

Промислова автоматика для початківців: ПЛК

**Тут наведено короткий огляд
програмованих логічних контролерів
(ПЛК) для початківців.**

Цей вступний курс призначений для отримання основних знань про ПЛК початківцями, які з ними не знайомі.

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

Розділ 1. Керування послідовністю

Вивчення основних відомостей про керування послідовністю, зокрема значення терміна «послідовність».

Розділ 2. ПЛК

Вивчення основних відомостей про ПЛК, зокрема їхньої історії, функцій та переваг.

Почавши шукати значення слова «послідовність», ви знайдете такі визначення:

- (1) Безперервне слідування : взаємозв'язок, наступність, безперервний ряд подій
- (2) Певний порядок речей : порядок за рангом, черговість, прогресія
- (3) Еволюційний перехід : природний порядок, природний наслідок

Термін «послідовність» також почав використовуватися у сфері комп'ютерів і телекомунікацій, позначаючи здебільшого безперервний хід виконання операцій відповідно до правил та інструкцій.

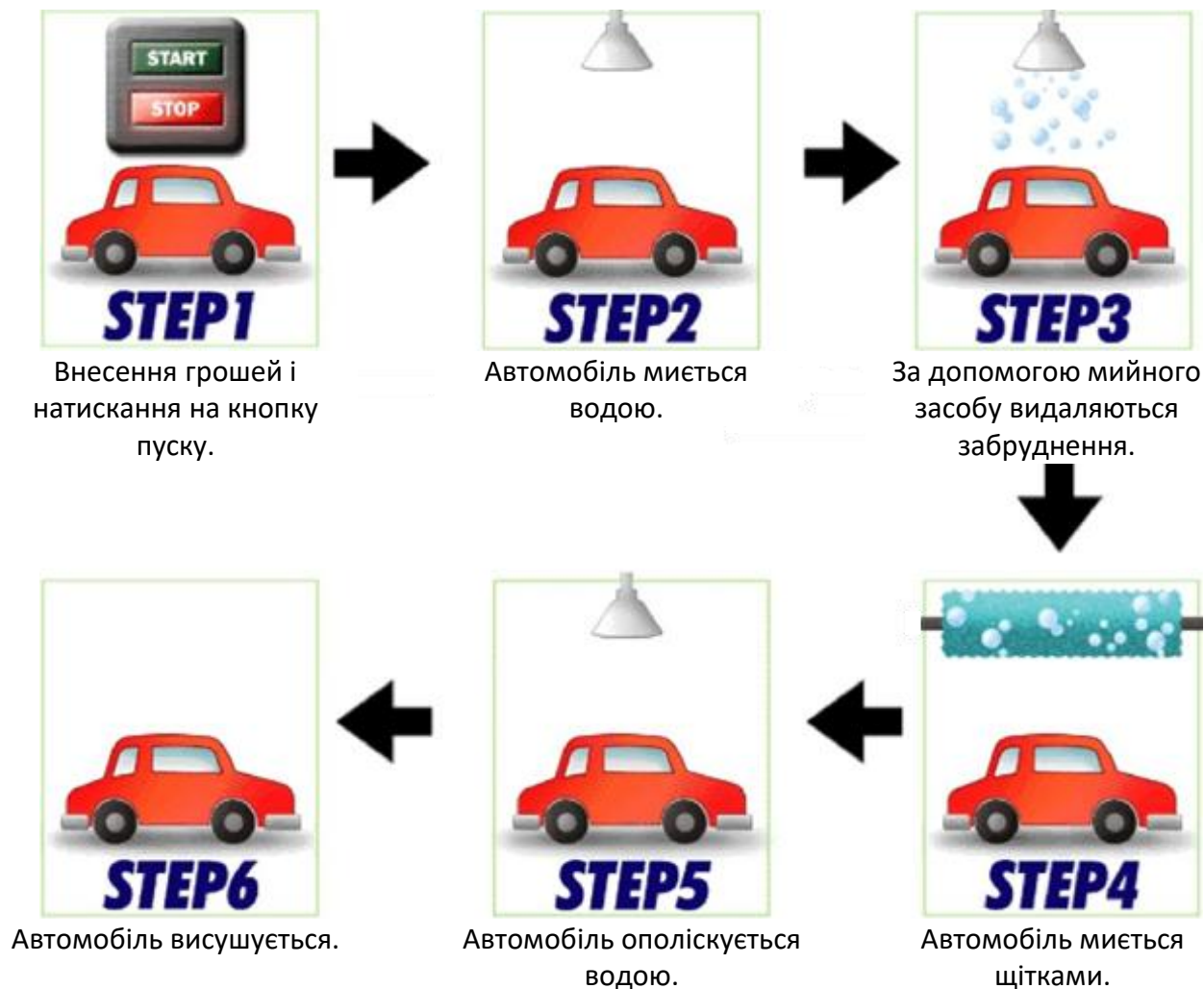
З цього можна зробити висновок, що термін «керування послідовністю» означає таке керування об'єктом, унаслідок якого він функціонує належним чином згідно із заздалегідь установленим порядком і заданими умовами.

Визначення терміна «керування послідовністю»

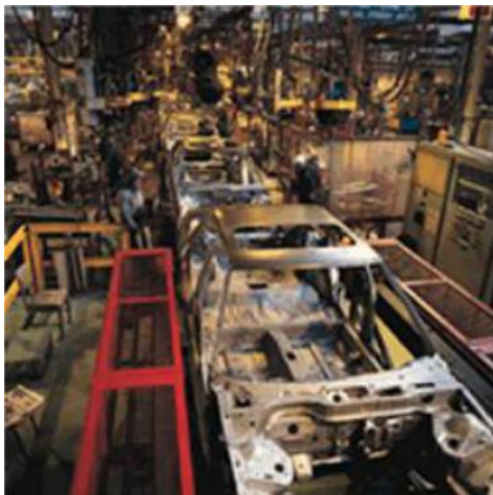
«Поетапне керування в заздалегідь визначеному порядку»

Керування послідовністю часто трапляється в повсякденному житті.

У встановленому порядку працюють автомийки на автозаправних станціях.



Отже, керування послідовністю можна спостерігати в роботі звичайної автомийки.



Керування послідовністю широко використовується, особливо на промислових підприємствах. За допомогою керування послідовністю автоматизовано безліч операцій та завдань.

Прості і водночас небезпечні завдання, які раніше виконувалися людьми, тепер виконуються машинами, а люди можуть зосередитися на виконанні безпечних завдань.

Крім того, машини не знають втоми.

Поки люди відпочивають, виробництво продукції не припиняється, при цьому точно виконуються серії наперед визначених дій, зокрема в несприятливих для людей умовах.

Застосування машин зробило можливим ефективне масове виробництво високоякісних промислових товарів.

Така оптимізація виробничого процесу отримала назву «автоматизація виробництва».

Таким чином, керування послідовністю відіграє важливу роль в автоматизації виробництва.

Процеси/завдання	Застосування керування послідовністю
Сортування	Визначення розміру виробів на стрічковому конвеєрі виробничої лінії з подальшим їхнім сортуванням.
Нарізання	Вимірювання довжини рулонних матеріалів та їхнє нарізання на частини певної довжини.
Розлив рідин	Переміщення порожньої пляшки під роздавальний отвір, наповнення її певним об'ємом рідини та подальше переміщення. Потім переміщується наступна порожня пляшка.
Переналагодження	Підрахунок кількості виробів і перехід робота на виробництво інших виробів після досягнення необхідної кількості.
Контроль	Контроль кількості рідини. Якщо об'єм наближається до певного значення, пляшка звільняється і водночас загоряється лампа, яка попереджає оператора.
Заміна деталей	Зчитування прикріплених до виробів етикеток зі штрих-кодом і встановлення машиною певних деталей відповідно до інструкцій, залежно від того, куди експортуватиметься виріб.

Базове керування послідовністю поєднує в собі таке:

- Послідовне керування
- Обумовлене керування
- Керування із затримкою часу / керування з підрахунком

(1) Послідовне керування

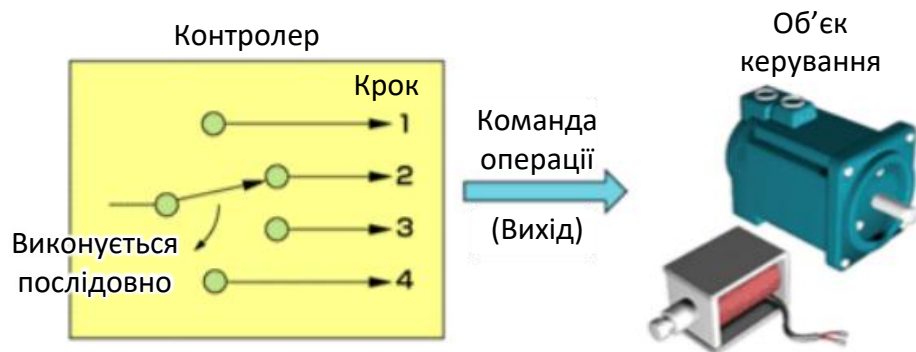
Послідовне керування пристроєм відбувається в заздалегідь визначеному порядку, воно також відоме як «крокове керування».

Описаний у розділі 1.2 процес роботи автомийки, під час якого вносяться гроші, натискається кнопка пуску, після чого автомобіль послідовно миється водою, мийним засобом, а потім щітками — це приклад послідовного керування.

Робота машин, як правило, відбувається в заздалегідь визначеній послідовності. У випадку машин відбувається послідовне керування виконуваними ними діями.

Далі описано обумовлене керування, що визначає, за яких умов машина працює або зупиняється.

Послідовне керування



(2) Обумовлене керування

Обумовлене керування — це такий тип керування, за якого операції з обладнанням виконуються, коли комбінація сигналів стану та сигналів завершення відповідає заздалегідь визначеним умовам.

Його також називають «керуванням із взаємним блокуванням», оскільки комбінація сигналів створює умови, відповідно до яких пристрій працює лише тоді, коли це необхідно.

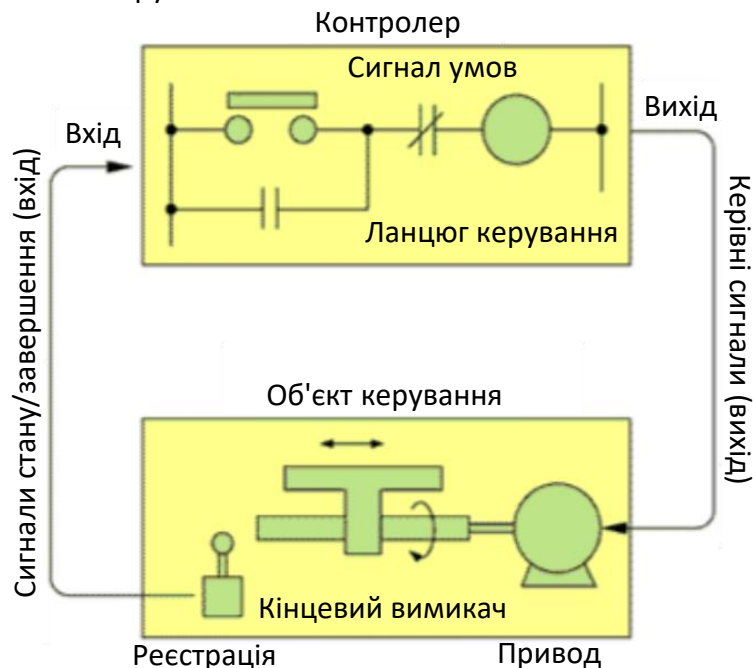
В описаному в розділі 1.2 випадку з автомийкою автомобіль миється тоді, коли виявлено внесення грошей і натиснуто кнопку; це і є приклад обумовленого керування.

Як показано на наступному рисунку, якщо розглядати контролер як «чорну скриньку», то сигнали стану/завершення, що надходять від об'єкта керування, будуть для нього «входом», а керівні сигнали, що надсилаються цьому об'єкту, — «виходом».

«Вихід» визначається умовами на «вході», які формує об'єкт керування. Сигнал, що надійшов від об'єкта керування, стане наступним «входом».

Таким чином, у разі обумовленого керування сигнали стану/завершення та керівні сигнали створюють замкнений контур із керівного обладнання та об'єкта керування.

Обумовлене керування



(3) Керування із затримкою часу / керування з підрахунком

Керування із затримкою часу — це такий тип керування, за якого команди операцій надсилаються об'єкту керування в певний момент часу доби або після закінчення деякого часу.

У прикладі з автомийкою, описаному в розділі 1.2, виконується крок 2 (початкове миття автомобіля водою), а після завершення цієї операції відбувається перехід до наступного кроку (крок 3). Це і є керування із затримкою часу.

Керування з підрахунком — аналогічний тип керування, за якого дії щодо об'єкта керування обумовлені результатом підрахунку, наприклад, виробів або кількості повторів певної дії машиною.

Для керування із затримкою часу потрібна функція таймера, а для керування з підрахунком — функція лічильника.

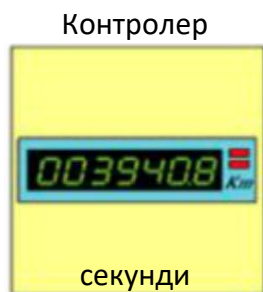
Керування із затримкою часу



Команда операції
(Вихід)

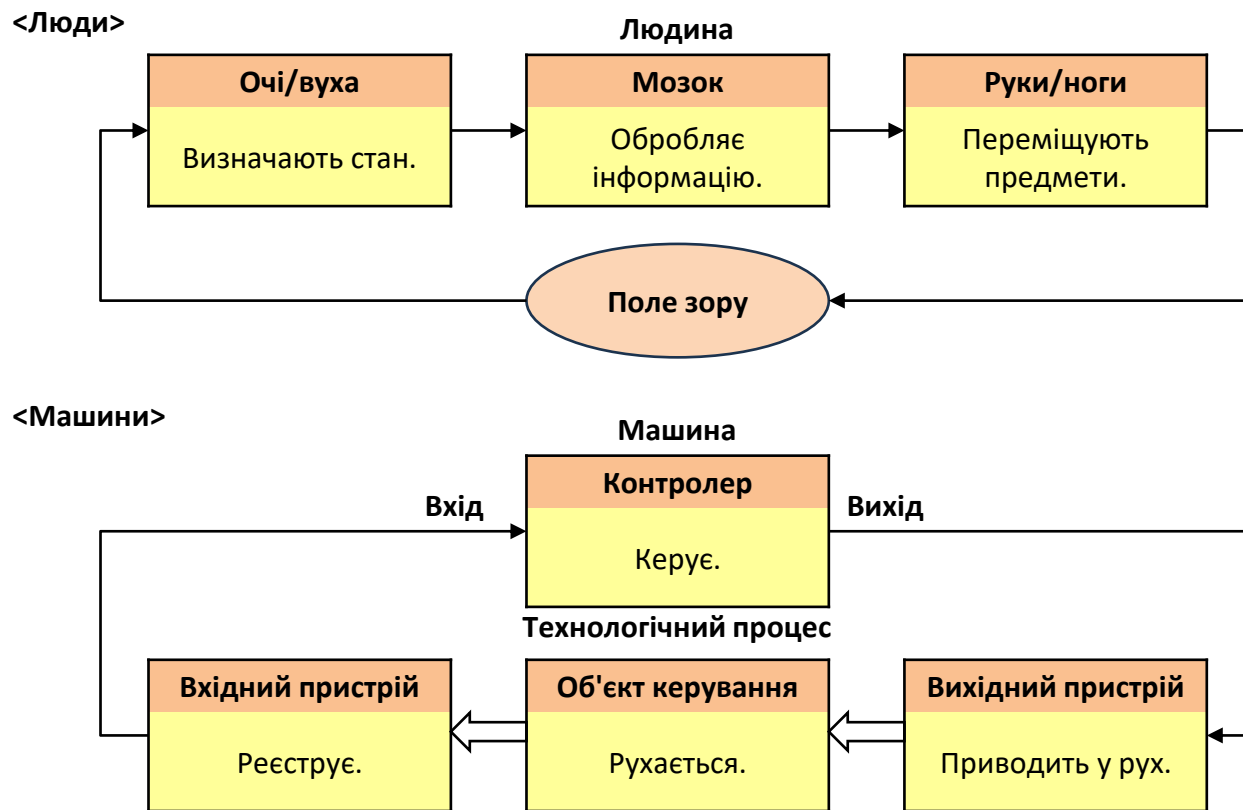


Керування з підрахунком



Команда операції
(Вихід)





Вхідний пристрій:

Пристрій, керований людиною (перемикач пуск/стоп тощо).

Пристрій, що реєструє стан машини (позиційний кінцевий вимикач, безконтактний вимикач тощо).

Вихідний пристрій:

Пристрій, що приводить машину в рух (двигун, електромагнітний клапан тощо).

Пристрої, що повідомляють користувачеві про стан машини (світловий індикатор, попереджувальний зумер тощо).

Базові відомості про контакти

1) Контакти

Розмикаючись/закмикаючись, контакти переривають або проводять електричний струм.

Такі електричні деталі, як вимикачі, реле, таймери та лічильники, оснащені контактами.

Таймери та лічильники, що є компонентами ПЛК, також можна розглядати в ролі контактів, а не реальних електричних деталей.

2) а-контакт

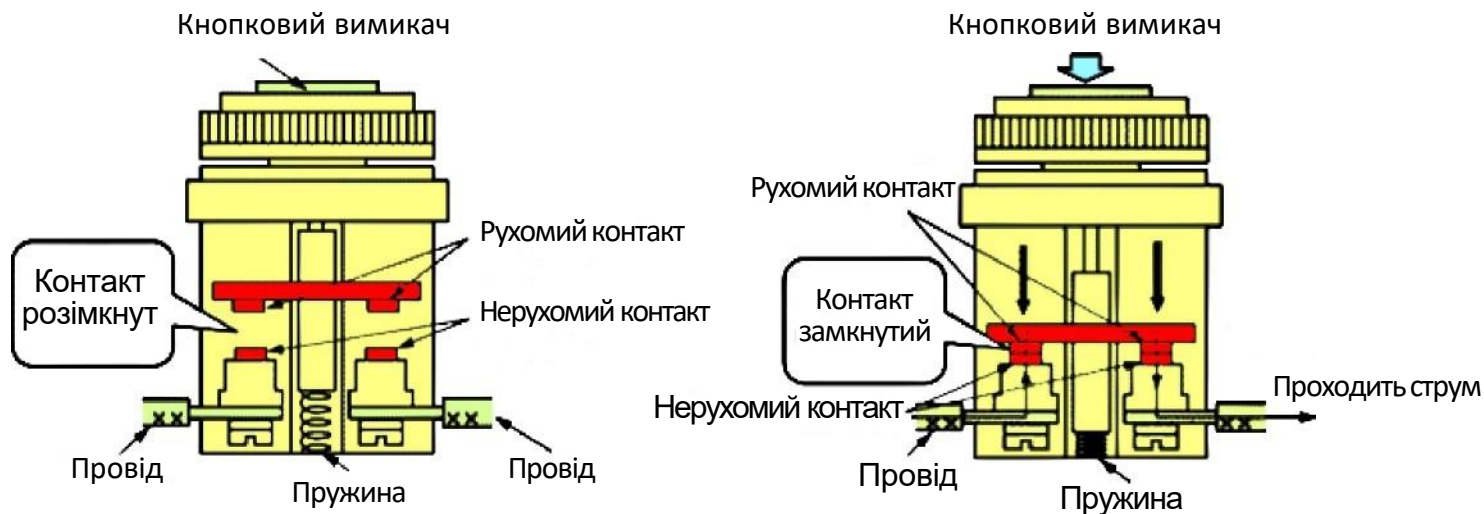
Зазвичай розімкнутий контакт, який під час надходження команди замикається.

У цьому випадку «команда» означає команду операції. У випадку кнопкового вимикача еквівалентом команди є дія натискання.

Термін «а-контакт» походить від «arbeit contact» (робочий контакт). Він також відомий як «нормально розімкнутий контакт».

Робота (кнопковий вимикач)

Контакт розімкнутий доти, доки не натиснуто кнопковий вимикач, і замкнутий під час натискання.

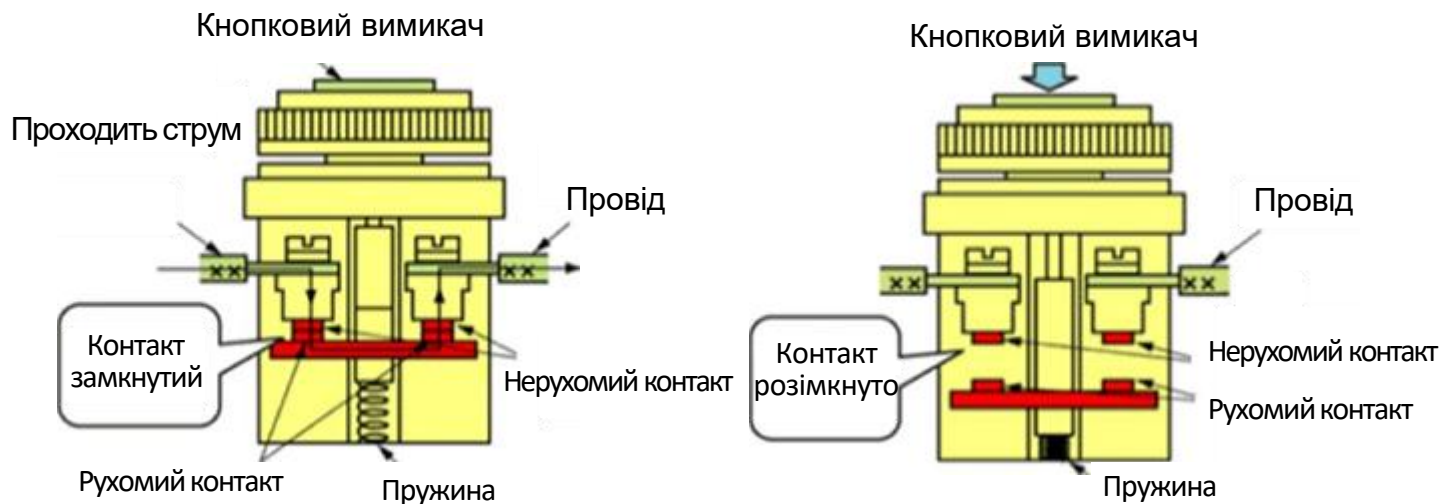


3) b-контакт

Зазвичай замкнений контакт, який під час надходження команди розмикається.

Термін «b-контакт» походить від «break contact» (розмикальний контакт). Він також відомий як «нормально замкнений контакт».

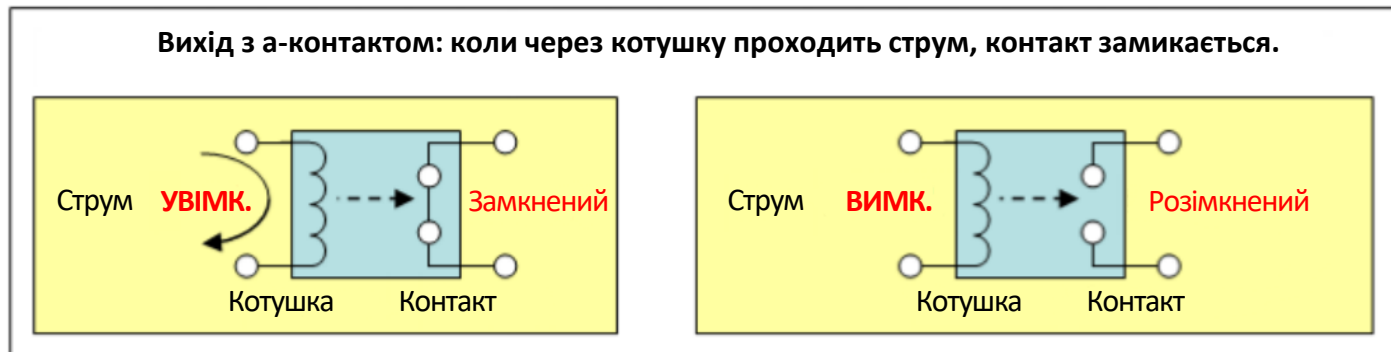
Робота (кнопковий вимикач) Контакт замкнений доти, доки не натиснуто кнопку вимикача, і розмикається під час натискання.



Базові відомості про реле

Реле (електромагнітне) складається з котушки та контакту. Контакт розмикається або замикається залежно від того, чи проходить струм через котушку.

Як було зазначено на попередніх сторінках, на виході можуть застосовуватися а-контакти та b-контакти. На наступному рисунку показано вихід з а-контактом.



<Коротко про функції реле>

Реле, у яких струм, що проходить через котушку, викликає розмикання або замикання контакту на виході, мають такі функції.

(a) Ізоляція/підсилення сигналу

Оскільки котушка і контакт електрично ізольовані, вихід не впливає на вхід.

За допомогою незначного струму в котушці можна керувати значним струмом на виході.

(b) Перетворення сигналу

Використовуючи на виході b-контакт, можна отримати зворотний зв'язок між сигналами на вході та виході.

Із цих причин до появи ПЛК керування послідовністю здійснювалося застосуванням комбінацій реле.

Нині широко використовуються зручніші ПЛК. (Детальніше див. у розділі 2.)

ПЛК, який зазвичай називають «програмованим логічним контролером», «програмованим контролером» або «ПК», був створений для задоволення технічних вимог одного з автовиробників у США (1969 р.).

До настання епохи ПЛК керування послідовністю здійснювалося застосуванням реле (контактного).

Воно мало такі недоліки.

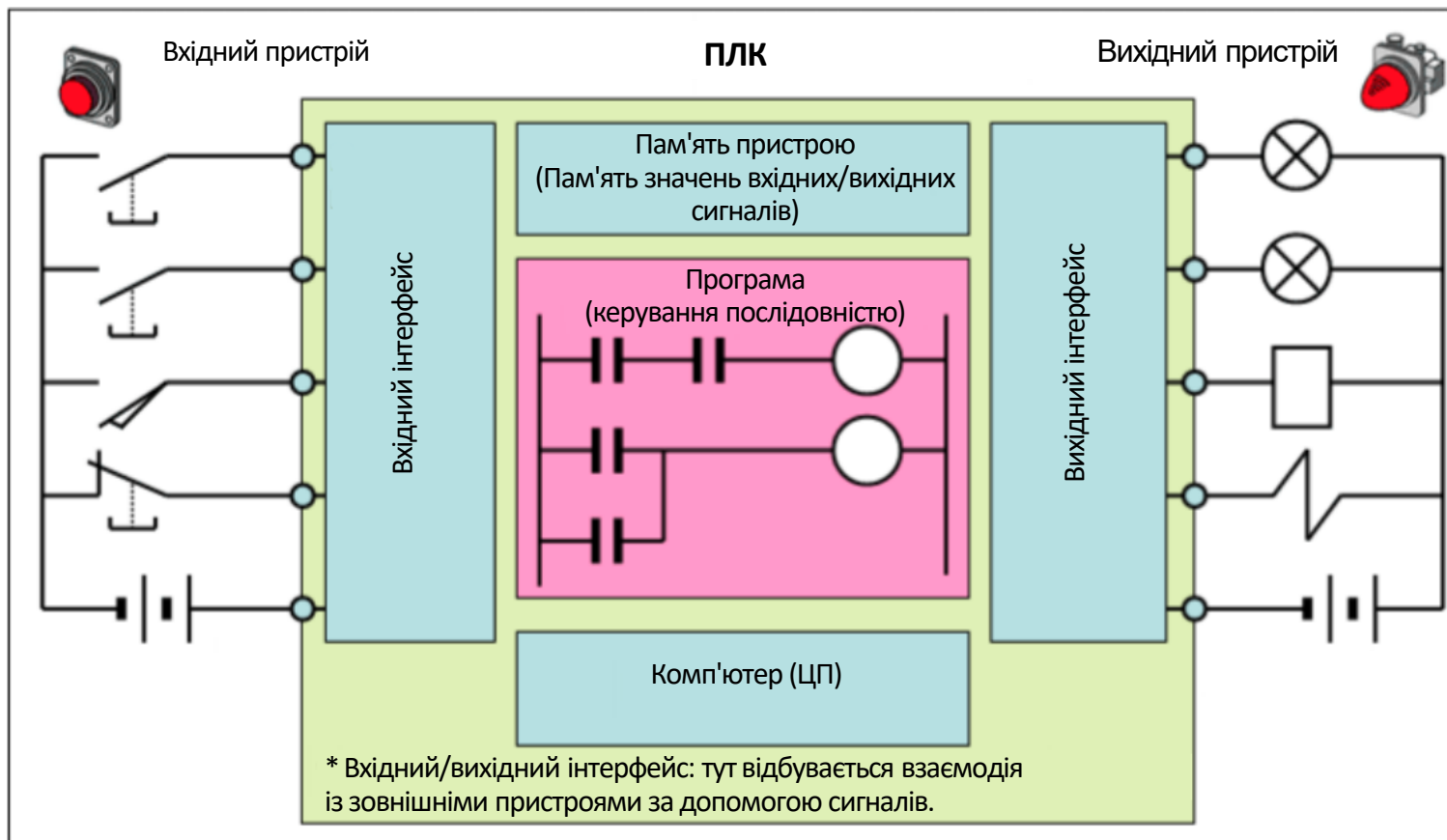
- (а) Низька якість та зношення контакту.
- (б) Складність монтажу та з'єднання проводами величезної кількості реле.
- (в) Складність зміни проводки в разі зміни керування.

З цих причин ПЛК незабаром почали широко використовуватися фахівцями як програмовані контролери на виробничих об'єктах і встановлюватися під час автоматизації виробництва (АВ) на виробничих дільницях.



<Порівняння з реле>

Характеристика	Метод керування	
	Із застосуванням ПЛК	Із застосуванням реле
Функції	Програми дають змогу досягти гнучкого та розвиненого керування. Крім початкової функції керування послідовністю, ПЛК виконують безліч інших функцій, як-от обробка даних, аналогове позиціонування та зв'язок.	Реалізувати розвинене керування з використанням великої кількості реле складно з економічного погляду та з погляду надійності. Керування зводиться переважно до вмикання/вимикання.
Гнучка зміна керування	Вільна зміна шляхом модифікації програми.	Єдиний спосіб — модифікація проводки.
Надійність	Висока надійність і тривалий термін служби. (Здебільшого повністю напівпровідникові)	Оскільки використовуються контакти реле, під час тривалої експлуатації контакт може погіршуватися, обмежуючи термін служби.
Простота обслуговування	Наявність несправності обладнання можна контролювати за допомогою зовнішнього програмного забезпечення тощо. Модулі ПЛК можна замінювати окремо.	У разі несправності реле складно визначити причину та виконати необхідну заміну.
Можливість створення масштабних розвинених рішень	Більша гнучкість і можливість розширення, ніж у випадку з реле.	Масштабні рішення непрактичні з погляду витрат часу та праці.

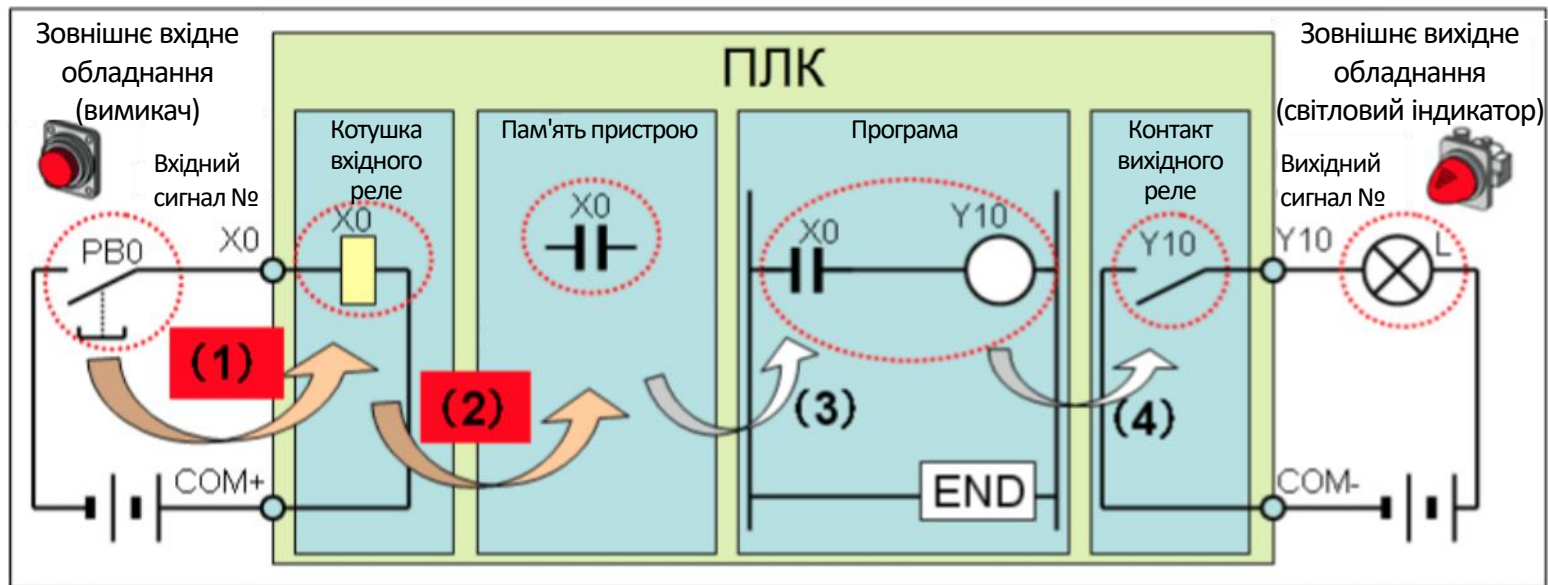


Як було зазначено раніше, основна роль ПЛК полягає в забезпеченні керування послідовністю за допомогою програми. Загалом, це спеціалізований контролер (тип комп'ютера), що керує вихідним обладнанням згідно з програмою відповідно до керівних сигналів, які надходять від вхідного обладнання.

Програма працює з діями вхідного та вихідного реле.

У ній послідовно описано роботу контролера.

Робота вхідного реле: імпортування вхідної операції

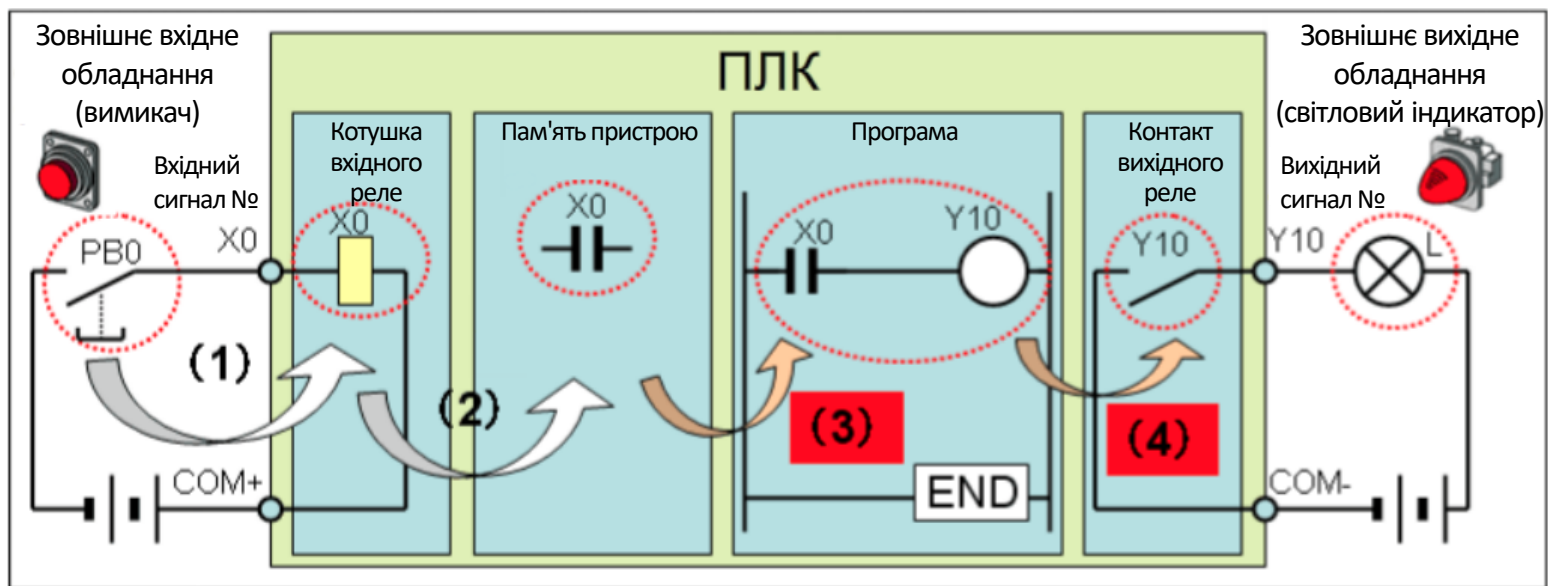


Можна уявити, що роль зовнішнього вхідного обладнання виконує кнопковий вимикач (PB0), а роль зовнішнього вихідного обладнання — світловий індикатор (L).

Сигнал передається зліва направо.

- 1) Коли зовнішній вхідний вимикач PB0 (контакт), приєднаний до вхідного виводу X0 ПЛК (показаний на рисунку вище зліва), замикається, через котушку вхідного реле X0 проходить струм. Стан котушки вхідного реле змінюється відповідно до стану зовнішнього вхідного обладнання і не враховується програмою.
- 2) Коли через котушку вхідного реле X0 проходить струм, у внутрішню пам'ять ПЛК імпортується та зберігається там інформація про стан "увімк." контакту X0 реле. Тобто стан "увімк./вимк." контакту X0 вхідного реле, що враховується програмою, відповідає стану виводу X0 з тим самим номером.

Робота вихідного реле: виконання програми, керування зовнішнім вихідним обладнанням



- 3) У випадку з цією програмою в області пам'яті пристрою міститься інформація про стан "увімк." контакту X0 вхідного реле, тому котушка вихідного реле Y10 також перебуває у стані "увімк."
- 4) Вихідний сигнал № Y10 відповідає стану "увімк." котушки Y10 вихідного реле, яка має той самий номер, тому світловий індикатор зовнішнього вихідного обладнання також перебуває у стані "увімк." (світиться).

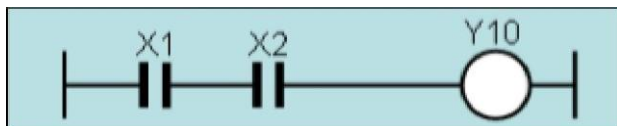
<Підказка>

- Можна уявляти, що коли вхідний сигнал ПЛК — "увімк.", через котушку вхідного реле (уявну) проходить струм.
- Можна уявляти, що коли вихідний сигнал ПЛК — "увімк.", вихідне реле (уявне) перебуває у стані "увімк."
- Реле є електричною деталлю всередині ПЛК, тому терміни "котушка" та "контакт" використовуються щодо нього як метафори.

Під час традиційної розробки програм ПЛК часто використовують релейно-контактні схеми, які є інтуїтивно зрозумілими для людей, на відміну від програм мовою інструкцій.

Приклад 1: Для того щоб вихідний індикатор Y10 перебував у стані "увімк.", стан "увімк." повинен бути в обох вхідних вимикачів X1 та X2. Відповідна програма має такий вигляд.

<Вираз, поданий релейно-контактною схемою>



Умова, що передбачає перебування у стані "увімк." обох вхідних вимикачів X1 та X2, називається умовою "AND" (І).

У цьому випадку розташування символів X1 і X2 на одній лінії є еквівалентом умови "AND".

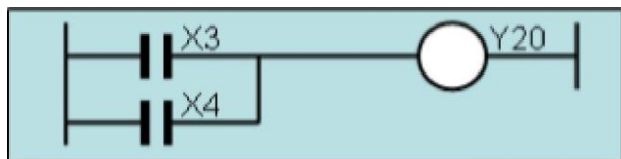
<Вираз, поданий мовою інструкцій (список інструкцій)>

№ кроку	Мова інструкцій	№ пристрою
0	LD	X1
1	AND	X2
2	OUT	Y10
3	END	

ЦП ПЛК послідовно виконує команди, починаючи з кроку № 0. Після досягнення команди "END" відбувається повернення до початкового кроку 0, і обчислення продовжується. Це називається "циклічним обчисленням". Час, необхідний для виконання одного циклу, називається "часом сканування". Час сканування зазвичай становить від декількох до 20 мілісекунд.

Приклад 2: Для того щоб вихідний індикатор Y20 перебував у стані "увімк.", у стані "увімк." повинен перебувати один із вхідних вимикачів: X3 або X4. Відповідна програма має такий вигляд.

<Вираз, поданий релейно-контактною схемою>



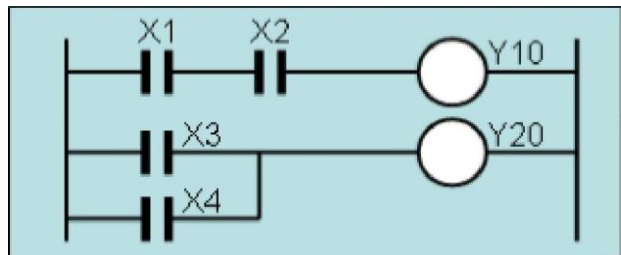
Умова, що передбачає перебування у стані "увімк." одного з вхідних вимикачів: X3 або X4, називається умовою "OR" (АБО). У цьому випадку розташування символів X3 і X4 на паралельних лініях є еквівалентом умови "OR".

<Вираз, поданий мовою інструкцій (список інструкцій)>

№ кроку	Мова інструкцій	№ пристрою
0	LD	X1
1	AND	X2
2	OUT	Y10
3	END	

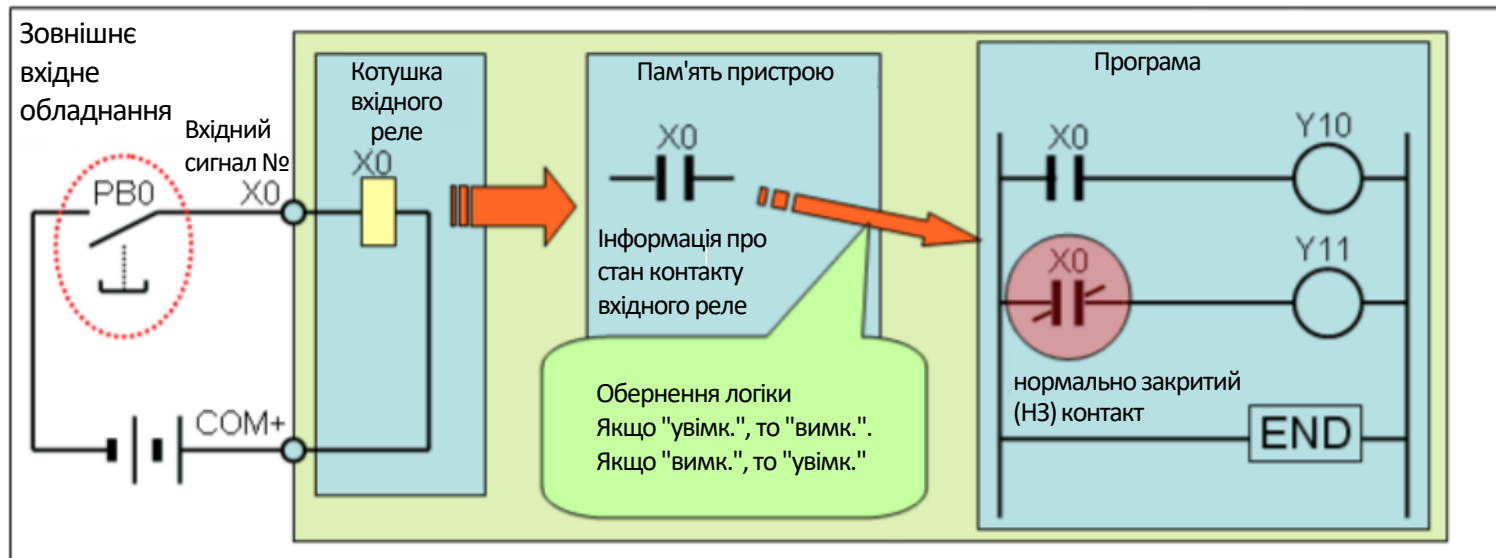
У цьому випадку замість команди AND, що використовувалася в прикладі 1, використовується команда OR. Зазвичай подібні фрагменти об'єднуються в єдину програму.

<Вираз, поданий релейно-контактною схемою>



* Оскільки в перших ПЛК була реалізована лише функція, еквівалентна функції послідовності реле, вони могли керувати лише зміною станів "увімк./вимк.". Сучасні ПЛК можуть працювати з числовими даними і перетворилися на надзвичайно багатofункціональні пристрої, що виконують підключення комп'ютерів до мережі тощо.

Значення нормально закритого (НЗ) контакту в програмі

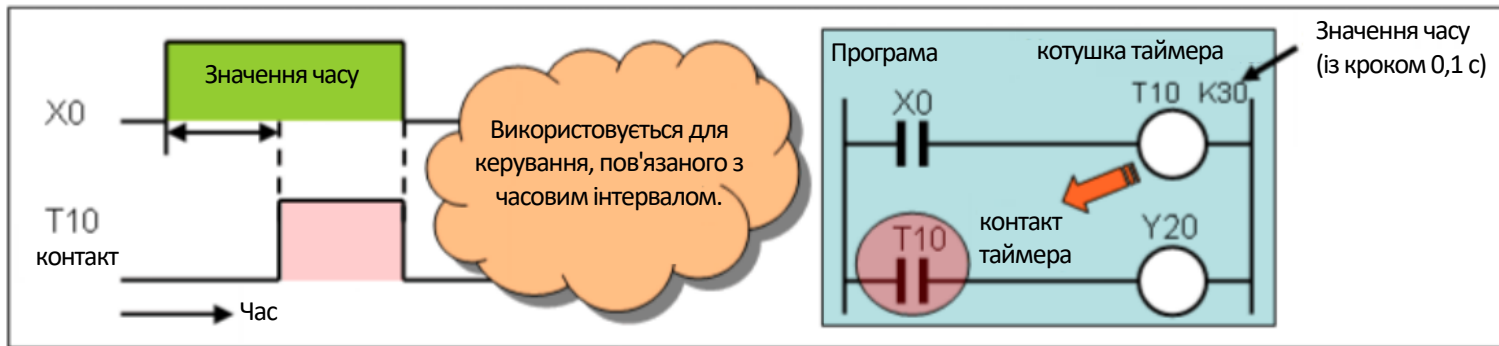


Вхід X0 із нормально закритим (НЗ) контактом у програмі мовою релейної логіки позначає логіку, протилежну логіці сигналу з входу X0 ("увімк./вимк.").

Для реалізації в ПЛК керування із затримкою часу та керування з підрахунком використовуються таймери та лічильники. Кожен із них має по одній незалежній котушці та контакту для кожного пристрою з певним номером.

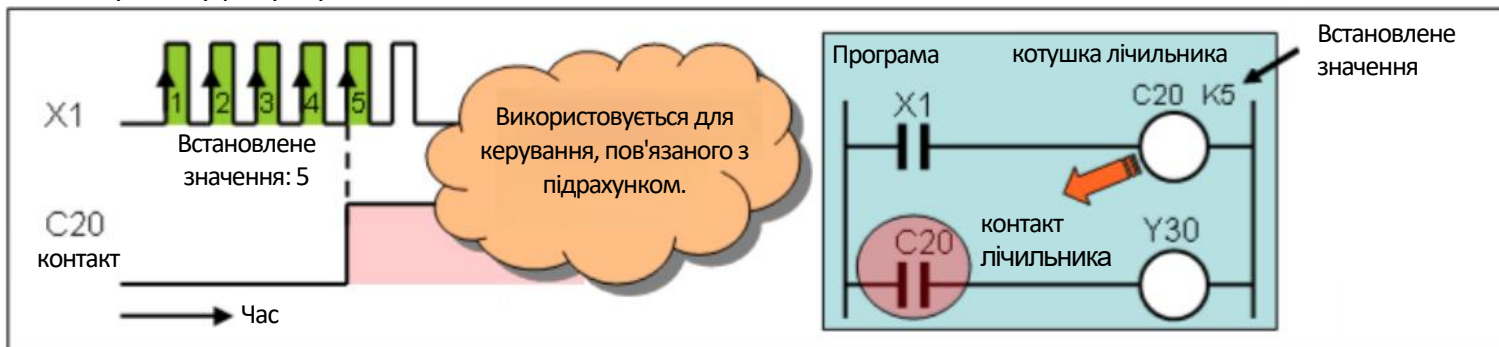
- **Таймер (у позначенні Тх "х" означає номер)**

Функція таймера в ПЛК зазвичай реалізується у вигляді "таймера затримки вмикання", у якому контакт відповідної котушки переходить у стан "увімк.", коли після закінчення попередньо встановленого часу через котушку проходить струм. Якщо котушка хоча б на мить переходить у стан "вимк.", відлічений таймером час скидається на нуль, і контакт таймера переходить у стан "вимк.". Значення, що використовується під час налаштування таймера, визначає час очікування і зазвичай змінюється із кроком 0,1 секунди. Позначення "Т10 К30" на наступному рисунку означає, що для таймера Т10 встановлено час 3 секунди.



- **Лічильник (у позначенні Сх "х" означає номер)**

Функція лічильника в ПЛК підраховує, скільки разів стан входу змінився з "вимк." на "увімк.". Коли підрахована кількість разів досягне встановленого значення (прямий підрахунок), контакт лічильника переходить у стан "увімк.". По завершенні підрахунку значення лічильника більше не змінюється, і вихідний контакт також залишається у стані "увімк.". При скиданні регістра лічильника значення лічильника обнуляється, і контакт лічильника також переходить у стан "вимк.". На наступному рисунку позначення "С20 К5" означає, що для лічильника С20 встановлено значення "5".



Підіб'ємо підсумок щодо запам'ятовувального пристрою для зберігання внутрішніх даних ПЛК.

<Підказка>

Пристрій (символ пристрою)	Відомості
X	Цей пристрій ПЛК являє собою канал отримання сигналів від зовнішнього вхідного вимикача тощо. Пристрій позначається символом "X". Його також називають "вхідне реле".
Y	Цей пристрій являє собою канал передачі сигналів назовні ПЛК. Пристрій позначається символом "Y". Його також називають "вихідне реле".
T	Цей пристрій являє собою таймер, що міститься всередині ПЛК. Він оснащений функцією вимірювання часу, котушками та контактами для кожного пристрою таймера з певним номером. Після закінчення заданого часу контакт може переходити у стан "увімк.".
C	Цей пристрій являє собою лічильник, що міститься всередині ПЛК. Він оснащений функцією підрахунку, котушками та контактами для кожного пристрою лічильника з певним номером. Після досягнення заданого значення контакт може переходити у стан "увімк.".

<Доповнення>

- У наведеному вище прикладі розглянуто базовий випадок. Насправді існує безліч різних пристроїв. Приклад: Внутрішнє реле (у позначенні Mx "x" означає номер послідовності). Внутрішнє реле — це допоміжні реле, оснащені котушками та контактами, які можна використовувати в програмі без обмежень. Інформація про натискання на вимикач зберігається в пам'яті та використовується як прапорець, що позначає певного роду сигнал або стан.
- Можливі типи та кількість пристроїв залежать від типу ПЛК.

Кола із самоутриманням — це кола, що зберігають свій стан, коли котушка самоутримувального реле перебуває у стані "увімк."

Для кіл із самоутриманням існують умови запуску та вимикання. Тут ми зосередимося головним чином на умовах запуску.

(а) Як показано на наступному рисунку, у разі дотримання умов запуску ($X0 = \text{"УВІМК."}$) котушка самоутримувального реле перебуває у стані "увімк."

(b) Отже, контакт котушки ($Y10$) на Рис. 2 перебуває у стані "увімк." і стан виходу котушки зберігається навіть тоді, коли умова запуску перестає виконуватися (стан $X0$ — "вимк.").

Таким чином, стан "увімк." виходу котушки підтримується сигналом самої утримувальної котушки.

Оскільки на Рис. 1 і 2 присутній нормально закритий контакт, умови вимикання виконуються, коли $X1 = \text{"УВІМК."}$, після чого утримувальна котушка негайно переходить у стан "вимк."

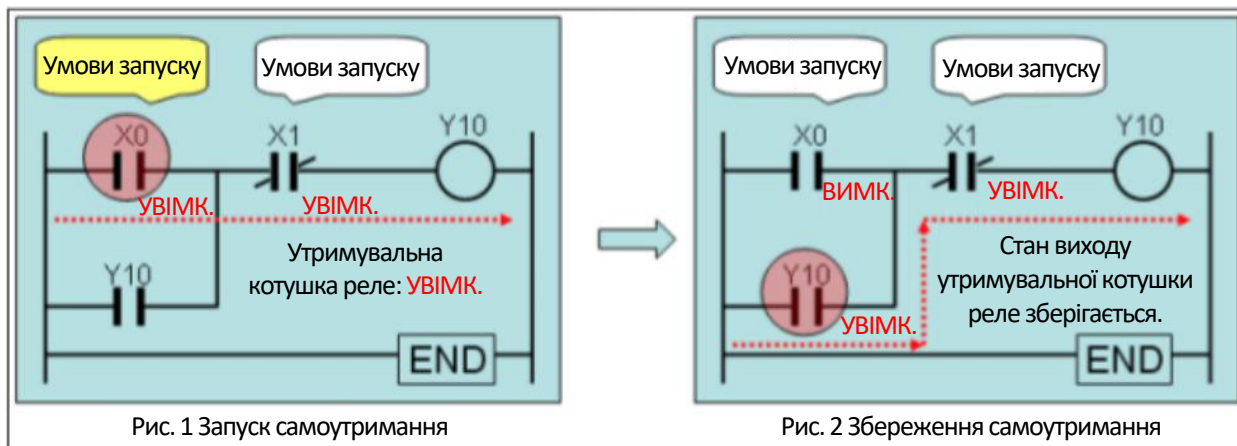


Рис. 1 Запуск самоутримання

Рис. 2 Збереження самоутримання

За допомогою команд ПЛК SET та RST можна створити функцію, аналогічну функції кола із самоутриманням, як показано на Рис. 3.



Рис. 3 Реалізація за допомогою команд SET/RST

Ми розглянули керування послідовністю та ПЛК. Оскільки корпорація Mitsubishi Electric вийшла на ринок ПЛК ще в 1977 р., її ПЛК (MELSEC) відтоді використовувалися в різних галузях, як-от автоматизація виробництва, протягом багатьох років і здобули визнання клієнтів у всьому світі.

На завершення ми хотіли б розповісти вам про причини, через які ПЛК продовжують використовуватися для широкого спектра завдань.

- **Реакція в реальному часі**
 - Здатність миттєво реагувати на команди
- **Висока надійність і довготривала стабільність**
 - У контролерах застосовуються високонадійні компоненти, тому вони здатні працювати протягом тривалого часу з мінімальною ймовірністю відмови. Резервне джерело живлення забезпечує збереження важливих даних навіть у разі збою електроживлення.
- **Мова, зручна для фахівців сфери керування**
 - Мовна система проста для розуміння тими, хто знайомий з електричним керуванням.
- **Можливість розширення**
 - Полегшення розширення структури.
 - Здатність адаптації до технічних вимог шляхом модифікації програми.
 - Виконання числових розрахунків на додаток до керування послідовністю. Здатність отримувати інформацію з комп'ютера для реалізації комплексної автоматизації, наприклад, керування виробництвом.
- **Стійкість до впливу навколишнього середовища**
 - Можливість роботи в несприятливих умовах
- **Можливість взаємодії з різноманітним обладнанням**
 - Асортимент продукції забезпечує відповідність параметрам широкого спектра підключуваних вхідних/вихідних пристроїв.
- **Сумісність**
 - Відсутність суттєвих змін мовної системи програми дає змогу використовувати її без побоювань.
 - Тривалий термін служби виробу та мінімальна зміна моделей.
- **Удосконалена система підтримки**
 - Повна система підтримки з використанням Інтернету, електронного та очного навчання.



Можливості ПЛК затребувані не лише на промислових підприємствах. У майбутньому ПЛК стануть необхідними для широкого спектра завдань будівництва, зокрема цивільного, сільського господарства, транспорту, телекомунікацій, утилізації побутових відходів, місць громадського користування та відпочинку.

Офіційний дистриб'ютор в Україні



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