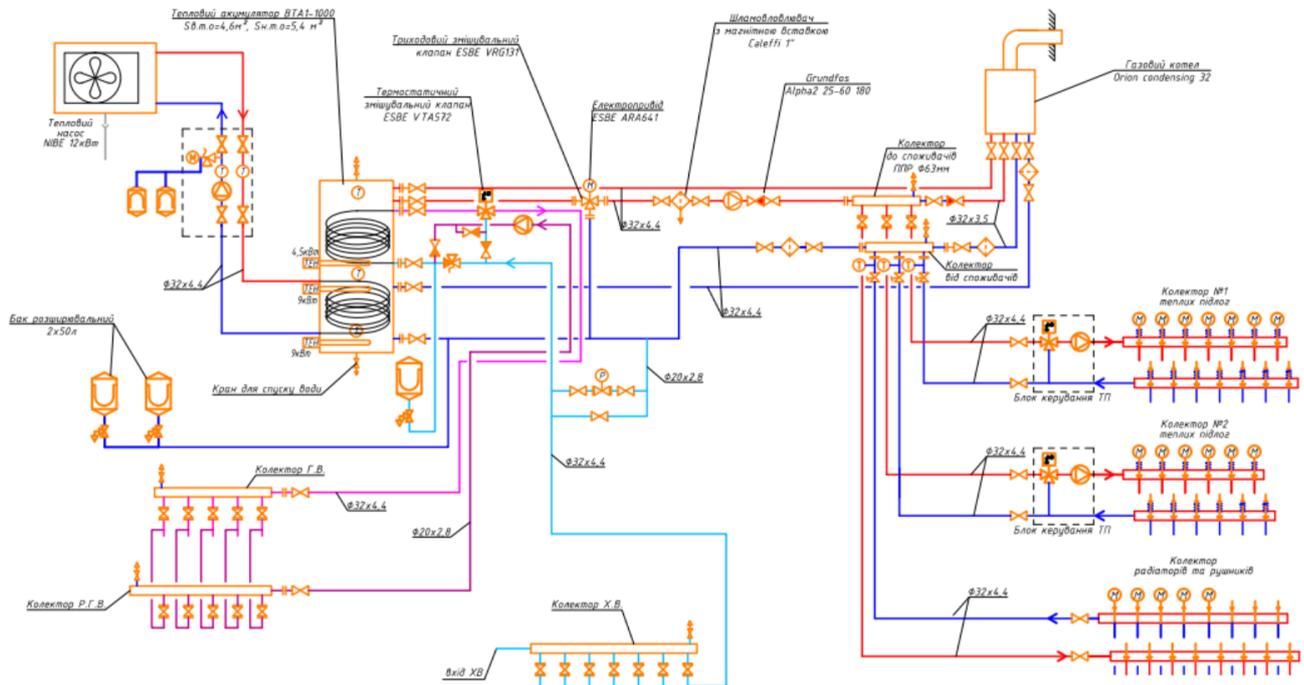


Рис. 8.2 Функціональна схема гібридної системи опалення 2-х поверхового приватного будинку.

3. Розрахунок об'єму теплового акумулятора, необхідного для накопичення достатньої кількості теплової енергії за період дії нічного тарифу на електроенергію. Проведіть розрахунки об'єму теплового акумулятора за даними Вашого варіанту завдання.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 27

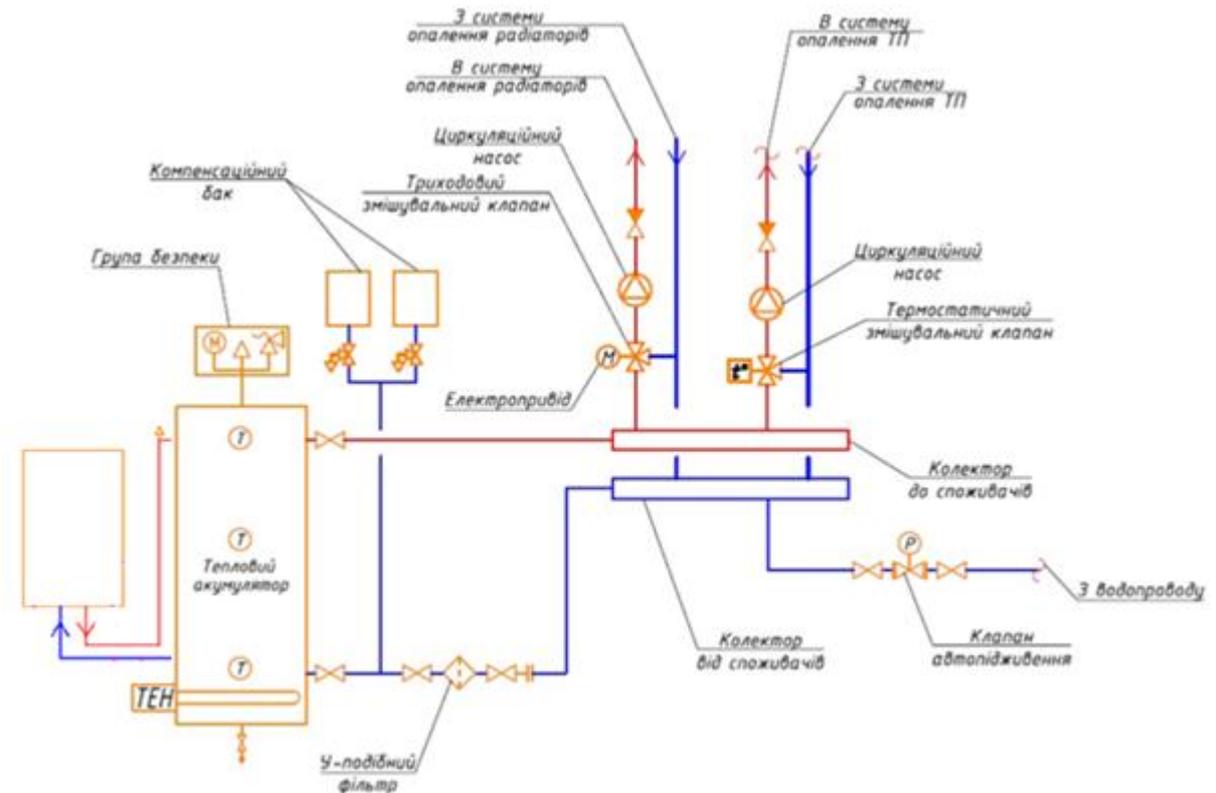


Рис 8.3 Функціональна схема топкової, побудованої на основі електричного котла та теплового акумулятора.

Методика спрощеного розрахунку потрібного об'єму теплового акумулятора.

Для коректного розрахунку потрібного об'єму бака потрібно знати пікові теплові втрати будівлі. Візьмемо для прикладу дані, які ми раніше вже використовували: $P_{\text{пik}} = 8,4 \text{ кВт}$.

Тоді середньодобові потреби у тепловій енергії протягом опалювального сезону становитимуть:

$$Q_{\text{сер.доб}} = (P_{\text{пik}} / 2) \cdot 24 \text{ год} = 8,4 \text{ кВт} / 2 \cdot 24 \text{ год} = 100,8 \text{ кВт.год}$$

Тепер аналізуємо температурний режим системи опалення, і дивимося, при якій найнижчій температурі теплоносія наша систем опалення спроможна нагріти будівлю до необхідної температури.

Для прикладу, ми маємо змішану систему опалення яка у своєму складі має і радіатори і систему теплих підлог, радіатори нормально працюють при температурі

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 28

теплоносія +40-50 градусів, в свою чергу система теплих підлог коректно працює навіть при +30 градусах за Цельсієм. Для цього випадку я б прийняв нижню температуру розрядки теплового акумулятора на рівні +30 градусів.

Тоді, враховуючи, що більшість електричних котлів мають обмеження по максимальній температурі теплоносія на рівні +80 градусів за Цельсієм, розрахуємо масу води, що повинна поміститися в тепловому акумуляторі і накопити у собі 100,8 кВт.год теплової енергії.

$$Q = cm, \text{ звідси } m = Q / (c \cdot \Delta T) = 100,8 / (1,163 \cdot (80-30)) = 1,733 \text{ т}$$

Враховуючи, що частина накопиченої теплової енергії протягом дня може бути втрачена із тепловими втратами, тому врахуємо ККД теплового акумулятора утепленого заводською ізоляцією на рівні 90 %, тоді маса води для акумуляції потрібної кількості теплової енергії становитиме: $m = 1,733 / 0,9 = 1,926$ тони.

V _{бак} , л	Габарити, мм				Присднувальні розміри, мм					
	Н	ØD1	ØD	Ød	h1	h2	h3	h5	h6	h7
500	1995	800	600	450	256	390	1623	100	520	1513
	1½"				1½"			½"		
750	2010	950	750	600	287	421	1654	115	551	1544
	1½"				1½"			½"		
1000	2060	1050	850	700	315	449	1682	140	579	1572
	1½"				1½"			½"		
1500	2150	1200	1000	850	360	494	1727	165	624	1617
	1½"				1½"			½"		
2000	2250	1400	1200	1000	411	545	1778	200	675	1668
	1½"				1½"			½"		

Обираємо бак, об'ємом 2 куб. метри, наприклад бак ВТА-4 серії економ 2000. Далі звичайно варто врахувати, чи зможемо ми внести бак таких розмірів у приміщення топкової, адже зовнішній діаметр такого бака без ізоляції 120см... В протилежному випадку, обираємо конфігурацію наприклад із 2-х баків меншого об'єму, з'єднаних між собою за схемою Тіхельмана.

4. Розрахунок потужності електричного котла, достатнього для накопичення достатньої кількості теплової енергії за період дії нічного тарифу. Проведіть розрахунки потужності електричного котла згідно із Вашим варіантом завдання.

Спершу аналізуємо тривалість часу нічного тарифу, протягом якого ми можемо впоживати електрику дешевше. На сьогоднішній день при 2-х зонному лічильнику, нічний тариф зі ставкою 0,5 від ставки денного тарифу діє з 23:00 по

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 29

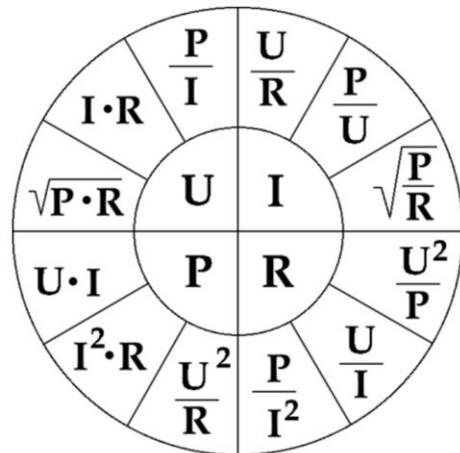
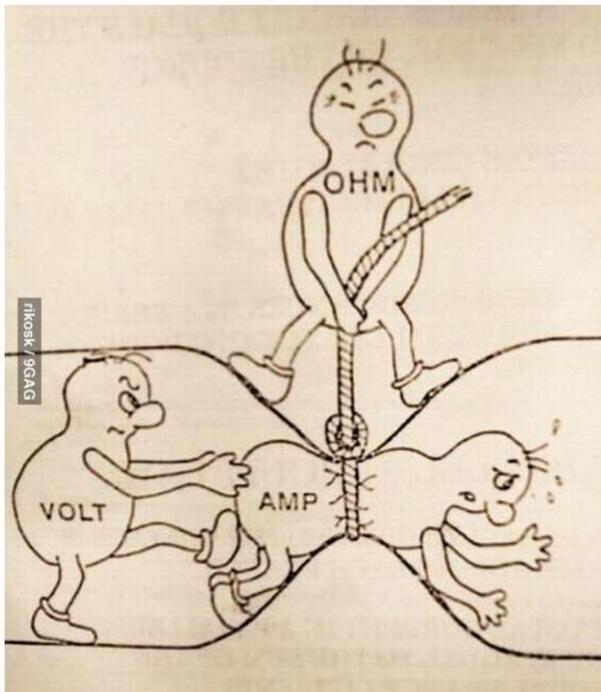
7:00, тобто тривалість періоду - 8 год. За 8 годин нічного тарифу, наш електричний котел повинен і гріти будівлю і накопити достатню кількість теплової енергії в акумуляторі. Розрахуємо його потужність:

$P_{\text{пiк}} = 8,4 \text{ кВт}$, виходячи з цього $P_{\text{сер.}} = 8,4/2 = 4,1 \text{ кВт}$. - середньо годинна потужність теплових втрат будівлі. За 8 годин нічного тарифу, наш котел повинен згенерувати $100,8 \text{ кВт.год}$ теплової енергії, отже

$$P_{\text{котла}} = (P_{\text{сер.}} + (Q_{\text{сер.доб}} / 8 \text{ год})) / 0,95 = (4,1 + 100,8/8) / 0,95 = 17,57 \text{ кВт.}$$

Отже обираємо котел, потужністю 18 кВт , а якщо лінія подачі електричної енергії перевантажена, то потужність котла збільшуємо на $10-15 \%$, щоб компенсувати зниження теплопродуктивності при зниженні напруги у електричній мережі.

5. Дослідіть вплив закону Ома та Джоуля Ленця на роботу електричного котла в умовах зниженої напруги у мережі. Побудуйте графік зміни теплової потужності котла згідно із вашим варіантом завдання, при роботі з низькою та високою напругою в мережі.



U - напруга
I - сила струму
R - електричний опір
P - електрична потужність

Рис. 8.3 Закони струму, опору, напруги електричних кіл

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 30

Закон Джоуля-Ленца: “Кількість теплоти, що виділяється у провіднику зі струмом, пропорційна сили струму, напрузі і часу проходження струму через провідник.”

Математичний запис закону:

$$Q = IUt,$$

де I — сила струму, U — падіння напруги на ділянці кола, t — час проходження струму.

Застосувавши закон Ома для ділянки кола, закон Джоуля-Ленца можна записати як

$$Q = I^2Rt,$$

де R — опір провідника.

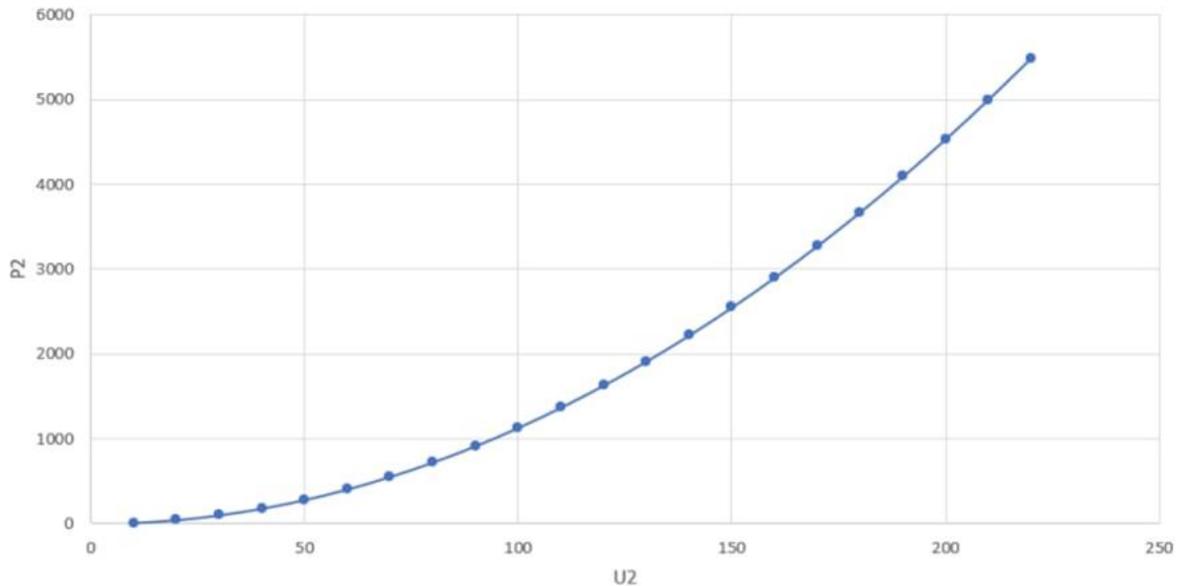


Рис. 8.4 Залежність потужності від зміни напруги

7. Зробіть висновки по роботі

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 31

Рекомендована література

Основна література

1. Вассерман, О. А. Технічна термодинаміка і теплообмін : підручник / О. А. Вассерман, О. Г. Слинько. - Одеса: Фенікс, 2019. - 496 с. Режим доступу: <https://card-file.ontu.edu.ua/items/cb3d3d3c-21df-45ce-a210-5d826d3d8a73>
2. Іволжатова Н.С. Передові системи термомодернізації будівель і споруд : навч. посібник. – Одеса: Гельветика, 2023. – 128с.
3. Дубровська В.В. Термодинаміка та теплообмін: навч. посіб./ В.В. Дубровська, В.І.Шкляр.- К.: НТУУ «КПІ», Вид-во «Політехніка», 2016. – 152 с
4. Шинкарик М.М., Кравець О.І. Основи теплотехніки: навч. посібник. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2024. 132 с
5. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Основи теплотехніки та термодинаміки» для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» денної форми навчання за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (автор: Покляченко О.В.), 2024. 28 с. Електронне видання (Протокол НМР №4 від 12.06.2024 р.).
6. Методичні рекомендації щодо виконання самостійної роботи з навчальної дисципліни «Основи теплотехніки та термодинаміки» для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» денної форми навчання за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (автор: Покляченко О.В.), 2024. 13 с. Електронне видання (Протокол НМР №4 від 12.06.2024 р.).

Додаткова література

1. Порядок визначення технічної можливості встановлення вузлів розподільного обліку теплової енергії та економічної доцільності встановлення приладів - розподільвачів теплової енергії : Постанова КМУ від 10.10.18 р. № 829 // Все про бухгалтерський облік. – 2018. – №97. – 2018. – С.20-21.
2. Порядок обслуговування внутрішньобудинкових систем тепlopостачання, водopостачання, водовідведення та постачання гарячої води : Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та ЖКГ України від 15.08.18 р. № 219 // Все про бухгалтерський облік. – 2018. – №102. – 2018. – С.19-21.
3. Подчашинський Ю.О. Електроніка та мікропроцесорна техніка. Цифрова електроніка : навч. посібник. – Житомир : Вид. О.О. Євенок, 2020. – 236 с.
4. Олійник М.Й., Лисяк В.Г., Середа М.С. Енергоощадність та альтернативні джерела енергії: навч. посібник. – Львів : Львівська політехніка, 2020. – 184 с.
5. Воробйов Л. Й. Оцінювання складової похибки вимірювання теплового потоку, зумовленої нерівномірністю просторової чутливості перетворювача // Метрологія та прилади. – 2020. – №5. – 2020. – С.33-42.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-20.10- 05.01/141.00.1/Б/ ОК15-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 32 / 32

6. Гамеляк І.П., Дмитрієв М.М., Дмитриченко А.М., Волощук Д.В. Енергетичний аудит бітумних баз та асфальтобетонних заводів тепловізійним методом // Автошляховик України. – 2015. – №3. – 2015. – С.35-40.

7. Ільченко А. В. Шляхи зменшення похибки вимірювання витрат палив тепловим витратоміром // Технічна інженерія. – 2023. – №I(91). – 2023. – С.207-213.

13. Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Міністерство енергетики України. Режим доступу: <https://www.mev.gov.ua>
2. ДП «НЕК „Укренерго“». Режим доступу: <https://ua.energy>
3. Державна служба України з питань праці (охорона праці та електробезпека). Режим доступу: <https://dsp.gov.ua>
4. Офіційний сайт ТОВ «Магія комфорту». Режим доступу: <https://magic-comfort.com.ua/>
5. Національний орган стандартизації України (ДП «УкрНДНЦ»). Режим доступу: <https://www.ukrndnc.org.ua>
6. Онлайн-платформа стандартів (BudStandart). Режим доступу: <https://online.budstandart.com>
7. Національна бібліотека України ім. Вернадського. Режим доступу: www.nbuv.gov.ua
8. Електронний архів наукових та освітніх матеріалів КПІ ім. Ігоря Сікорського. Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/home>
9. Наукометрична та реферативна база даних Directory of Open Access Journals (DOAJ). Режим доступу: <https://doaj.org/>
10. Electrical Engineering Portal. Режим доступу: <https://electrical-engineering-portal.com>