

Гібридні системи: котел - тепловий насос повітря вода



THE CALEFFI GREEN



**НАШ ЕКОЛОГІЧНИЙ РОЗВИТОК.
ДУМКА, СПОСІБ ІСНУВАННЯ ТА ДІЇ.
НАШ КОНКРЕТНИЙ ВНЕСОК В ЕКОЛОГІЧНІ ТА
СОЦІАЛЬНІ ЗМІНИ.**

Будуємо більш відповідальне майбутнє. Задовольняємо потреби **ЛЮДЕЙ** сьогодні і завтра, в тому числі за допомогою **ПРОДУКТІВ**, які заощаджують ресурси і спрямовані на більш відповідальний комфорт. Для створення правильного клімату і позитивного впливу на **НАВКОЛИШНЄ** середовище.



РЕДАКЦІЙНА СТАТТЯ

СТАЛЕ ЕНЕРГЕТИЧНЕ МАЙБУТНЄ

Я з гордістю і великою відповідальністю прийняв запрошення написати редакційну статтю для цього видання - вже "легендарного" журналу IDRAULICA.

У цьому випуску ми говоримо про теплові насоси та гібридні системи - тему, яка є надзвичайно актуальною з огляду на зростаючу популярність теплових насосів на європейському ринку, а також через енергетичну та геополітичну кризу, яку ми переживаємо в постпандемічному контексті, як через структурні причини, так і через причини, пов'язані з попитом та фактичною ефективністю системи.

Хоча відновлювані джерела енергії становлять понад 32% у структурі первинної енергії Португалії, цей відсоток зростає до 65, якщо розглядати лише електроенергію (джерело: Євростат) - на місцевому рівні ми стали свідками збільшення встановлення систем, які сприяють децентралізованому виробництву енергії, що призвело до структурного збільшення доступності та ефективності електроенергії, в тому числі завдяки зменшенню втрат при транспортуванні.



Це рішення (режим власного споживання) дозволяє нам підтримувати зростання "частки електроенергії" в будівельному секторі, що включає використання теплових насосів, а також прискорити їх інтеграцію в контекст кондиціонування повітря в житлових і комерційних приміщеннях. Крім того, застосування теплових насосів в житлових системах (переважно типу "повітря-повітря", а також "повітря-вода") зростає, і на них припадає понад чверть екологічних ініціатив в Португалії за останні роки, згідно з останнім "Звітом Португальської програми з екологічних будівель".

Однак ми не вважаємо, що ефективність системи залежить лише від первинної теплової системи, а також не вважаємо, що екологічність пов'язана лише з холодоагентами з нижчим ПГП (потенціал глобального потепління) або меншими викидами. Як і в усьому, ми вважаємо, що саме система в цілому сприяє і гарантує енергоефективність, і що саме тут CALEFFI вносить свою безсумнівну додану вартість у поточний і майбутній ринок завдяки всім своїм знанням і здатності надавати технологічно передові зразки гідравлічної продукції і рішення, а також підвищувати загальну ефективність обладнання.

Ми надихались цим, коли ремонтували штаб-квартиру Caleffi в Португалії, налаштовуючись на майбутнє, знаючи, що ми повинні бути прикладом для наслідування як лідери ринку. На початку планування реконструкції будівлі, ми прийняли відповідальне рішення створити будівлю з майже нульовим споживанням енергії (NZEB), використовуючи гідротермальні та вентиляційні компоненти Caleffi, щоб досягти комфорту, приємної, "водопровідно-енергетичної" та беззаперечної ефективності. Це не тільки демонструє екологічну свідомість, але й є маркетинговим інструментом для кращої взаємодії з нашими клієнтами та командою, одночасно підвищуючи впізнаваність бренду. Ми реалізували будівлю NZEB з класом енергоефективності А+, споживання якої майже на 70% базується на відновлюваних джерелах енергії, що, як ми переконані, є ще одним внеском у прагнення Caleffi йти в ногу з майбутнім, бути прикладом і зосередитися на постійній відповідальності перед професіоналами, ринком, сім'ями та майбутніми поколіннями, відповідно до стратегій, які ми реалізуємо на італійському ринку.


Rui Pedro Torres

Керуючий директором
CALEFFI Lda - Portugal

Відповідальний директор:
Маттіа Томазоні

Головний редактор: Фабріціо
Гвідетті

Дописувачі цього випуску

Алессія Солдаріні

Доменіко Маццетті

Фабіола Платіні

Марко Годі

Маттіа Томазоні

Ренцо Планка

Гідравліка Зареєстроване
видання при

Суді Новари за № 26/91 від
28/9/91 Видавець:

Авторське право Гідравліка
Калеффі. Усі права захищено.
Жодна частина публікації не
може бути відтворена або
розповсюджена без письмового
дозволу Видавництва.

CALEFFI S.P.A.
S.R. 229, N. 25
28010

Фонтането д'Агон'я (NO)
ТЕЛ. 0322-8491
info@caleffi.com
www.caleffi.com

СОДЕРЖАНИЕ

5 ГІБРИДНІ СИСТЕМИ: КОТЕЛ - ТЕПЛОВИЙ НАСОС ПОВІТРЯ ВОДА

6 ГІБРИДНІ СИСТЕМИ

9 ВИРОБНИЦТВО ХОЛОДУ В ГІБРИДНИХ СИСТЕМАХ

11 ВИРОБНИЦТВО ГАРЯЧОЇ ВОДИ ДЛЯ ПОБУТОВИХ ПОТРЕБ

14 ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ТА ВЕРИФІКАЦІЯ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ
ПОТУЖНІСТЬ НА ОСНОВІ ДАНИХ МАКСИМАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

15 ПОЯСНЕННЯ: РОЗРАХУНОК МІНІМАЛЬНОЇ СПІЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА
ІСТОРИЧНІ ТЕНДЕНЦІЇ

22 ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНИХ ТА ФІЗИЧНИХ ОБМЕЖЕНЬ ТЕПЛОВОГО
НАСОСА

26 ПЕРЕВІРКА ТЕПЛОВОГО НАСОСА ЗА КОЕФІЦІЄНТОМ НАВАНТАЖЕННЯ

30 ПОЯСНЕННЯ: ПОБУДОВА СПРОЩЕНИХ КЛІМАТИЧНИХ КРИВИХ

31 СХЕМА ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ

- діаграма 1 - побутова система: опалення та миттєве ГВП

- діаграма 2 - побутова система: опалення, охолодження та миттєве ГВП

- діаграма 3 - побутова система: опалення та ГВП з накопиченням

- діаграма 4 - побутова система: опалення, охолодження та ГВП з
накопиченням

- схема 5 - середня та велика система: опалення та ГВП з подвійним
накопичувальним баком

- діаграма 6 - середня та велика система: опалення та ГВП з подвійним
накопичувачем, охолодження з тепловим насосом

44 ІНЕРЦІЙНИЙ ГІДРАВЛІЧНИЙ СЕПАРАТОР ДЛЯ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ

45 ТЕПЛОВІ НАСОСИ ТА КОЛЕКТОРИ R

50 CALEFFI ПОРТУГАЛІЯ КЛАС A+ БУДІВЛЯ NZEB21
СТАЛИЙ РОЗВИТОК, МАЙБУТНЄ, ТЕХНОЛОГІЇ: МИ ПОКАЗУЄМО
ПРИКЛАД

ГІБРИДНІ СИСТЕМИ: КОТЕЛ - ТЕПЛОВИЙ НАСОС ПОВІТРЯ - ВОДА

Цей випуск журналу "Idraulica" присвячений поглибленому розгляду гібридних систем, що поєднують котли та теплові насоси типу "повітря-вода". Такі системи є надзвичайно ефективним рішенням для енергетичної модернізації теплових станцій. Їх цінність проявляється не тільки в значному внеску в енергозбереження, з подальшим скороченням використання невідновлюваних джерел і обмеженням викидів забруднюючих речовин, а й в економічних вигодах, що виникають в результаті більш ефективного управління установкою. Гібридні системи також можуть бути оптимальним вибором для нових будівельних проектів, особливо коли певні технічні обмеження не дозволяють встановлювати виключно теплові насоси. Їх гнучкість і

універсальність роблять їх найкращим рішенням у ситуаціях, де присутні специфічні технічні обмеження. Вступний розділ журналу містить огляд гібридних систем з акцентом на різних типах, доступних на ринку. Згодом обговорення переходить до короткого огляду методологій, що використовуються для отримання охолодженої води при різних температурах. Далі ми зосередимося на виробництві гарячої води для побутових потреб у таких умовах, досліджуючи різні методології, задіяні в цьому процесі. Другий розділ зосереджений на вирішальному аспекті визначення розміру гібридних систем. Цей розділ пропонує різноманітні підходи до вимірювання, починаючи від оптимізації максимальної зручності і закінчуючи конкретними вимогами

щодо розмірів гібридних систем, враховуючи різні технологічні обмеження, що накладаються на теплові насоси.

Третій розділ містить практичні схеми, що мають на меті конкретно проілюструвати, як раніше обговорювані теоретичні концепції трансформуються в практичні рішення.

Насамкінець, журнал пропонує погляд на конкретні пристрої безпеки з точки зору правил необхідних для таких систем, і завершує свій огляд детальним аналізом регуляторних аспектів, що стосуються забезпечення безпеки та відповідності гібридних систем.



ГІБРИДНІ СИСТЕМИ

Інженер Маттіа Томазоні

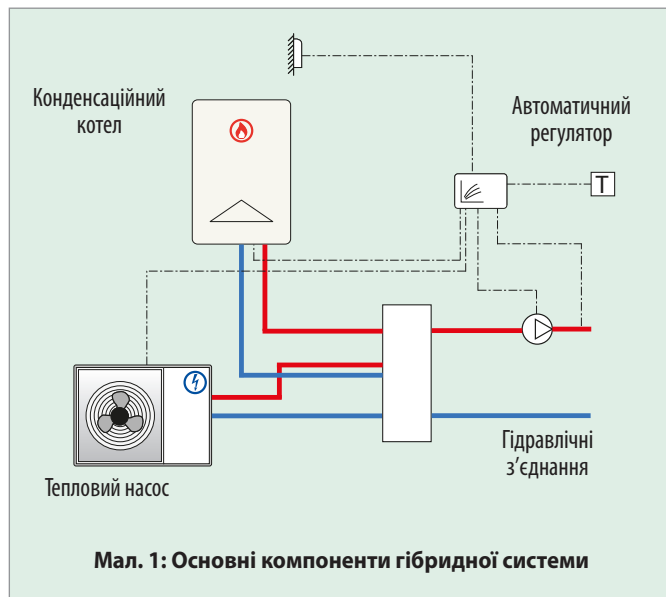
Гібридна система - це система опалення, яка поєднує в собі дві різні технології для підвищення енергоефективності та забезпечення теплового комфорту в гнучкий спосіб.

На сьогоднішній день найбільш поширеною є система, яка поєднує тепловий насос повітря-вода та конденсаційний газовий котел, що дозволяє максимально використати переваги обох технологій відповідно до умов навколишнього середовища та потреб в опаленні.

Тепловий насос використовує теплову енергію зовнішнього повітря для нагрівання води в системі і вважається основним генератором системи.

Тепловий насос ефективно працює, коли зовнішня температура не надто низька, нижче граничного значення в роботу вступає другий компонент системи, **котел**. Котел має функцію резервного або допоміжного живлення і дозволяє тепловому насосу працювати в оптимальних умовах, щоб пікова потужність була низькою, а насиченість навантаженням - достатньою.

Гібридна система оснащена **автоматичним управлінням**, яке визначає, який генератор, тепловий насос або котел, повинен активуватися відповідно до зовнішніх умов і потреб будівлі в опаленні. У деяких випадках може знадобитися робота двох генераторів одночасно.



ПЕРЕВАГИ ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ

Енергоефективність

Тепловий насос є дуже ефективною системою з точки зору споживання первинної енергії, водночас використання гібридної системи часто сприяє економії коштів.

Гнучкість

Гібридна система краще пристосована до зовнішніх умов і коливань цін на енергію, ніж система з одним генератором.

Економія коштів

Система управління, яка приймає рішення про застосування двох генераторів, може бути налаштована за принципом мінімізації витрат.

Надійність

Гібридна система, що використовує два джерела теплової енергії, за своєю суттю є більш надійною, ніж моногенераторна система.

ЗАВОДСЬКІ СИСТЕМИ

Гібридні системи заводської збірки - це системи, спроектовані, виготовлені та гарантовані одним виробником; Вони можуть складатися з двох окремих генераторів (тип А), які виробник називає тепловим насосом і конденсаційним котлом, одного блоку (тип В), що містить як конденсаційний котел, так і функціональний блок теплового насоса, або двох блоків (тип С), одного зовнішнього блоку, що складається з конденсаційного котла та компресора функціонального блоку теплового насоса, і одного внутрішнього блоку, що містить як конденсаційний котел, так і частину компонентів функціонального блоку теплового насоса. Налаштування завжди забезпечується виробником заводської гібридної системи.

Як правило, заводські системи широко використовуються на невеликих підприємствах для економії часу і простору при монтажі.



ЗБІРНІ СИСТЕМИ

Гібридна система, зібрана на місці, поєднує в собі компоненти та генератори різних виробників для створення індивідуальних рішень безпосередньо на місці установки. Такий підхід має кілька переваг.

Адаптивність до замовлення. Пропонує високий ступінь адаптивності до конкретного проекту та вимог замовника. Індивідуальні рішення можуть бути спроектовані і побудовані так, щоб оптимально відповідати потребам середовища, проекту або кінцевого користувача.

Гнучкість під час впровадження. У деяких випадках умови або вимоги на будівельному майданчику змінюються під час будівництва, тому модифікації на місці можуть бути корисними в таких ситуаціях.

Можна додати тепловий насос до існуючої системи з конденсаційним котлом як другий крок, якщо створені всі належні умови конструкції та системи.

Таким чином, гібридна система, зібрана на місці, пропонує поєднання кастомізації, адаптивності та контролю, що дозволяє створювати індивідуальні рішення. Однак важливо ретельно планувати і координувати збірку на місці, щоб максимізувати ці переваги. Насправді, підвищене навантаження на конструкцію і необхідність вузькоспеціалізованого монтажу роблять ці системи більш привабливими для середніх і великих інсталяцій або там, де є суттєва потреба в індивідуальному налаштуванні системи.

Збірні системи можуть бути двох типів: моногенераторні та мультигенераторні.

МОНОГЕНЕРАТОРНА СИСТЕМА

Моногенераторні системи складаються з теплового насоса та котла. Вони мають багато переваг, але також і ряд недоліків, які необхідно враховувати при виборі, основні з яких перераховані нижче.

Нижча надійність: Система з одним генератором може вийти з ладу, якщо виникнуть проблеми з самим генератором. У ситуаціях несправності або необхідності технічного обслуговування вся система може бути змушена працювати на зниженій потужності, що може призвести до потенційних збоїв, а в деяких випадках і до перерв у наданні послуг.

Неповне використання: система з одним генератором може бути занадто порівняно з фактичними потребами будівлі або застосування, що призводить до зниження енергоефективності та збільшення експлуатаційних витрат, особливо якщо генератор постійно використовується з частковим навантаженням. Така ситуація часто трапляється у великих будівлях, які не мають постійного коефіцієнту використання.

Обмеження масштабованості: ці системи менш придатні для будівель або прибудованих приміщень, потреби яких можуть змінюватися з плином часу. Подальше розширення потужностей може вимагати значних інвестицій або навіть бути неможливим.

З цих причин системам з одним генератором часто надають перевагу в установках малої або середньої потужності, оскільки вони пропонують більш просте, дешеве та ефективне рішення для задоволення потреб будівлі в опаленні або охолодженні.

БАГАТОГЕНЕРАТОРНІ АБО МОДУЛЬНІ

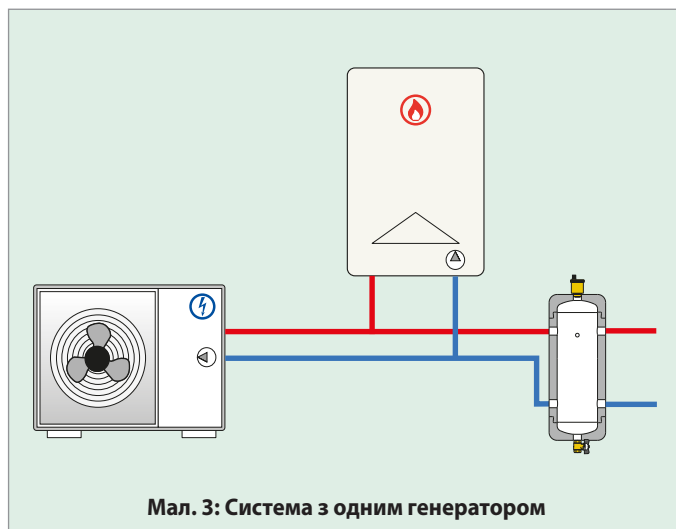
Багатогенераторні або модульні системи складаються з декількох теплових насосів і котлів. Сильні сторони цієї конфігурації описані нижче.

Надійність: однією з ключових переваг багатогенераторних систем є дублювання. При роботі декількох генераторів, у разі виходу з ладу або необхідності технічного обслуговування одного з модулів, інші можуть продовжувати виробляти теплову енергію, мінімізуючи перерви, пов'язані з сервісними роботами.

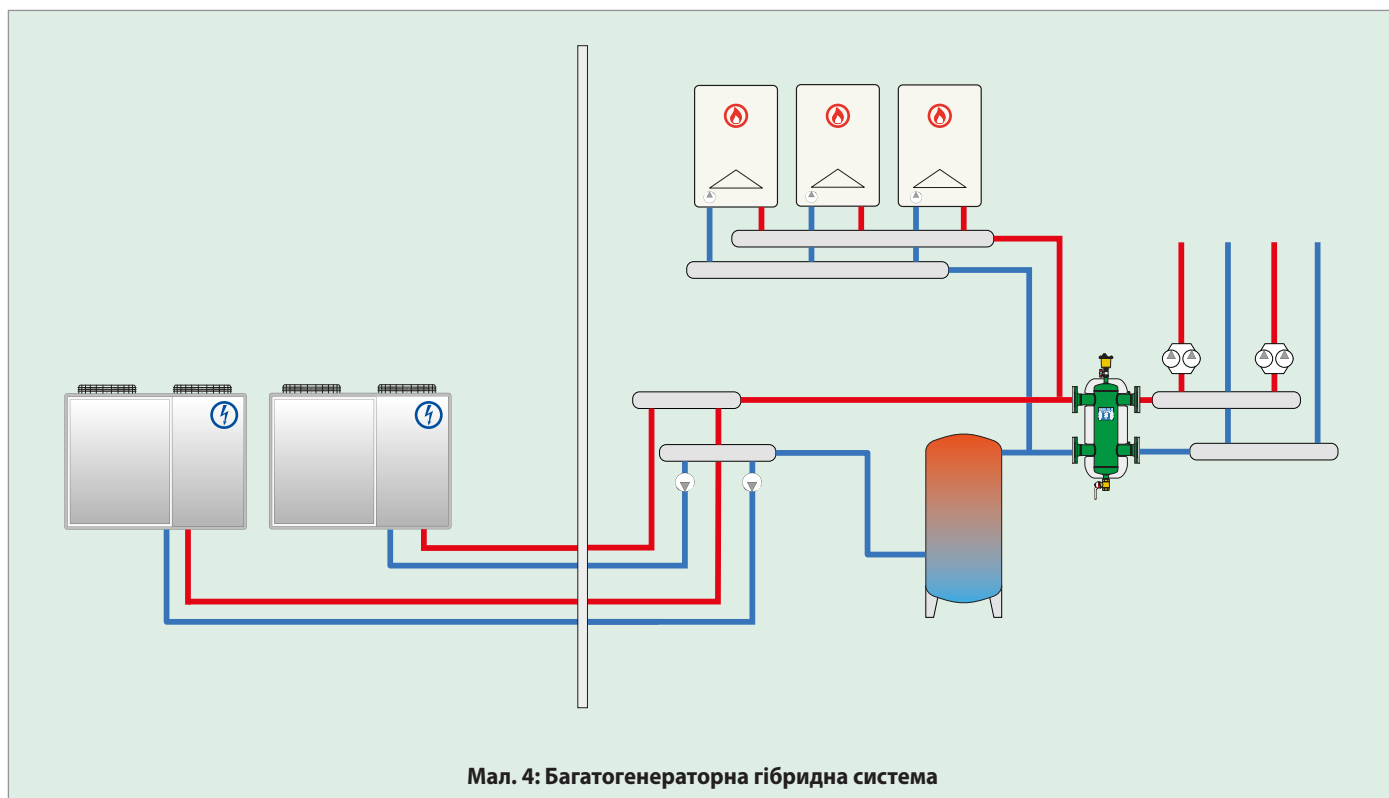
Ефективність та оптимізація: у добре спроектованій багатогенераторній системі можна оптимізувати використання генераторів у режимі реального часу, використовуючи найбільш зручну комбінацію генераторів відповідно до вимог навантаження, робочої температури та зовнішніх кліматичних умов. Це підвищує загальну енергоефективність системи та знижує експлуатаційні витрати.

Масштабованість: багатогенераторні системи легко масштабуються. Генератори можна додавати або видаляти відповідно до потреб будівлі або застосування, що робить їх придатними для ситуацій, коли умови експлуатації можуть з часом змінюватися.

Багатогенераторні установки вимагають більше інвестицій, більше часу на налаштування, більше обслуговування і більше місця для встановлення. З цих причин вони застосовуються там, де потрібна середня або висока потужність генерації.



Мал. 3: Система з одним генератором



Мал. 4: Багатогенераторна гібридна система

ВИРОБНИЦТВО ХОЛОДУ В ГІБРИДНИХ СИСТЕМАХ

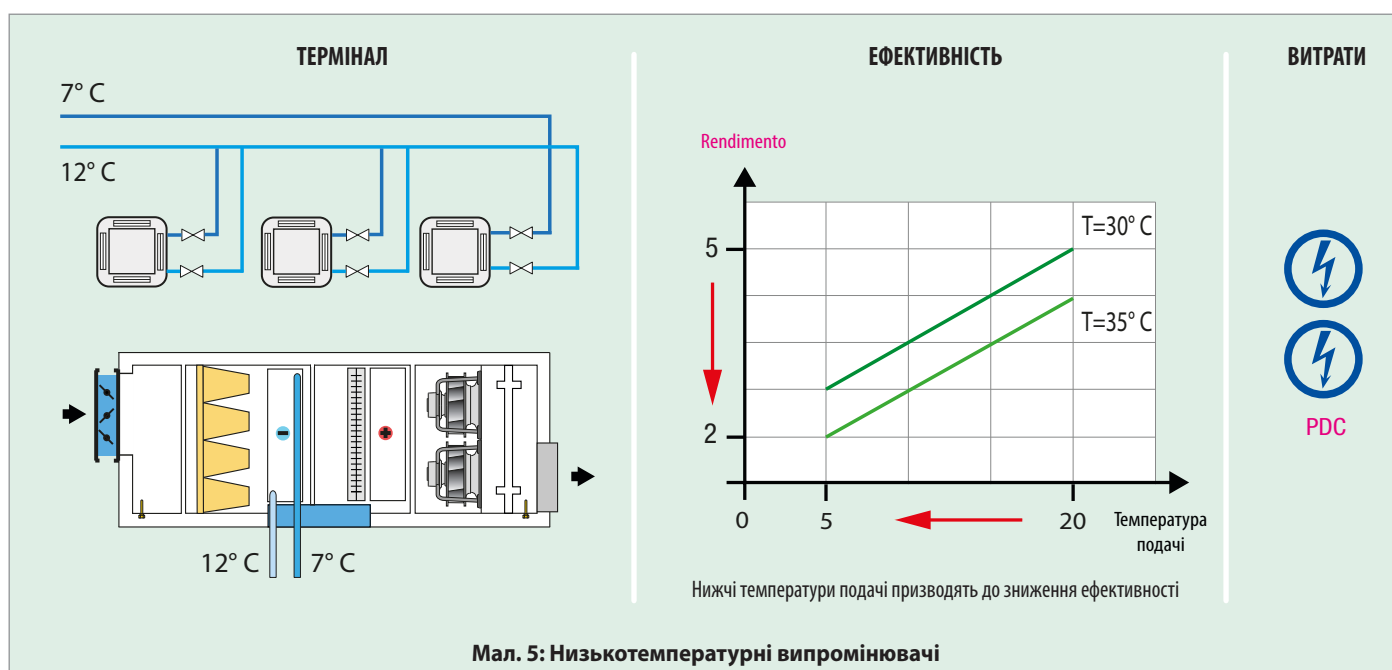
У сучасних гібридних системах інтеграція теплового насоса є економічно вигідною можливістю виробляти охолоджену воду шляхом реверсування циклу охолодження, що дозволяє ефективно охолоджувати приміщення. Однак у системах, призначених для забезпечення як опалення, так і охолодження, дуже важливо звернути особливу увагу на кілька важливих аспектів, як на етапі проектування, так і під час реалізації системи.

Конфігурація установки відіграє ключову роль у цьому контексті; найпоширеніші рішення для забезпечення оптимальної роботи системи представлені нижче.

ВИРОБНИЦТВО ОХОЛОДЖЕНОЇ ВОДИ ПРИ НИЗЬКІЙ ТЕМПЕРАТУРІ

У деяких випадках випромінювачі вимагають низької робочої температури, як у випадку з тепловентиляторами або охолоджувальними змійовиками в повітряних системах.

Генерація холоду при низьких температурах подачі від 6 до 9 °C дозволяє використовувати термінали з невеликими охолоджувальними змійовиками і забезпечує ефективне керування осушенням.



Важливо відзначити, що цей спосіб виробництва холоду має нижчу ефективність, ніж генерація холоду при більш високих температурах подачі.

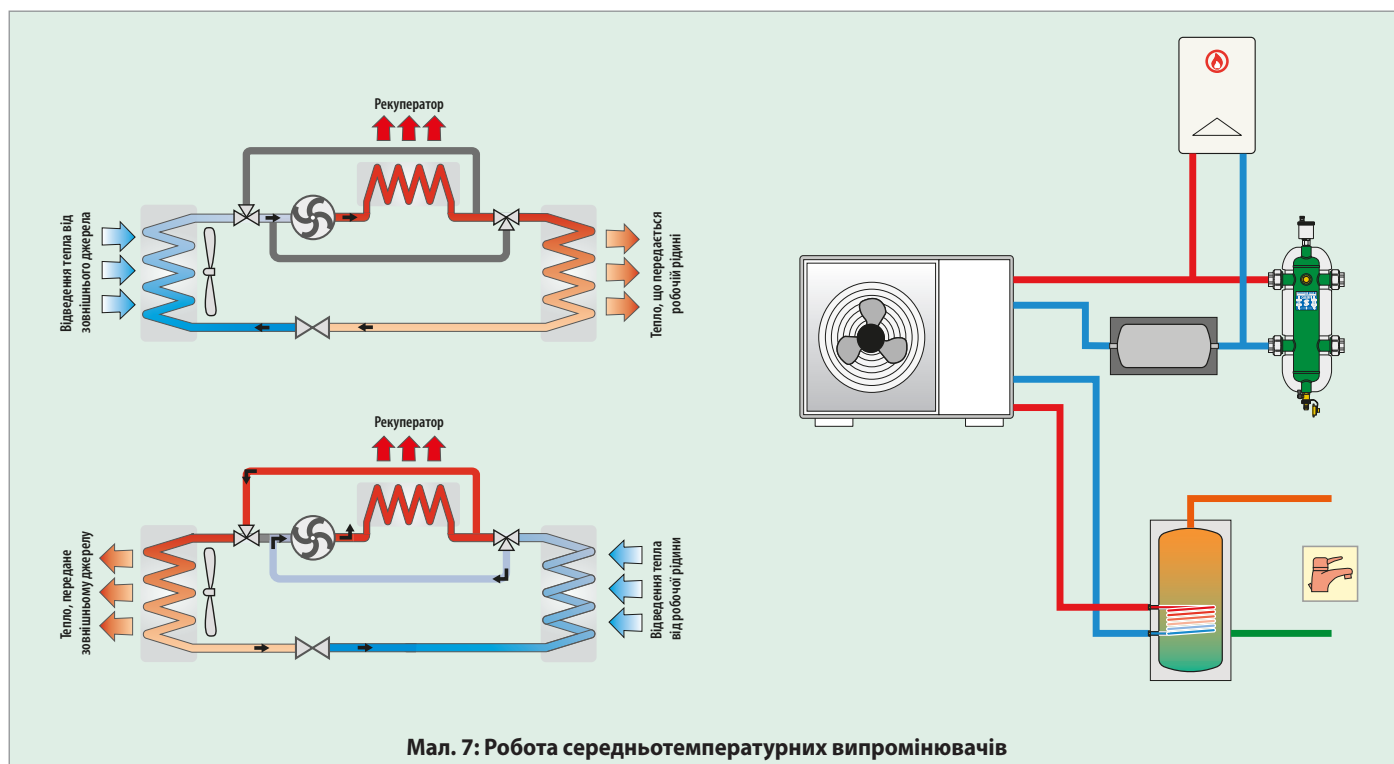
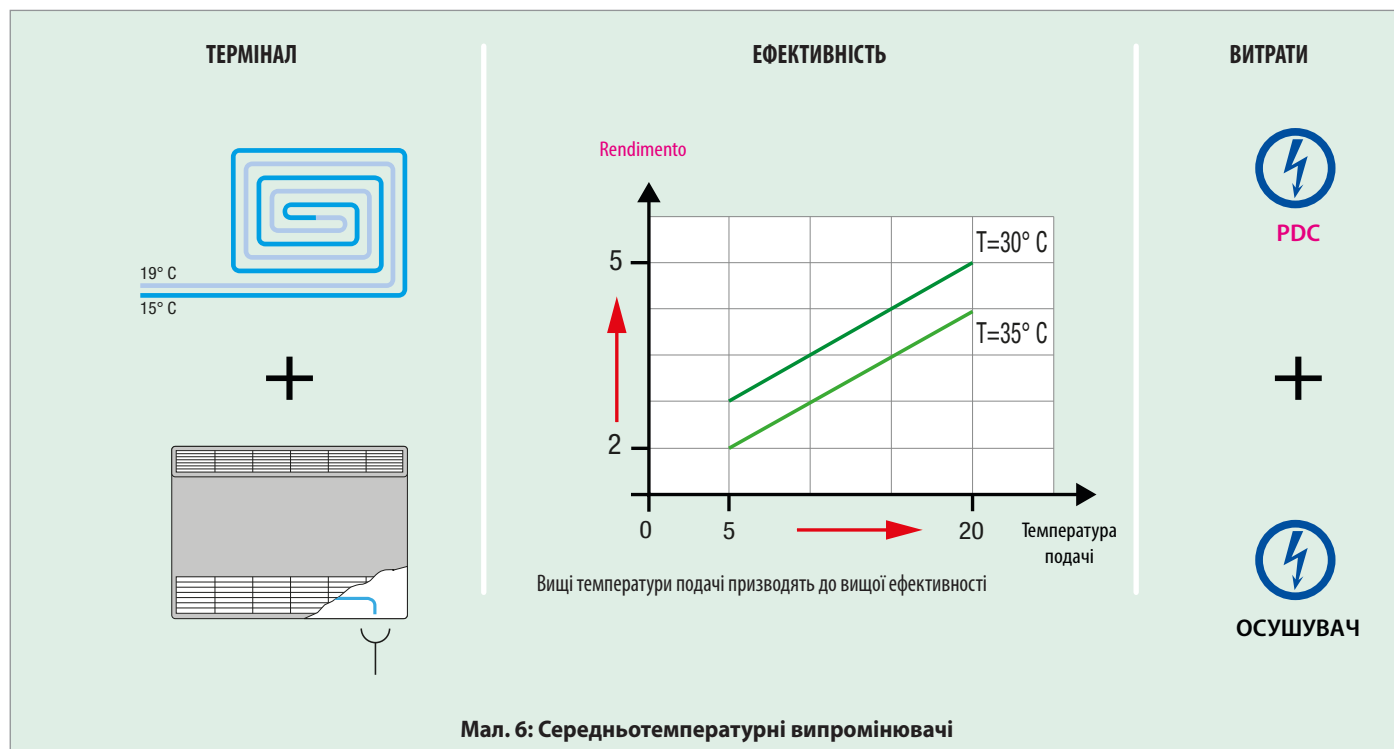
Оскільки теплові насоси також зручно використовувати для виробництва гарячої води для системи ГВП, можна налаштувати систему в двох різних режимах: з пріоритетом або без пріоритету на виробництво ГВП.

Пріоритетність виробництва гарячої води для побутових потреб (ГВП) - це цілеспрямована стратегія управління, зокрема показана в ситуаціях, коли попит на ГВП є високим і може тимчасово зупинити виробництво холоду від теплового насоса. Цей підхід виявляється особливо ефективним і добре адаптованим до використання в житлових приміщеннях, пропонуючи перевагу відмінної ефективності при виробництві ГВП. Однак, важливо зазначити, що це може призвести до тимчасових зупинок процесу кондиціонування, що підкреслює важливість планування ретельного та належного управління енергетичними потоками.

Без пріоритету на виробництво гарячої води для побутових потреб (ГВП), рішення добре підходить для систем, де необхідно забезпечити постійне та безперебійне постачання холоду, але з обмеженим попитом на гарячу воду для побутових потреб. Цей сценарій поширений в офісних будівлях з низькотемпературними терміналами, такими як тепловентилятори, де виробництво гарячої води для побутових потреб зазвичай здійснюється за допомогою газового генератора або спеціальних бойлерів. Цей підхід забезпечує безперервність обслуговування кондиціонерів, хоча і за рахунок меншої ефективності у виробництві побутової гарячої води. Така ситуація є прийнятною, враховуючи обмежене використання цього сервісу в таких умовах застосування.

ВИРОБНИЦТВО ОХОЛОДЖЕНОЇ ВОДИ ПРИ СЕРЕДНІЙ ТЕМПЕРАТУРІ

Випромінюючі панелі або охолоджувальні конструкції - це випромінювачі, які потребують середньої робочої температури (15-19 °C). Такий робочий інтервал дозволяє збільшити продуктивність холодильних машин. Однак випромінювачі, що працюють при таких температурах, не забезпечують належного осушення і тому потребують додаткового обладнання (осушувачі або кондиціонери).



ВИРОБНИЦТВО ГАРЯЧОЇ ВОДИ ДЛЯ ПОБУТОВИХ ПОТРЕБ

Виробництво гарячої води для побутових потреб у гібридних системах може бути реалізовано за рахунок використання виключно газового котла або за рахунок комбінації обох теплогенераторів.

Виробництво гарячої води для побутових потреб за допомогою комбінованого використання теплового насоса і бойлера - це ефективна і гнучка система. Тепловий насос сприяє виробництву гарячої води, використовуючи теплову енергію навколишнього середовища, і максимізує енергоефективність, використовуючи поновлювані джерела. Котел вступає в дію, коли зовнішня температура занадто низька для теплового насоса, який внаслідок цього не може працювати ефективно.

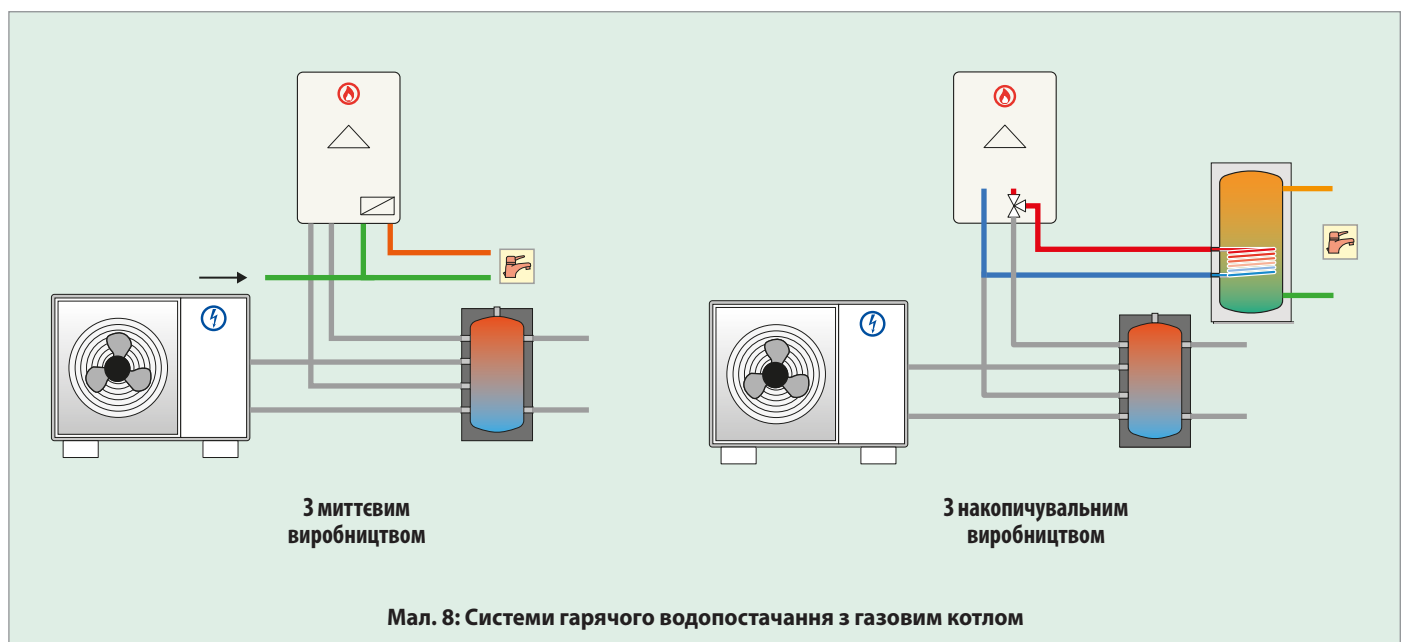
ВИРОБНИЦТВО ГАРЯЧОЇ ВОДИ ГАЗОВИМ КОТЛОМ

Якщо виробництво гарячої води для побутових потреб покладено виключно на котел, до переваг можна віднести:

- простоту встановлення: легке встановлення та керування системою.
- Можливість отримання води при високій температурі: використання невеликих баків або проточних теплообмінників ідеально підходить для ситуацій, коли простір обмежений.
- Термічна дезінфекція без допоміжних засобів, таких як нагрівальні елементи.

З енергетичної точки зору, це рішення не використовує повною мірою переваги гібридних систем, оскільки воно покладається в основному на ту частину генерації, яка має найбільше енергоспоживання та викиди. Воно застосовується для простих інсталяцій або в ситуаціях, коли простір обмежений, і часто використовується для модернізації вже існуючого побутового обладнання.

Додатковою перевагою цього рішення є те, що воно не вимагає зворотного циклу охолодження теплових насосів, особливо коли вони використовуються для охолодження.



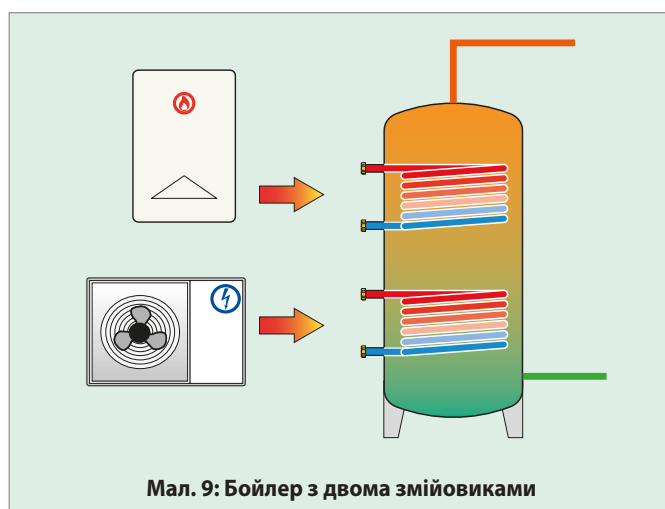
ВИРОБНИЦТВО ГАРЯЧОЇ ВОДИ В КОМБІНАЦІЇ КОТЛА ТА ТЕПЛООВОГО НАСОСА

Система виробництва гарячої води, яка поєднує котел з тепловим насосом, є найбільш ефективним рішенням, оскільки повністю використовує можливості обох генераторів. Таким чином, це рішення пропонує баланс між стійкістю та надійністю, забезпечуючи комплексне та адаптивне рішення для потреб у підігріві води в різних умовах навколишнього середовища.

Гаряча вода подається з одного або декількох накопичувальних баків. Тепловий насос використовується для нагрівання води до температури приблизно 40-45 °C всередині накопичувального бака; бойлер використовується для подальшого підвищення температури води до 50-65 °C. Конфігурації систем для цього типу підготовки різноманітні, але найпоширеніші з них наведені нижче.

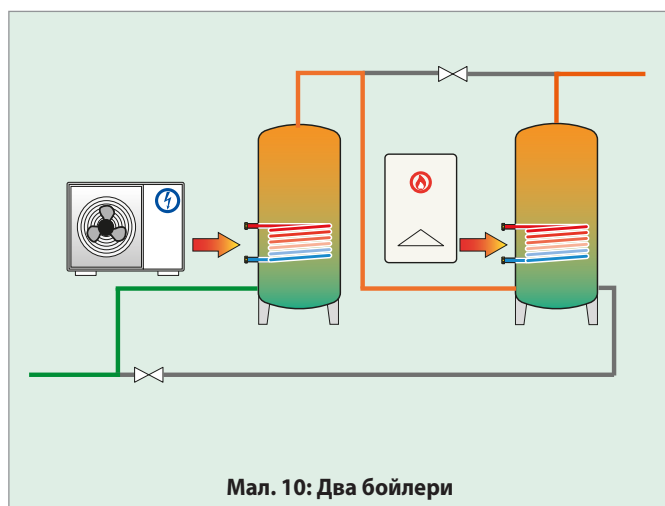
БОЙЛЕР З ДВОМА ЗМІЮВИКАМИ

Система характеризується підключенням теплового насоса до нижнього теплообмінника баку, де вода має нижчу температуру, в той час як верхній теплообмінник з'єднаний з котлом. Окрім економічності та компактності, така конфігурація вимагає відповідної стратифікації води в бойлері. Це рішення особливо підходить для ситуацій, коли використання гарячої води для побутових потреб обмежене, наприклад, у житлових будинках або офісах.



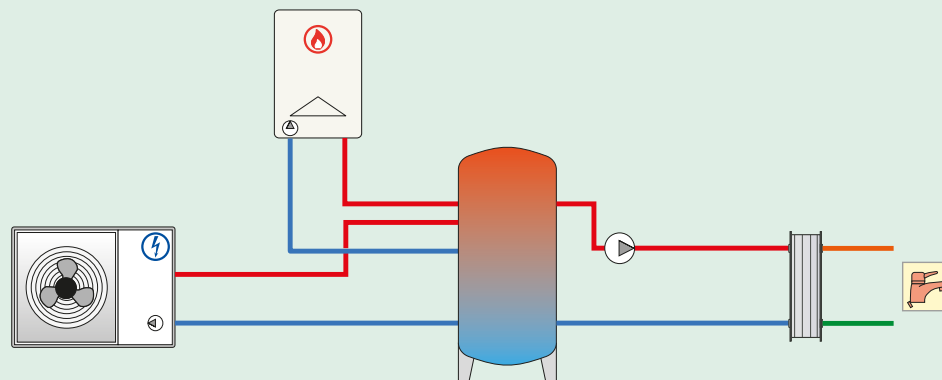
ДВА БОЙЛЕРИ

У системі використовується перший бойлер для попереднього нагріву, який працює від теплового насоса, а другий бойлер живиться від газогенератора. Така конфігурація дозволяє точно контролювати температуру в обох бойлерах, однак важливо підкреслити, що вона є більш громіздкою і дорогою. Цей підхід часто застосовується в умовах високого споживання гарячої води, наприклад, у готелях, лікарнях і будинках престарілих, де пріоритетом є забезпечення надійного і безперебійного постачання гарячої води.



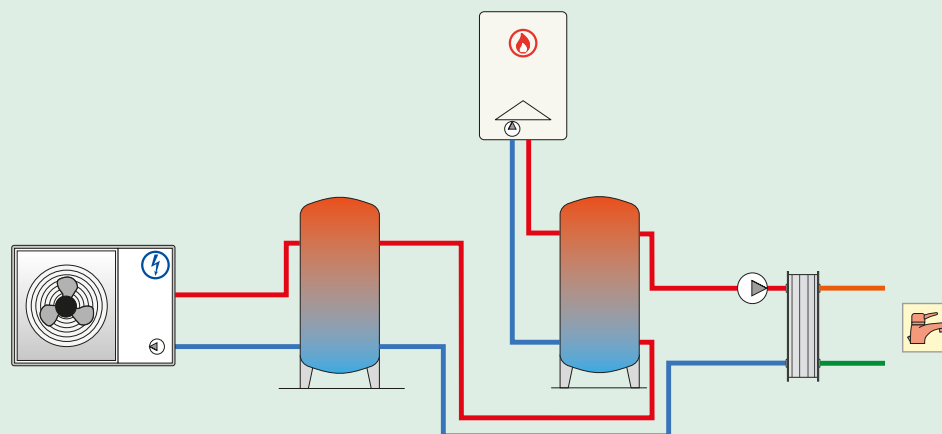
У гібридних системах пріоритет може бути наданий гарячому водопостачанню або виробництву охолодженої води. З точки зору затрат енергії, ми зазвичай рухаємося в напрямку пріоритетності виробництва гарячої води для побутових потреб. Однак, в певних умовах, наприклад, в офісних будівлях, де призупинення роботи кондиціонерів може спричинити незручності, виробництво охолодженої води може бути пріоритетнішим, ніж виробництво гарячої води. Обидва ці рішення можуть бути реалізовані шляхом використання зовнішніх теплообмінників і спеціальних резервуарів для зберігання технічної води.

**ВИРОБНИЦТВО ГВП З
ОДНИМ РЕЗЕРВУАРОМ
ДЛЯ ТЕХНІЧНОЇ ВОДИ**



Функціональна схема системи миттєвої підготовки гарячої води для побутових потреб з пошаровим технічним накопичувачем. Котел нагріває верхню частину накопичувального бака, тоді як тепловий насос відповідає за нижню частину.

**ВИРОБНИЦТВО ГВП
(гарячого водопостачання)
ЗА ДОПОМОГОЮ ДВОХ
РЕЗЕРВУАРІВ ДЛЯ
ТЕХНІЧНОЇ ВОДИ**



Функціональна схема системи миттєвої підготовки гарячої води для побутових потреб з подвійним технічним накопичувачем, що працює послідовно. Перший бак попереднього нагріву нагрівається тепловим насосом, а другий для послідовного догріву, забезпечується котлом.

Мал. 11: Миттєве виробництво ГВП з накопиченням води для технічних потреб

ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ ТА ВЕРИФІКАЦІЯ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ

Інженер Маттіа Томазоні

До визначення розмірів гібридних систем, які поєднують теплові насоси та котли, можна підійти з використанням різних методологій, розділених на дві основні категорії, кожна з яких зосереджена на оптимізації конкретних аспектів гібридної системи.

Перша категорія фокусується на оптимізації загальної ефективності системи в експлуатації, мінімізації експлуатаційних витрат за рахунок синергії між тепловим насосом і котлом. Цей метод враховує такі змінні, як робоча температура теплового насоса, його потужність і ефективність при різних зовнішніх температурах, забезпечуючи оптимальну роботу в різних кліматичних умовах.

На противагу цьому, друга категорія методологій фокусується на фізичних та технічних обмеженнях теплового насоса для визначення максимальної потужності та температури, які може забезпечити тепловий насос. Основна мета - адаптувати гібридну систему таким чином, щоб тепловий насос працював безпечно і ефективно, уникаючи ситуацій, які можуть перевищити його робочі межі і викликати такі проблеми, як недосягнення проектних умов або неефективність.



Мал. 12: Можливі методи визначення параметрів для гібридних систем

ПАРАМЕТРИ НА ОСНОВІ ДАНИХ З МАКСИМАЛЬНОЮ ПОТУЖНІСТЮ

Визначення розмірів на основі точки максимальної ефективності гібридних систем має на меті оптимізувати загальну економічну ефективність теплогенераторів, враховуючи як теплові насоси, так і конденсаційні котли. Цей підхід спрямований на максимізацію економічної ефективності шляхом врахування вартості теплової енергії, виробленої кожним генератором.

Теплові насоси та конденсаційні котли можуть демонструвати значні коливання ефективності, як було проаналізовано в попередніх публікаціях з гідравліки (див. Гідравліка 61 та 64), причому теплові насоси особливо чутливі до факторів навколишнього середовища, таких як зовнішня температура, температура води на виході та ступінь насичення. Підходи з точки максимальної ефективності зосереджені на визначенні мінімального коефіцієнту корисної дії (COP_{MC}), нижче якого використання конденсаційного котла замість теплового насоса є більш економічно вигідним.

Після визначення COP_{MC} визначається потужність гібридної системи: котел розраховується на максимальну потребу в тепловій енергії, а тепловий насос - на забезпечення необхідної потужності за умов, що гарантують COP_{MC} . Це забезпечує економічну та ефективну роботу всієї системи.

Вибір потужності котла не представляє особливих технічних складнощів, в той час як вибір потужності теплового насоса може бути пов'язаний з деякими труднощами через велику кількість змінних, які необхідно враховувати. Далі представлено два методи, на основі яких можна визначити потужність теплового насоса:

- зовнішня температура та температура подачі в фіксованій точці
- зовнішня температура та температура теплоносія на подачі



Мал. 13: Визначення параметрів гібридної системи за принципом максимальної ефективності

ПОЯСНЕННЯ:

РОЗРАХУНОК МІНІМАЛЬНОЇ СПІЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ІСТОРИЧНІ ТЕНДЕНЦІЇ

Мінімальний коефіцієнт ефективності (COP_{MC}) вказує на значення COP, при якому вартість виробництва теплової енергії за допомогою теплового насоса дорівнює вартості виробництва такої ж кількості енергії за допомогою газового котла. Іншими словами, COP_{MC} являє собою точку, в якій витрати на комунальні послуги між тепловим насосом і газовим котлом є еквівалентними.

Розрахунок цього параметру базується на оцінці витрат, пов'язаних з виробництвом теплової енергії цими двома типами генераторів. Вартість виробництва однієї кіловат-години теплової енергії за допомогою газового котла можна розрахувати за формулою 1, тоді як витрати, пов'язані з виробництвом теплової енергії за допомогою теплового насоса, визначаються за формулою 2.

Щоб знайти значення COP_{MC} , яке є COP (коефіцієнт корисної дії), при якому витрати є еквівалентними, рівняння, описані у Формулі 1 та Формулі 2, стають еквівалентними, як показано у Формулі 3.

Враховуючи постійну нижчу теплотворну здатність (PCI) 9,7 кВт-год/см³ та середній ККД котла 98 %, формулу 3 можна спростити, як показано у формулі 4.

У цьому спрощенні очевидно, що мінімальний коефіцієнт ефективності (COP_{MC}) прямо пропорційний вартості електроенергії та обернено пропорційний вартості газу. Історично вартість цих двох енергоносіїв значно коливалася, але їх співвідношення залишалося відносно стабільним, за винятком останніх періодів, коли підвищення цін на електроенергію разом зі зниженням вартості газу призвело до збільшення мінімального COP ефективності створюючи умови для менш вигідного використання теплових насосів.

$$Costo \cdot kWh_t = \frac{Costo \cdot SMC_{GAS}}{PCI_{GAS} \cdot \eta_{CALDAIA}}$$

Де:

Вартість SMC_{GAS} = вартість стандартного кубометра газу
 PCI_{GAS} = газ з низькою теплотворною здатністю
 $\eta_{CALDAIA}$ = коефіцієнт корисної дії котла

Формула 1

$$Costo \cdot kWh_{PDC} = \frac{Costo \cdot kWh_{ELETTRICO}}{COP}$$

Формула 2

$$\frac{Costo \cdot SMC_{GAS}}{PCI_{GAS} \cdot \eta_{CALDAIA}} = \frac{Costo \cdot kWh_{ELETTRICO}}{COP}$$

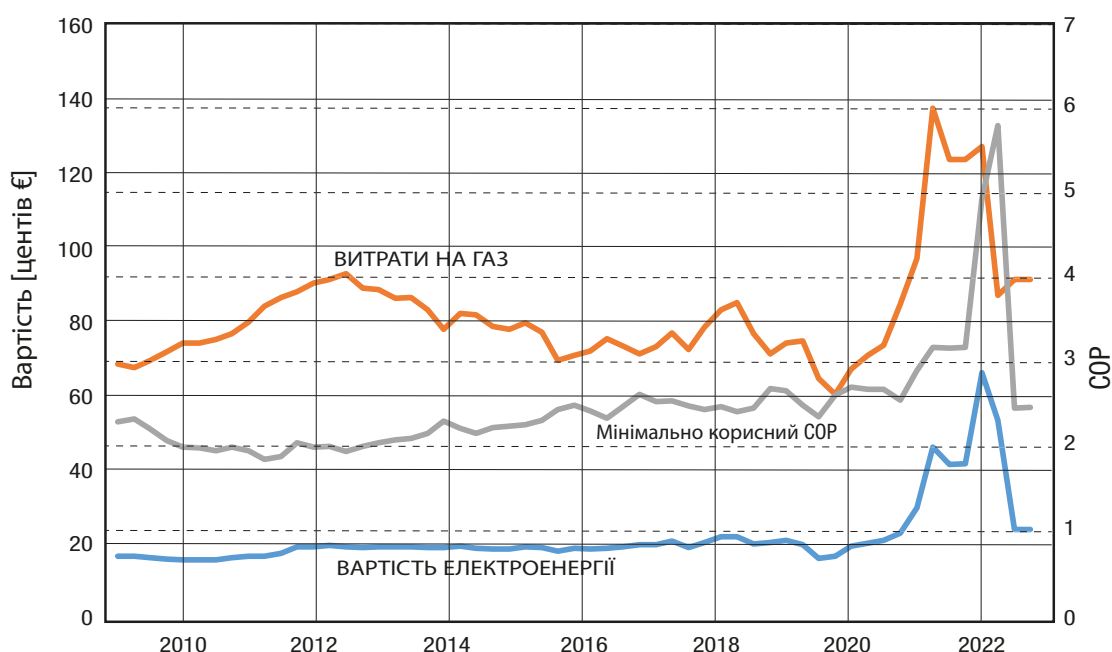
тому

$$COP_{MC} = \frac{Costo \cdot kWh_{ELETTRICO}}{Costo \cdot SMC_{GAS}} \cdot PCI_{GAS} \cdot \eta_{CALDAIA}$$

Формула 3

$$COP_{MC} = 9,5 \cdot \frac{Costo \cdot kWh_{ELETTRICO}}{Costo \cdot SMC_{GAS}}$$

Формула 4



Мал. 14: Історична динаміка цін на енергоносії та COP_{MC} (середні ціни, джерело ARERA)

ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЗОВНІШНЬОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ТЕМПЕРАТУРИ ПОДАЧІ В ФІКСОВАНІЙ ТОЧЦІ

Визначення потужності теплового насоса на основі зовнішньої температури і постійної температури подачі є широко використовуваним і відносно простим підходом. Цей метод фокусується на зміні коефіцієнта продуктивності (COP) теплового насоса при зміні зовнішньої температури, припускаючи постійну температуру подачі і не враховуючи коефіцієнт теплового навантаження теплового насоса (відношення вихідної потужності до номінальної продуктивності).

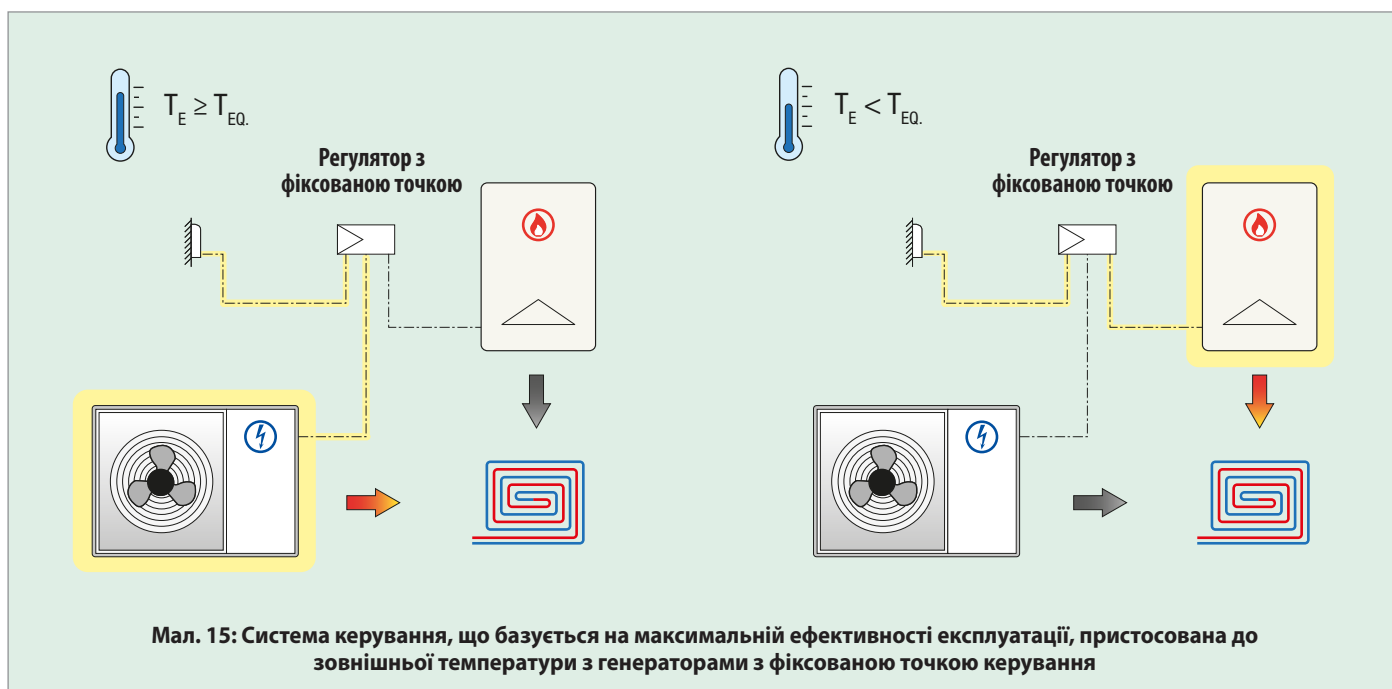
Процес визначення параметрів складається з наступних кроків:

1. Потужність котла визначається відповідно до визначеної **розрахункової потужності** (PPRG).
2. Обчислюється COP_{MC} (див. формулу 4 на стор. 15).
3. Визначається **температура еквівалентності** (TEQ), тобто зовнішня температура, при якій отримується COP_{MC} на основі характеристичних кривих COP, наданих виробником.
4. Обчислюється **потужність**, необхідна для нагрівання будівлі **до еквівалентної температури** (PEQ). Цей розрахунок можна виконати, використовуючи характеристичну криву (або енергетичну сигнатуру) будівлі (отриману за допомогою спеціального програмного забезпечення) або за допомогою більш простої лінійної інтерполяції, виходячи з проектної потужності та температури вимкнення навантаження (зазвичай близько 16 °C).

5. **Корекційний коефіцієнт** продуктивності теплового насоса при температурі еквівалентності та розрахунковій температурі подачі (CC) розраховується на основі графіків, наданих виробником.
6. **Обирається комерційно доцільний типорозмір теплового насоса**, найближчий до потужності при еквівалентній температурі (PEQ), пропорційний до поправочного коефіцієнту.

У гібридних системах доцільно обирати тепловий насос трохи меншої потужності, ніж розрахункова, оскільки ці спрощені розрахунки не враховують теплову інерційність будівель. Менший насос працює з вищим ступенем насичення і забезпечує вищу ефективність, ніж тепловий насос більшої потужності.

Система управління, що використовується для цього типу регулювання, базується на еквівалентній температурі і є найпростішою та найпоширенішою; на практиці, коли зовнішня температура падає нижче еквівалентної температури, гібридна система використовує котел, а коли зовнішня температура перевищує еквівалентну температуру, гібридна система покладається на тепловий насос, відключаючи котел.



Мал. 15: Система керування, що базується на максимальній ефективності експлуатації, пристосована до зовнішньої температури з генераторами з фіксованою точкою керування

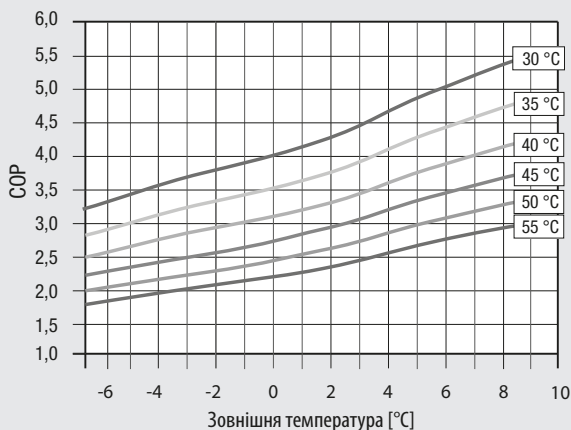


ПРИКЛАД ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ: ЗОВНІШНЯ ТЕМПЕРАТУРА ТА ТЕМПЕРАТУРА ПОДАЧІ В ФІКСОВАНІЙ ТОЧЦІ

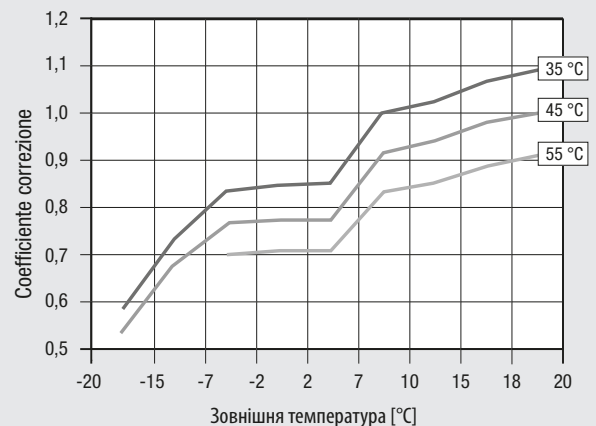
1. Гібридна система розраховується за методом максимальної ефективності експлуатації з урахуванням лише зовнішньої температури, беручи до уваги наступні розрахункові дані:

- Вартість газу:
- Вартість електроенергії:
- Проектна потужність:
- Характеристичні криві теплового насоса:
- Комерційні параметри:
- Temperatura di progetto di mandata impianto:

0,65 €/куб.м
0,22 €/кВт-год
 $P_{PRG} = 10$ кВт з проектною $T_{зовнішн} -5^{\circ}\text{C}$
див. Мал.16 та 17
6 кВт - 8 кВт - 10 кВт - 12 кВт
40 °C у фіксованій точці



Мал. 16: Характерні криві COP
(згідно з технічною документацією виробника)



Мал. 17: Криві коефіцієнтів корекції теплової потужності
(згідно з технічною документацією виробника для PDC з R410)

1. Вибір розміру котла

Котел повинен мати потужність більше або дорівнювати проектній потужності ($P_{PRG} = 10$ кВт). Має забезпечувати роботу при температурі подачі в фіксованій точці, що дорівнює розрахунковій температурі (40 °C).

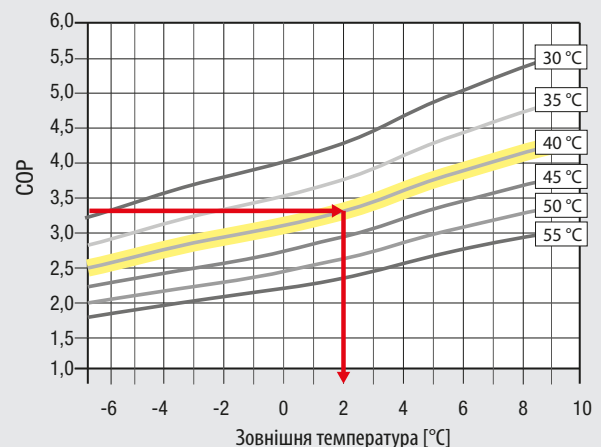
2. Розрахунок мінімального відповідного COP

За допомогою формули 4 з Пояснення на сторінці 15 розраховується COP_{MC} .

$$COP_{MC} = 9,5 \cdot \frac{Costo kWh_{ELETRICO}}{Costo SMC_{GAS}} = 9,5 \cdot \frac{0,22}{0,65} = 3,22$$

3. Визначення температури еквівалентності

Аналізуючи характеристичний графік теплового насоса (Мал. 18), враховуючи температуру подачі, що дорівнює 40 C, можна зробити висновок, що зовнішня температура еквівалентності $T_{EQ} = 2^{\circ}\text{C}$.



Мал. 18: Вибір температури еквівалентності



ПРИКЛАД ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ: ЗОВНІШНЯ ТЕМПЕРАТУРА ТА ТЕМПЕРАТУРА ПОДАЧІ В ФІКСОВАНІЙ ТОЧЦІ

4. Розрахунок потужності, необхідної для нагрівання будівлі до температури еквівалентності.

Шляхом лінійної інтерполяції, припускаючи, відсутність навантаження при температурі зовнішнього повітря 16°C, можна отримати характеристичну криву будівлі (Мал. 19). Перетин кривої в точці еквівалентної температури ($T_{EQ} = 2^\circ\text{C}$) дає потужність, необхідну для обігріву будівлі $P_{EQ} = 6,5$ кВт.

5. Розрахунок поправочного коефіцієнта

Розглядаючи криві коефіцієнта корекції теплової потужності, при зовнішній температурі $T_{EQ} = 2^\circ\text{C}$ і температурі подачі 40°C отримано коефіцієнт корекції 0,82 ($CC = 0,82$) (Мал. 20).

6. Вибір теплового насоса

Таким чином, ми можемо отримати номінальну потужність теплового насоса шляхом ділення P_{EQ} на коефіцієнт поправки CC .

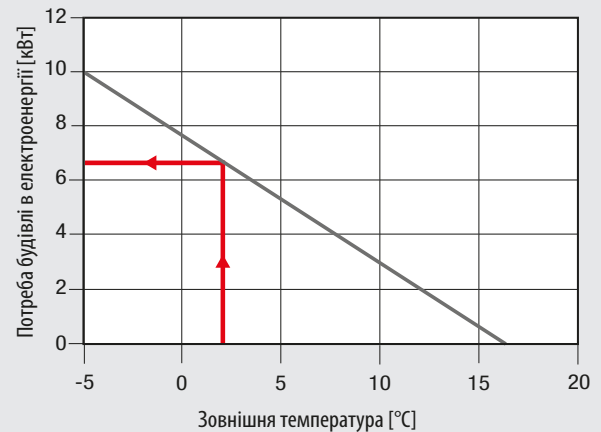
$$P_{NOM} = \frac{P_{EQ}}{CC} = \frac{6,5}{0,82} = 7,92 \text{ Kw}$$

Тому, правильним є вибрати тепловий насос номінальною потужністю 8 кВт.

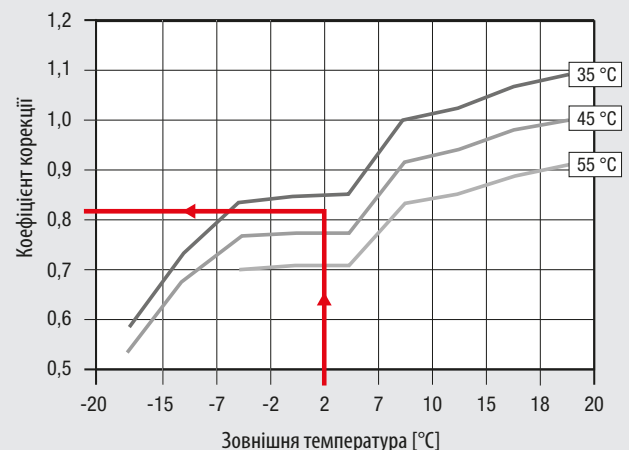
Висновки

На основі даних проекту можна вибрати гібридну систему, що забезпечить максимальну зручність роботи з наступними характеристиками:

- Регулювання $T_{EQ} = 2^\circ\text{C}$
- Номінальна потужність теплового насоса $P = 8$ кВт ($T_M 35^\circ\text{C} / T_E 7^\circ\text{C}$) $T_M = 40^\circ\text{C}$ (фіксована точка)
- Потужність котла $P = 10$ кВт при $T_M = 40^\circ\text{C}$ при фіксованій точці



Мал. 19: Характеристична крива будівлі.



Мал. 20: Коефіцієнт корекції теплової потужності

ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЗОВНІШНЬОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ТЕМПЕРАТУРИ ТЕПЛОНОСІЯ НА ПОДАЮЧОМУ ТРУБОПРОВОДІ

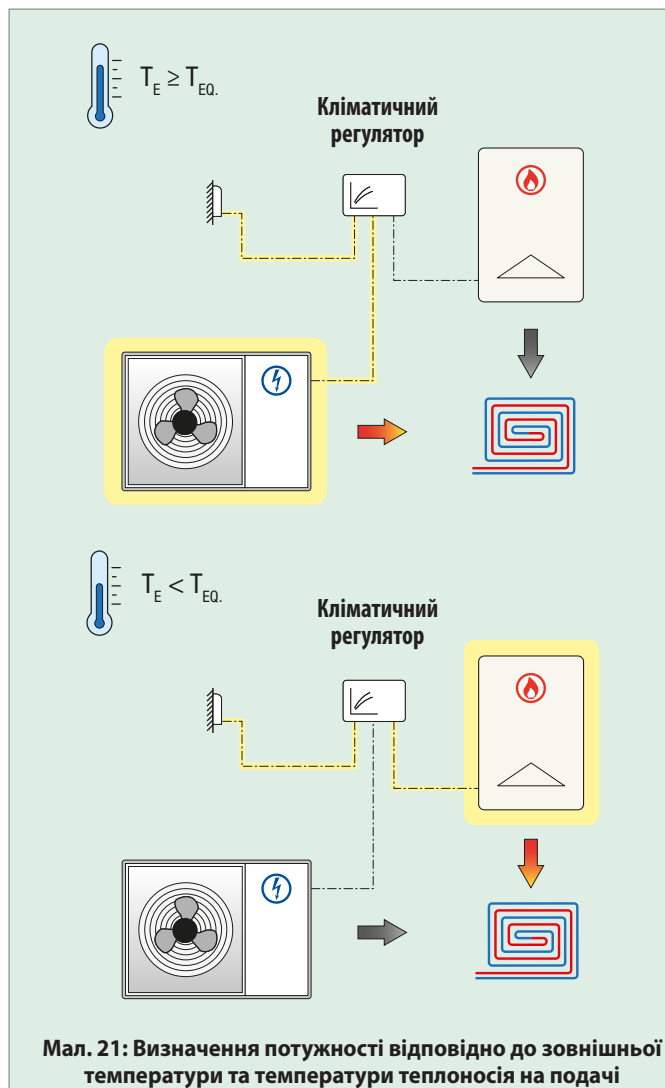
На відміну від підходу до визначення розмірів, який спирається виключно на зовнішню температуру, метод, який також враховує температуру теплоносія на подачі, виявляється більш ефективним для гібридних систем, навіть якщо він вимагає дещо складніших розрахунків. Ця методологія базується на розрахунку коефіцієнта продуктивності (COP) теплового насоса і здатності гібридної системи адаптувати температуру подачі до кліматичних умов, без урахування коефіцієнта завантаження теплового насоса.

Процес визначення потужності відбувається наступним чином:

1. Потужність котла визначається відповідно до визначеної розрахункової потужності (P_{PRG}).
2. Обчислюється COP_{MC} (див. формулу 4 на стор. 15).
3. Визначається кліматична крива гібридної системи.
4. Покроково будується крива ефективності теплового насоса, враховуючи коливання зовнішньої температури і температури подачі, визначені в пункті 3. Це слід робити, використовуючи криві, надані виробником, з початковою оцінкою потужності теплового насоса на рівні 80 % від пікової потужності, необхідної для будівлі. На побудованій кривій можна визначити температуру еквівалентності $(TEQ)_3 COP_{MC}$.
5. Обчислюється потужність, необхідна для нагрівання будівлі до еквівалентної температури (P_{EQ}). Цей розрахунок можна виконати, використовуючи характеристичну криву (або енергетичну сигнатуру) будівлі (отриману за допомогою спеціального програмного забезпечення) або за допомогою більш простої лінійної інтерполяції, виходячи з проектної потужності та температури вимкнення навантаження (зазвичай близько 16 °C).
6. Корекційний коефіцієнт продуктивності теплового насоса при температурі еквівалентності та розрахунковій температурі подачі (CC) розраховується на основі графіків, наданих виробником.
7. Необхідно вибирати комерційно доцільний тепловий насос, найближчий до відтвореної потужності PEQ згідно з поправочним коефіцієнтом.

Регулювання гібридних систем, заснованих на цьому типі визначення розмірів, може бути двох типів:

- Перший, типовий для інтегрованих гібридних систем, регулює як температуру подачі в системі, так і активацію теплового насоса або газового котла відповідно до зовнішньої температури.
- Другий зчитує температуру подачі та зовнішню температуру на основі визначення внутрішніх значень ефективності теплового насоса і керує вмиканням того чи іншого генератора в гібридній системі.



Мал. 21: Визначення потужності відповідно до зовнішньої температури та температури теплоносія на подачі

Метод визначення розмірів з урахуванням зовнішньої температури або температури подачі, що постійно змінюється, зазвичай призводить до більш низької температури еквівалентності, ніж аналогічне визначення розмірів на основі контролю за фіксованою точкою. Це, як правило, розширює діапазон використання теплового насоса, знижуючи загальні витрати на експлуатацію. Однак, як правило, це вимагає використання потужніших теплових насосів, що збільшує початкові інвестиційні витрати.

Крім того, більш потужні теплові насоси можуть страждати від більш високих втрат при коефіцієнті навантаження, про що більш детально описано в розділі "Перевірка теплового насоса за коефіцієнтом навантаження". Тому вибір розміру генератора повинен бути ретельним і, в деяких випадках, може вимагати невеликого коригування шляхом підвищення температури еквівалентності для оптимізації балансу між ефективністю і вартістю.



ПРИКЛАД ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ: ЗОВНІШНЯ ТЕМПЕРАТУРА ТА ТЕМПЕРАТУРА ТЕПЛОНОСІЯ НА ПОДАЮЧОМУ ТРУБОПРОВОДІ

Гібридна система розраховується за методом максимальної ефективності експлуатації з урахуванням лише зовнішньої температури, беручи до уваги наступні розрахункові дані:

- Вартість газу:
- Вартість електроенергії:
- Проектна потужність:
- Характеристичні криві PDC
- Комерційні параметри:
- Розрахункова температура:
- Температура подачі:

0,65 €/куб.м

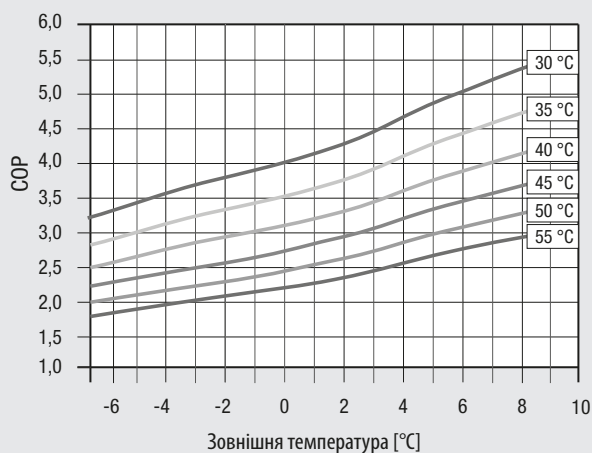
0,22 €/кВт-год

PPRG = 10 кВт з проектною $T_{\text{зовнішн}} -5^\circ\text{C}$
див. на Мал. 22-23

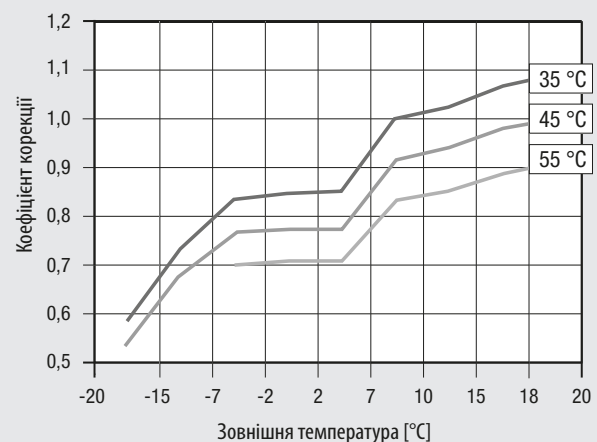
6 кВт - 8 кВт - 10 кВт - 12 кВт

40°C ($\Delta - 5^\circ\text{C}$)

відповідно до клімат-контролю.



Мал. 22: Характеристичні криві COP
(згідно з технічною документацією виробника)



Мал. 23: Коефіцієнт корекції теплової потужності.
(згідно з технічною документацією виробника для PDC з R410)

1. Вибір потужності котла

Котел повинен мати потужність більше або дорівнювати проектній потужності ($P_{PR} = 10$ кВт). Має забезпечувати роботу при кліматичній температурі подачі з температурою, що дорівнює розрахунковій температурі ($T_{PR} = 40^\circ\text{C}$)

2. Розрахунок мінімального відповідного COP

За допомогою формули 4 з Пояснення на сторінці 15 обчислюється COP_{MC}

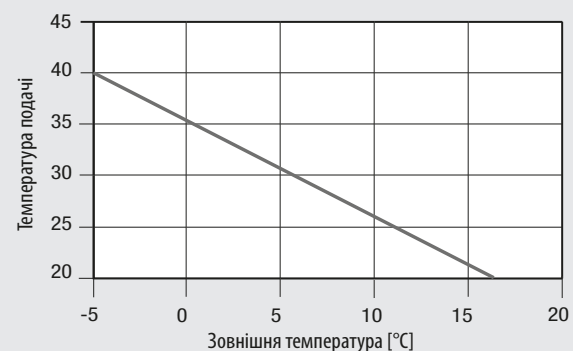
$$COP_{MC} = 9,5 \cdot \frac{Costo kWh_{ELETTRICO}}{Costo SMC_{GAS}} = 9,5 \cdot \frac{0,22}{0,65} = 3,22$$

3. Побудова кліматичної кривої

Враховуючи розрахункову температуру 40°C і припускаючи падіння навантаження при 16°C , отримуємо лінійну кліматичну криву, як показано на Мал. 24.

4. Побудова правильної кривої COP

Перетин характеристичних кривих COP, наданих виробником, з температурою подачі (мал. 24), дозволяє отримати криву ефективності.



Мал. 24: Кліматична крива.



ПРИКЛАД ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ: ЗОВНІШНЯ ТЕМПЕРАТУРА ТА ТЕМПЕРАТУРА ТЕПЛОНОСІЯ НА ПОДАЮЧОМУ ТРУБОПРОВОДІ

теплового насоса (див. жовту криву на мал. 25). Вважаючи COP_{MC} рівним 3,22, ми можемо визначити температуру еквівалентності (T_{EQ}), яка відповідає $-1^\circ C$ (Мал. 25).

5. Розрахунок потужності, необхідної для нагрівання будівлі до температури еквівалентності

Шляхом лінійної інтерполяції, припускаючи, падіння навантаження при температурі зовнішнього повітря $16^\circ C$, можна отримати характеристичну криву будівлі (Мал. 26). Перетин кривої в точці еквівалентної температури ($T_{EQ} = -1^\circ C$) дає потужність, необхідну для обігріву будівлі $PEQ = 8$ кВт.

6. Розрахунок поправочного коефіцієнта

Розглядаючи криві поправочних коефіцієнтів теплової потужності, при температурі зовнішнього повітря $T_{EQ} = -1^\circ C$ і температурі подачі $36^\circ C$ (отримані з кліматичної кривої Мал. 24), отримано поправочний коефіцієнт $CC = 0,85$ (Мал. 27).

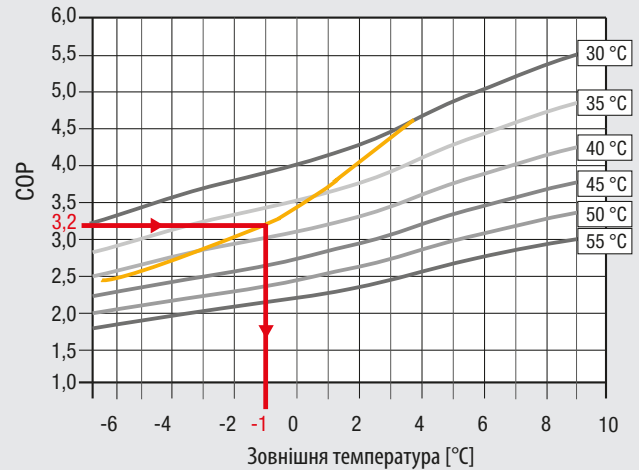
7. Вибір теплового насоса

Щоб визначити номінальну потужність теплового насоса, ми можемо розділити $P_{EQ} = 8$ кВт на поправочний коефіцієнт (CC), отримавши таким чином номінальну потужність теплового насоса $9,4$ кВт. Таким чином, обирається тепловий насос з номінальною потужністю 10 кВт.

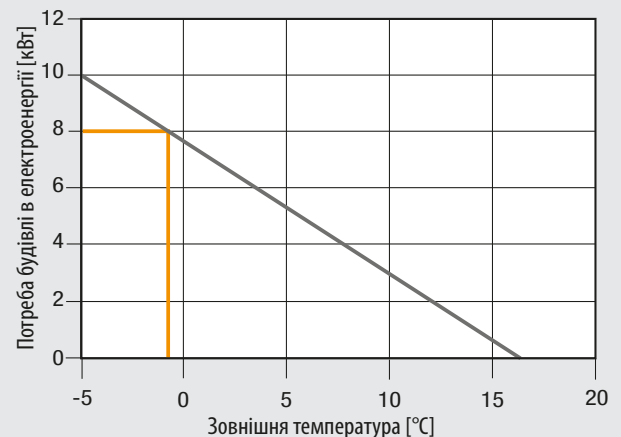
Висновки

На основі даних проекту можна вибрати гібридну систему, що забезпечує максимальну ефективність роботи з наступними характеристиками:

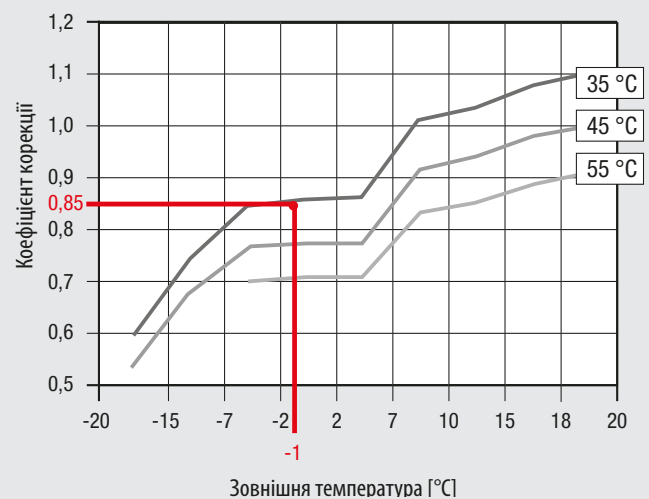
- Мінімальна потужність котла = 10 кВт.
- Номінальна потужність PDC = 10 кВт (T_M $35^\circ C$ / T_E $7^\circ C$).
- Система регулювання температури подачі на основі погодних умов, для оптимізації ефективності відповідно до змін зовнішньої температури.
- $T_{EQ} = -1^\circ C$ для забезпечення ефективної роботи теплового насоса навіть при низьких зовнішніх температурах.



Мал. 25: Крива ефективності в порівнянні з кліматичною кривою.



Мал. 26: Характеристична крива будівлі.



Мал. 27: Коефіцієнт корекції теплової потужності.

У деяких випадках потужність гібридної системи не відповідає принципам максимальної ефективності, а ґрунтуються на фізичних обмеженнях теплового насоса. Одним з таких обмежень може бути максимальна температура, яку може забезпечити тепловий насос за рахунок внутрішніх значень, яких може досягти обладнання. З цієї причини тепловий насос не можна використовувати з усіма системами, якщо тільки вони спеціально не призначені для цієї мети.

Сценарій є типовим для радіаторних систем, які мають розрахункову температуру подачі зазвичай вище 60 °C. При цьому теплові насоси, навпаки, часто не можуть забезпечувати подачу тепла вище 50 °C.

Коли такі обмеження присутні, може бути вигідно розглянути можливість використання гібридної системи, регулюючи температуру відповідно до кліматичних умов. Котел використовується в холодні періоди, коли зовнішня температура передбачає температуру подачі, яку не може забезпечити тепловий насос, в той час як при більш м'яких зовнішніх температурних умовах, і отже, при більш низьких температурах подачі, можна використовувати тепловий насос.

За певних обставин обмеження гібридної системи можуть визначатися максимальною потужністю теплового насоса. Це обмеження, в основному, зумовлене двома основними причинами: перша з них пов'язана з інвестиціями, оскільки тепловий насос є найдорожчим компонентом гібридної системи; друга з обмеженнями потужності електроенергії, що постачається з мережі. Це обмеження може проявлятися як у побутових системах, так і у великих системах.

ВИБІР ПОТУЖНОСТІ ВІДПОВІДНО ДО МАКСИМАЛЬНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ НА ВИХОДІ

Цей підхід, як і ті, що проілюстровані вище, передбачає перемикання між тепловим насосом і котлом в залежності від зовнішньої температури, тобто від так званої температури еквівалентності. Однак, на відміну від методів, заснованих на ефективності теплового насоса, в цьому випадку температура еквівалентності розраховується на основі кліматичної кривої системи та максимальної температури теплового насоса.

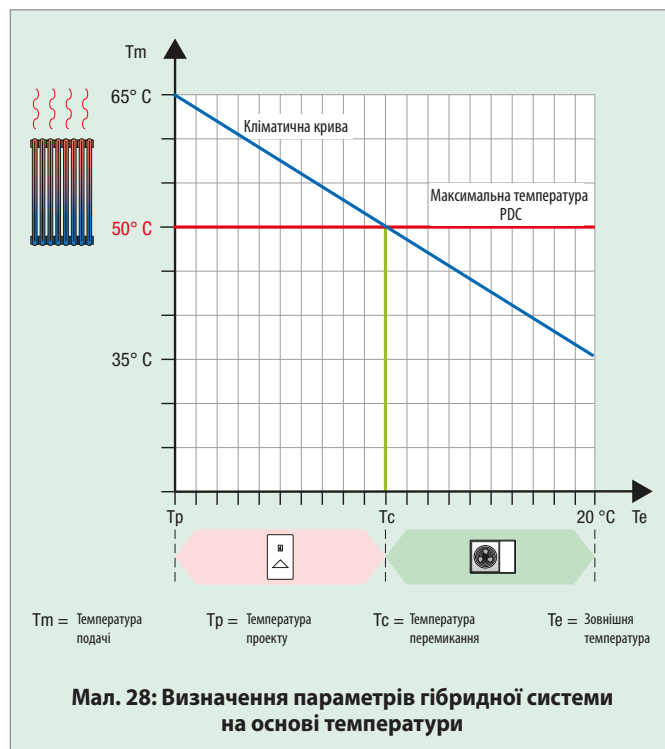
Процес визначення параметрів системи відбувається наступним чином:

1. Вибір потужності котла на основі визначеної проектної потужності.
2. Визначення кліматичної кривої системи на основі зовнішньої температури та розрахункової температури подачі. Визначення максимальної робочої температури теплового насоса.
3. Визначення температури перемикання, яка визначає перемикання між тепловим насосом і котлом, при перетині двох кривих.
4. Розраховуючи потужності, необхідні для обігріву будівлі до температури перемикання, визначеної у пункті 3, і вибір теплового насоса, найближчого до розрахованої потужності, бажано віддавати перевагу трохи нижчим параметрам гібридної системи.

Керування гібридними системами, для яких застосовується цей тип вимірювання, може здійснюватися за допомогою двох підходів:

- У першому випадку, характерному для інтегрованих гібридних систем, як розрахункова температура, так і активація відповідного джерела тепла регулюються відповідно до змін зовнішньої температури.
- Другий підхід регулює температуру перемикання як функцію від розрахункової температури та зовнішньої температури, використовуючи внутрішнє відображення еталонної кліматичної кривої, і керує вмиканням джерел тепла відповідно до цих параметрів.

Цей метод оптимізує потужність теплового насоса по відношенню до розрахункової температури: він зменшує його в умовах високих температур і збільшує в умовах низьких температур. При високих розрахункових температурах слід оцінити інвестиції, оскільки тепловий насос може працювати лише кілька годин протягом опалювального сезону. І навпаки, якщо розглядати холодні розрахункові температури, точки еквівалентності можуть виникати при нижчих температурах, ніж ті, що є традиційно оптимальними. У цьому контексті корисно скоригувати потужність системи відповідно до критеріїв, описаних вище.



ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ: МАКСИМАЛЬНА ТЕМПЕРАТУРА, ЯКУ МОЖЕ ЗАБЕЗПЕЧИТИ ТЕПЛОВИЙ НАСОС



Гібридна система розраховується з урахуванням максимальної температури, яку може забезпечити PDC для встановленої радіаторної системи з наступними характеристиками:

- Температура проекту $T_{PR} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Проектна потужність $P_{PR} = 10\text{ кВт}$ з розрахунковою температурою зовнішнього повітря $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Характеристичні криві: див. Мал. 29 - 30
- Комерційні потужності: 6 кВт - 8 кВт - 10 кВт 12 кВт.

1. Вибір потужності котла

Котел повинен мати потужність більшу або рівну проектній потужності $PPR = 10\text{ кВт}$. Він повинен працювати при температурі подачі в фіксованій точці, що дорівнює розрахунковій температурі ($T_{PR} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$).

2. Побудова кліматичної кривої

Враховуючи розрахункову температуру $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ і припускаючи падіння навантаження при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, отримуємо лінійну кліматичну криву температури, як показано на Мал. 30.

3. Визначення температури рівноваги

Перетин температури, яку може забезпечити PDC, і кліматичної кривої системи визначає рівноважну температуру $T_{EQ} = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

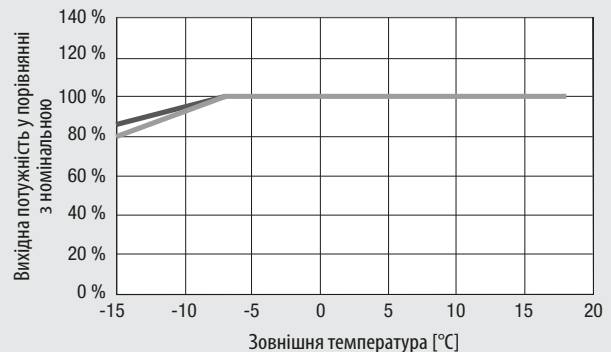
4. Вибір теплового насоса

З характеристичної кривої будівлі, потужність при $T_{EQ} = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ розраховується на рівні 6 кВт, що сумісно з тепловим насосом комерційного типу.

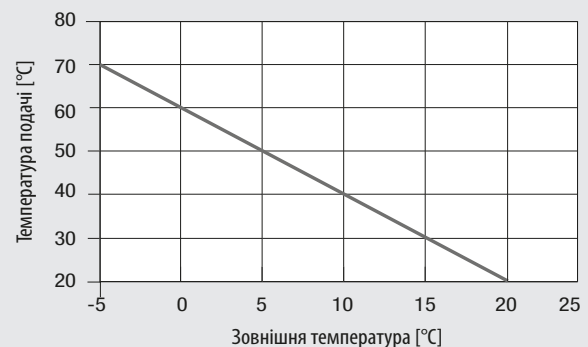
Висновки

На основі проектних даних можна вибрати гібридну систему, яка гарантує тепlopостачання при розрахунковій температурі даної системи з наступними характеристиками:

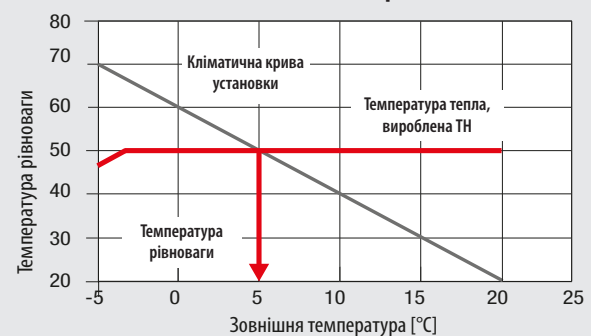
- Мінімальна потужність котла = 10 кВт.
- Номінальна потужність PDC = 6 кВт
- Система регулювання температури подачі на основі зовнішніх кліматичних умов і перемикання температури подачі між PDC і котлом при температурі $5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- $T_{EQ} = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ для забезпечення ефективної роботи теплового насоса навіть при низьких зовнішніх температурах.



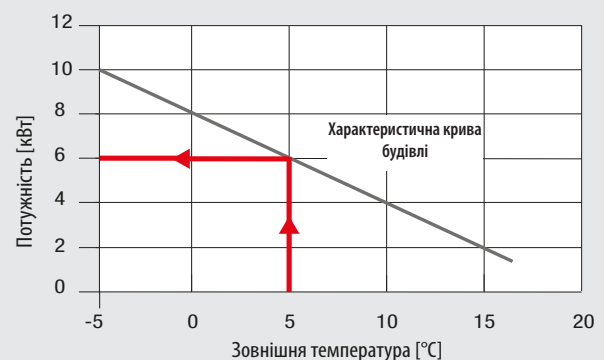
Мал. 29: Характеристичні криві COP з R32 (згідно з технічною документацією виробника)



Мал. 30: Кліматична крива



Мал. 31: Визначення температури рівноваги



Мал. 32: Визначення проектної потужності

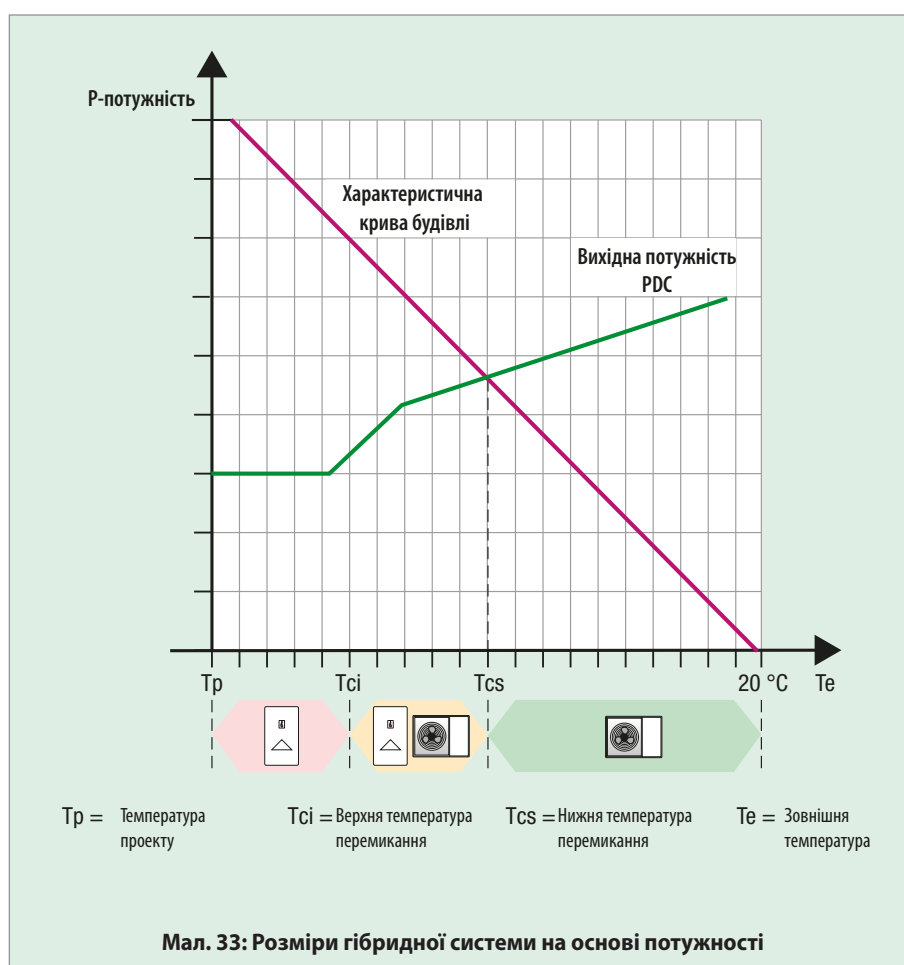
РОЗРАХУНОК НА ОСНОВІ МАКСИМАЛЬНОЇ ВИХІДНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Визначення потужності гібридної системи здійснюється шляхом перехресного посилення на потужність теплового насоса по відношенню до зовнішньої температури з потужністю, необхідною для будівлі, а значить, з її характеристичною кривою. На перший погляд може здатися, що цей підхід до визначення параметрів базується на температурі перемикавання між тепловим насосом і котлом, однак, ця температура являє собою лише точку, в якій тепловий насос може почати працювати як окреме джерело тепла. Як показано нижче, два джерела тепла можуть працювати одночасно. Одночасне виробництво тепла від обох джерел триває до досягнення стану, коли бажано виробляти тепло тільки за допомогою конденсаційного котла.

Цю умову можна визначити за допомогою одного з трьох методів, описаних вище. Дві згадані температури визначаються як верхня та нижня температури перемикавання відповідно.

Визначення потужності теплового насоса в гібридній системі на основі максимальної потужності теплового насоса відповідає наступним пунктам:

1. Визначення встановлюваного теплового насоса відповідно до проектних обмежень.
2. Визначення потужності теплового насоса, відповідно до пункту 1.
3. Перетин характеристичної кривої будівлі з кривою потужності теплового насоса для визначення верхньої точки перемикавання.
4. Визначення нижньої точки перемикавання одним з описаних вище способів.



Знову ж таки, допускається регулювання за допомогою вбудованого або зовнішнього контролера. У другому випадку контролеру необхідно отримувати такі значення: зовнішня температура, температура подачі та зворотної подачі, щоб контролювати вихідну потужність системи та визначати верхню точку перемикавання для вимкнення котла. Температура подачі та зовнішня температура, як показано вище, необхідні для визначення нижньої точки перемикавання та вимкнення теплового насоса.



ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ: МАКСИМАЛЬНА ТЕМПЕРАТУРА, ЯКУ МОЖЕ ЗАБЕЗПЕЧИТИ ТЕПЛОВИЙ НАСОС

Гібридна система розраховується з урахуванням даних прикладу 2, але з обмеженням потужності теплового насоса до 6 кВт.

Крива потужності теплового насоса потужністю 6 кВт показана на Мал. 34. Для цього прикладу береться характеристична крива з температурою подачі 6°C.

1. Визначення верхньої температури перемикавання

Перетин характеристичної кривої будівлі з кривою вихідної потужності теплового насоса дозволяє знайти верхню температуру перемикавання, яка у випадку, що розглядається, становить 4 °C.

2. Визначення нижньої температури перемикавання

Продовжуючи розрахунки прикладу 2, можна припустити, що для принципу максимальної ефективності нижня температура перемикавання підтримується на рівні -1 °C.

Висновки

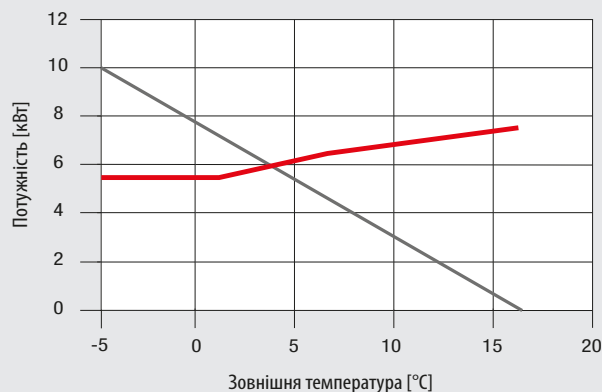
На основі проектних даних можна вибрати гібридну систему з тепловим насосом, обмежену потужністю 6 кВт з наступними характеристиками:

- Котел потужністю 10 кВт.
- Тепловий насос номінальною потужністю 6 кВт.
- Система контролю температури подачі, що базується на зовнішніх кліматичних умовах, температурі звичайної подачі та зворотної подачі:

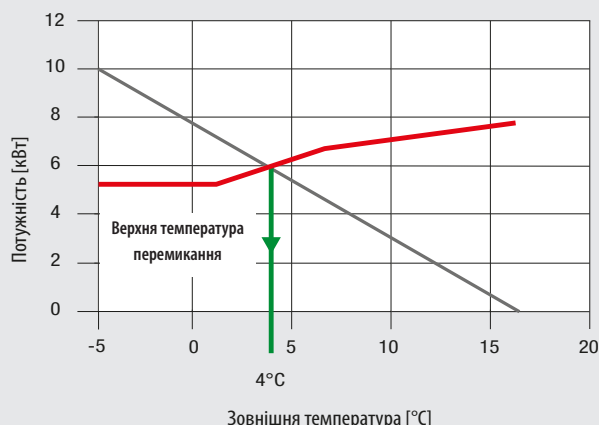
Тепловий насос має працювати при температурі вище 4 °C.

Котел і тепловий насос буде увімкненими в діапазоні температур від -1 до 4 °C

Котел увімкнений в автономному режимі при температурі нижче -1 °C.



Мал. 34: Характеристична крива будівлі

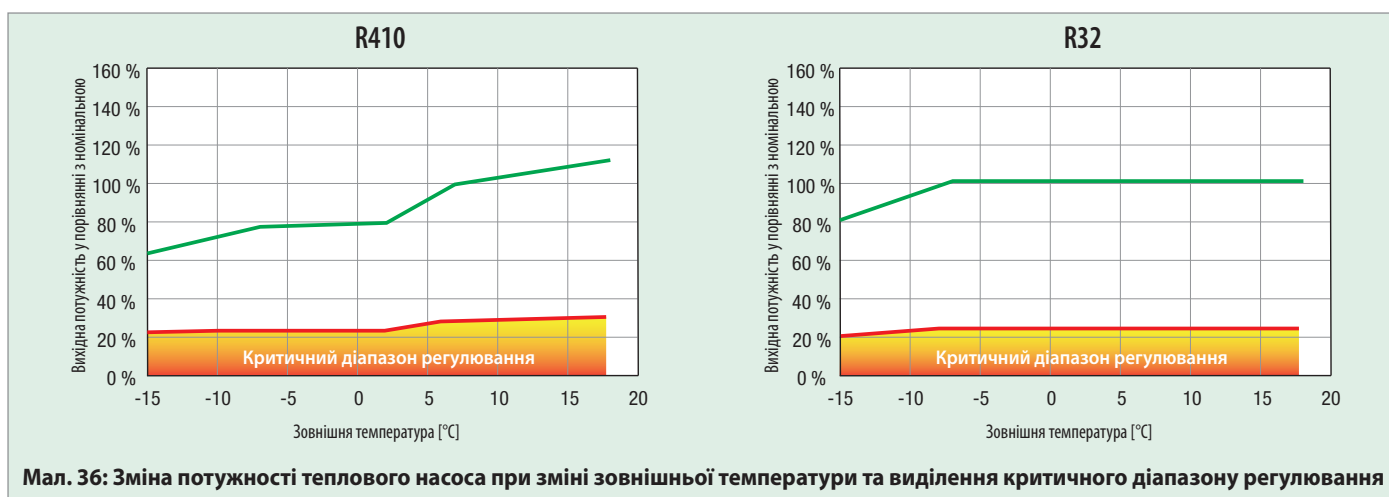


Мал. 35: Ідентифікація верхньої температури перемикавання

ПОТУЖНІСТЬ ТЕПЛОВОГО НАСОСА В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЗОВНІШНЬОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ТА КОЕФІЦІЄНТА НАВАНТАЖЕННЯ

Теплові насоси типу "повітря-вода" не тільки змінюють свою ефективність відповідно до коливань зовнішньої температури, але й також регулюють вихідну потужність у відповідь на ці зміни. Ступінь цієї зміни залежить від конкретної технології що використовується в тепловому насосі.

На графіках, представлених на Мал. 36, показано вплив зовнішньої температури на продуктивність теплового насоса, розрізняючи дві основні технології, які зараз представлені на ринку: на основі газу-холодоагенту R410 та на основі використання R32. На цих графіках лінія представляє 25 % вихідної потужності теплоти. Цей елемент має вирішальне значення, оскільки він обмежує зону регулювання сучасних компресорних машин. Іншими словами, ця межа позначає коефіцієнт навантаження, нижче якого тепловий насос починає цикли вмикання та вимикання, знижуючи загальну ефективність системи, відповідно до проілюстрованих кривих на Мал. 36. Цю область можна визначити як критичний діапазон регулювання.

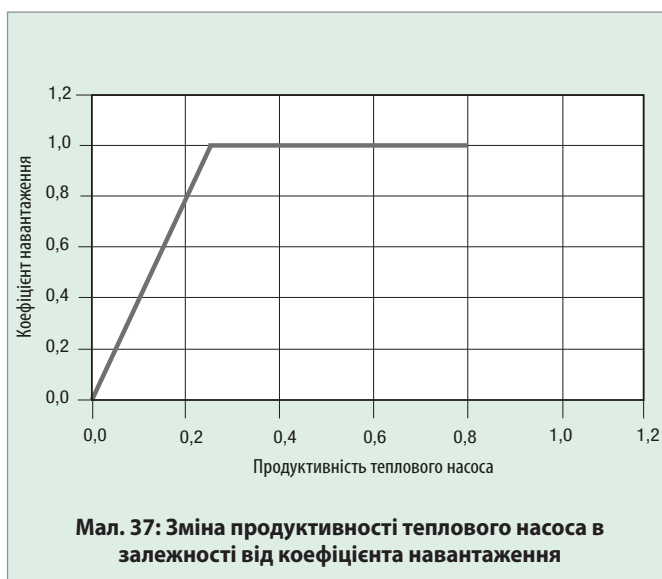


Мал. 36: Зміна потужності теплового насоса при зміні зовнішньої температури та виділення критичного діапазону регулювання

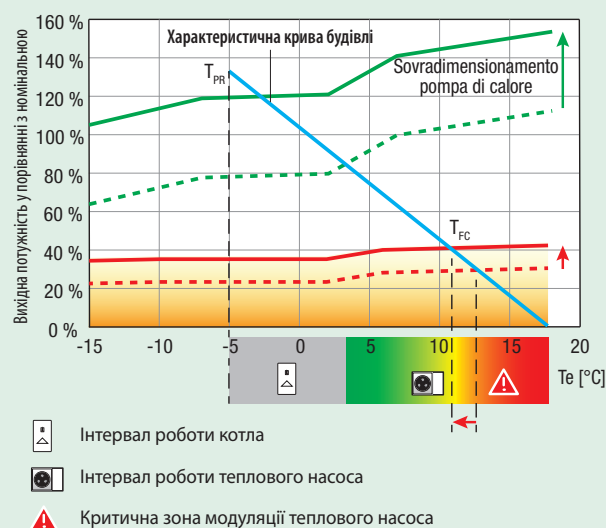
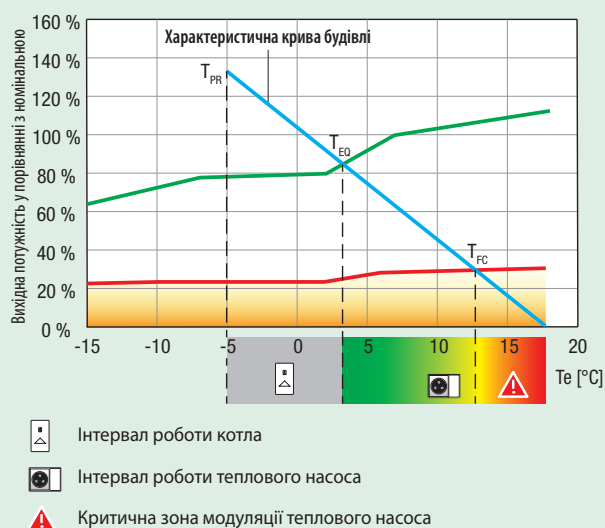
РОБОЧИЙ ДІАПАЗОН ТЕПЛОВОГО НАСОСА ТА КРИТИЧНИЙ ДІАПАЗОН РЕГУЛЮВАННЯ

З співставлення кривих, що представляють потужність теплового насоса та характеристичної кривої будівлі, виникають два основні сценарії:

- Перший випадок має місце, коли характеристична крива будівлі залишається постійно нижче кривої потужності теплового насоса. Це стосується систем, де тепловий насос є єдиним джерелом опалення і тому повинен задовольняти всі теплові потреби будівлі за будь-яких кліматичних умов. Однак ми аналізуємо не цю ситуацію.
- Другий випадок, з іншого боку, виникає, коли характеристична крива будівлі перетинає криву потужності, що виробляється тепловим насосом. Точка перетину називається "точкою еквівалентності". У гібридних системах температура еквівалентності завжди вища за розрахункову температуру



Мал. 37: Зміна продуктивності теплового насоса в залежності від коефіцієнта навантаження



Мал. 38: Визначення температури коефіцієнта навантаження

У гібридних системах з точки еквівалентності можна графічно вивести (як показано на Мал. 38) зовнішню температуру, вище якої тепловий насос починає активувати цикли вмикання/вимикання.

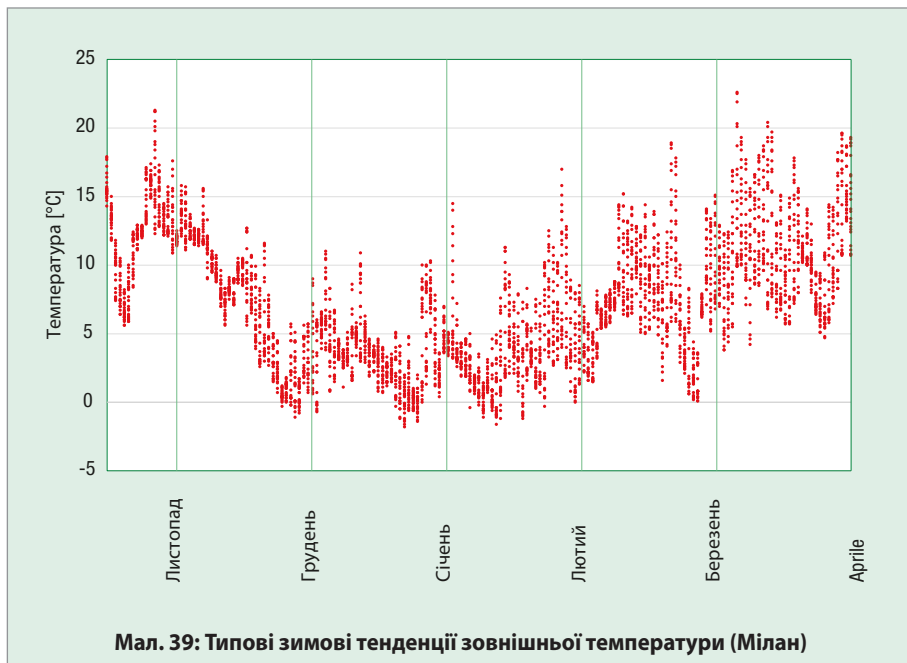
Ця температура являє собою точку, в якій будівля потребує менше 25 % потужності, що постачається тепловим насосом, і ця температура буде називатися температурою коефіцієнта навантаження (T_{fc}). Таким чином, температурний діапазон між температурою коефіцієнта навантаження (T_{fc}) і температурою вимкнення системи являє собою критичний діапазон регулювання. Важливо зазначити, що критичний діапазон регулювання є пропорційним діапазону між температурою еквівалентності та температурою припинення навантаження. Останній діапазон також відповідає робочому діапазону теплового насоса. Як правило, критичний діапазон регулювання зазвичай становить 30-40 % від робочого діапазону температури теплового насоса. Важливо підкреслити, що ця пропорція є теоретичною і застосовується, коли тепловий насос працює на 100 % своєї потужності в точці еквівалентності. Однак, на практиці, параметри комерційних теплових насосів передбачають певні стрибки у вихідній потужності такого обладнання. Доречно зазначити, що чим більша потужність теплового насоса порівняно з теоретичними 100 % в точці еквівалентності, тим більший відсоток критичного діапазону порівняно з робочим діапазоном теплового насоса.

Таким чином, ретельний розрахунок коефіцієнта навантаження теплового насоса надасть перевагу тепловим насосам з дещо меншою потужністю, ніж розрахованою, а не надмірно великим розмірам установки. Інтуїтивно зрозуміло, що тепловий насос великої потужності увійде в зону коефіцієнта навантаження при нижчій зовнішній температурі, ніж насос меншої потужності.

Після визначення критичної зони модуляції необхідно оцінити енергетичний вплив на весь робочий цикл теплового насоса. Іншими словами, необхідно визначити, скільки енергії втрачається через неефективність при знижених навантаженнях порівняно із загальною енергією, виробленою тепловим насосом за весь опалювальний сезон. Ця оцінка вимагає аналізу фактичної зміни зовнішніх температур по відношенню до місця встановлення теплового насоса в нашій гібридній системі.

ЕНЕРГЕТИЧНІ ЧИННИКИ ТА СПРОЩЕНІ КЛІМАТИЧНІ МОДЕЛІ

Існує кілька джерел для отримання інформації про погодинні тренди зовнішньої температури. Однак, незважаючи на те, що ці дані є надзвичайно точними, їх може бути важко інтерпретувати, коли вони представлені графічно. Як показано в прикладі на Мал. 39, зображений тренд не дає безпосереднього уявлення про кількість сезонних годин



Для кращого аналізу таких даних корисно розділити зовнішню температуру на інтервали, як правило, в 1°C, і підрахувати, скільки годин припадає на кожен інтервал зовнішньої температури. Типова тенденція в цьому групуванні проілюстрована на Мал. 40. Важливо зазначити, що кожна локація матиме свій графічний шаблон. Однак, спростивши ці графіки, ми можемо виокремити характерні дані, спільні для цих тенденцій.

Завдяки цим спрощенням ми можемо генерувати спрощені кліматичні криві, які, хоча і не підходять для детального проектного аналізу, все ж можуть слугувати загальним орієнтиром для проектувальника. Приклад такої спрощеної кривої показано помаранчевим кольором на Мал. 40.



Як видно з графіка на Мал. 41, ці криві можна розбити на три легко ідентифіковані фігури:

1. Середньорічна температура, розрахована з використанням градусо-днів і тривалості традиційного опалювального періоду, являє собою середину спрощеної кривої.
2. Розрахункова температура визначає початок кривої та її протяжність на температурній шкалі.
3. Висота кривої пов'язана з середньою тривалістю опалювального сезону.

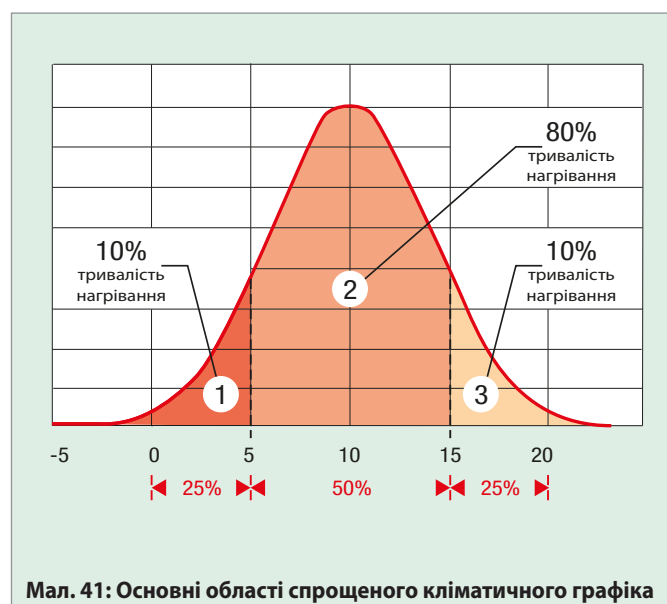
Ці моделі корисні для енергетичних розрахунків, оскільки площа під кривою між двома зовнішніми температурами представляє години роботи системи між цими двома температурами.

Аналізуючи ці спрощені моделі зовнішньої температури, можна розділити опалювальний сезон на три енергорелевантні зони:

- На першу зону припадає 10 % опалювального періоду, вона характеризується екстремально низькими температурами, що вимагає більшої потужності від системи опалення. Однак, з енергетичної точки зору, ця зона має незначне значення, оскільки її часова тривалість обмежена.
- Друга зона, на яку припадає 80 % опалювального періоду, є найбільш енергетично значущою для потреб опалення взимку.
- З іншого боку, на третю зону припадає решта 10 % часу опалення і вона характеризується менш суворими температурами, що робить її практично несуттєвою з енергетичної точки зору.

В рамках спрощених енергетичних моделей поділ цих смуг відносно простий і залежить в основному від амплітуди кривих, тобто від розрахункової температури і середньої температури системи.

Спрощуючи далі, можна обчислити температуру, вище якої людина знаходиться в енергонечутливому діапазоні, на основі амплітуди зимової кривої еталонної кліматичної моделі. Ця температура залишається практично постійною і становить приблизно 25 % від амплітуди кривої.



Мал. 41: Основні області спрощеного кліматичного графіка

СПРОЩЕНА ПЕРЕВІРКА НА ОСНОВІ КОЕФІЦІЄНТА НАВАНТАЖЕННЯ

Коротше кажучи, ви можете перевірити потужність теплового насоса в гібридній системі, виконавши три простих кроки:

1. Визначте, виходячи з потужності теплового насоса і точки еквівалентності, критичний діапазон модуляції, який, як правило, становить від 30 % до 40 % від робочого діапазону температури теплового насоса.
2. Використовуючи спрощену кліматичну модель, можна визначити енергетично нейтральну зону, яка відповідає приблизно 25 % розрахункового діапазону температур.
3. Переконайтеся, що критичний діапазон модуляції знаходиться в енергетично нейтральній зоні.

ПОЯСНЕННЯ:

ЯК ПОБУДУВАТИ СПРОЩЕНІ КЛІМАТИЧНІ КРИВІ

Для проведення оцінки енергоефективності можна досить точно описати тенденції зовнішньої температури в конкретній місцевості за допомогою зведених графіків. На цих графіках на осі абсцис відкладені температури зовнішнього повітря, а на осі ординат - сума годин, коли протягом зимового сезону температура досягала певного значення на вулиці.

Для спрощення розрахунку таких зведених графіків фактичний тренд можна інтерполювати за допомогою нормальних або гауссових кривих. Ці криві визначаються рівнянням, вираженим у формулі А, яке характеризується лише трьома параметрами, які можна легко отримати з середніх кліматичних даних відповідної місцевості.

$$t = \frac{H}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{\left(\frac{(T_e - T_m)^2}{2 \cdot \sigma^2} \right)}$$

Формула А

$$\sigma = \frac{20 - T_p}{5}$$

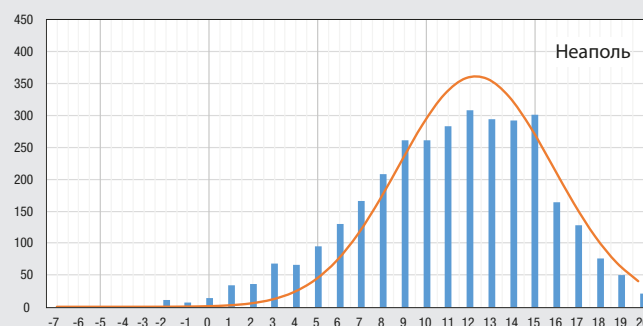
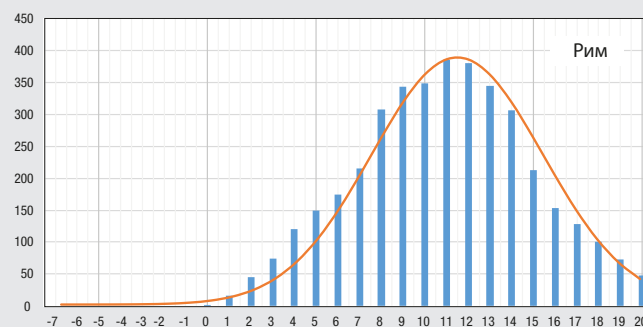
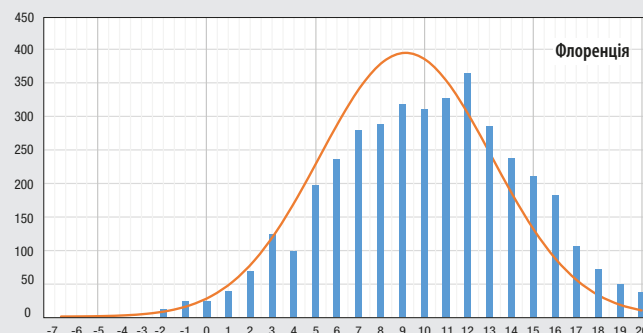
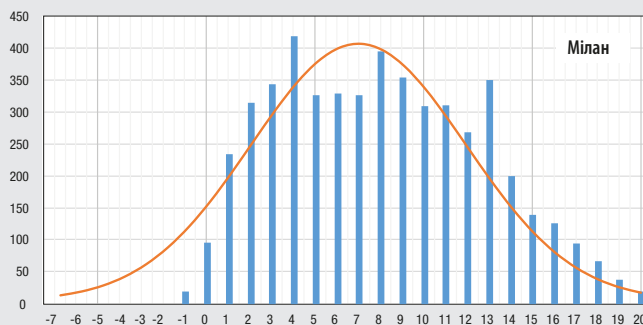
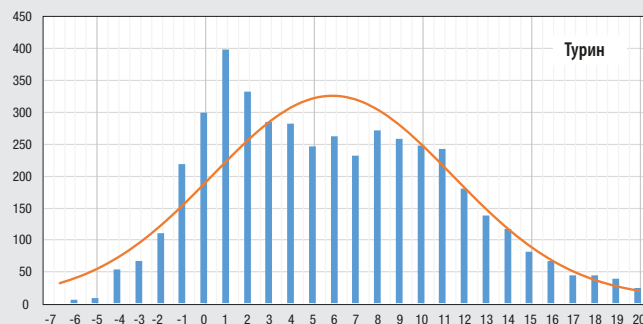
Формула В

$$T_m = \frac{GG}{\text{giorni}}$$

Формула С

Де:

- t = кумулятивні години, де $T = T_e$ в зимовий сезон
- T_e = зовнішня температура, для якої потрібно розрахувати кумулятивну кількість годин t .
- H = константа, що представляє загальну кількість годин опалення протягом зимового сезону. Цю константу можна обчислити, помноживши кількість опалювальних днів на 24 години:
- H = опалювальні дні $\times 24$
- σ = стандартне відхилення, яке показує, наскільки широким або вузьким є розподіл температури. Обчислюється за формулою В.
- T_m - середня температура в населеному пункті, яку можна розрахувати, виходячи з кількості градусо-днів у населеному пункті (GG) та тривалості опалювального сезону, за формулою С.
- T_p = Температура проекту



Мал. 42: Кліматичні криві

СХЕМА ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ

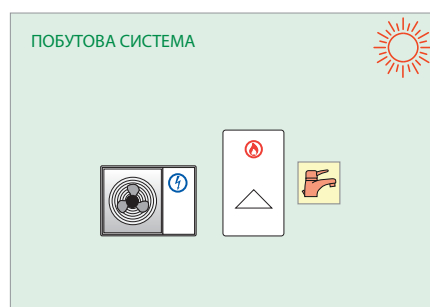
Доменіко Маццетті

На наступних сторінках будуть представлені деякі функціональні схеми гібридних систем з метою надання ілюстрації основних компонентів і логіки поєднання, пов'язаних з гібридними системами різної складності.



Перші чотири схеми стосуються типових побутових установок. Перша схема окреслює гібридну систему, призначену для обслуговування системи опалення та виробництва гарячої води для побутових потреб. Друга схема, з іншого боку, розширить свою функціональність, включивши в себе виробництво охолодженої води за допомогою теплового насоса.

СХЕМА 1



Третя і четверта схеми повторюють попередні, з тією різницею, що гаряча вода виробляється не миттєво, а за допомогою накопичувача.

СХЕМА 3

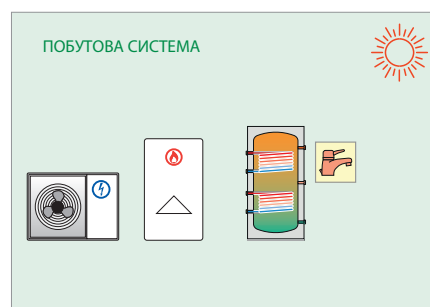


СХЕМА 2

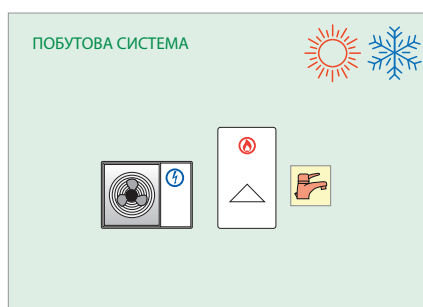


СХЕМА 4



Останні дві схеми стосуються більш складних рішень, призначених для більших систем, що ідеально підходять для задоволення потреб великих будівель. П'ята схема показує установку, яка зорієнтована виключно на виробництво теплової енергії, що використовується як для опалення, так і для виробництва гарячої води. Більша потужність цих установок дозволяє реалізувати більш гнучкі рішення, придатні для більш досконалого та ефективного управління тепловими потоками.

СХЕМА 5



Шоста схема, з іншого боку, стосується виробництва тепла та охолодженої води; знову ж таки, більший розмір системи робить можливим більш ефективне управління енергією завдяки рекуперації тепла під час виробництва охолодженої води.

СХЕМА 6

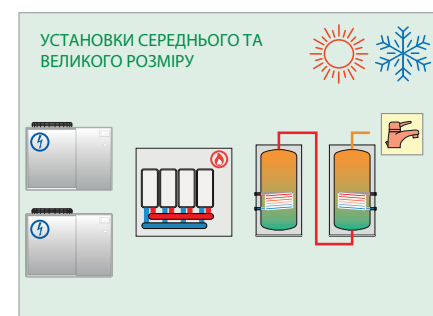


СХЕМА 1 - ПОБУТОВА СИСТЕМА: ОПАЛЕННЯ ТА МИТТЄВЕ ГВП

Підходить для використання гібридної системи в малих і середніх житлових приміщеннях.

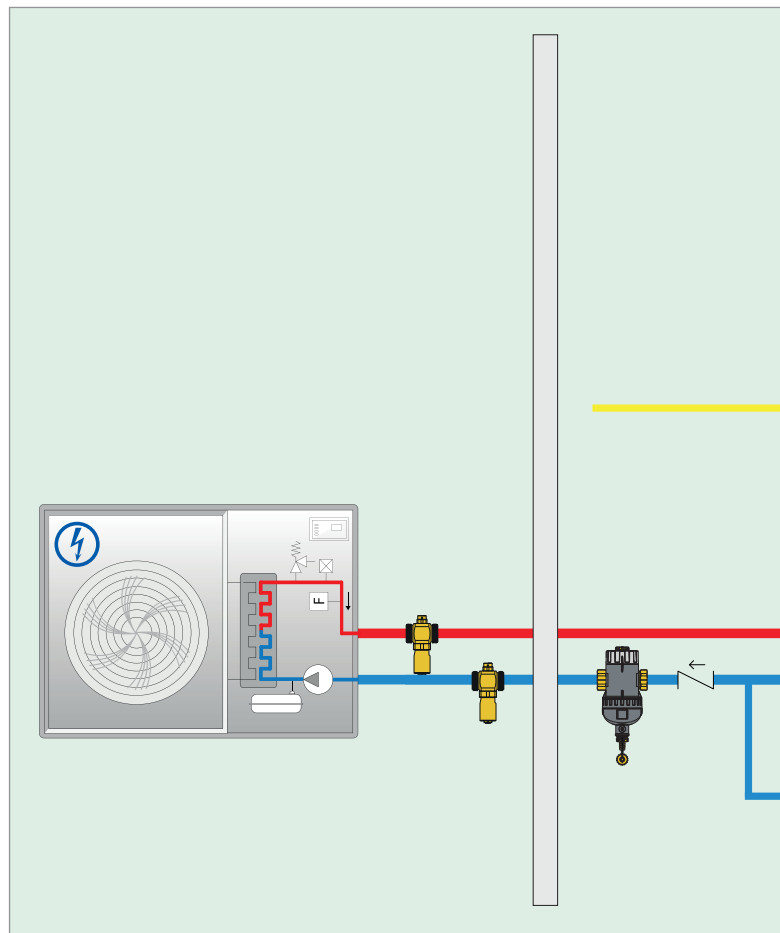
Котел і тепловий насос підключаються паралельно до теплового бака-накопичувача з 4 під'єднаннями з боку первинного контуру. Два джерела тепла можуть працювати по черзі або одночасно, накопичувач також діє як гідравлічний сепаратор і робить два контури незалежними.

Бак-накопичувач повинен бути розрахований відповідно до експлуатаційних вимог теплового насоса. Залежно від потужності теплового насоса, для допоміжних функцій установці необхідний завжди доступний мінімальний об'єм технічної води (див. Гідравліка 64).

Теплова енергія відбирається з бака-акумулятора через насоси у вторинному контурі, які живлять системи опалення будинку.

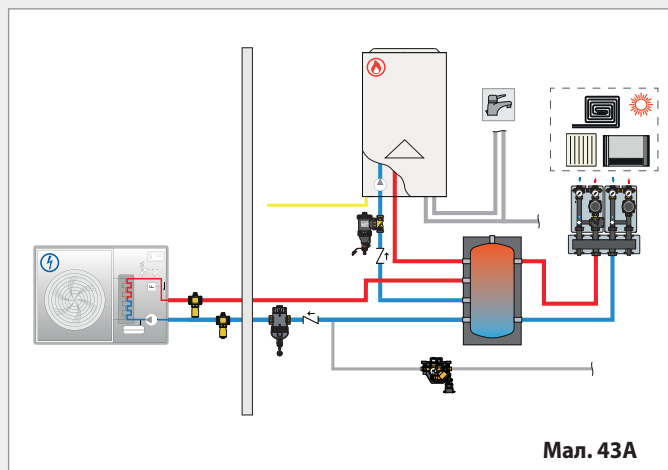
Тепловий насос повинен бути захищений від забруднень спеціальним фільтром-дешламатором. Котел також повинен бути обладнаний дешламатором (захистом від забруднень) з цієї ж метою.

Оскільки тепловий насос розташований ззовні, він повинен бути захищений від морозу в разі відключення електроенергії та мінусових температур за допомогою спеціальних морозозахисних клапанів. Альтернативою є додавання гліколю до всієї води в системі.



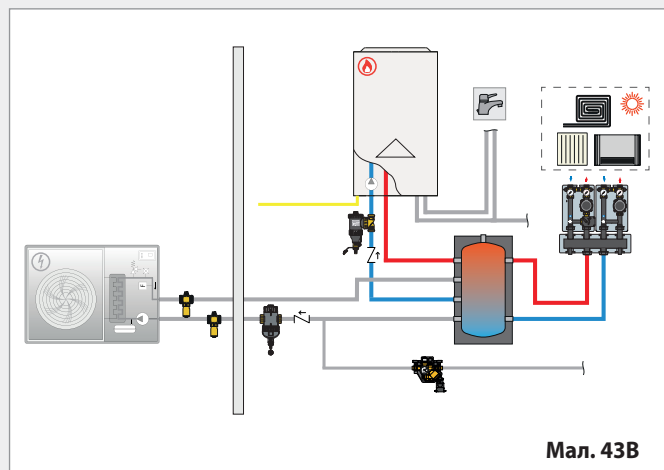
Нагрів бойлера + тепловий насос

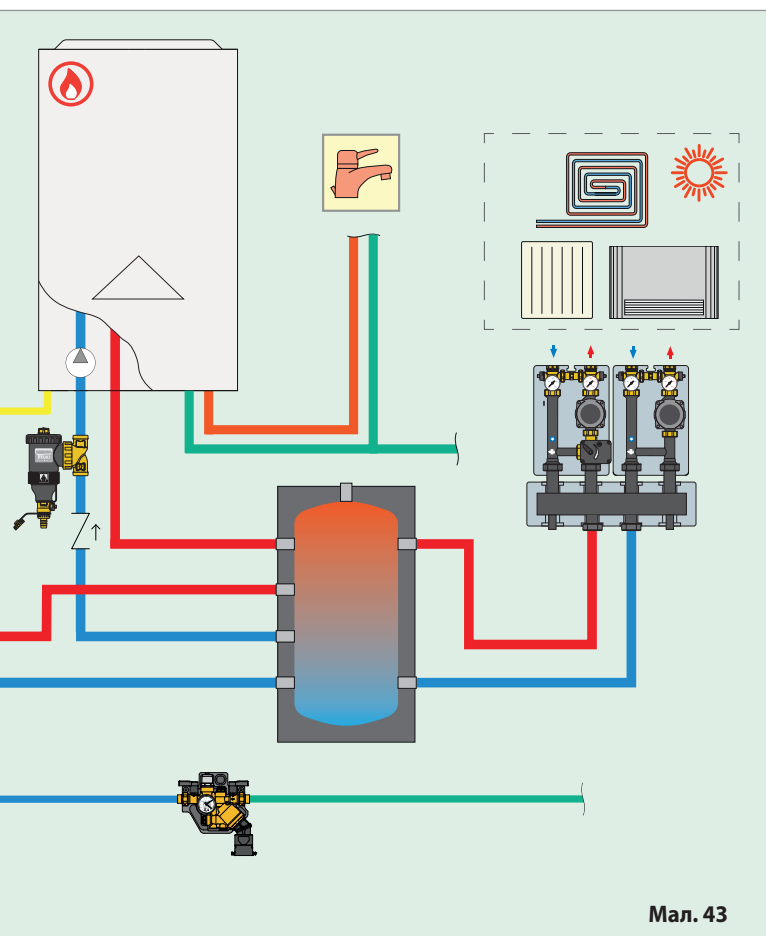
За певних кліматичних умов і навантаження ці два елементи можуть працювати паралельно. Бойлер підвищує температуру води в системі до певного значення, в той час як тепловий насос працює в режимі попереднього нагрівання та утримання.



Нагрів бойлера

Коли зовнішні умови особливо суворі, економічна доцільність використання теплового насосу втрачається. У цьому випадку всю теплову енергію виробляє котел.





Господарсько-побутова вода виробляється котлом в проточному режимі. Це економить місце, оскільки не потрібно встановлювати побутовий бак для зберігання води, але має недолік, бо не може забезпечити багато споживачів одночасно.

Проточне виробництво тепла газом котлом означає, що функція опалення, яка підтримується тепловим насосом, не переривається.

Забезпечення проточного ГВП гарантує відсутність умов для розвитку бактерій легіонел; гаряча вода готується тільки в момент використання. Тому термічна дезінфекція розподільчої мережі не є необхідною.

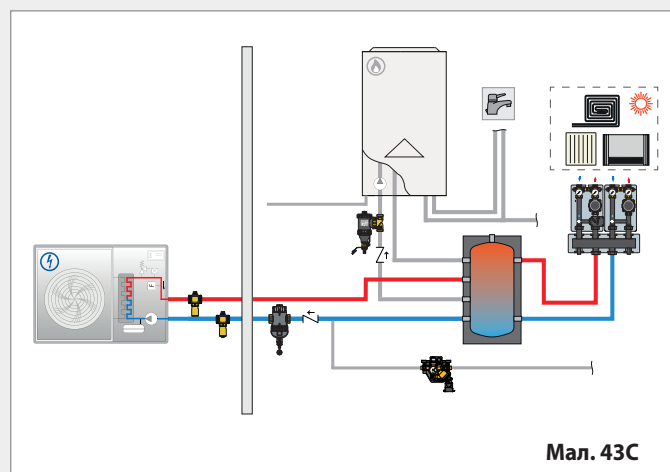
На діаграмах внизу сторінки показано різні режими роботи цієї конфігурації.

Запропонована схема широко використовується у випадках модернізації системи з додаванням теплового насоса до існуючого котла. Модернізовані системи в основному використовуються лише для опалення і не обладнані відповідними терміналами для охолодження.

Якщо в системі присутні тепловентилятори або підлогові системи з системою осушення повітря, схема також може використовуватись і для охолодження.

Нагрівання теплового насоса

Коли зовнішня температура не надто низька, тепловий насос працює зі значенням COP, що робить його економічно вигідним у порівнянні з котлом.



Нагрівання теплового насоса - Бойлер ГВП

Найбільш очевидною перевагою цієї конфігурації є те, що котел може подавати ГВП в миттєвому режимі, в той час як тепловий насос паралельно подає тепло в систему опалення.

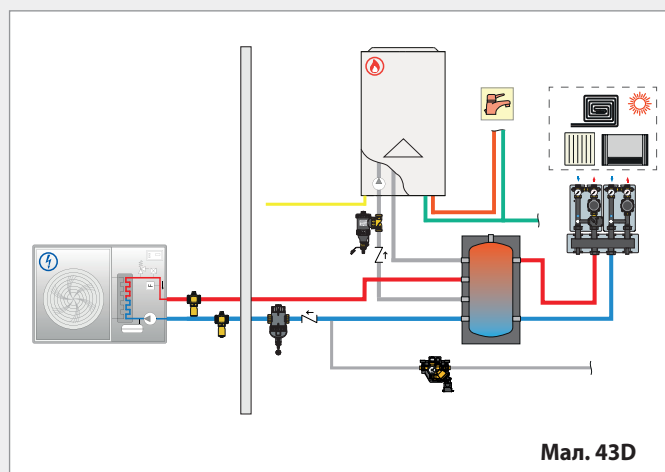


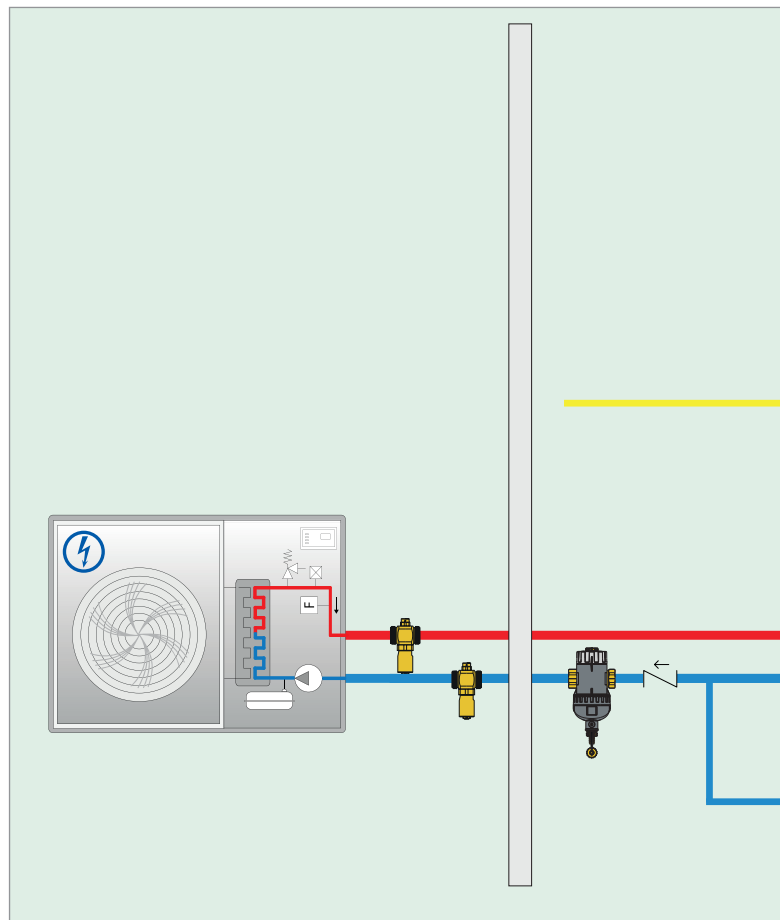
СХЕМА 2 - ПОБУТОВА СИСТЕМА: ОПАЛЕННЯ, ОХОЛОДЖЕННЯ ТА МИТТЄВЕ ГВП

На відміну від попереднього випадку, дана конфігурація застосовується, коли в малих і середніх житлових системах є необхідність виробляти охолоджену воду за допомогою теплового насоса для цілей охолодження.

Тепловий розділювач підключається тільки до гілки теплового насоса, в даному випадку до лінії зворотного трубопроводу, і виконує роль бака гарячої або охолодженої води в залежності від режиму роботи. Бак-накопичувач повинен бути розрахований відповідно до експлуатаційних вимог теплового насоса. Залежно від потужності теплового насоса, для допоміжних функцій установці необхідний завжди доступний мінімальний об'єм технічної води (див. Гідравліка 64).

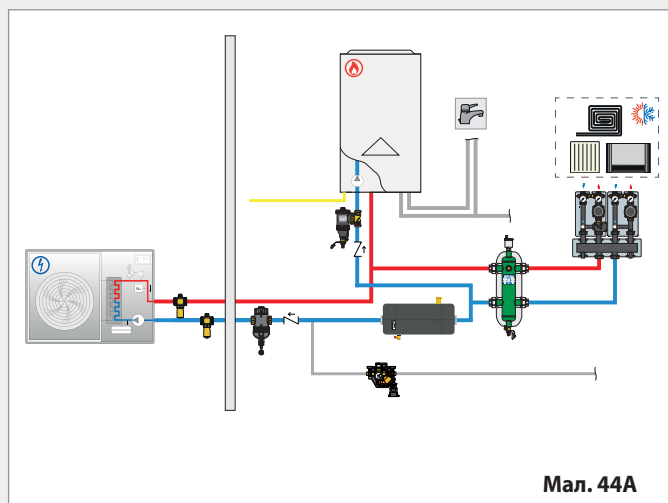
Котел і тепловий насос підключаються паралельно до гідравлічного сепаратора з двома трійниками перед первинними з'єднаннями. Необхідний потік відбирається з гідравлічного сепаратора через насоси у вторинному контурі, які живлять системи опалення будинку.

Тепловий насос повинен бути захищений від забруднень спеціальним фільтром-дешламатором. Котел також повинен бути обладнаний дешламатором (захистом від забруднень) з цієї ж метою.



Нагрів бойлера + тепловий насос

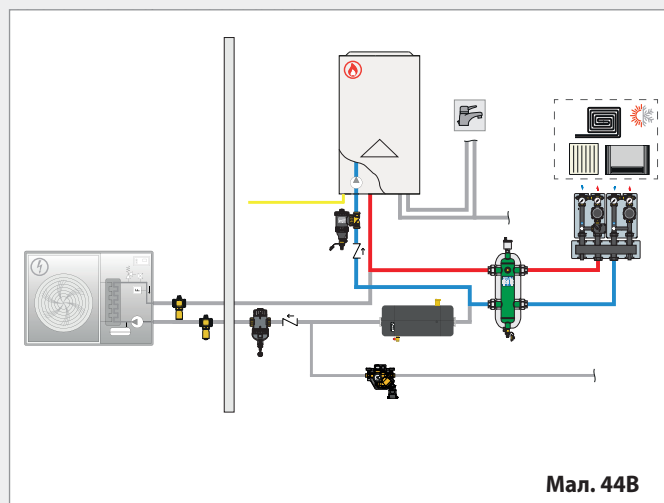
За певних кліматичних умов і навантаження ці два елементи можуть працювати паралельно. Котел підвищує температуру води в системі до певного значення, в той час як тепловий насос працює в режимі попереднього нагрівання та зберігання.



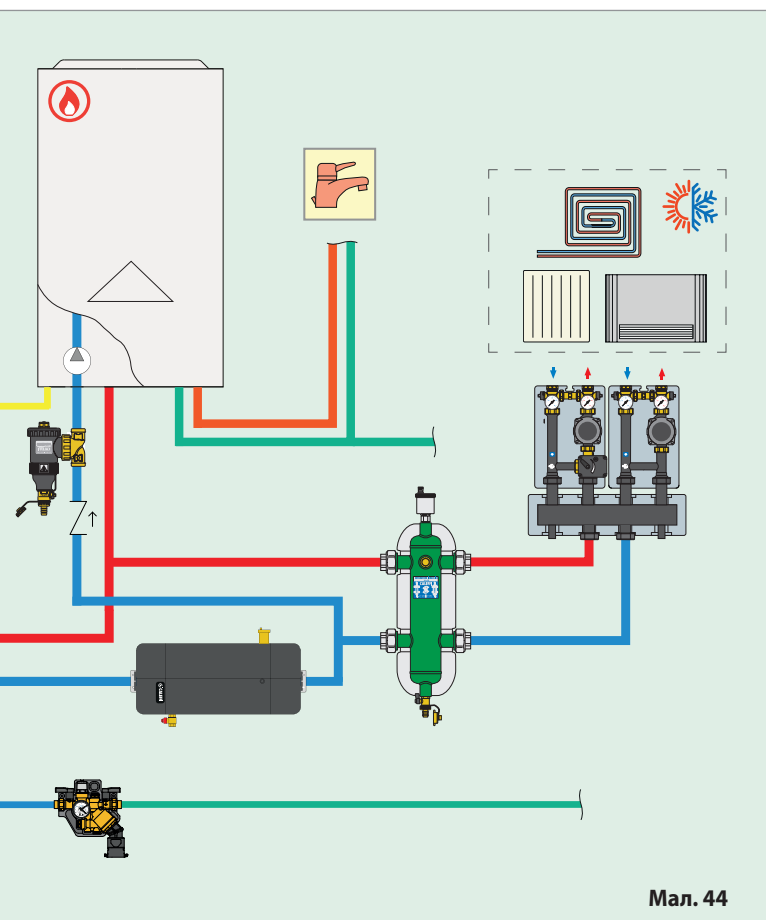
Мал. 44А

Нагрів бойлера

Коли зовнішні умови особливо суворі, економічна доцільність використання теплового насоса втрачається. У цьому випадку всю теплову енергію виробляє котел.



Мал. 44В



Essendo posizionata all'esterno, la PDC deve essere protetta dal gelo in caso di blackout elettrico e temperature sotto zero tramite l'utilizzo di apposite valvole antigelo. Alternativa è quella di aggiungere con il glicole tutta l'acqua dell'impianto.

L'acqua sanitaria viene generata in modalità istantanea dalla caldaia. Il vantaggio di questa soluzione è molteplice.

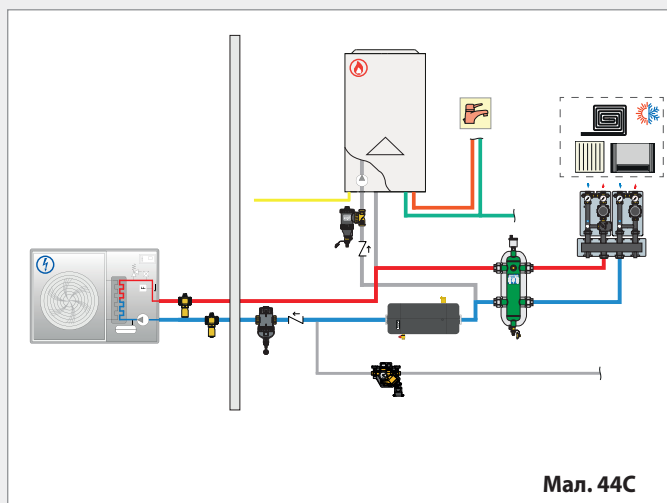
- Non si ha la necessità di dedicare spazio ad un accumulo sanitario con però la relativa limitazione al numero di utenze.
- Nella stagione invernale la funzione riscaldamento può essere espletata dalla PDC mentre in contemporanea la caldaia produce ACS:
- Nella stagione estiva la pompa di calore produce solo acqua refrigerata e non deve mai invertire il ciclo frigorifero per produrre ACS.

La produzione istantanea di ACS fa sì che non vi siano le condizioni di sviluppo del batterio della legionella, l'acqua calda viene preparata solamente nel momento dell'utilizzo. Non è perciò necessaria la disinfezione termica della rete di distribuzione.

Negli schemi in fondo alla pagina sono riportate le varie modalità di funzionamento di questa configurazione.

Нагрівання теплового насоса - Бойлер ГВП

Очевидною перевагою такої конфігурації є те, що котел може подавати ГВП в миттєвому режимі, в той час як ТН паралельно живить систему опалення.



Охлаждения теплового насоса - бойлер ГВП

Котел обеспечивает ГВП в миттєвому режимі. Охлаждения здійснюється виключно за допомогою ТН: оскільки він не повинен забезпечувати ГВП, йому не потрібно реверсувати цикл охолодження і нагрівати тепловий розділювач.

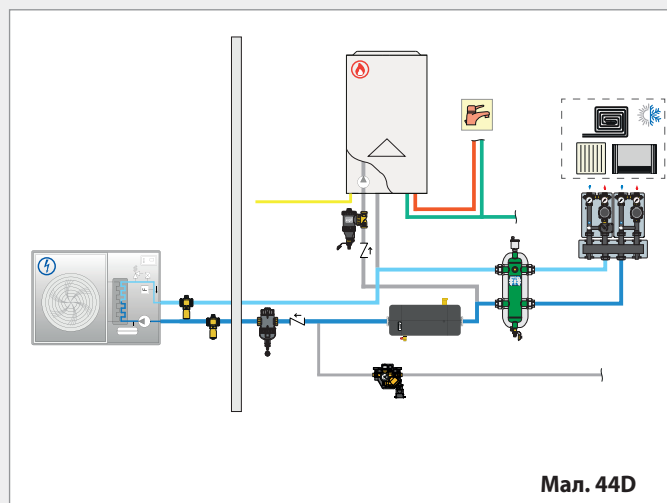


СХЕМА 3 - ПОБУТОВА УСТАНОВКА: ОПАЛЕННЯ ТА ГВП НАКОПИЧЕННЯМ

На відміну від Схеми 1 (опалення та миттєве ГВП), виробництво ГВП передбачено для зберігання.

Недоліками такої конфігурації є потреба в технічному приміщенні для санітарного зберігання та підвищена складність інженерного обладнання.

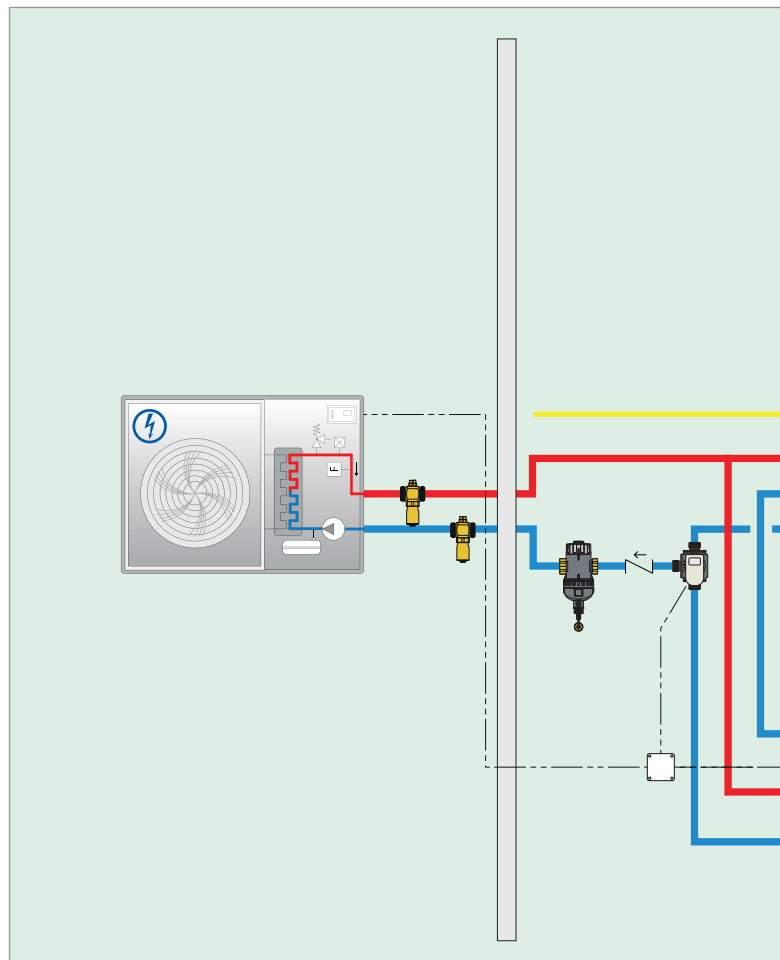
Переваги пов'язані з можливістю обслуговувати більшу кількість споживачів, ніж при миттєвому виробництві, а також з тим, що частка відновлюваної енергії теплового насоса може бути використана для виробництва ГВП.

Накопичувальний бак обладнаний двома теплообмінниками. Один внизу підключений до теплового насоса. Включення теплового насоса можна регулювати за допомогою температурного датчика, вставленого в середню частину накопичувального бака.

Верхній теплообмінник підключений до котла, і навіть у цьому випадку можна контролювати температуру за допомогою температурного датчика у верхній частині накопичувального бака.

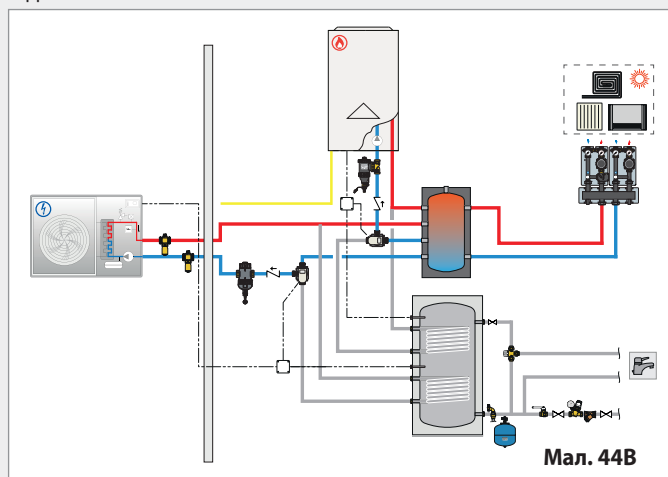
Пріоритети забезпечення ГВП управляються двома перекидними клапанами на контурі котла і контурі ПДС і дозволяють активувати функцію ГВП тільки для одного джерела тепла або для обох одночасно.

З боку опалення котел і тепловий насос підключаються паралельно до теплового акумулятора з 4 з'єднаннями. Два джерела тепла можуть працювати по черзі або одночасно, накопичувач також діє як гідравлічний сепаратор і робить два контури незалежними.



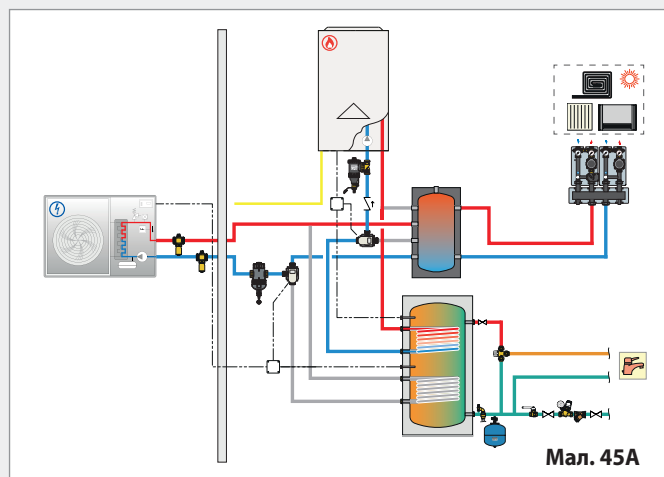
Нагрів бойлера + тепловий насос

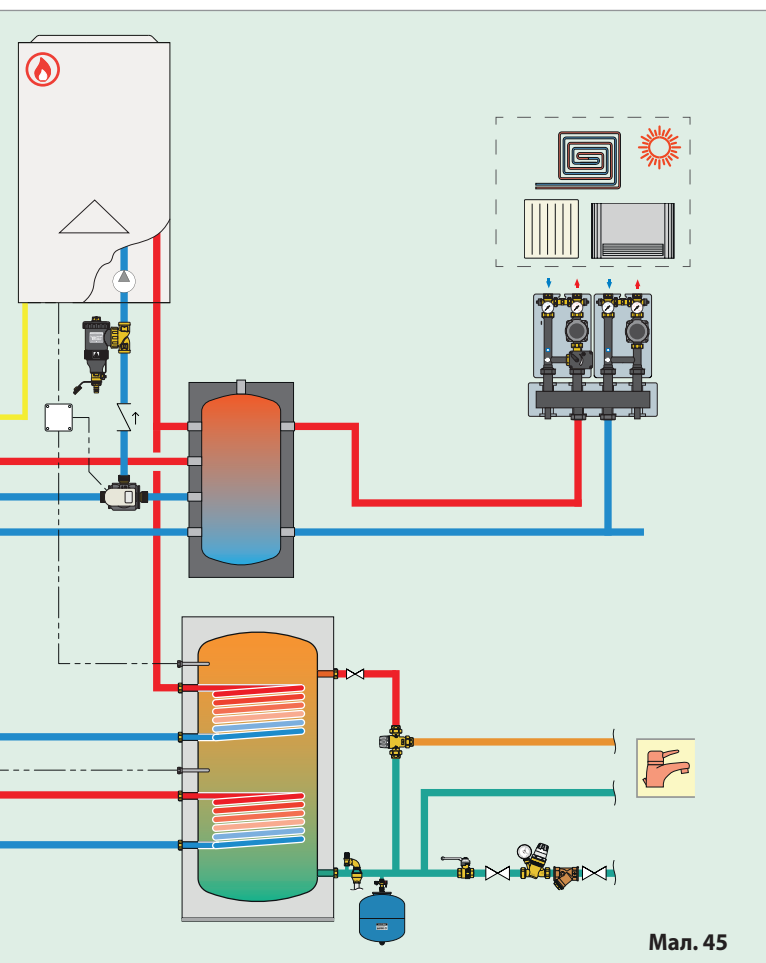
За певних кліматичних умов і навантаження ці два елементи можуть працювати паралельно. Котел підвищує температуру води в системі до певного значення, в той час як тепловий насос працює в режимі попереднього нагрівання та зберігання. Два джерела тепла можуть працювати окремо в залежності від теплового навантаження.



Бойлер ГВП + нагрів тепловим насосом

Найпоширенішим режимом роботи є такий, при якому виробництво ГВП повністю покладається на котел, а повторне нагрівання здійснюється за допомогою теплового насоса.





Мал. 45

Бак-накопичувач повинен бути розрахований відповідно до експлуатаційних вимог теплового насоса. В залежності від потужності теплового насоса, необхідний мінімальний обсяг завжди доступної технічної води для функціонування допоміжних пристроїв установки (див. розділ "Гідравліка 64").

Теплова енергія відбирається з бака-накопичувача через насоси вторинного контуру, що живлять систему опалення житла.

Тепловий насос повинен бути захищений від забруднень за допомогою спеціального фільтра-дешламатору. Котел також повинен бути обладнаний дешламатором (захистом від забруднень) з цієї ж метою.

При розташуванні на відкритому повітрі, тепловий насос повинен бути захищений від замерзання в разі перебоїв в електропостачанні та перепадів температур

нижче нуля за допомогою спеціальних морозозахисних клапанів.

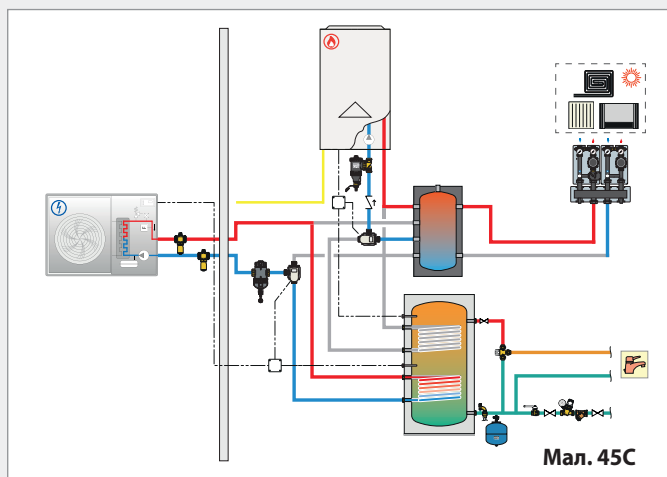
Альтернативою є додавання гліколю до всієї води в системі.

На діаграмах внизу сторінки показані різні

режим роботи цієї конфігурації.

ГВП тепловий насос + опалення бойлером

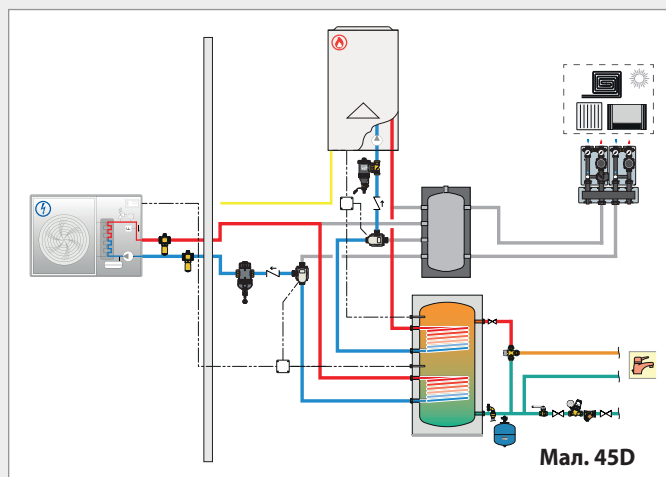
За сприятливих умов, коефіцієнт корисної дії підвищується, якщо побутовий накопичувальний бак отримує енергію від ТН. У випадку потреби в опаленні, котел може працювати в перехідному режимі.



Мал. 45C

Бойлер з ГВП + ГВП ТН

В умовах підвищеної потреби на гарячу воду, два джерела тепла можуть одночасно працювати на її виробництво.



Мал. 45D

СХЕМА 4 - ПОБУТОВА СИСТЕМА: ОПАЛЕННЯ, ОХОЛОДЖЕННЯ ТА ГВП НАКОПИЧЕННЯМ

схема також дозволяє тепловому насосу працювати в режимі охолодження.

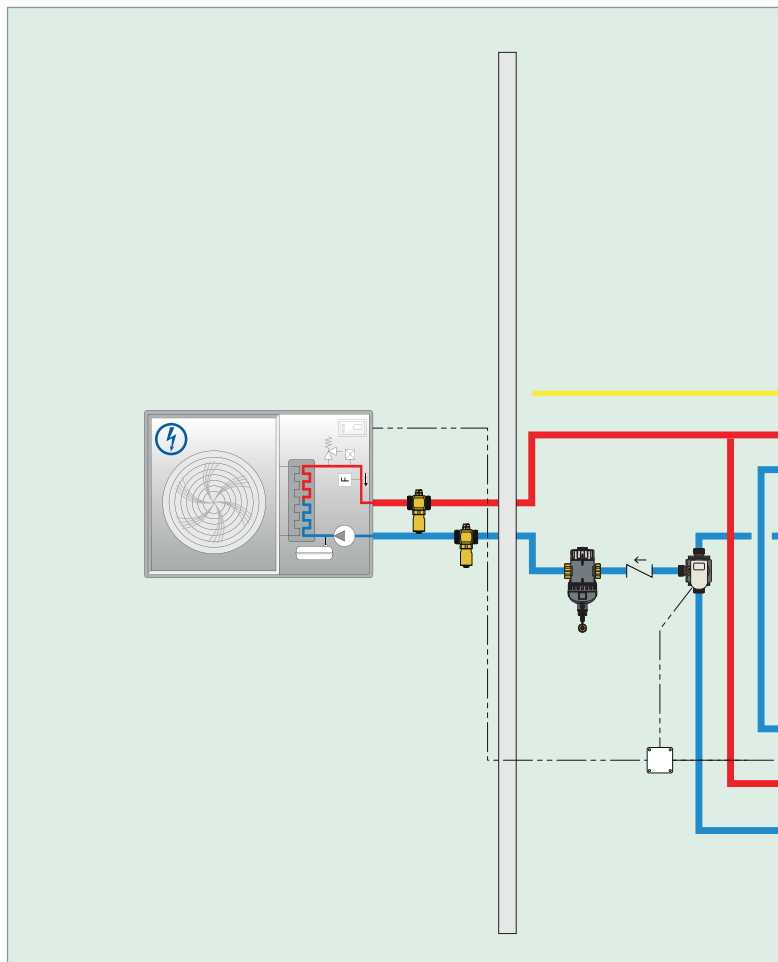
Недоліками такої конфігурації є потреба в технічному приміщенні для санітарного зберігання та підвищена складність інженерного обладнання.

Переваги пов'язані з можливістю обслуговувати більшу кількість споживачів, ніж при миттєвому виробництві, а також з тим, що частка відновлюваної енергії теплового насоса може бути використана для виробництва ГВП.

Накопичувальний бак обладнаний двома теплообмінниками. Нижній теплообмінник підключений до теплового насоса. Включення теплового насоса можна регулювати за допомогою температурного датчика, вставленого в середню частину накопичувального бака.

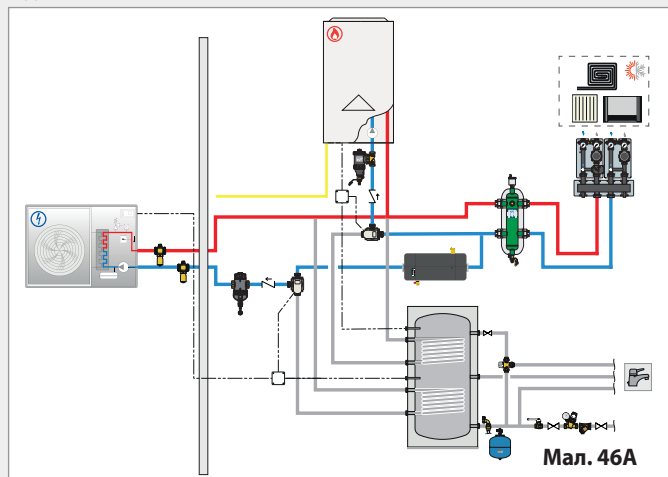
Верхній теплообмінник підключений до котла, і навіть у цьому випадку можна контролювати температуру за допомогою температурного датчика у верхній частині накопичувального бака.

Тепловий розділювач підключається тільки до гілки теплового насоса, в даному випадку до лінії зворотного трубопроводу, і виконує роль бака гарячої або охолодженої води в залежності від режиму роботи. Бак-накопичувач повинен бути розрахований відповідно до експлуатаційних вимог теплового насоса. Залежно від потужності теплового насоса, для допоміжних функцій установці необхідний завжди доступний мінімальний об'єм технічної води (див. Гідравліка 64).



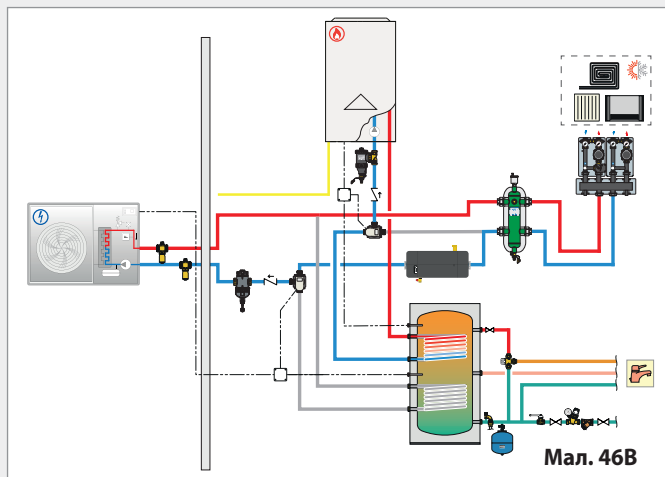
Нагрів бойлера + тепловий насос

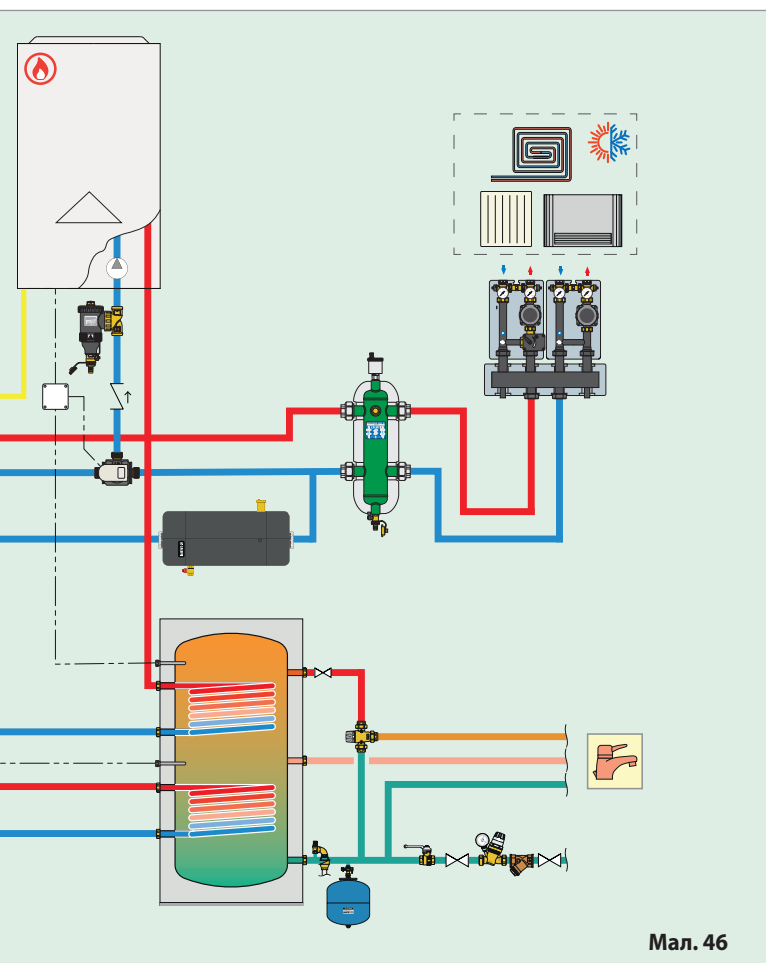
За певних кліматичних умов і навантаження ці два елементи можуть працювати паралельно. Котел підвищує температуру води в системі до певного значення, в той час як тепловий насос працює в режимі попереднього нагрівання та зберігання. Два джерела тепла можуть працювати окремо в залежності від теплового навантаження.



Бойлер ГВП + нагрів тепловим насосом

Найпоширенішим режимом роботи є такий, при якому виробництво ГВП повністю покладається на котел, а повторне нагрівання здійснюється за допомогою теплового насоса.





Мал. 46

Котел і тепловий насос підключаються паралельно до гідравлічного сепаратора з двома трійниками перед первинними з'єднаннями. Необхідний потік відбирається з гідравлічного сепаратора через насоси у вторинному контурі, які живлять системи опалення будинку.

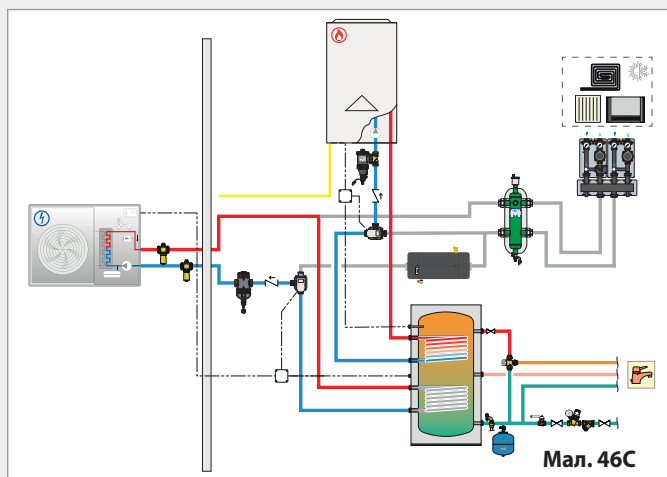
Тепловий насос повинен бути захищений від забруднень спеціальним фільтром-дешламатором. Котел також повинен бути обладнаний дешламатором (захистом від забруднень) з цієї ж метою.

Оскільки тепловий насос розташований ззовні, він повинен бути захищений від морозу в разі відключення електроенергії та мінусових температур за допомогою спеціальних морозозахисних клапанів. Альтернативою є додавання гліколю до всієї води в системі.

На діаграмах внизу сторінки показано різні режими роботи цієї конфігурації.

Бойлер з ГВП + ГВП ТН

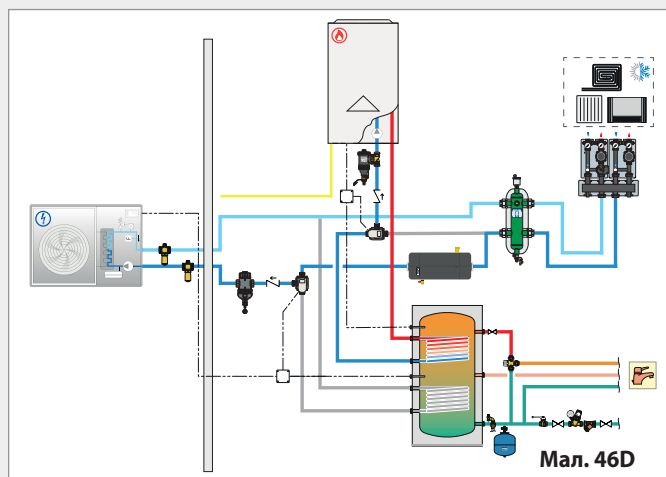
В умовах дуже високого внутрішнього попиту на воду Два джерела енергії можуть працювати на виробництво ГВП одночасно.



Мал. 46C

Бойлер ГВП + охолодження ТН

ГВП повністю виробляється бойлером у резервуарі ГВП. Таким чином, тепловий насос відповідає лише за виробництво охолодженої води для охолодження. Тому, інерційний розділювач містить лише охолоджену воду.



Мал. 46D

СХЕМА 5 - СИСТЕМИ СЕРЕДЬОГО ТА ВЕЛИКОГО РОЗМІРУ: ОПАЛЕННЯ ТА ГВП З ПОДВІЙНИМ НАКОПИЧУВАЛЬНИМ БАКОМ

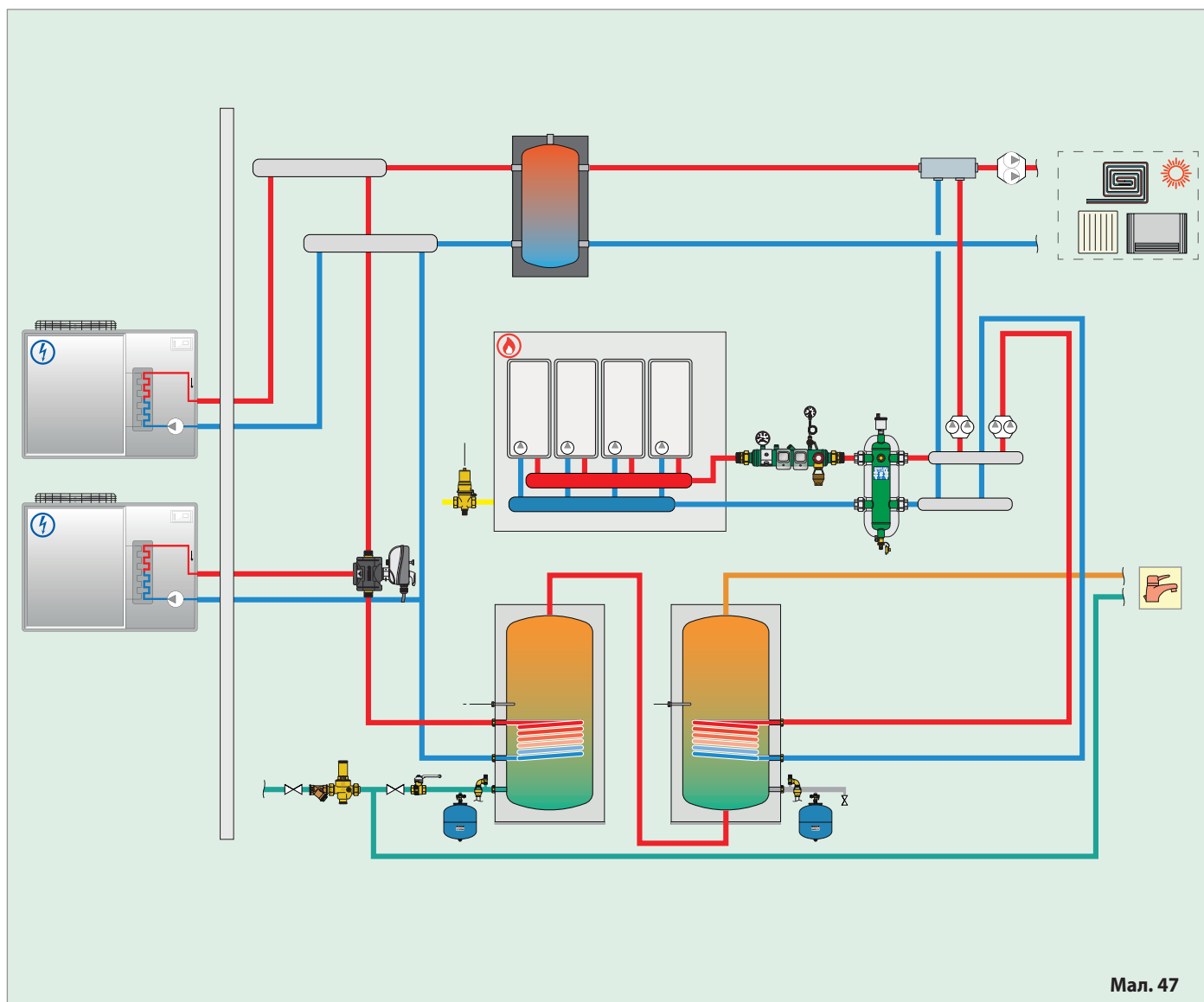
Схема 5 застосовується для середніх і великих установок.

Використовуються два теплових насоси, один призначений виключно для опалення, а інший - для опалення та виробництва гарячої води. З боку нагріву обидві машини під'єднані до колектора, який, у свою чергу, з'єднаний з гідравлічним сепаратором, що також виконує роль теплового маховика для накопичення енергії, необхідної для належного функціонування машин.

Виробництво гарячої води для побутових потреб здійснюється через два накопичувальні баки. Попередній підігрів, підключений до одного з двох РДС через триходовий пріоритетний клапан. Після попереднього нагрівання ГВП надходить до другого накопичувального бака, в якому знаходиться змійовик, підключений до контуру котла для завершення фази нагріву. Котли конфігуровано в каскад для того, щоб мати можливість регулювання вихідної потужності. Потужність понад 35 кВт вимагає встановлення повного набору захисних пристроїв,

передбачених правилами INAIL. Гідравлічний сепаратор відокремлює первинний контур від вторинного, що складається з двох бустерних циркуляційних насосів.

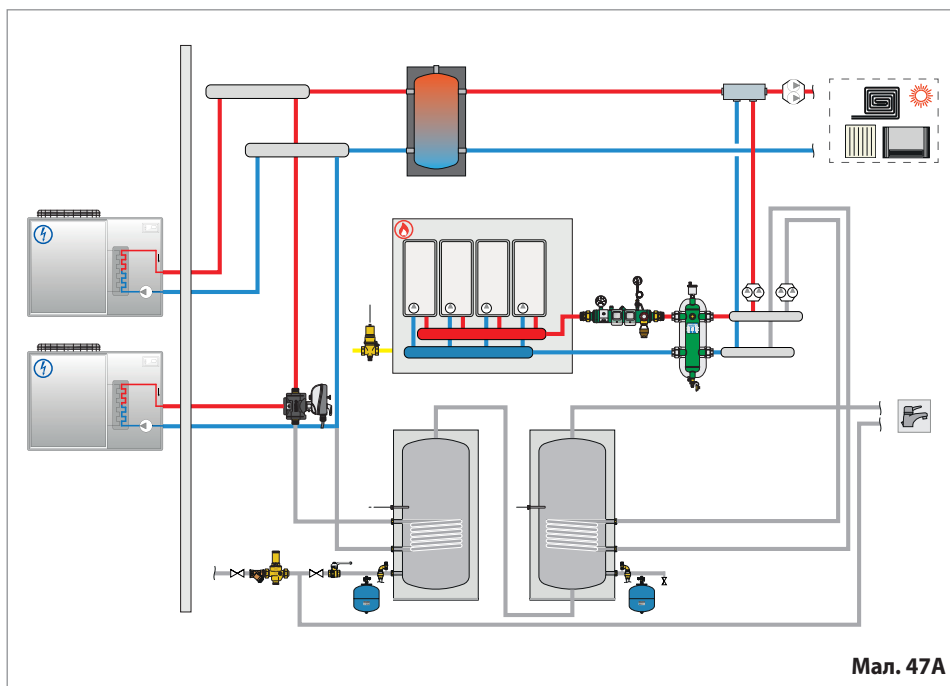
У цій конфігурації функції опалення та ГВП можуть підтримуватися одночасно, як для теплового насоса, так і для котлоагрегату.



Мал. 47

Нагрів бойлера + тепловий насос

Всі генератори беруть участь у виробництві гарячої води для опалення у спосіб, запропонований на рисунку. За необхідності, в умовах часткового навантаження, опалення може вироблятися тільки одним тепловим насосом або обома, а котел залишається в якості допоміжного генератора.



ГВП тепловий насос + ГВП бойлер

ГВП попередньо нагрівається тепловим насосом у першому циліндрі, котел підвищує температуру до більш високих рівнів у другому.

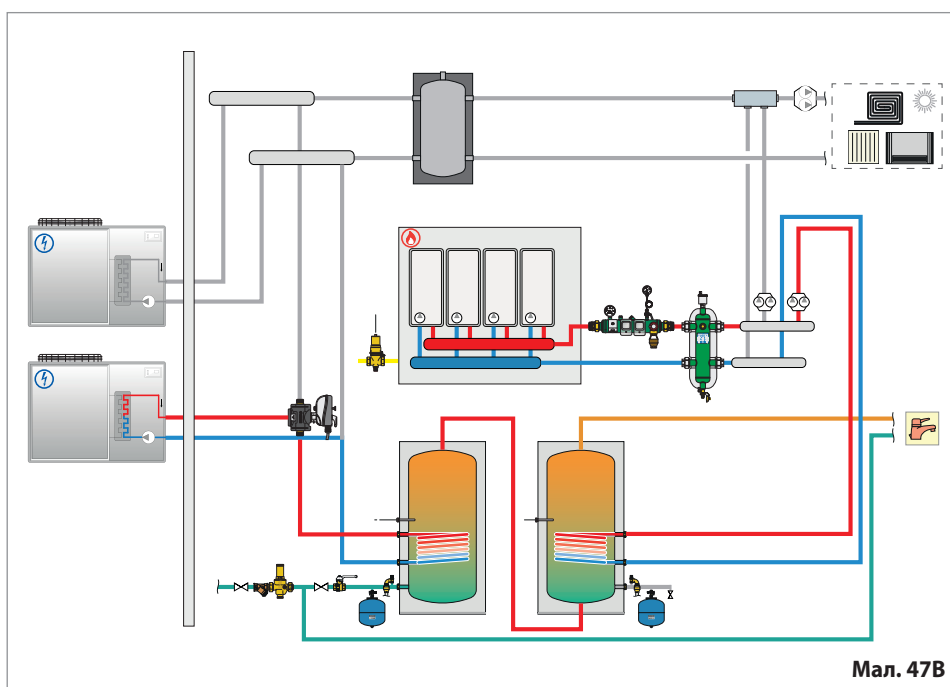


СХЕМА 6 - СИСТЕМИ СЕРЕДЬНОГО ТА ВЕЛИКОГО РОЗМІРУ, ОПАЛЕННЯ ТА ГВП З ПОДВІЙНИМ НАКОПИЧУВАЧЕМ, ОХОЛОДЖЕННЯ ТЕПЛОВИМ НАСОСОМ.

Схема 6 є найбільш гнучкою для установок середнього та великого розміру з тих, що були показані до цього часу. Два теплових насоси є насосами різних типів: багатоцільовий (позначений літерою Р) здатний виробляти гарячу і холодну воду одночасно, а реверсивний (позначений літерою R) може працювати як для виробництва гарячої, так і для холодної води.

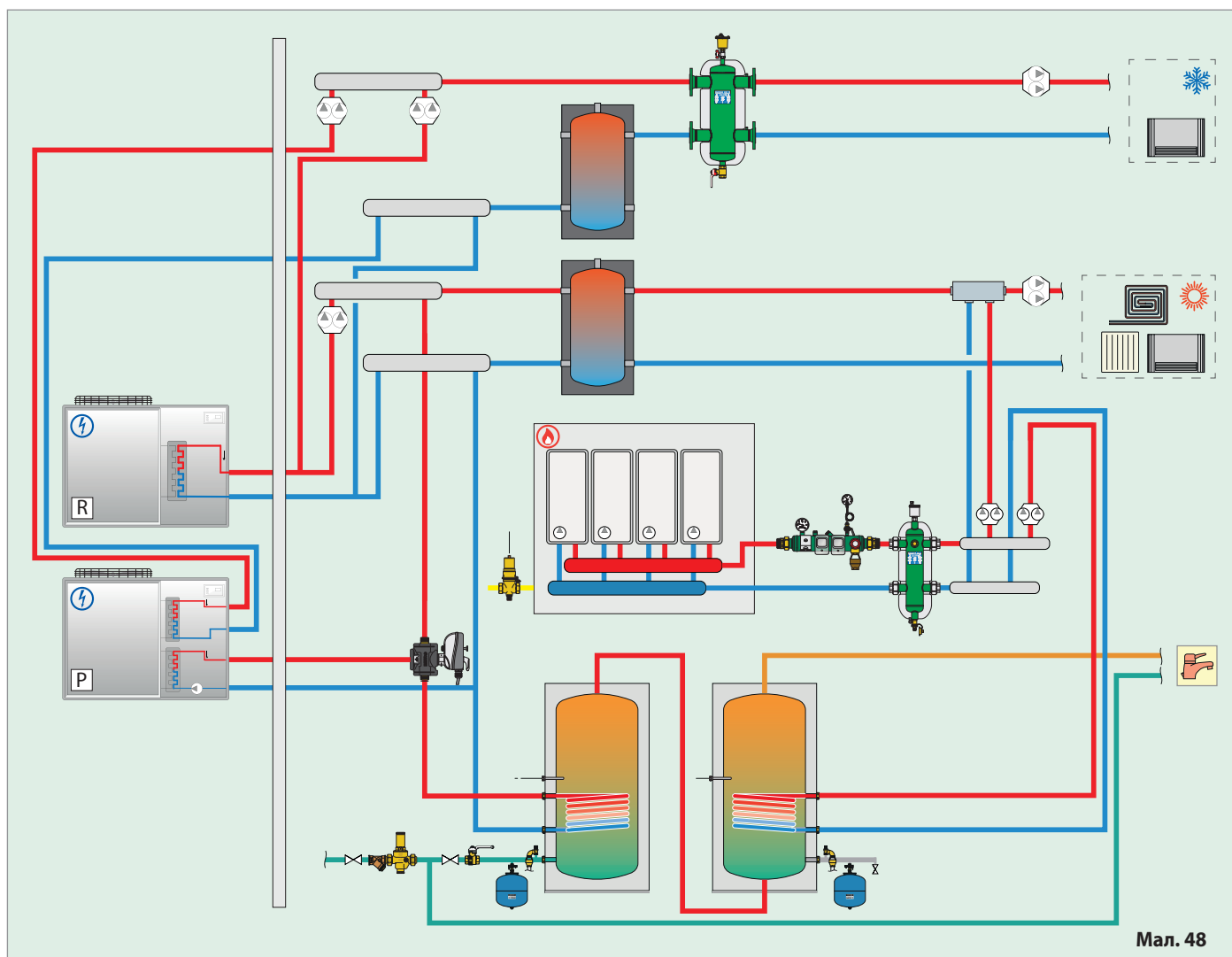
Опалення може забезпечуватися за допомогою реверсивного теплового насоса, а котел є доповненням до нього.

Під час нагрівання багатофункціональна схема може використовуватися для виробництва ГВП для нагрівання першого баку, в той час як котел може нагрівати другий.

У фазі охолодження багатофункціональна система може виробляти охолоджену воду для кондиціонування повітря і одночасно виробляти гарячу воду для побутових потреб, використовуючи тепло конденсації, отримане в першій операції. Реверсивний тепловий насос можна використовувати для виробництва охолодженої води або як альтернативу багатофункціональній схемі.

Котли можуть виробляти гарячу воду для кондиціонування та ГВП одночасно в зимовий сезон, або використовуватися тільки для ГВП в літній сезон.

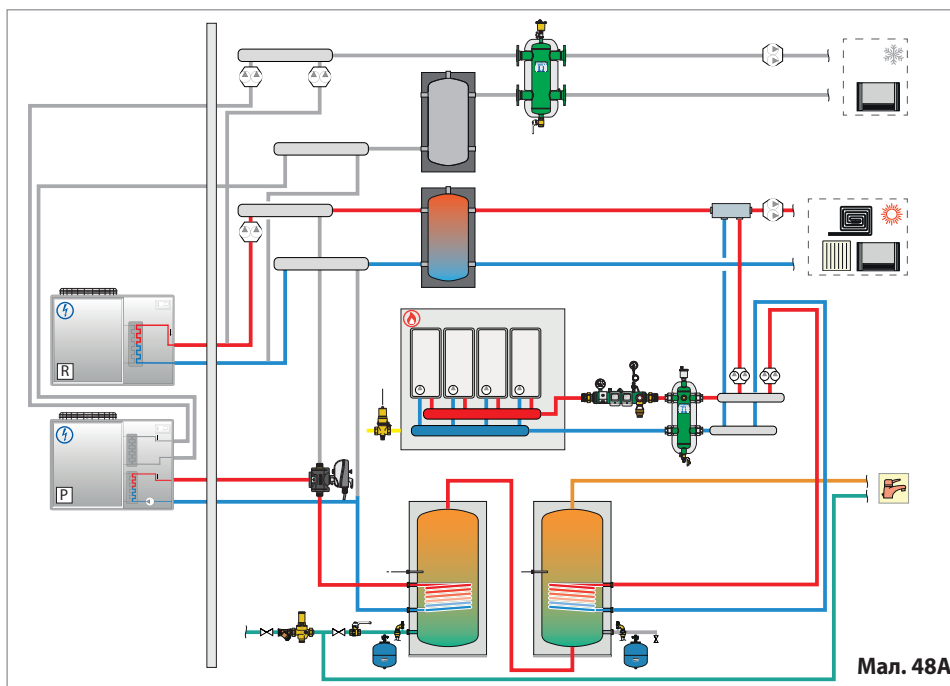
Конфігурована таким чином система є 4-трубною; лінії для нагріву та охолодження є окремими.



Мал. 48

**Опалення тепловим насосом + котел ГВП
тепловий насос + котел**

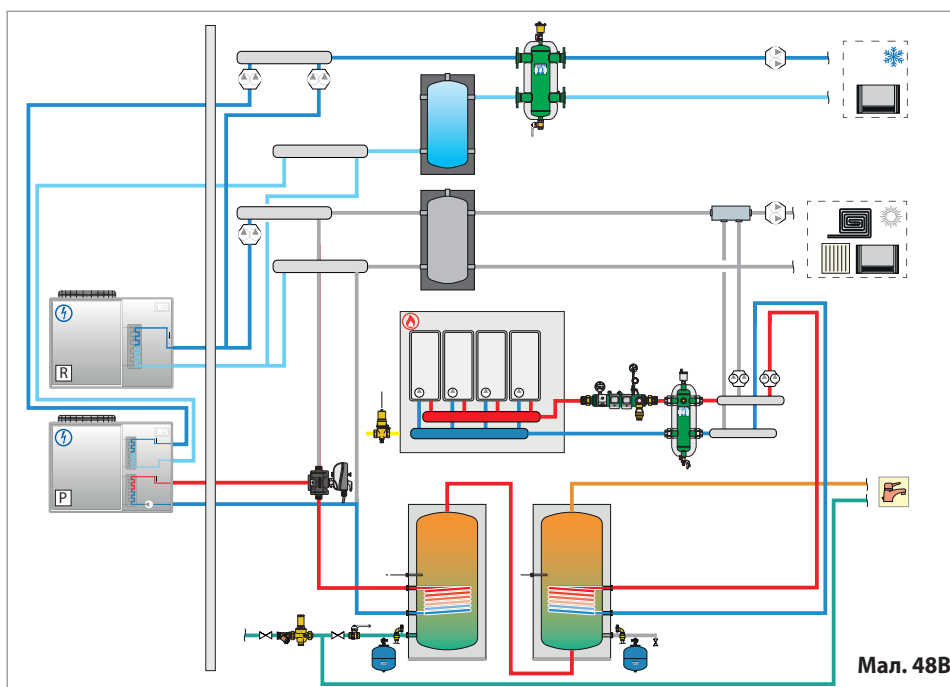
Реверсивний тепловий насос (R) виробляє гарячу воду для кондиціонування повітря. Багатофункціональний котел PDC (P) призначений для попереднього нагрівання води для побутових потреб. Котел працює інтегровано як на опалення, так і на виробництво гарячої води для побутових потреб.



**Охолодження теплового насоса + ГВП ТН +
котел**

Перевагою багатоцільового теплового насоса (P) є одночасне виробництво холоду і використання тепла, отриманого при конденсації, для виробництва ГВП в бойлері попереднього нагріву. Котел підвищує температуру в другому резервуарі ГВП до більш високого рівня.

Реверсивний тепловий насос (R) призначений тільки для виробництва охолодженої води.

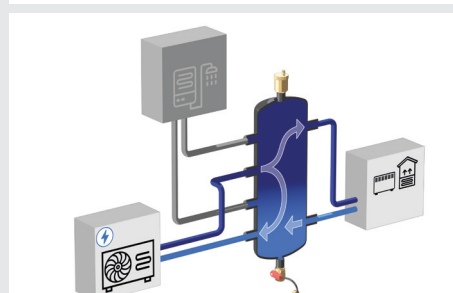
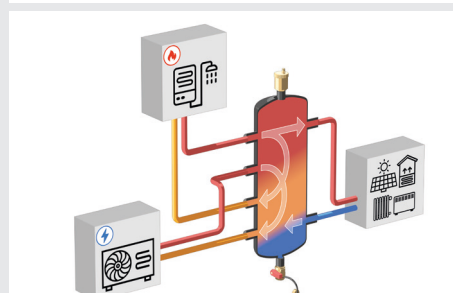
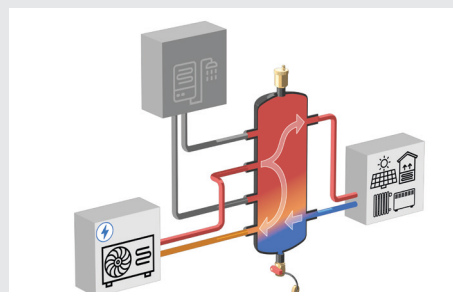
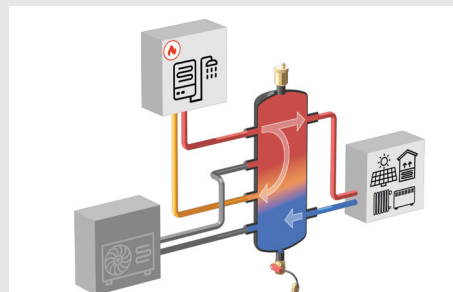
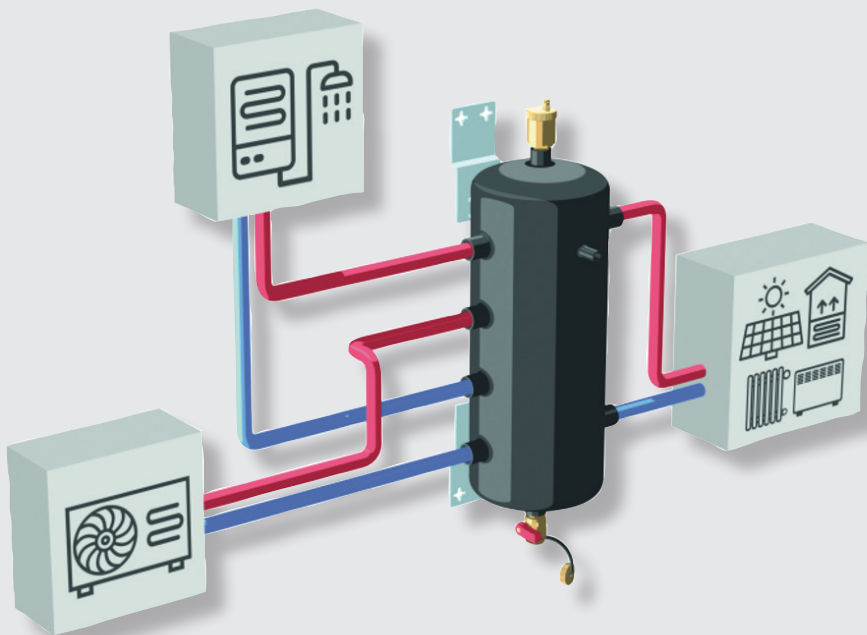




- Поєднує в собі функцію гідравлічного сепаратора та інерційного об'єму.
- Забезпечує паралельне підключення котла і теплового насоса в гібридних системах.
- Корпус з нержавіючої сталі.
- Ізоляція, пристосована для систем опалення та охолодження

Інерційний гідравлічний сепаратор з нержавіючої сталі для гібридних систем має подвійну функцію: забезпечує паралельне підключення котла і теплового насоса, гідравлічно розділяючи два первинні контури і вторинний контур споживача; завдяки своєму об'єму гарантує мінімальний вміст води в системі для належної роботи теплового насоса.

Ця серія призначена для настінного монтажу і для роботи в умовах тепло-холод.



Матеріал нержавіюча сталь AISI 304

Гідравлічний інерційний сепаратор, завдяки своїй високій якості порівняно з традиційними типами вуглецевої сталі, допомагає підтримувати теплову систему в чистоті.

Це зменшує проблеми, пов'язані з домішками, що утворюються в результаті корозії, і, відповідно, витрати на обслуговування всієї системи

Визначення розмірів

Об'єм гідравлічного інерційного сепаратора залежить від мінімального об'єму води, необхідного виробнику теплового насоса, щоб забезпечити правильну роботу машини навіть під час розморожування. Як правило, для нових теплових насосів середнє значення, розраховане на основі потужності машини, може становити від 2,5 до 3,5 літрів/кВт.

Гідравлічний інерційний сепаратор має об'єм 50 літрів і тому підходить для використання з тепловими насосами номінальною потужністю до 25 кВт.

ТЕПЛОВІ НАСОСИ ТА ЗБІРНИК R

Марко Годі

В італійському машинобудуванні необхідно дотримуватися вимог міністерського декрету від 1 грудня 1975 року, який визначає “стандарту безпеки для обладнання, що містить гарячі рідини під тиском”.

До цього декрету додавався так званий “Збірник R”, пізніше переглянутий і доповнений, спочатку у 1982 році, а потім у 2009 році, у чинній на сьогоднішній день версії.

Цей документ містить технічні специфікації для реалізації систем опалення.

СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ ЗБІРНИКА R

Положення міністерської постанови від 1 грудня 1975 року спрямовані на дуже специфічні категорії систем кондиціонування повітря, як це визначено сферою застосування Збірника R, такими являються наступні документи:

R.1.A.1. “Для установок центрального опалення, що використовують гарячу воду під тиском з температурою не вище 110 °C і максимальною сумарною номінальною потужністю топків (або максимальною сумарною тепловою потужністю топків), що перевищує 35 кВт.

R.1.A.2. “Система центрального опалення, що включає один або декілька гідравлічних контурів гарячої води під тиском, з відкритим або закритим розширювальним баком, що обслуговуються одним генератором або об’єднані в батарею, модульним генератором, теплообмінником і працюють на твердому, рідкому або газоподібному паливі або з джерелами тепла з ризиком перегріву.

R.1.A.3. “Теплогенератори, на які поширюються приписи міністерської постанови від 1.12.75, тобто котли, що працюють на твердому, рідкому або газоподібному паливі, а також теплообмінники, в яких первинним теплоносієм є рідина з температурою вище 110 °C.

Для спрощення наведемо характеристики системи, яка була б включеною до складу цього збірника R (табл. 1).

Для всіх систем, які підпадають під сферу дії Збірника R, обов’язковим є забезпечення належних пристроїв безпеки, захисту та управління відповідно до встановлених вимог, а також проведення декларування та перевірки системи перед введенням її в експлуатацію для використання кінцевим споживачем.

Перечитуючи ці визначення, одразу стає зрозуміло, що теплові насоси, які набувають все більшої популярності на сучасному ринку, не підпадають під дію постанови.

Ці сучасні генератори використовують електроенергію як джерело живлення і базуються на циклі стиснення і випаровування газу, що міститься в основному контурі, таким чином, обходяться без будь-якого горіння і з використанням рідини-носія обмеженою теплоємністю.

Електричне джерело не входить до сфери застосування міністерського декрету від 1 грудня 1975 року, тому на цей тип генератора не поширюються вимоги Збірника R, незалежно від його розміру.

Характеристики установки	Робочий тиск	> 1 бар
	Робочі температури	< 110 °C
	Використана потужність генератора	> 35 kW
Тип використаного джерела тепла	Рідина	
	Тверде паливо	
	Газ	
	Джерела тепла під загрозою перегріву	
Тип використовуваного генератора	Одиничний	
	З батареєю	
	Модульний	
	Теплообмінник (тільки якщо подається в первинний контур з температурою вище 110 °C)	

Таб. 1: Сфери застосування. Збірника R

Тому цей аспект стає фундаментальним не тільки при встановленні простих теплових насосів, але й при інтеграції існуючих систем або використанні гібридних генераторів.

ТИПИ ГЕНЕРАТОРІВ

Для того, щоб повністю зрозуміти гібридні системи, варто ознайомитися з різними категоріями генераторів, визначеними відповідно до Збірника R у редакції 2009 року. Цей тип системи передбачає комбіноване використання двох або більше генераторів, що обслуговують одну систему, які можуть працювати по черзі або доповнювати один одного.

Генератори також можуть бути одного типу, або вони можуть використовувати різні джерела тепла, незважаючи на те, що для розподілу теплової енергії до терміналів опалення використовується однакова рідина-носіє.

Тому різниця між модульними та накопичувальними генераторами стає фундаментальною, в розумінні того, як поводитися і що потрібно передбачити в установці, яка має проходити обслуговування.

МОДУЛЬНІ ГЕНЕРАТОРИ

Модульний генератор - це набір з декількох теплових модулів, які можуть працювати одночасно або окремо для обслуговування одного гідравлічного контуру. (мал. 49)

Під тепловим модулем розуміють генератор, здатний, навіть окремо, виробляти енергію, корисну для нагрівання теплоносія або гарячої води для побутових потреб.

Щоб підпадати під визначення модульного генератора, набір модулів повинен бути виготовлений одним виробником, який несе відповідальність за надання всіх аксесуарів, необхідних для належної роботи, технічної схеми реалізації та електронних систем управління, які гарантують безпечну експлуатацію.

До цієї категорії відносяться компактні генератори, що складаються з конденсаційного котла, який підключено до теплового насоса, та мають електронну систему управління, яка регулює роботу двох джерел тепла. (мал. 50)

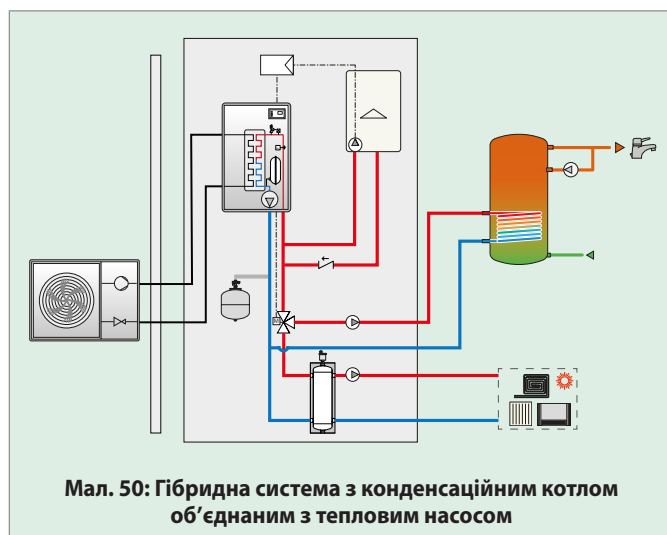


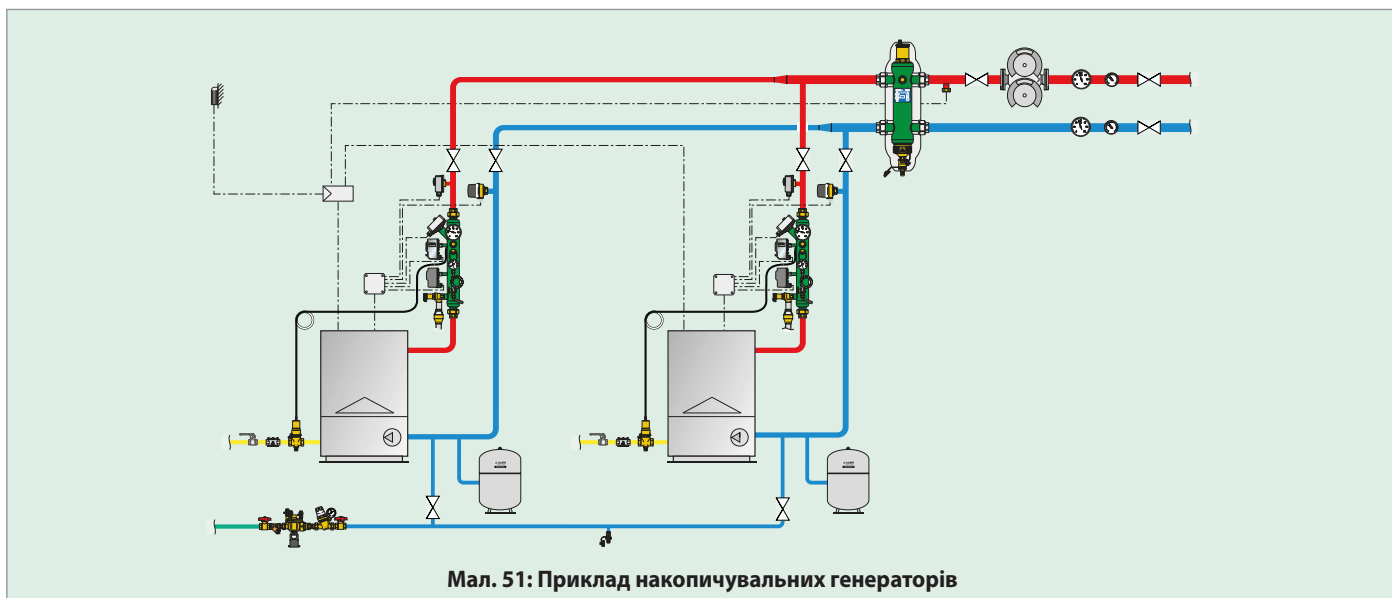
НАКОПИЧУВАЛЬНІ ГЕНЕРАТОРИ

У разі встановлення декількох джерел від різних виробників, що обслуговують одну і ту ж систему опалення, ми говоримо про накопичувальні генератори (Мал. 51).

На відміну від попереднього випадку, система управління впроваджується безпосередньо на об'єкті. Ця система повинна враховувати характеристики всіх наявних джерел тепла і забезпечувати можливість їх спільної або по черговій експлуатації без негативного впливу на їх роботу або ефективність.

Отже, під накопичувальними генераторами ми можемо розуміти всі ті системи, де присутні кілька джерел тепла, які не були виготовлені одним виробником або розроблені спеціально для спільної роботи.

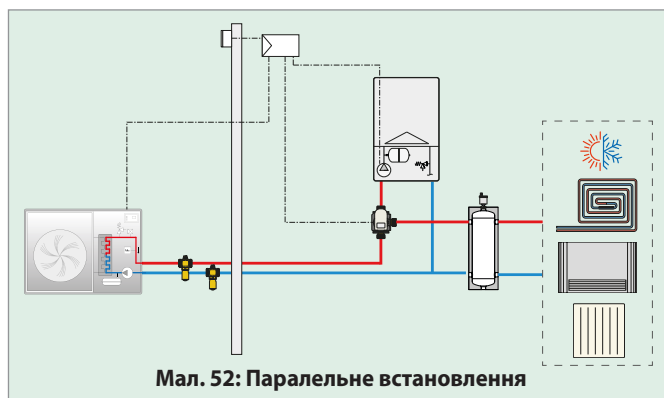




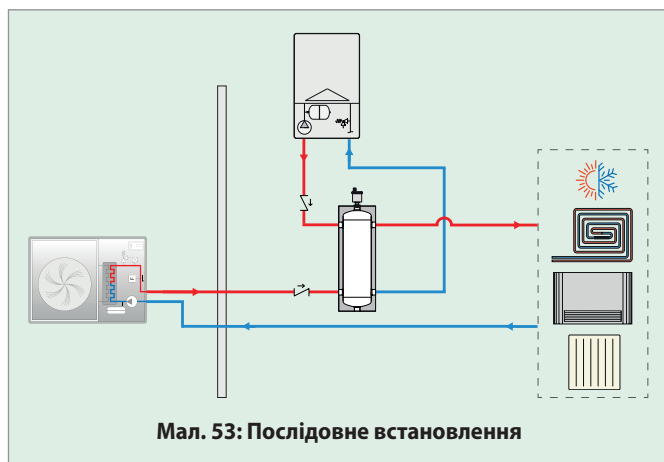
Сюди можна віднести більшість традиційних систем опалення, які виникли в поєднанні з класичним конденсаційним котлом, до якого пізніше додали другий генератор відновлюваної енергії, зазвичай тепловий насос. Інтеграція двох генераторів у цьому випадку вивчається теплотехнічним проектувальником і реалізується підрядником. Виходячи з цих міркувань, необхідні характеристики для того, щоб вважати його модулюючим генератором заводського виробництва, відповідають.

Говорячи про накопичувальні генератори, ми можемо зіткнутися з двома різними типами схем встановлення:

Паралельна установка з почерговим використанням, яка включає в себе триходовий клапан з двома входами, до яких підключаються генератори, і загальний вихід, який розподіляє тепло в систему. У цій конфігурації генератори зазвичай управляються регулятором із зовнішнім датчиком, який на основі виявленої температури вирішує, що зручніше використовувати - тепловий насос чи котел (мал. 52).



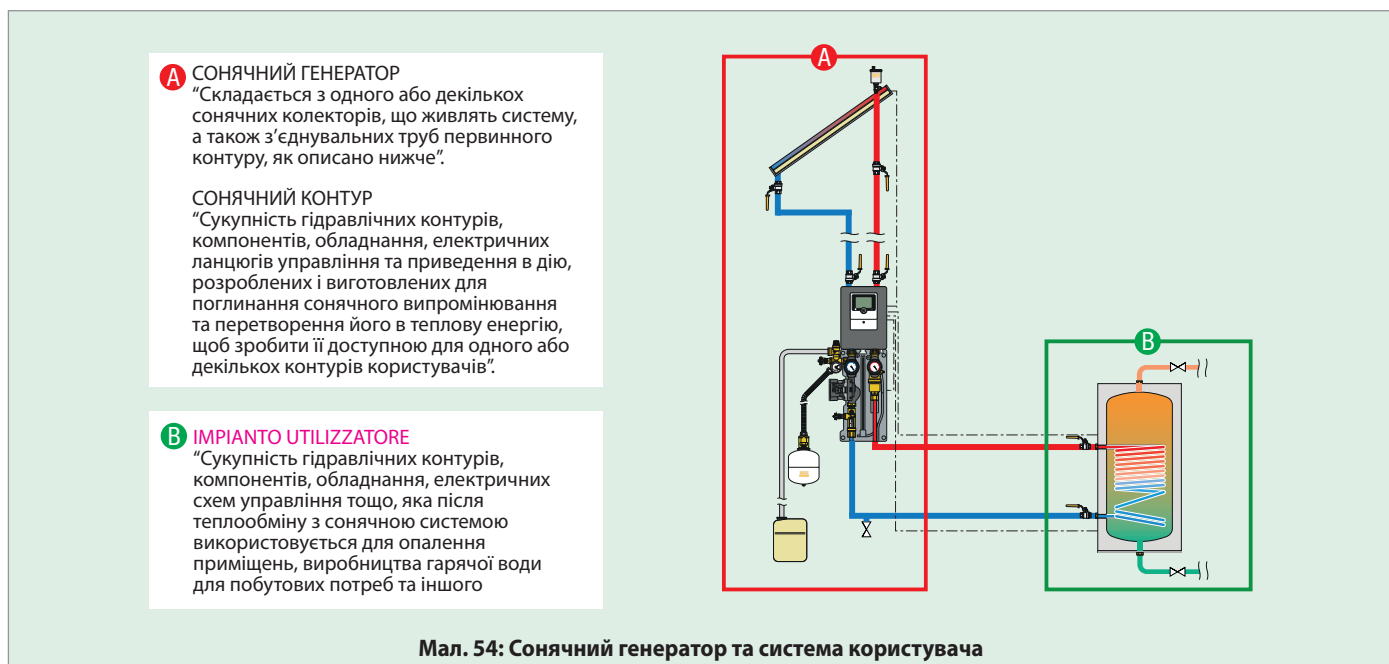
Послідовна установка з використанням підключення, яка передбачає встановлення звичайного генератора на лінії подачі теплового насоса до систем опалення. У цій конфігурації інерційний накопичувач можна використовувати безпосередньо у якості системи з'єднання між двома генераторами. При послідовному застосуванні тепловий насос використовується як основне джерело тепла і працює протягом усього зимового періоду роботи системи кондиціонування. Коли зовнішня температура стає занадто низькою, тепловий насос виступає в якості системи попереднього підігріву теплоносія на вході в котел, щоб зменшити втручання під'єданого генератора (мал. 53).



СОНЯЧНІ УСТАНОВКИ

Для того, щоб найкраще зрозуміти системи сонячних панелей, необхідно спочатку точно визначити, що насправді являє собою генератор. Згідно з визначенням у Збірнику R, сонячний генератор “складається з декількох сонячних колекторів, що живлять систему, а також з’єднувальних труб первинного контуру”; генератор ідентифікується як сукупність всіх компонентів у первинному контурі сонячних панелей, включаючи теплообмінник.

З іншого боку, під системою користувача розуміється сукупність гідравлічних контурів і всіх компонентів, розташованих після теплообмінника, які необхідні для опалення приміщень, виробництва гарячої води для побутових потреб або іншого технологічного використання. (Мал.54)



Щоб підпадати під дію Збірника R, сонячний генератор повинен мати “площу поверхні не менше 50 м² і в будь-якому випадку потужність більше 35 кВт”. Сама по собі ця ознака робить більший акцент на обмеженні теплової потужності, ніж на площі уловлювальної поверхні, тому логічно підсумувати застосовність відповідно до наступної таблиці:

Площа	Потужність	Сфера застосування
< 50 м ²	< 35 кВт	НІ
< 50 м ²	> 35 кВт	ТАК
> 50 м ²	< 35 кВт	НІ
> 50 м ²	> 35 кВт	ТАК

Таб. 2: Сфера застосування сонячних панелей згідно Збірника R

СУМА ПОТУЖНОСТЕЙ І ЗАСТОСУВАННЯ ПРИСТРОЇВ БЕЗПЕКИ, ЗАХИСТУ ТА УПРАВЛІННЯ

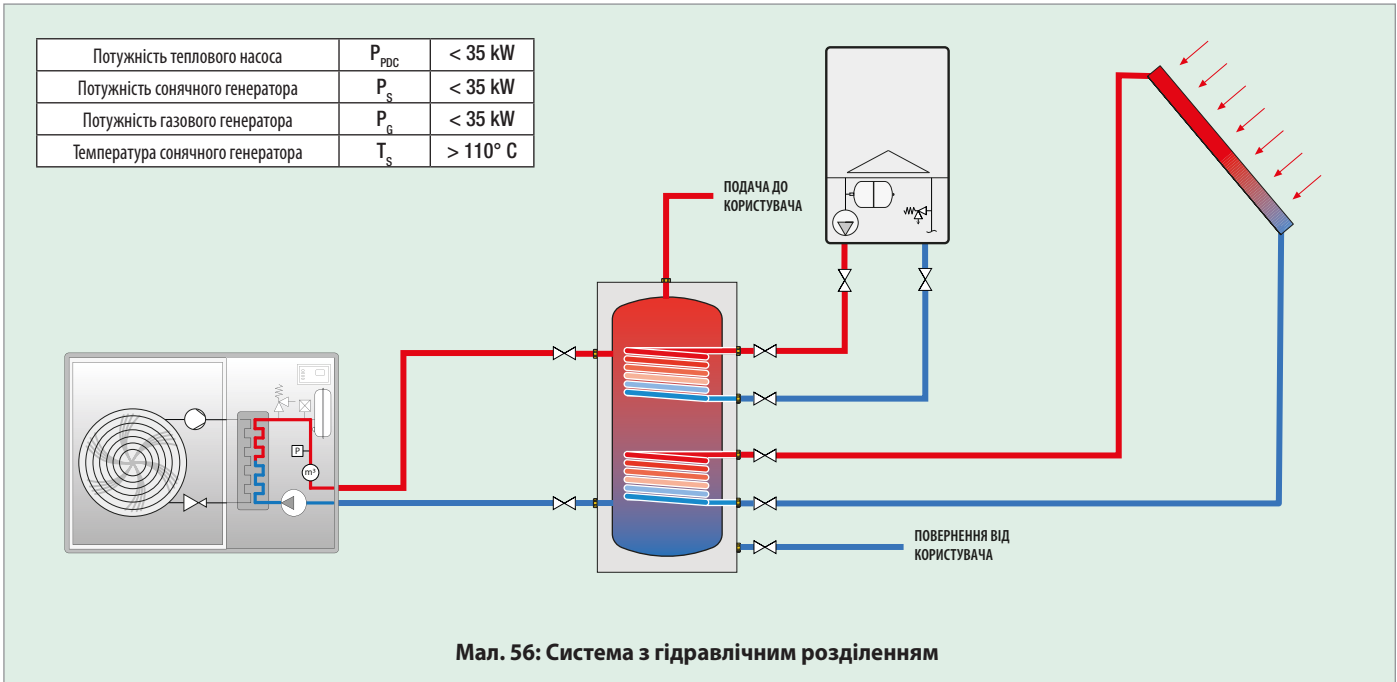
У світлі того, що ми побачили, можна зробити висновок, що в гібридних системах тепловий насос ніколи не вносить свій внесок у суму потужностей. З цієї причини, щоб визначити, чи підпадає установка під сферу застосування Збірника R, необхідно звернути увагу лише на традиційні генератори, згадані вище.

Зазвичай, в гібридних системах з двома джерелами енергії, одне з яких - тепловий насос, фактором обмеження є потужність котла. Якщо потужність перевищує 35 кВт, на її виході повинні бути встановлені відповідні пристрої безпеки, захисту та керування відповідно до положень Збірника R, в іншому випадку можна використовувати звичайні компоненти. З іншого боку, коли для обслуговування однієї системи використовується кілька джерел енергії, необхідно звернути увагу на те, як вони взаємодіють один з одним і чи вносять вони свій внесок у суму потужностей, що перевищує 35 кВт. Візьмемо, наприклад, систему, оснащену конденсаційним котлом, до якого згодом були інтегровані сонячні панелі і, нарешті, тепловий насос, і спробуємо розібратися, в чому полягає взаємодія.

Потужність теплового насоса	P_{PDC}	$< 35 \text{ kW}$
Потужність сонячного генератора	P_s	$< 35 \text{ kW}$
Потужність газового генератора	P_g	$< 35 \text{ kW}$
Температура сонячного генератора	T_s	$> 110^\circ \text{ C}$

Мал. 55: Система з сумарною потужністю

У цій конфігурації (Мал. 55) немає гідравлічного розділення між двома джерелами тепла, оскільки сонячний теплообмінник, який, як ми пам'ятаємо, є частиною сонячного генератора, і конденсаційний котел пов'язані з одним і тим же накопичувальним баком. Тому, якщо сума потужностей двох джерел перевищує 35 кВт, необхідно буде передбачити відповідні пристрої безпеки, захисту та контролю на виході з накопичувача і приступити до реєстрації системи.



№1 Квітень 2025

CALEFFI ПОРТУГАЛІЯ КЛАС A+ БУДІВЛЯ NZEB21 СТАЛИЙ РОЗВИТОК, МАЙБУТНЄ, ТЕХНОЛОГІЇ: ПРИКЛАД ДЛЯ НАСЛІДУВАННЯ

БУДІВЕЛЬНИЙ МАЙДАНЧИК:

Будівлю штаб-квартири Caleffi Португалія було модернізовано, і тепер їй присвоєно клас енергоефективності A+ та NZEB21. Роботи склалися з переоцінки біокліматичних умов і пасивного захисту всередині будівлі, підвищення теплоізоляції фасаду і даху, включаючи природне освітлення в логістичних приміщеннях, а також модифікації віконних рам для забезпечення теплового розриву і рішень класу A+. Будівля була оснащена технологіями відновлюваної енергетики (високоєфективні теплові насоси та фотоелектричні панелі) для зменшення споживання первинної енергії, що сприяє високому рівню енергетичної автономії та високому рівню комфорту не тільки з теплової точки зору, але і з світлотехнічної (з використанням виключно високоєфективних світлодіодних технологій). Якість поступаючого повітря гарантується механічною вентиляцією, яка забезпечує адекватну швидкість притоку нового повітря для кожного приміщення з належним рівнем фільтрації; це також забезпечує позитивний тиск у всій будівлі.

Будівля повністю обладнана технологіями CALEFFI, як на рівні технічного центру управління, що повністю складається з обладнання бренду, так і на рівні рішень для управління вентиляторними теплообмінниками та вентиляційним обладнанням.



ОСОБЛИВОСТІ МОНТАЖУ

В центральній котельні встановлено:

- Демінералізаційна установка серії PT580 для підтримання регульованого тиску в гідравлічному контурі опалення, а також для очищення та демінералізації води.
- Високоєфективні циркуляційні агрегати серії 165HE, підключені до колекторів опалення та кондиціонування серії 550, які забезпечують циркуляцію води для кожного з контурів на різних поверхах будівлі, відповідно до нової європейської директиви ErP для високоєфективних насосів.
- Деаератор-фільтр бруду серії 546 для відокремлення мікробульбашок повітря і залізних частинок у воді, що сприяє максимальній ефективності системи.
- Лічильник тепла CONTECA EASY серії 7504 з підключенням через MODBUS до GTC будівлі, який контролює енергоспоживання гідравлічних контурів кондиціонерів.

Теплові вентилятори та центральна установка були оснащені незалежними від тиску регулюючими клапанами FLOWMATC® серії 145, які забезпечують потрібний контроль балансу: регулювання витрат, перепаду тиску в динамічному режимі та температури в різних приміщеннях будівлі під управлінням контролерів EKINEX EASY ROOM TEMPERATURE CONTROLLER ER2, що встановлені в кожній зоні.

Тепловий насос RDZ з вбудованим гідравлічним модулем і потрібним інвертором (компресія, вентиляція, циркуляційний насос), який централізує виробництво енергії, дозволяє регулювати температуру води в первинній системі і додатково захищає її від замерзання за допомогою термостатичних клапанів серії 108.

Ця версія збільшує внесок відновлюваної енергії до більш ніж двох третин загального споживання первинної енергії будівлі, що дозволяє **скоротити вуглецевий слід приблизно на шість тон на рік**, порівняно з початковим внутрішнім енергоспоживанням будівлі та умовами комфорту/якості.



КОНСУЛЬТАНТ:

NILUFT - для забезпечення екологічного дизайну та енергоефективності

ПРОЕКТАНТ:

Архітектори Sodré de Albuquerque

МІСЦЕ: Майя, Порту.



www.caleffi.com

CALEFFI
Hydronic Solutions

МИ ГАРАНТУЄМО ЕКОЛОГІЧНИЙ ВИБІР



СПЕЦІАЛЬНО
ДЛЯ ТЕПЛОВИХ
НАСОСІВ
МИ ПІДТРИМУЄМО ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПЕРЕХІД

Теплові насоси змінюють ринок з погляду екологічності. Ми розробили повний спектр продукції для захисту та максимального підвищення ефективності нових опалювально-вентиляційних систем: зонний клапан, клапан захисту від замерзання iStop PLUS, магнітний фільтр-брудовідділювач CALEFFI XF та високоефективний деаератор CALEFFI HED, інерційний гідравлічний сепаратор. **ГАРАНТОВАНО CALEFFI.**

