MITSUBISHI ELECTRIC
Changes for the Better

Курс для початківців з обладнання для автоматизації виробництва (система керування процесом)

У цьому курсі для початківців представлено короткий огляд системи керування процесом.

Copyright ©2015 Mitsubishi Electric Corporation. All Rights Reserved.

Мета курсу

Система контрольно-вимірювальних приладів (КВП) дозволяє здійснювати керування виробництвом із застосуванням вимірювань та регулювання різних фізичних величин. Таких, наприклад, як витрата, температура, тиск та рівень рідини.

Цей курс призначений для того, щоб надати початківцям знання базового рівня, необхідні для вирішення завдань регулювання із застосуванням контрольно-вимірювальних приладів.

Структура курсу

Цей курс складається із зазначених нижче розділів.
Рекомендується починати з розділу 1.

Розділ 1. Система контрольно-вимірювальних приладів

Основна інформація про контрольно-вимірювальні прилади.

Розділ 2. Регулювання зі зворотним зв'язком

Вивчення основ регулювання зі зворотним зв'язком (ON/OFF-регулювання, пропорційна (P) дія, інтегральна (I) дія, PI-регулювання, диференціальна (D) дія, PID-регулювання).

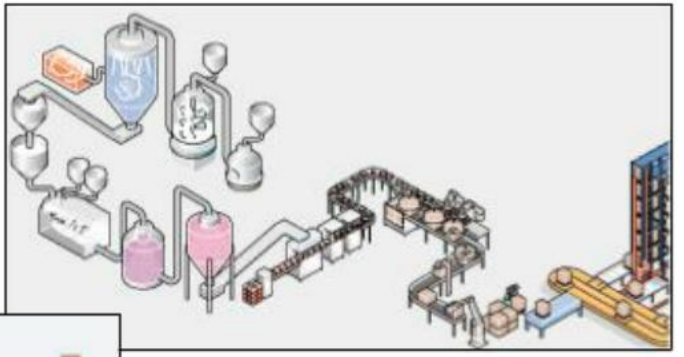
Розділ 3. Контур регулювання

Вивчення вимірювальної та виконавчої секцій блок-схеми контуру регулювання.

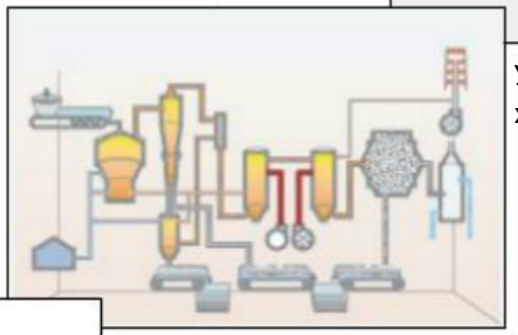
1.1 Система контрольно-вимірювальних приладів

Система контрольно-вимірювальних приладів застосовується на промислових виробництвах для проведення операцій вимірювання та контролю. Системи такого роду широко застосовуються в різних галузях промисловості:

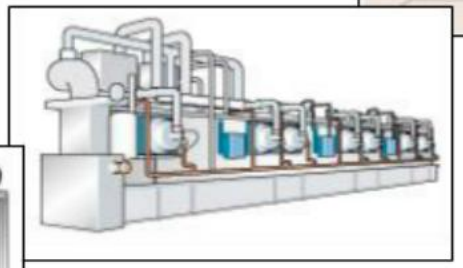
- на заводах чорної металургії;
- на підприємствах хімічної промисловості;
- на природоохоронних об'єктах;
- на установках з очищення води та промислових стоків;
- в обладнанні для кондиціонування повітря;
- на виробництві напівпровідникових приладів;
- на підприємствах харчової промисловості;
- на фармацевтичних підприємствах;на паперових фабриках;
- в енергетиці тощо.



Установка для виготовлення хімічно чистих речовин



Установка для утилізації відходів



Промислова піч

Обладнання для харчової промисловості

1.2 Керування системою контрольно-вимірювальних приладів

Спрощену класифікацію виробничих систем промислового підприємства можна сформулювати наступним чином: системи контрольно-вимірювальних приладів, які в основному спрямовані на регулювання з використанням зворотного зв'язку, та системи автоматизації виробництва, що здійснюють програмне керування.

Наведено приклади використання регулювання зі зворотним зв'язком та програмного керування на заводі з виробництва пива.

Регулювання зі зворотним зв'язком

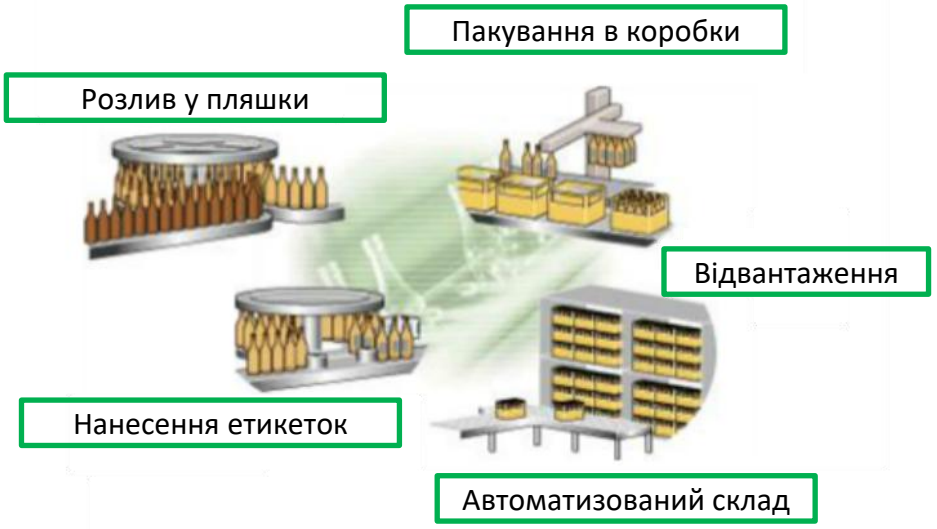
При використанні регулювання зі зворотним зв'язком керування процесом здійснюється шляхом порівняння заданого значення з виміряним, отриманим у вигляді зворотного зв'язку, на основі чого приймається рішення щодо необхідної величини оперативної реакції системи, яка дозволила б урівняти зазначені значення.

Цей метод використовується для контролю температури, витрати та тиску в таких технологічних процесах, як завантаження, бродіння та дозрівання.

Програмне керування

При програмному керуванні покроковий технологічний процес здійснюється під керуванням програми або процедури.

Цей метод використовується в процесах пакування в коробки, конвеєрного транспортування тощо.



1.3 Регулювання зі зворотним зв'язком

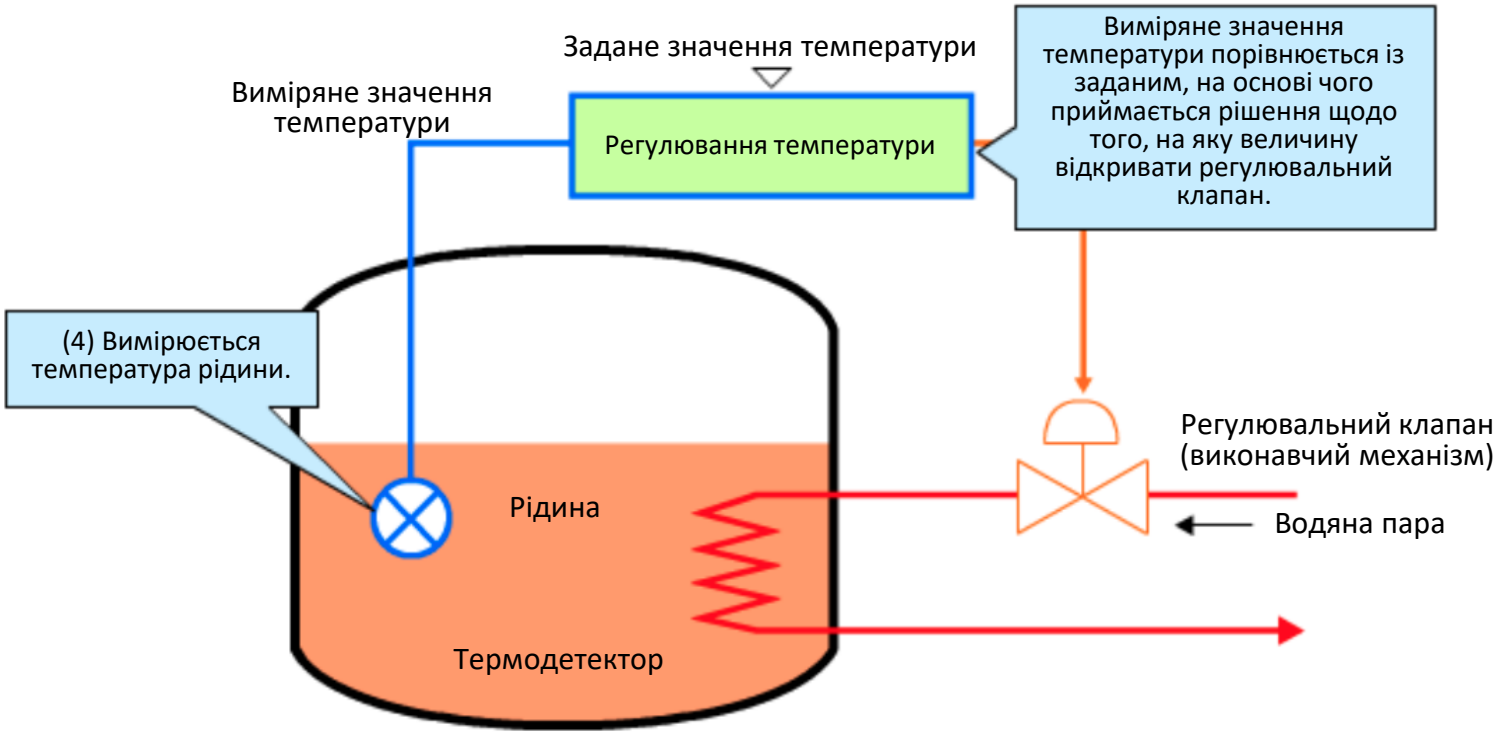
Даний приклад демонструє, яким чином регулювання зі зворотним зв'язком використовується для підтримання необхідної температури рідини в резервуарі.

(1) Термодетектор вимірює температуру рідини в резервуарі.

(2) Виміряне значення температури порівнюється із заданим значенням, після чого приймається рішення щодо ступеня відкриття регулювального клапана (величини оперативної реакції), виходячи з різниці між двома зазначеними значеннями (тобто з величини помилки регулювання).

(3) Регулювальний клапан задіюється з метою регулювання кількості водяної пари, що подається для нагрівання рідини в резервуарі.

(4) Регулювання зі зворотним зв'язком полягає в циклічному виконанні кроків з (1) по (3), які спрямовані на усунення різниці між температурою рідини та заданим значенням температури.



Даний тип регулювання, у процесі якого виконується порівняння виміряного та заданого значень, а потім здійснюється операція, спрямована на забезпечення їхньої рівності, називається регулюванням зі зворотним зв'язком.

1.3 Регулювання зі зворотним зв'язком

Регулювання зі зворотним зв'язком температури рідини в резервуарі, яке показано на рисунку 1.3-1, може бути представлено у вигляді блок-схеми, наведеної на рисунку 1.3-2.

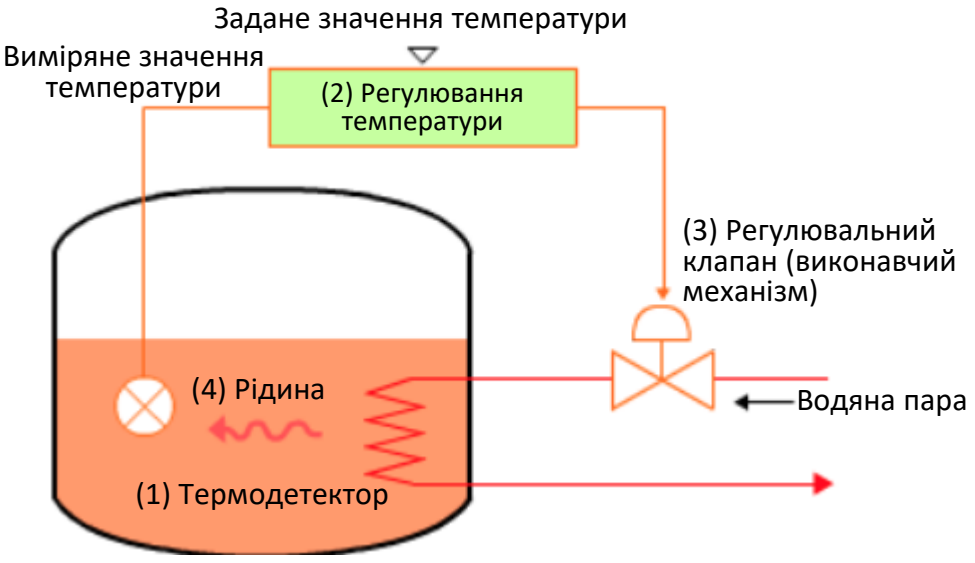


Рисунок 1.3-1

(1) У блоці порівняння виконується зіставлення заданого та виміряного значень температури.

(2) У регуляторі подачі водяної пари проводиться розрахунок величини оперативної реакції залежно від значення помилки регулювання, і подається відповідний виконавчий сигнал на регулювальний клапан.

(3) Регулювальний клапан задіюється для подачі водяної пари в резервуар згідно з отриманим виконавчим сигналом.

(4) В результаті подачі водяної пари температура рідини в резервуарі змінюється, після чого термодетектор знову вимірює температуру рідини.

Потім кроки з (1) по (4) повторюються.

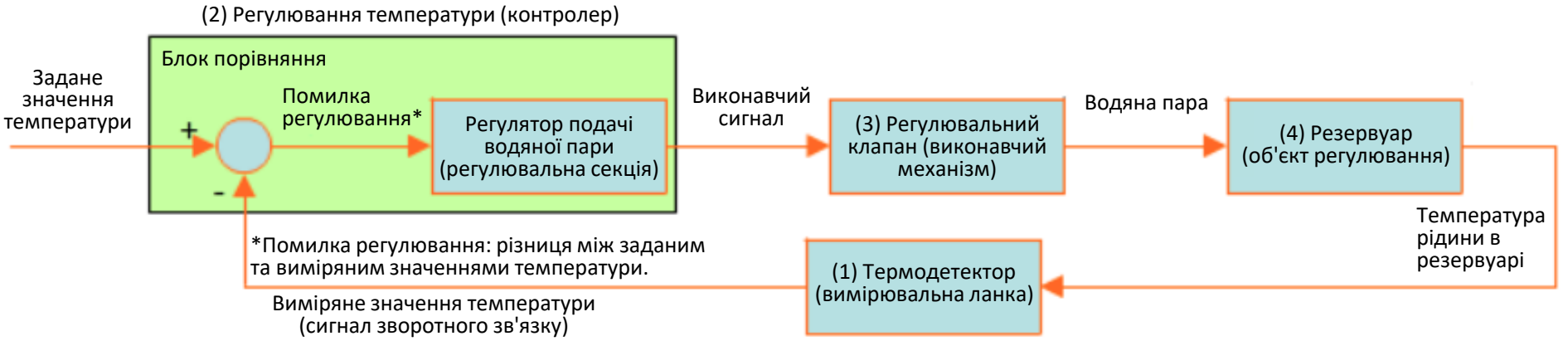


Рисунок 1.3-2

KCK АВТОМАТИЗАЦІЯ
kck.ua

1. 3 Регулювання зі зворотним зв'язком

Крім того, регулювання зі зворотним зв'язком використовується для регулювання не лише температури, а й витрати, тиску та рівня рідини.

На рисунку 1.3-3 показана загальна блок-схема регулювання зі зворотним зв'язком, а в таблиці 1.3-1 наведено роз'яснення окремих термінів.

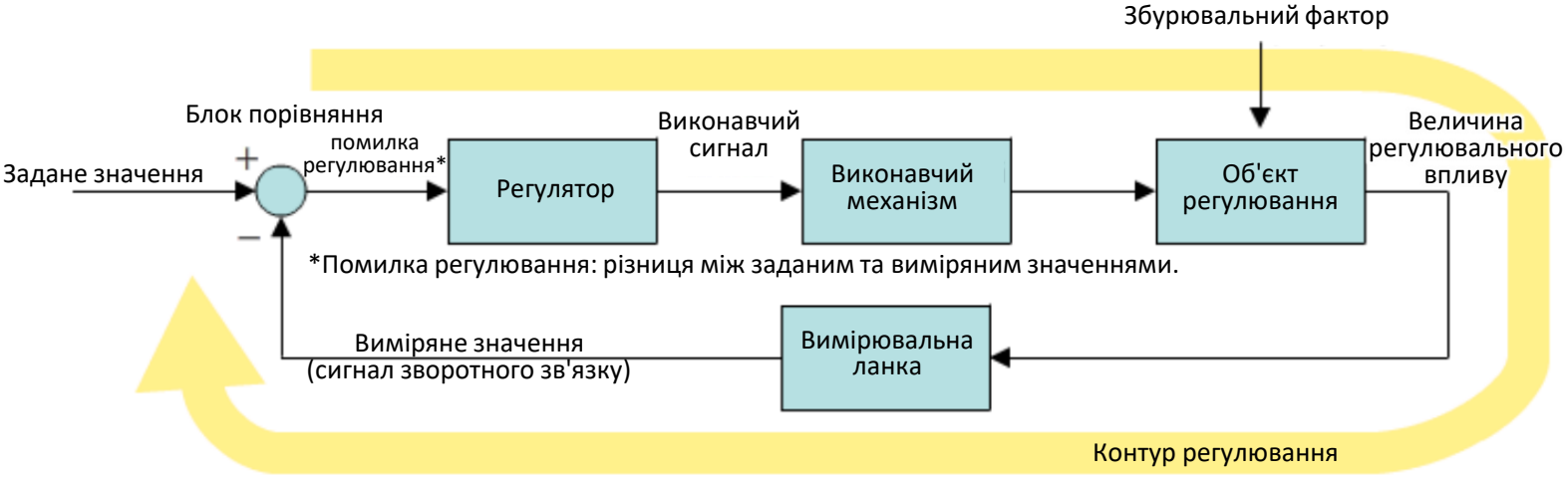


Рисунок 1.3-3

Термін	Роз'яснення
Блок порівняння	Порівнює задане та виміряне значення.
Регулятор	Залежно від заданого та виміряного значень генерує сигнал, необхідний для того, щоб контролер виконав визначені операції, та надсилає сигнал на виконавчий механізм.
Виконавчий механізм	Перетворює отриманий від регулятора виконавчий сигнал у величину оперативної реакції та здійснює вплив на об'єкт керування.
Об'єкт керування	Технологічні процеси та обладнання, які є об'єктом регулювання.
Вимірювальна ланка	Здійснює збір сигналів від різних вимірювачів та датчиків.
Збурювальний фактор	Зовнішні впливи на процес регулювання.
Контур регулювання	Забезпечує зворотний зв'язок для регулятора. Контроль одиниць вимірювання.

Таблиця 1.3-1

KCK АВТОМАТИЗАЦІЯ
kck.ua

2.1 ON/OFF-регулювання

У цьому розділі наведено опис двопозиційного регулювання, яке в межах даного курсу називається ON/OFF-регулюванням і є найпростішим типом регулювання зі зворотним зв'язком.
ON/OFF-регулювання полягає у ввімкненні ON (ВКЛ.) або вимкненні OFF (ВИМК.) керуючого сигналу для виконавчого механізму залежно від того, є значення помилки регулювання (різниця між заданим та виміряним значеннями) додатною чи від'ємною величиною.

На рисунку 2.1-1 показано, яким чином ON/OFF-регулювання змінює стан регулювального клапана та значення температури рідини.
Як показано на рисунку 2.1-1 (1), якщо температура рідини опускається нижче заданого значення, регулювальний клапан повністю відкривається (ON) для подачі водяної пари.
У процесі подачі водяної пари температура рідини зростає не миттєво, а починає збільшуватися лише через певний час, а потім її значення перевищує задане, як у випадку (2). Коли значення температури стає вищим за задане, регулювальний клапан повністю закривається (OFF), припиняючи подачу водяної пари.
При цьому температура рідини не знижується миттєво — цей процес починається після закінчення певного часу.

При використанні ON/OFF-регулювання температура рідини не буває постійною, а періодично змінюється, як показано на рисунку 2.1-1.P-регулювання (пропорційне) було розроблене з метою вирішення цієї проблеми переліченими нижче способами.

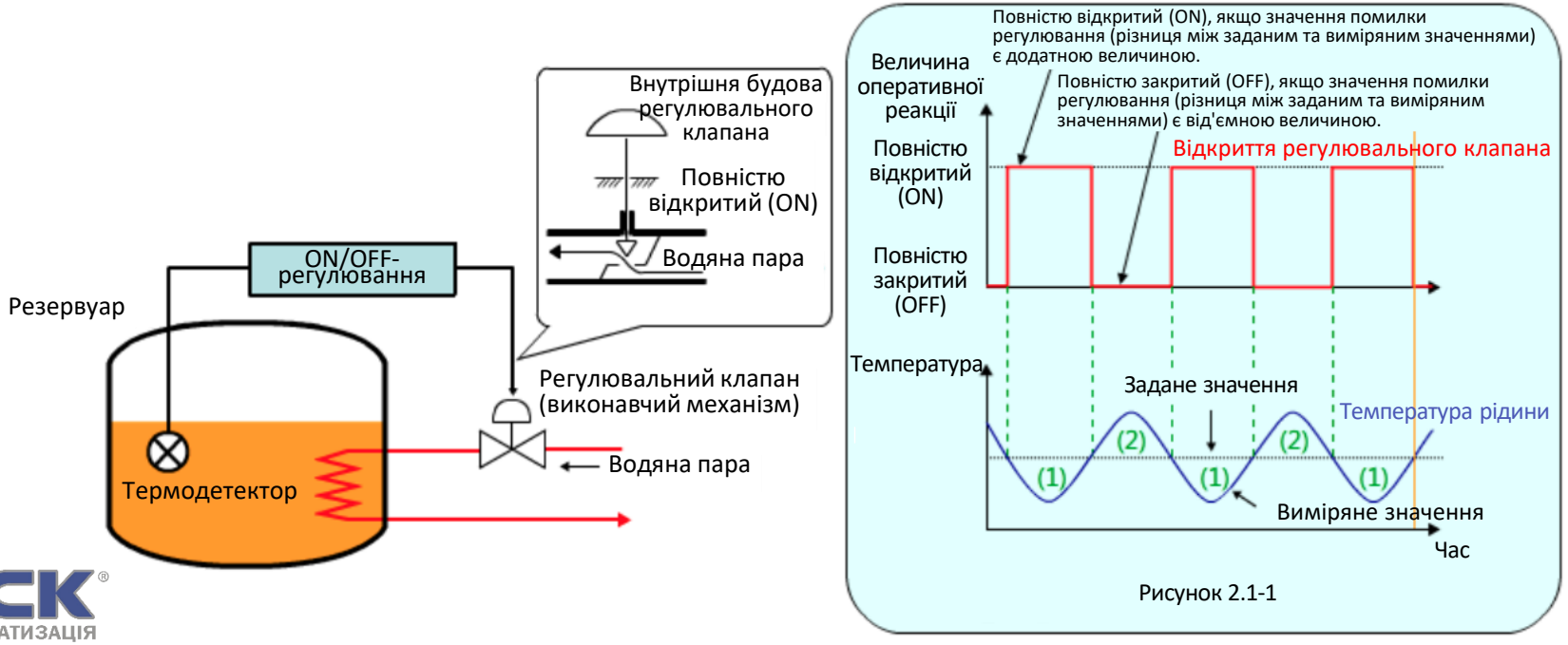


Рисунок 2.1-1

КСК АВТОМАТИЗАЦІЯ
kck.ua

2.2 Пропорційна дія

Дія, що являє собою на виході величину оперативної реакції, пропорційну значенню помилки регулювання (різниці між заданим та виміряним значеннями), називається пропорційною дією.
Пропорційна дія дозволяє знизити амплітуду коливань температури рідини за рахунок ступеневого регулювання величини відкриття регулювального клапана залежно від значення помилки регулювання.

Величина оперативної реакції для пропорційної дії може бути представлена наступним чином:
Величина оперативної реакції = коефіцієнт підсилення пропорційної ланки (Кр) × помилка регулювання.
Навіть при однакових значеннях помилки регулювання більша величина коефіцієнта підсилення пропорційної ланки дає в результаті більшу величину оперативної реакції, що призводить до збільшення кількості водяної пари, яка подається.

У міру зменшення коефіцієнта підсилення пропорційної ланки величина оперативної реакції знижується, що призводить до зниження кількості водяної пари, яка подається (рисунок 2.2-1).Нижче показано величини оперативної реакції на пропорційну дію при ступінчастій формі зміни помилки регулювання.

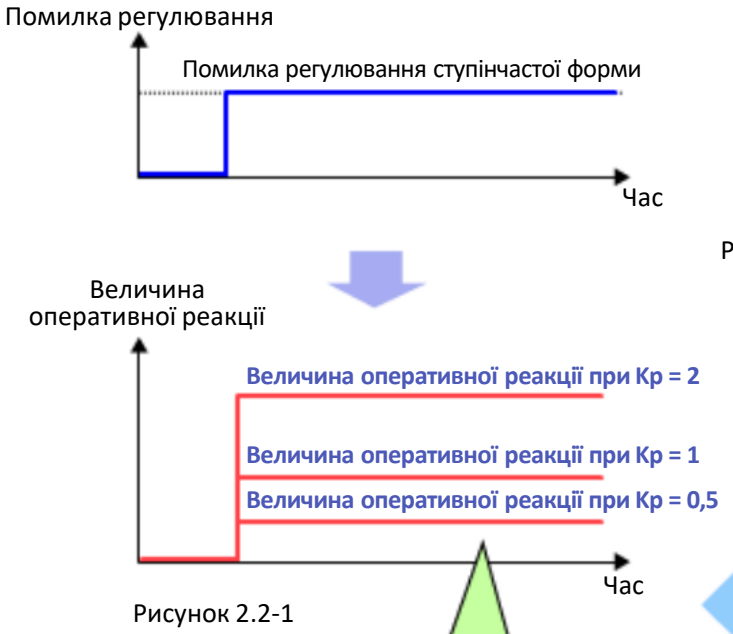
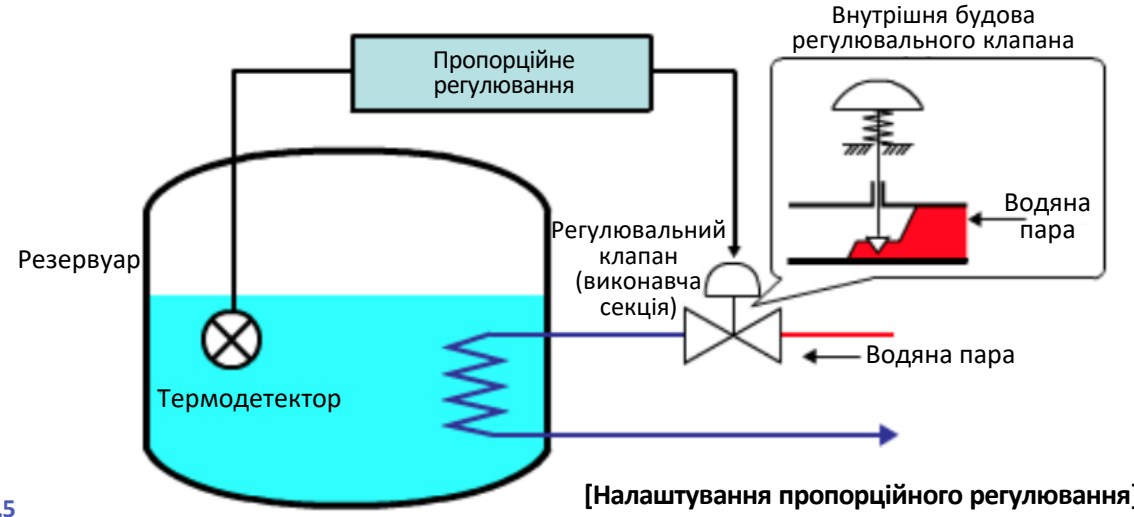


Рисунок 2.2-1



Важливо: чим вищий коефіцієнт підсилення пропорційної ланки (Кр), тим більший ефект від застосування пропорційного регулювання.

Давайте перевіримо порядок функціонування регулювального клапана.

[Налаштування пропорційного регулювання]

- Коефіцієнт підсилення пропорційної ланки (Кр): 2
- Коефіцієнт підсилення пропорційної ланки (Кр): 1
- Коефіцієнт підсилення пропорційної ланки (Кр): 0,5

КСК АВТОМАТИЗАЦІЯ
kck.ua

2.2 Пропорційна дія

На рисунку 2.2-2 представлено відмінність результатів регулювання за допомогою пропорційної дії залежно від величини коефіцієнта підсилення пропорційної ланки. (Під результатом регулювання розуміється ефект, що досягається за рахунок використання пропорційного регулювання температури рідини в резервуарі). Регулювання положення регулювального клапана з використанням невеликих покрокових змін знижує амплітуду коливань температури рідини.

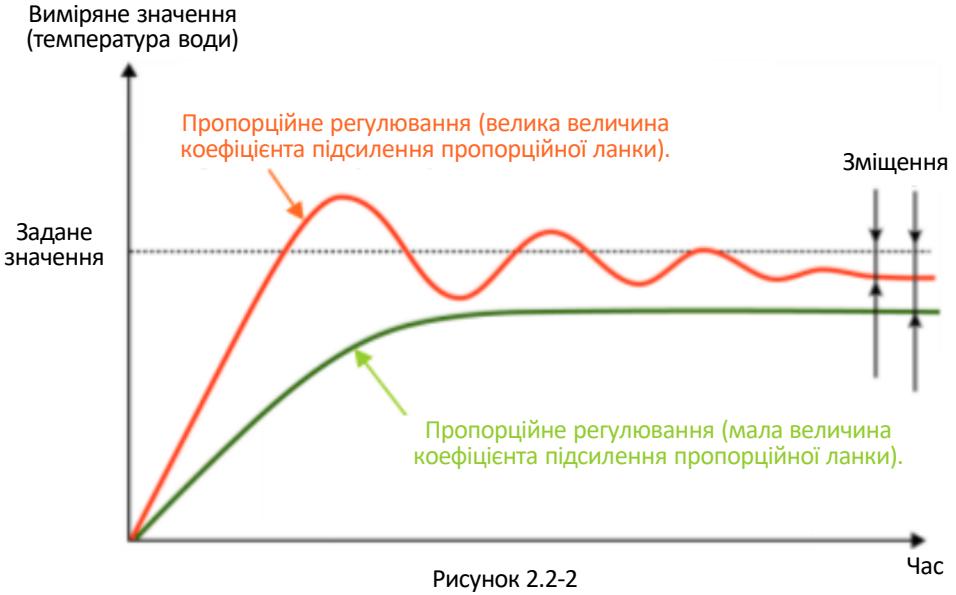


Рисунок 2.2-2

Якщо значення коефіцієнта підсилення пропорційної ланки велике	Реакція стає повільнішою, а виміряне значення зміщується то вгору, то вниз. (Це з великою ймовірністю призводить до періодичних коливань, які також відомі як паразитарні коливання).
Якщо значення коефіцієнта підсилення пропорційної ланки мале	Реакція стає повільнішою. (Для досягнення заданого значення потрібен час).

Важливо:
Пропорційне регулювання стає причиною зміщення і не забезпечує досягнення заданого значення.

Пропорційна дія дозволяє знизити амплітуду коливань температури, але не забезпечує досягнення заданого значення навіть після закінчення певного часу, що призводить до збереження певної помилки регулювання. Таке остаточне значення помилки регулювання називається зміщенням (усталеною величиною помилки регулювання або залишковою помилкою регулювання).

2.3 Інтегральна дія та пропорційно-інтегральне (PI) регулювання

У випадку пропорційної дії виміряне та задане значення не збігаються навіть після тривалого періоду часу, тобто зберігається зміщення.
Щоб усунути таке зміщення, застосовується інтегральна дія.
Інтегральна дія дозволяє усунути зміщення шляхом інтегрування за часом минулих та поточних значень помилки регулювання, внаслідок чого на вихід подається необхідний результат (рисунок 2.3-1).
Інтегральна дія застосовується у поєднанні з пропорційною, що в межах даного курсу називається «PI-регулювання».

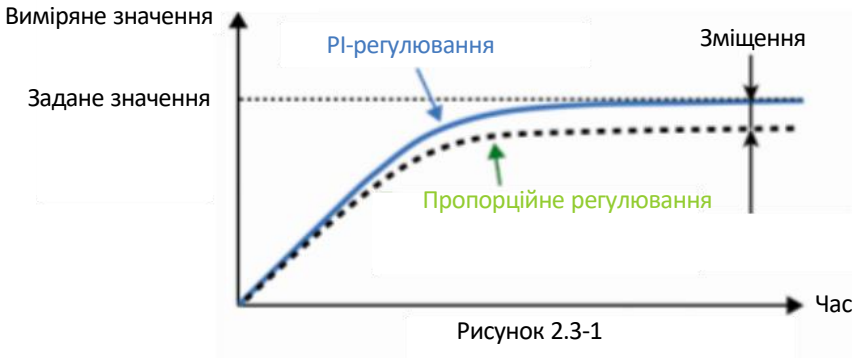


Рисунок 2.3-1

Чим менша стала часу інтегрування, тим швидше усувається зміщення. Чим більша стала часу інтегрування, тим довше триватиме усунення зміщення.
На рисунку 2.3-2 показано відмінності в ефекті, який досягається в результаті застосування PI-регулювання залежно від значення сталої часу інтегрування.

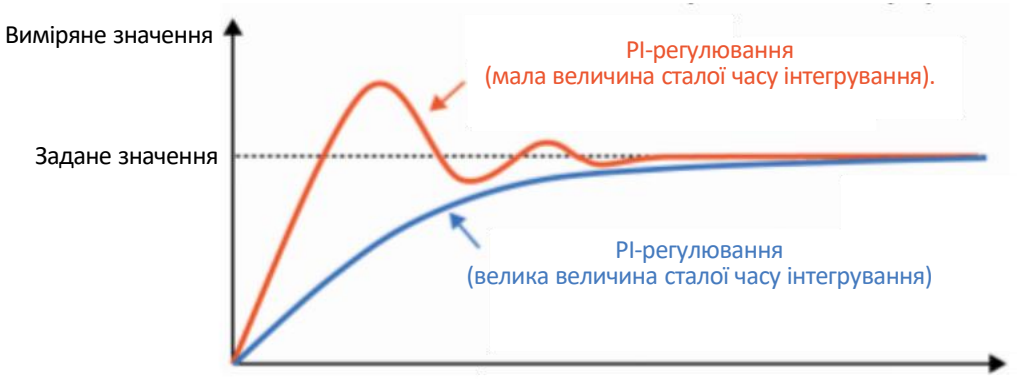


Рисунок 2.3-2

Мала величина сталої часу інтегрування	Швидше усуває зміщення, але ймовірність виникнення періодичних коливань вища.
Велика величина сталої часу інтегрування	Плавно змінює виміряні значення, але потребує часу на усунення зміщення.

Важливо:
чим менше значення сталої часу інтегрування, тим більший ефект від застосування інтегрального регулювання. (Зміщення усувається швидше).

2.4 Диференціальна дія

Для мінімізації впливу збурень на об'єкт регулювання при використанні диференціальної дії забезпечується вихід, пропорційний швидкості зміни помилки регулювання (похідній помилки регулювання) для результату пропорційної дії.

Така дія зазвичай застосовується у поєднанні з PI-регулюванням, що в межах даного курсу називається «PID-регулювання».

На рисунку 2.4-1 показано відмінності в реакції об'єкта регулювання при використанні диференціальної дії та при її відсутності з метою запобігання зміні помилки регулювання, що викликана тим самим збуренням (збурювальний фактор А). Завдяки додаванню диференціальної дії знижується вплив збурення.

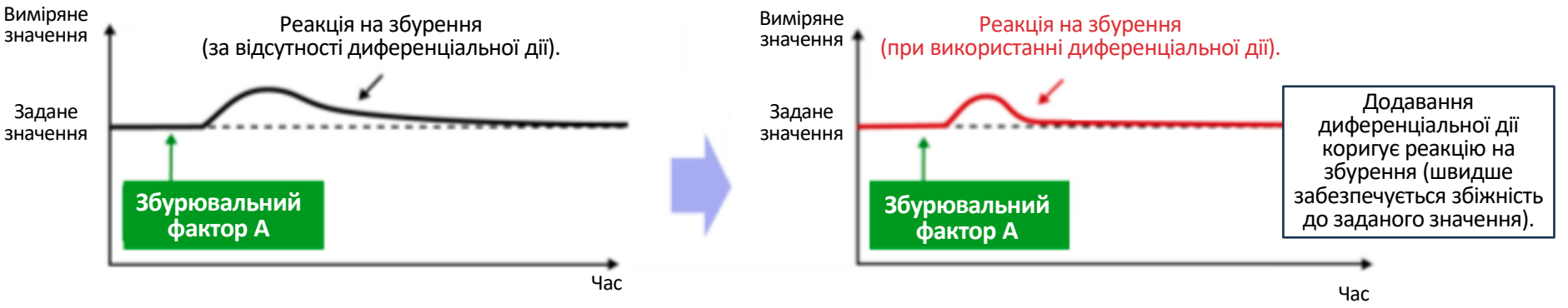


Рисунок 2.4-1

Чим більше значення сталої часу диференціювання, тим більша величина оперативної реакції при використанні диференціальної дії і тим вищим буде ефект від застосування диференціального регулювання.

Мала величина сталої часу диференціювання	Знижує ефект від застосування диференціального регулювання.
Велика величина сталої часу диференціювання	Підвищує ефект від застосування диференціального регулювання, але ймовірність виникнення періодичних коливань вища.

Важливо:
чим більше значення сталої часу диференціювання, тим більший ефект від застосування диференціального регулювання.

2.5 PID-регулювання

PID-регулювання додає до пропорційної дії інтегральну та диференціальну складові, що на виході дає величину оперативної реакції, пропорційну помилці регулювання.

Інтегральна дія усуває зміщення за рахунок додавання до величини оперативної реакції складової, отриманої в результаті інтегрування помилки регулювання.

Диференціальна дія коригує значення реакції на збурення за рахунок додавання до величини оперативної реакції складової відповідно до величини похідної помилки регулювання.

На рисунку 2.5-1 представлено порівняння реакцій на регулювальний вплив для пропорційного, PI- та PID-регулювання.

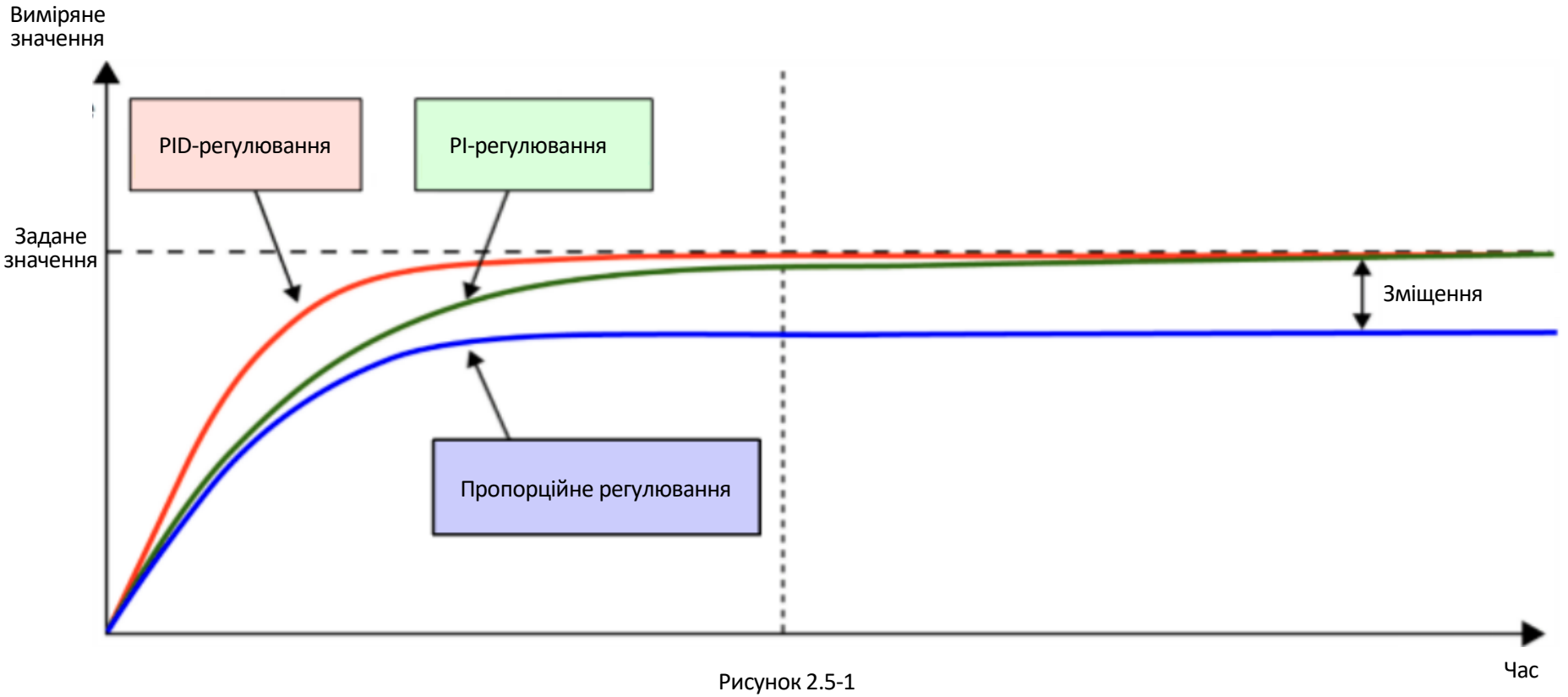


Рисунок 2.5-1

2.6 Вибір PID-регулювання

PI-регулювання часто використовується для регулювання витрати рідини та тиску, оскільки при застосуванні чистого PI-регулювання реакція в межах даного процесу буде досить швидкою. Крім того, диференціальне регулювання може також посилити завади при вимірюванні та дестабілізувати процес. При регулюванні температури реакція процесу в загальному випадку є повільною і, у зв'язку з цим, часто застосовується PID-регулювання.

Об'єкт регулювання	Регулювання	Обґрунтування (Міркування)
Витрата, тиск	PI	Реакція за витратою та тиском досить швидка при використанні чистого PI-регулювання. Диференціальний вплив може посилити шум і дестабілізувати реакцію в межах процесу.
Температура	PID	Як правило, реакція у вигляді зміни температури є повільною.

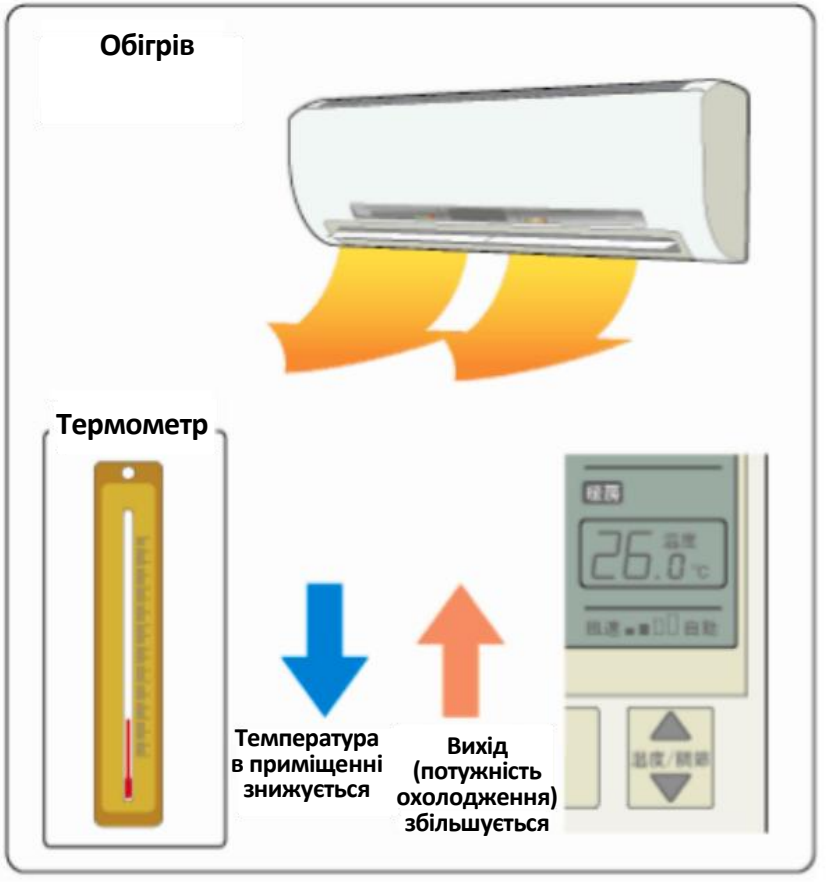
2.7 Пряма та зворотна дія при використанні PID-регулювання

У PID-регулюванні терміни «пряма дія» та «зворотна дія» застосовуються залежно від напрямку, в якому відбувається зміна величини оперативної реакції відповідно до зміни виміряних значень.

Роз’яснення щодо прямої та зворотної дії представлені нижче на прикладі кондиціонера повітря.

Пряма дія: підвищує величину оперативної реакції (вихід по холоду) у разі зростання температури в приміщенні в режимі охолодження.

Зворотна дія: підвищує величину оперативної реакції (вихід по теплу) у разі зниження температури в приміщенні в режимі обігріву.



2.8 Регулювання при сталому заданому значенні та слідкуюче регулювання

Регулювання зі зворотним зв'язком може бути розділене на два типи залежно від порядку налаштування заданого значення: регулювання при сталому заданому значенні та слідкуюче регулювання.

Регулювання при сталому заданому значенні

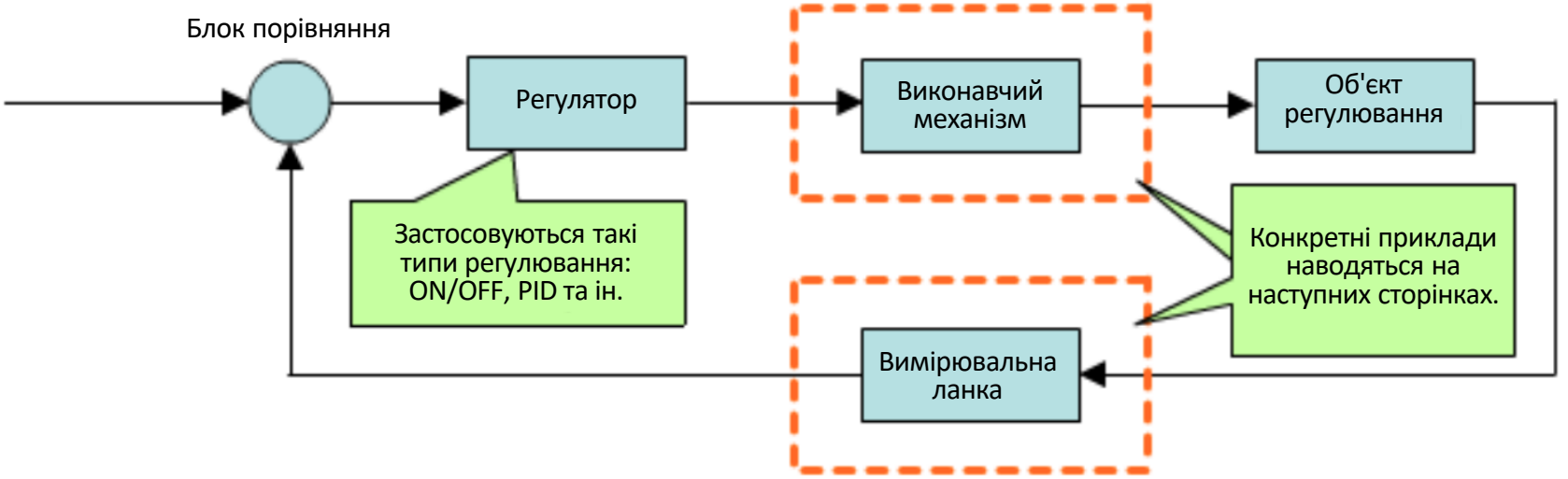
Регулювання при сталому заданому значенні, як, наприклад, у випадку регулювання тиску або температури з метою утримання цих параметрів на сталому рівні, що дорівнює заданому значенню.

Слідкуюче регулювання

Регулювання з використанням заданого значення, що змінюється у часі. Такий тип регулювання також називається регулюванням із відстеженням заданого значення.
Слідкуюче регулювання далі поділяється на два типи: програмне регулювання, в межах якого задане значення змінюється у часі відповідно до встановленої схеми, та регулювання за співвідношенням, яке забезпечує сталі значення співвідношень, як, наприклад, співвідношення повітря та палива у процесі горіння або співвідношення рідин при змішуванні двох і більше рідких компонентів.

3.1 Вимірювальна та виконавча секції

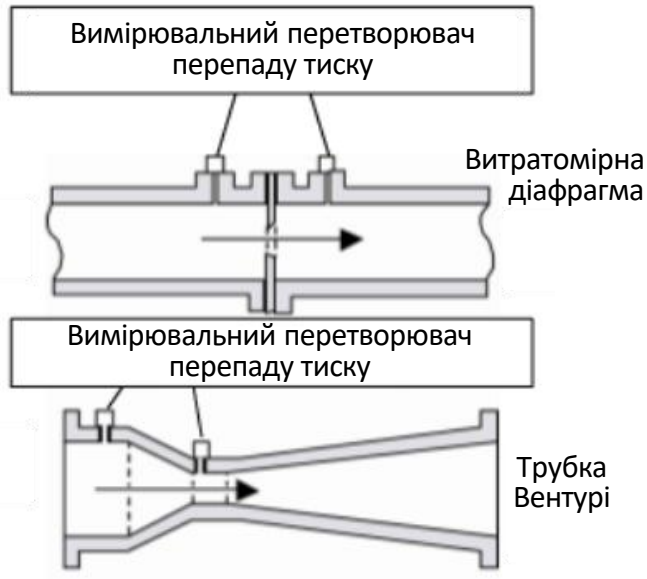
Типовими прикладами вимірювальної та виконавчої секцій можуть слугувати наведені нижче блок-схеми контуру регулювання.

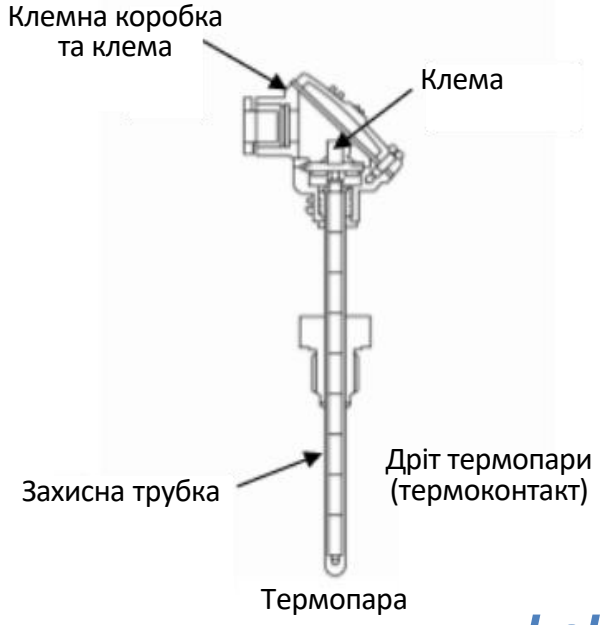


3.1 Вимірювальна секція

У наведеній нижче таблиці перелічено типові приклади датчиків, які застосовуються для вимірювання витрати та температури.

Об'єкт вимірювання	Метод вимірювання
Витрата	За перепадом тиску: дросельні механізми (витратомірна діафрагма, трубка Вентурі тощо). Електромагнітні: електромагнітний витратомір. За прямим витісненням: на основі методу Рутса та із застосуванням овальних шестерень. Інші: з використанням прискорення Коріоліса, ультразвукові, вихрові тощо.
Температура	Термопара, резистивний термометр, радіаційний пірометр.
Тиск, перепад тиску	Електричні: на основі дроту високого опору та п'єзоелектричні. Еластичні: на основі трубки Бурдона, діафрагми та сильфона. Ті, що використовують стовп рідини: на основі U-подібної або одинарної трубки.
Рівень рідини	За перепадом тиску, електростатичною ємністю, на основі поплавця або ультразвуку.
Хімічні сполуки	Вимірювач pH середовища, газоаналізатор на кисень, газоаналізатор на залишковий хлор, прилад для вимірювання ХСК (хімічного споживання кисню), газоаналізатор на H_2, газоаналізатор на CO_2, хроматографічний газоаналізатор тощо.

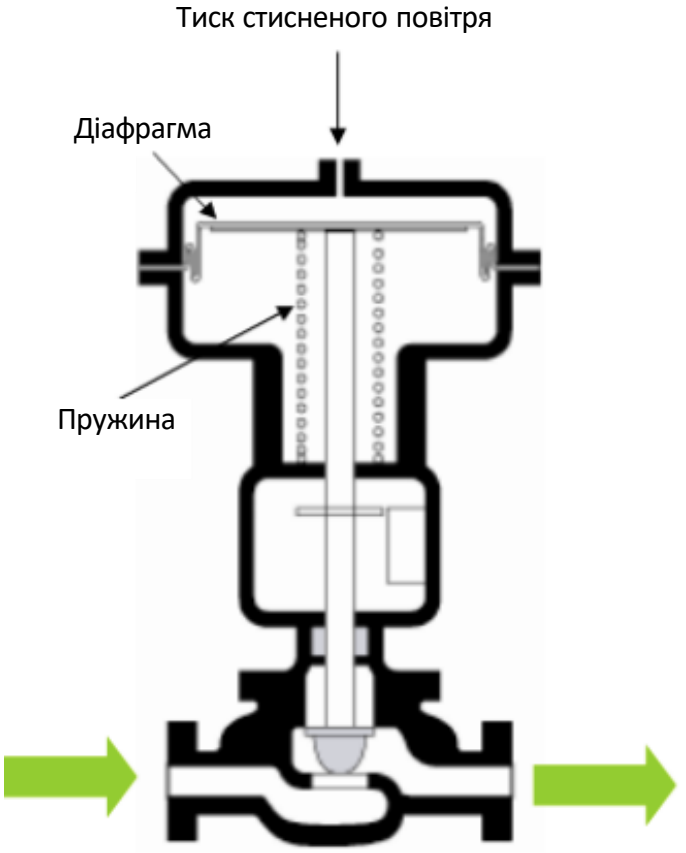




3.1 Виконавча секція

Нижче наведено приклад виконавчої секції.

Тип		Механізм
Клапан керування	Пневматичний	Пневматичний клапан керування.
	Електричний	Електроклапан, електромагнітний клапан тощо.
	Інші	Гідравлічний клапан керування тощо.
Інші		Системи регулювання швидкості (на основі інвертора та ін.). Твердотільне реле, джерело стабілізованого енергоживлення тощо.



пневматичний клапан керування

Офіційний дистриб'ютор в Україні

КСК® АВТОМАТИЗАЦІЯ

ТОВ «КСК-Автоматизація»

Адреса: ***02660, м. Київ, вул. Євгена Сверстюка, 4-Б***

Телефон: ***+38 (044) 494-33-55***

E-mail: ***kck@kck.ua***

Вебсайт: ***kck.ua***